

明 細 書

表示装置及びそれを用いた電子機器

〔技術分野〕

本発明は表示装置及びその表示装置を組み込んだ電子機器に関し、特に反射型液晶表示装置及びその反射型液晶表示装置を組み込んだ電子機器に関する。

〔背景技術〕

従来の T N (Twisted Nematic) 液晶や S T N (Super-Twisted Nematic) 液晶等の偏光軸を回転させる透過偏光軸可変光学素子を利用した液晶表示装置においては、この透過偏光軸可変光学素子を2枚の偏光板で挟んだ構造を採用していたので、光の利用効率が悪く、特に反射型とすると暗い表示となり問題となっていた。

また、従来、暗い所でも見えるようにするために、液晶表示装置の下側に半透過反射板を用い、その下側より光を照射していた。すると、半透過反射板を用いるため、光がかなり遮光され暗くなってしまっていた。

従って、本発明の目的は透過偏光軸可変光学素子を利用する表示装置において、明るい表示が得られる表示装置を提供することにある。

〔発明の開示〕

まず、第1図乃至第12図を参照して本発明の原理を説明す

る。

第1図は、本発明の表示装置の原理を説明するための断面図であり、第1図A、1B及び1Cは本発明の表示装置の原理を説明するための断面図であり、第1図Dは比較のための表示装置の原理を説明するための断面図である。第3図乃至第12図は、本発明の表示装置の原理を説明するための断面図である。なお、これらの図に示した液晶表示装置は、本発明の原理を説明するためのものであり、本発明がこれらの図に示した液晶表示装置に限定されるものでないことはいうまでもない。

まず、第1図Dを参照すると、この比較のための液晶表示装置においては、液晶表示装置を観察する側の偏光分離器（以下、上偏光分離器という。）として偏光板135を使用している。従って、光源190からの光であって、紙面に平行な方向の直線偏光成分の光は偏光板135を観察側に透過するが、紙面に垂直な方向の直線偏光成分の光は偏光板135によって吸収されてしまい、光源190からの光による表示が暗いものとなる。

これに対して、本発明の一表示装置においては、まず、第1図Aを参照すると、STN液晶143を挟持する一方のガラス基板142上に、STN液晶143で発生する着色を補正するための位相差フィルム141が設けられ、この位相差フィルム141上に上偏光分離器130が設けられている。

上偏光分離器130は $(1/4)\lambda$ 板132とコレステリック液晶層134とを備えている。コレステリック液晶は、その液晶のピッチと同一の波長を有する光であってその液晶と同一の回転方向の円偏光の光を反射し、その他の光を透過する性質を有する。従って、例えば、コレステリック液晶層134に、ピッチが5000オングストロームで左回転のコレステリック

液晶を用いると、波長 5000 オングストロームの左円偏光の光は反射し、右円偏光の光や他の波長の左円偏光の光は透過する素子が得られる。さらに、左回転のコレステリック液晶を用い、そのピッチを可視光の全波長範囲にわたってコレステリック液晶内で変化させることにより、単一色だけでなく白色光全部にわたって左円偏光の光を反射し、右円偏光の光を透過する素子が得られる。

このようなコレステリック液晶層 134 と $(1/4)\lambda$ 板 132 とを組み合わせた上偏光分離器 130 においては、 $(1/4)\lambda$ 板 132 の側から所定の第 1 の方向の直線偏光の光が入射すると $(1/4)\lambda$ 板 132 によって左円偏光の光となり、コレステリック液晶層 134 で反射され、 $(1/4)\lambda$ 板 132 によって再び所定の第 1 の方向の直線偏光の光となって出射する。また、第 1 の方向と直交する第 2 の方向の直線偏光の光が入射すると、 $(1/4)\lambda$ 板 132 によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層 134 を透過する。また、コレステリック液晶層 134 の上側から入射した光に対しては、 $(1/4)\lambda$ 板 132 の下方に第 2 の方向の直線偏光の光を出射する。

このように、コレステリック液晶層 134 と $(1/4)\lambda$ 板 132 とを組み合わせた上偏光分離器 130 は、 $(1/4)\lambda$ 板 132 側から入射した光のうち所定の第 2 の方向の直線偏光成分の光を透過させ、所定の第 2 の方向と直交する第 1 の方向の直線偏光成分の光を反射し、コレステリック液晶層 134 側から入射した光に対して $(1/4)\lambda$ 板 132 側に前記第 2 の方向の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段である。なおこの機能を備える偏光分離手段としては、このコレステリック液

晶層 134 と $(1/4)$ λ 板 132 とを組み合わせた偏光分離器 130 以外に、多層膜を積層したフィルムを利用するもの (USP 4, 974, 219)、プリュースターの角度を利用して反射偏光と透過偏光とに分離するもの (SID 92 DIGEST 第 427 頁乃至第 429 頁)、ホログラムを利用するものがある。

再び、第 1 図 A を参照すると、光源 190 からの光であって紙面に平行な方向の直線偏光成分の光 191 は、 $(1/4)$ λ 板 132 によって右円偏光となり、コレステリック液晶層 134 を観察側に透過する。一方、光源 190 からの光であって紙面に垂直な方向の直線偏光成分の光 192 は、 $(1/4)$ λ 板 132 によって左円偏光の光となり、コレステリック液晶層 134 によって反射されて再び $(1/4)$ λ 板 132 に入射し、 $(1/4)$ λ 板 132 によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、液晶表示装置内部に向かって進む。そして、液晶表示装置の内部には屈折率の不連続な境界面が種々存在するので、そのような屈折率が不連続な境界面で、例えば、空気と位相差フィルム 141 との境界面や位相差フィルム 141 とガラス基板 142 との境界面で、この紙面に垂直な方向の直線偏光の光は反射されて、その後液晶表示装置内で反射を繰り返しいずれは上偏光分離器 130 を通って観察側に出射することになるので、光源 190 からの光を利用して表示を行う場合に、上偏光分離器として偏光板を使用する場合と比べて、明るい表示が得られる。

次に、第 1 図 B を参照すると、上偏光分離器 130 は $(1/4)$ λ 板 132 とコレステリック液晶層 134 と $(1/4)$ λ 板 136 とを備えている。

このようなコレステリック液晶層 134 の両側に (1/4) λ 板 132、136 を設けた上偏光分離器 130 においては、(1/4) λ 板 132 の側から所定の第 1 の方向の直線偏光の光が入射すると (1/4) λ 板 132 によって左円偏光の光となり、コレステリック液晶層 134 で反射され、(1/4) λ 板 132 によって再び所定の第 1 の方向の直線偏光の光となって出射する。また、第 1 の方向と直交する第 2 の方向の直線偏光の光が入射すると、(1/4) λ 板 132 によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層 134 を透過し、(1/4) λ 板 136 によって再び第 2 の方向の直線偏光の光となって出射する。また、(1/4) λ 板 136 の上側から入射した光に対しては、(1/4) λ 板 132 の下方に第 2 の方向の直線偏光の光を出射する。

このように、コレステリック液晶層 134 と (1/4) λ 板 132、136 とを組み合わせた上偏光分離器 130 は、(1/4) λ 板 132 側から入射した光のうち所定の第 2 の方向の直線偏光成分の光を第 2 の方向の直線偏光の光として透過させ、所定の第 2 の方向と直交する第 1 の方向の直線偏光成分の光を反射し、(1/4) λ 板 136 側から入射した光に対して (1/4) λ 板 132 側に前記第 2 の方向の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段である。なおこの機能を備える偏光分離手段としては、このコレステリック液晶層 134 と (1/4) λ 板 132、136 とを組み合わせた上偏光分離器 130 以外に、多層膜を積層したフィルムを利用するもの (USP 4, 974, 219)、ブリュースターの角度を利用して反射偏光と透過偏光とに分離するもの (SID 92 DIGEST 第 427 頁乃至第 429 頁)、ホログラムを利用するものや国際公開さ

れた特許出願（国際公開の番号：W O 9 5 / 1 7 6 9 2 及び W O 9 5 / 2 7 9 1 9）に、reflective polarizerとして開示されたものがある。

再び、第1図Bを参照すると、光源190からの光であって紙面に平行な方向の直線偏光成分の光191は、 $(1/4)\lambda$ 板132によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層134を透過し、コレステリック液晶層134を透過した右円偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板136によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となって観察側に出射する。一方、光源190からの光であって紙面に垂直な方向の直線偏光成分の光192は、 $(1/4)\lambda$ 板132によって左円偏光の光となり、コレステリック液晶層134によって反射されて再び $(1/4)\lambda$ 板132に入射し、 $(1/4)\lambda$ 板132によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、液晶表示装置内部に向かって進む。そして、液晶表示装置の内部には屈折率の不連続な境界面が種々存在するので、そのような屈折率が不連続な境界面で、例えば、空気と位相差フィルム141との境界面や位相差フィルム141とガラス基板142との境界面で、この紙面に垂直な方向の直線偏光の光は反射されて、その後液晶表示装置内で反射を繰り返しいずれは上偏光分離器130を通して観察側に出射することになるので、光源190からの光を利用して表示を行う場合に、上偏光分離器として偏光板を使用する場合と比べて、明るい表示が得られる。

次に、第1図Cを参照すると、上偏光分離器300は第2図に示されたように異なる2つの層301（A層）及び302（B層）とが交互に積層された構造を有している。A層301のX軸方向の屈折率（ n_{Ax} ）とY軸方向の屈折率とは異なる。

B層302の屈折率(n_{bx})とY軸方向の屈折率(n_{by})とは等しい。また、A層301のY軸方向の屈折率(n_{ay})とB層302のY軸方向の屈折率(n_{by})とは等しい。

したがって、この上偏光分離器200に入射した光のうちY軸方向の直線偏光の光はこの偏光分離器を通過し、Y軸方向の直線偏光の光として出射する。

一方、A層301のZ軸方向における厚みを t_A 、B層52のZ軸方向における厚みを t_B とするとし、入射光の波長を λ とすると、

$$t_A \cdot n_{Ax} + t_B \cdot n_{Bx} = \lambda / 2 \quad (1)$$

となるようにすることによって波長 λ の光であって上偏光分離器300に入射した光のうちX軸方向の直線偏光の光は、この上偏光分離器300によってX軸方向の直線偏光の光として反射される。

そしてA層301のZ軸方向における厚み t_A およびB層302のZ軸方向における厚み t_B を種々変化させて、全可視波長範囲にわたって上記式(1)が成立するようにすることにより、単一色だけでなく白色光全部にわたってX軸方向の直線偏光の直線偏光の光をX軸方向の直線偏光の光として反射し、Y軸方向の光をY軸方向の直線偏光の光として透過させる上偏光分離器が得られる。尚、このような偏光分離器は、国際公開公報(WO 95/17692)に、reflective polarizerとして開示されている。

この第2図に示されたような上偏光分離器300においては、光源190の側から所定の第1の方向の直線偏光の光が入射す

るとその光は上偏光分離器によって反射され第1の方向の直線偏光のまま光源190の側に出射する。また、第1の方向と直交する第2の方向の直線偏光の光源190の側から入射すると、その光は上偏光分離器300を透過し第2の方向の直線偏光の光となって上偏光分離器300の上側に出射する。また、偏光分離器300の上側から入射した光については光源190の側に第2の方向の直線偏光の光を出射する。

このように、第2図に示されたような上偏光分離器300は、光源190の側から入射した光のうち所定の第2の方向の直線偏光成分の光を第2の方向の直線偏光の光として透過させ、所定の第2の方向と直交する第1の方向の直線偏光成分の光を反射し、上側から入射した光については光源190の側に前記第2の方向の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段である。なおこの機能を備える偏光分離手段としては、このコレステリック液晶層134と $(1/4)\lambda$ 板132、136とを組み合わせた上偏光分離器130以外に、多層膜を積層したフィルムを利用するもの(USP 4, 974, 219)、プリュースターの角度を利用して反射偏光と透過偏光とに分離するもの(SID 92 DIGEST 第427頁乃至第429頁)、ホログラムを利用するものがある。

再び、第1図Cを参照すると、光源190からの光であって紙面に平行な方向の直線偏光成分の光191は、上偏光分離器300を透過し紙面に平行な方向の直線偏光の光のまま観察側に出射する。一方、光源190からの光であって紙面に垂直な方向の直線偏光成分の光192は、上偏光分離器300によって反射され紙面に垂直な方向の直線偏光の光のまま、液晶表示装置内部に向かって進む。そして、液晶表示装置の内部には屈

折率の不連続な境界面が種々存在するので、そのような屈折率が不連続な境界面で、例えば、空気と位相差フィルム 141 との境界面や位相差フィルム 141 とガラス基板 142 との境界面で、この紙面に垂直な方向の直線偏光の光は反射されて、その後液晶表示装置内で反射を繰り返しいずれは上偏光分離器 300 を通って観察側に出射することになるので、光源 190 からの光を利用して表示を行う場合に、上偏光分離器として偏光板を使用する場合と比べて、明るい表示が得られる。

次に、第 3 図、第 4 図を参照すると、この液晶表示装置においては、透過偏光軸可変光学素子として TN 液晶 140 を使用し、TN 液晶 140 の上側には、 $(1/4)\lambda$ 板 132 とコレステリック液晶層 134 とを備える上偏光分離器 130 が設けられ、TN 液晶 140 の下側には、偏光板 165、着色層 170 および反射板 180 がこの順に設けられている。この液晶表示装置の左側を電圧印加部 110 とし、右側を電圧無印加部 120 として説明する。

まず、第 3 図を参照して、光源 190 からの光による表示を説明する。

光源 190 から上偏光分離器 130 に到達する自然光については、第 1 図 A を参照して説明したとおりであり、上偏光分離器として偏光板を使用した場合よりも明るい表示が得られるのも第 1 図 A を参照して説明したとおりである。

次に、光源 190 からの自然光が TN 液晶 140 等を通過することによって生じる表示について説明する。

右側の電圧無印加部 120 においては、光源 190 からの自然光 121 が TN 液晶 140 を透過し、TN 液晶 140 を透過した自然光は偏光板 165 によって紙面に平行な方向の直線偏

光の光となる。偏光板 1 6 5 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 1 7 0 によって反射されて再び偏光板 1 6 5 に入射し、偏光板 1 6 5 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は T N 液晶 1 4 0 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、 $(1/4)\lambda$ 板 1 3 2 によって左円偏光の光となり、コレステリック液晶層 1 3 4 によって反射されて再び $(1/4)\lambda$ 板 1 3 2 に入射し、 $(1/4)\lambda$ 板 1 3 2 によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、液晶表示装置内部に向かって進む反射光 1 2 3 となる。また、偏光板 1 6 5 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 1 7 0 によって吸収されつつ着色層 1 7 0 を透過し、反射板 1 8 0 によって反射され、その後、再び着色層 1 7 0 によって吸収されつつ着色層 1 7 0 を透過し、その後、再び偏光板 1 6 5 に入射し、偏光板 1 6 5 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は T N 液晶 1 4 0 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、 $(1/4)\lambda$ 板 1 3 2 によって左円偏光の光となり、コレステリック液晶層 1 3 4 によって反射されて再び $(1/4)\lambda$ 板 1 3 2 に入射し、 $(1/4)\lambda$ 板 1 3 2 によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、液晶表示装置内部に向かって進む反射光 1 2 3 となる。

左側の電圧印加部 1 1 0 においては、光源 1 9 0 からの自然光 1 1 1 が T N 液晶 1 4 0 を透過し、T N 液晶 1 4 0 を透過した自然光は偏光板 1 6 5 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となる。偏光板 1 6 5 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 1 7 0 によって反射されて再び偏光板 1 6 5 に入射し、偏光板 1 6 5 を透過した紙面に平行な方向

の直線偏光の光はTN液晶140を偏光方向を変えずに透過し、TN液晶140を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板132によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層134を透過して、観察側に向かって進む出射光112となる。また、偏光板165を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層170によって吸収されつつ着色層170を透過し、反射板180によって反射され、その後、再び着色層170によって吸収されつつ着色層170を透過し、その後、再び偏光板165に入射し、偏光板165を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光はTN液晶140を偏光方向を変えずに透過し、TN液晶140を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板132によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層134を透過して、観察側に向かって進む出射光112となる。

次に、第4図を参照して、外光が液晶表示装置に入射した場合の反射型の表示について説明する。

右側の電圧無印加部120においては、外光の自然光125が液晶表示装置に入射すると、その自然光125は、上偏光分離器130によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、その後、TN液晶140によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、偏光板165で吸収される。

左側の電圧印加部110においては、外光の自然光115が液晶表示装置に入射すると、その自然光115は、上偏光分離器130によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、その後、TN液晶140を偏光方向を変えずに透過し、TN液晶140を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は偏光板1

65を透過し、偏光板165を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層170によって反射されて再び偏光板165に入射し、偏光板165を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光はTN液晶140を偏光方向を変えずに透過し、TN液晶140を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板132によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層134を透過して、観察側向かって進む出射光116となる。また、偏光板165を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層170によって吸収されつつ着色層170を透過し、反射板180によって反射され、その後、再び着色層170によって吸収されつつ着色層170を透過し、その後、再び偏光板165に入射し、偏光板165を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光はTN液晶140を偏光方向を変えずに透過し、TN液晶140を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板132によって右円偏光となり、コレステリック液晶層134を透過して、観察側に向かって進む出射光116となる。

このように、右側の電圧無印加部120においては、光源190からの自然光121は上偏光分離器130で液晶表示装置内部に向かって反射され、外光の自然光125は偏光板135で吸収され、いずれの場合も液晶表示装置から観察者側に射出されず、左側の電圧印加部110においては、光源190からの自然光111は上偏光分離器130から出射光112として出射され、外光の自然光115は上偏光分離器130から出射光116として出射され、いずれの場合も液晶表示装置から観察者側に射出されるので、TN液晶140のオン、オフの状態に応じて得られる表示状態は、外光による表示と、光源190

からの光による表示とは同じとなり、その結果、外光による表示と、光源 190 からの光による表示との間では、いわゆるポジネガ反転の問題は生じない。

次に、第 5 図、第 6 図を参照すると、この液晶表示装置においては、透過偏光軸可変光学素子として TN 液晶 140 を使用し、TN 液晶 140 の上側には、 $(1/4)\lambda$ 板 132、136 とコレステリック液晶層 134 とを備える上偏光分離器 130 が設けられ、TN 液晶 140 の下側には、偏光板 165、着色層 170 および反射板 180 がこの順に設けられている。この液晶表示装置の左側を電圧印加部 110 とし、右側を電圧無印加部 120 として説明する。

まず、第 5 図を参照して、光源 190 からの光による表示を説明する。

光源 190 から上偏光分離器 130 に到達する自然光については、第 1 図 B を参照して説明したとおりであり、上偏光分離器として偏光板を使用した場合よりも明るい表示が得られるのも第 1 図 B を参照して説明したとおりである。

次に、光源 190 からの自然光が TN 液晶 140 等を通過することによって生じる表示について説明する。

右側の電圧無印加部 120 においては、光源 190 からの自然光 121 が TN 液晶 140 を透過し、偏光板 165 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、着色層 170 で着色され、上側に折り返し、その後、偏光板 165、TN 液晶 140 を透過し、上偏光分離器 130 によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光として液晶表示装置内部側に反射されて、液晶表示装置内部に向かって進む反射光 123 となるが、その詳細は第 3 図を参照して説明した液晶表示装置の右側の電圧無印加

部 1 2 0 と同じであるので、ここではその説明は省略する。

左側の電圧印加部 1 1 0 においては、光源 1 9 0 からの自然光 1 1 1 が T N 液晶 1 4 0 を透過し、T N 液晶 1 4 0 を透過した自然光は偏光板 1 6 5 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となる。偏光板 1 6 5 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 1 7 0 によって反射されて再び偏光板 1 6 5 に入射し、偏光板 1 6 5 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は T N 液晶 1 4 0 を偏光方向を変えずに透過し、T N 液晶 1 4 0 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板 1 3 2 によって右円偏光となりコレステリック液晶層 1 3 4 を透過し、コレステリック液晶層 1 3 4 を透過した右円偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板 1 3 6 によって紙面に平行な直線偏光の光となって観察側に向かって進む出射光 1 1 2 となる。また、偏光板 1 6 5 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 1 7 0 によって吸収されつつ着色層 1 7 0 を透過し、反射板 1 8 0 によって反射され、その後、再び着色層 1 7 0 によって吸収されつつ着色層 1 7 0 を透過し、その後、再び偏光板 1 6 5 に入射し、偏光板 1 6 5 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は T N 液晶 1 4 0 を偏光方向を変えずに透過し、T N 液晶 1 4 0 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板 1 3 2 によって右円偏光となりコレステリック液晶層 1 3 4 を透過し、コレステリック液晶層 1 3 4 を透過した右円偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板 1 3 6 によって紙面に平行な直線偏光の光となって観察側に向かって進む出射光 1 1 2 となる。

次に、第 6 図を参照して、外光が液晶表示装置に入射した場合の反射型の表示について説明する。

右側の電圧無印加部 120 においては、外光の自然光 125 が液晶表示装置に入射すると、その自然光 125 は、上偏光分離器 130 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、その後、TN 液晶 140 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、偏光板 165 で吸収される。

左側の電圧印加部 110 においては、外光の自然光 115 が液晶表示装置に入射すると、その自然光 115 は、上偏光分離器 130 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、その後、TN 液晶 140 を偏光方向を変えずに透過し、TN 液晶 140 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は偏光板 165 を透過し、偏光板 165 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 170 によって反射されて再び偏光板 165 に入射し、偏光板 165 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は TN 液晶 140 を偏光方向を変えずに透過し、TN 液晶 140 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板 132 によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層 134 を透過し、コレステリック液晶層 134 を透過した右円偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板 136 によって紙面に平行な直線偏光の光となって観察側に向かって進む出射光 116 となる。また、偏光板 165 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、反射板 180 によって反射され、その後、再び着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、その後、再び偏光板 165 に入射し、偏光板 165 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は TN 液晶 140 を偏光方向を変えずに透過し、TN 液晶 140 を透過した紙面

に平行な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板 132 によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層 134 を透過し、コレステリック液晶層 134 を透過した右円偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板 136 によって紙面に平行な直線偏光の光となって観察側に向かって進む出射光 116 となる。

この場合においても、右側の電圧無印加部 120 においては、光源 190 からの自然光 121 は上偏光分離器 130 で液晶表示装置内部に向かって反射され、外光の自然光 125 は偏光板 165 で吸収され、いずれの場合も液晶表示装置から観察者側に射出されず、左側の電圧印加部 110 においては、光源 190 からの自然光 111 は上偏光分離器 130 から出射光 112 として出射され、外光の自然光 115 は上偏光分離器 130 から出射光 116 として出射され、いずれの場合も液晶表示装置から観察者側に射出されるので、TN 液晶 140 のオン、オフの状態に応じて得られる表示状態は、外光による表示と、光源 190 からの光による表示とは同じとなり、その結果、外光による表示と、光源 190 からの光による表示との間では、いわゆるボジネガ反転の問題は生じない。

次に、第 7 図、第 8 図を参照すると、この液晶表示装置においては、透過偏光軸可変光学素子として TN 液晶 140 を使用し、TN 液晶 140 の上側には、第 2 図に示した上偏光分離器 300 が設けられ、TN 液晶 140 の下側には、偏光板 165、着色層 170 および反射板 180 がこの順に設けられている。この液晶表示装置の左側を電圧印加部 110 とし、右側を電圧無印加部 120 として説明する。

まず、第 7 図を参照して、光源 190 からの光による表示を説明する。

光源 190 から上偏光分離器 300 に到達する自然光については、第 1 図 C を参照して説明したとおりであり、上偏光分離器として偏光板を使用した場合よりも明るい表示が得られるのも第 1 図 C を参照して説明したとおりである。

次に、光源 190 からの自然光が TN 液晶 140 等を通過することによって生じる表示について説明する。

右側の電圧無印加部 120 においては、光源 190 からの自然光 121 が TN 液晶 140 を透過し、TN 液晶 140 を透過した自然光は偏光板 165 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となる。偏光板 165 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 170 によって反射されて再び偏光板 165 に入射し、偏光板 165 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は TN 液晶 140 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、上偏光分離器 300 によって反射されて紙面に垂直な方向の直線偏光の光のまま、液晶表示装置内部に向かって進む反射光 123 となる。また、偏光板 165 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、反射板 180 によって反射され、その後、再び着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、その後、再び偏光板 165 に入射し、偏光板 165 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は TN 液晶 140 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、上偏光分離器 300 によって反射されて紙面に垂直な方向の直線偏光の光のまま、液晶表示装置内部に向かって進む反射光 123 となる。

左側の電圧印加部 110 においては、光源 190 からの自然

光 1 1 1 が T N 液晶 1 4 0 を透過し、T N 液晶 1 4 0 を透過した自然光は偏光板 1 6 5 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となる。偏光板 1 6 5 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 1 7 0 によって反射されて再び偏光板 1 6 5 に入射し、偏光板 1 6 5 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は T N 液晶 1 4 0 を偏光方向を変えずに透過し、T N 液晶 1 4 0 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は上偏光分離器 3 0 0 を透過し紙面に平行な直線偏光の光のまま観察側に向かって進む出射光 1 1 2 となる。また、偏光板 1 6 5 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 1 7 0 によって吸収されつつ着色層 1 7 0 を透過し、反射板 1 8 0 によって反射され、その後、再び着色層 1 7 0 によって吸収されつつ着色層 1 7 0 を透過し、その後、再び偏光板 1 6 5 に入射し、偏光板 1 6 5 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は T N 液晶 1 4 0 を偏光方向を変えずに透過し、T N 液晶 1 4 0 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は上偏光分離器 3 0 0 を透過し紙面に平行な直線偏光の光のまま観察側に向かって進む出射光 1 1 2 となる。

次に、第 8 図を参照して、外光が液晶表示装置に入射した場合の反射型の表示について説明する。

右側の電圧無印加部 1 2 0 においては、外光の自然光 1 2 5 が液晶表示装置に入射すると、その自然光 1 2 5 は、紙面に平行な方向の直線偏光の光のまま上偏光分離器 3 0 0 を透過し、その後、T N 液晶 1 4 0 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、偏光板 1 6 5 で吸収される。

左側の電圧印加部 1 1 0 においては、外光の自然光 1 1 5 が

液晶表示装置に入射すると、その自然光 115 は、紙面に平行な方向の直線偏光の光のまま上偏光分離器 300 を透過し、その後、TN 液晶 140 を偏光方向を変えずに透過し、TN 液晶 140 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は偏光板 165 を透過し、偏光板 165 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 170 によって反射されて再び偏光板 165 に入射し、偏光板 165 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は TN 液晶 140 を偏光方向を変えずに透過し、TN 液晶 140 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は偏光分離器 200 を透過し紙面に平行な直線偏光の光のまま観察側に向かって進む出射光 116 となる。また、偏光板 165 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、反射板 180 によって反射され、その後、再び着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、その後、再び偏光板 165 に入射し、偏光板 165 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は TN 液晶 140 を偏光方向を変えずに透過し、TN 液晶 140 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は上偏光分離器 300 によって紙面に平行な直線偏光の光のまま観察側に向かって進む出射光 116 となる。

この場合においても、右側の電圧無印加部 120 においては、光源 190 からの自然光 121 は上偏光分離器 300 で液晶表示装置内部に向かって反射され、外光の自然光 125 は偏光板 165 で吸収され、いずれの場合も液晶表示装置から観察者側に射出されず、左側の電圧印加部 110 においては、光源 190 からの自然光 111 は上偏光分離器 300 から出射光 112 として出射され、外光の自然光 115 は上偏光分離器 300 か

ら出射光 116 として出射され、いずれの場合も液晶表示装置から観察者側に出射されるので、TN 液晶 140 のオン、オフの状態に応じて得られる表示状態は、外光による表示と、光源 190 からの光による表示とは同じとなり、その結果、外光による表示と、光源 190 からの光による表示との間では、いわゆるポジネガ反転の問題は生じない。

なお、第 3 図、第 4 図に示した液晶表示装置、第 7 図、第 8 図に示した液晶表示装置および第 5 図、第 6 図に示した液晶表示装置においては、着色層 170 を省略してもよく、その場合には、偏光板 165 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は、着色層 170 によって着色されることはなく、直接反射板 180 によって反射され、その後、再び偏光板 165 を透過し、最終的には、上偏光分離器 130、300 を透過して、観察側向かって進む出射光 112 または 116 となる。

次に、第 9 図、第 10 図を参照すると、この液晶表示装置においては、透過偏光軸可変光学素子として TN 液晶 140 を使用し、TN 液晶 140 の上側には、 $(1/4)\lambda$ 板 132 とコレステリック液晶層 134 とを備える上偏光分離器 130 が設けられ、TN 素子 140 の下側には、光散乱層 150、 $(1/4)\lambda$ 板 162 とコレステリック液晶層 164 とを備える下偏光分離器 160、着色層 170 および反射板 180 がこの順に設けられている。

上偏光分離器 130 は、第 1 図 A を参照して説明した上偏光分離器 130 と同じである。下偏光分離器 160 は上偏光分離器 130 と同じ機能を有しており、下偏光分離器 160 は、

$(1/4)\lambda$ 板 162 側から入射した光のうち所定の第 2 の方向の直線偏光成分の光を透過させ、所定の第 2 の方向と直交す

る第1の方向の直線偏光成分の光を反射し、コレステリック液晶層164側から入射した光に対して $(1/4)\lambda$ 板162側に前記第2の方向の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段である。なおこの機能を備える偏光分離手段としては、このコレステリック液晶層164と $(1/4)\lambda$ 板162とを組み合わせた下偏光分離器160以外に、多層膜を積層したフィルムを利用するもの(USP 4, 974, 219)、ブリュースターの角度を利用して反射偏光と透過偏光とに分離するもの(SID 92 DIGEST 第427頁乃至第429頁)、ホログラムを利用するものや、国際公開された特許出願(国際公開の番号: WO 95/17692及びWO 95/27919)に、reflective polarizerとして開示されたものがある。

この液晶表示装置の左側を電圧印加部110とし、右側を電圧無印加部120として説明する。

まず、第9図を参照して、光源190からの光による表示を説明する。

光源190から上偏光分離器130に到達する自然光については、第1図Aを参照して説明したとおりであり、上偏光分離器として偏光板を使用した場合よりも明るい表示が得られるのも第1図Aを参照して説明したとおりである。

次に、光源190からの自然光がTN液晶140等を通過することによって生じる表示について説明する。

右側の電圧無印加部120においては、光源190からの自然光121がTN液晶140および光散乱層150を透過し、TN液晶140および光散乱層150を透過した自然光は $(1/4)\lambda$ 板162によって右円偏光成分の光と左円偏光成分の光となる。

(1/4) λ 板 162 を射出した左円偏光成分の光は、コレステリック液晶層 164 で反射されて再び (1/4) λ 板 162 に入射し、(1/4) λ 板 162 によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、TN 液晶 140 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、TN 液晶 140 を射出した紙面に平行な方向の直線偏光の光は (1/4) λ 板 132 によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層 134 を透過して、観察側に向かって進む出射光 122 となる。

(1/4) λ 板 162 を射出した右円偏光成分の光は、コレステリック液晶層 164 を透過する。コレステリック液晶層 164 を透過した右円偏光の光の一部は、着色層 170 によって反射され、その後コレステリック液晶層 164 で反射され、その後着色層 170 によって再び反射等された後、コレステリック液晶層 164 を透過して (1/4) λ 板 162 に入射し、

(1/4) λ 板 162 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、光散乱層 150 を透過し、TN 液晶 140 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、(1/4) λ 板 132 によって左円偏光の光となり、コレステリック液晶層 134 によって反射されて再び (1/4) λ 板 132 に入射し、(1/4) λ 板 132 によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、液晶表示装置内部に向かって進む反射光 123 となる。また、コレステリック液晶層 164 を透過した右円偏光の光の一部は、着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、反射板 180 によって反射され、その後、着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、コレステリック液晶層 164 で反射され、着色層 1

70によって吸収されつつ着色層170を透過し、反射板180によって再び反射され、着色層170によって吸収されつつ着色層170を透過等し、コレステリック液晶層164を透過して $(1/4)\lambda$ 板162に入射し、 $(1/4)\lambda$ 板162によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、光散乱層150を透過し、TN液晶140によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、 $(1/4)\lambda$ 板132によって左円偏光の光となり、コレステリック液晶層134によって反射されて再び $(1/4)\lambda$ 板132に入射し、 $(1/4)\lambda$ 板132によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、液晶表示装置内部に向かって進む反射光123となる。

このように、電圧無印加時においては、光源190からの光は偏光分離器160によって反射されて、出射光122として出射されるので明るい表示が得られる。なお、 $(1/4)\lambda$ 板162とTN液晶140との間には光散乱層150を設けているので、下偏光分離器160からの反射光が鏡面状から白色状になる。

左側の電圧印加部110においては、光源190からの自然光111がTN液晶140および光散乱層150を透過し、TN液晶140および光散乱層150を透過した自然光は $(1/4)\lambda$ 板162によって右円偏光成分の光と左円偏光成分の光となる。

$(1/4)\lambda$ 板162を射出した左円偏光成分の光は、コレステリック液晶層164で反射されて再び $(1/4)\lambda$ 板162に入射し、 $(1/4)\lambda$ 板162によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、TN液晶140を偏光方向を変えず

に透過し、TN液晶140を透過した紙面に垂直な方向の直線偏光の光は(1/4)λ板132によって左円偏光となり、コレステリック液晶層134によって反射されて再び(1/4)λ板132に入射し、(1/4)λ板132によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、液晶表示装置内部に向かって進む反射光113となる。

(1/4)λ板162を射出した右円偏光成分の光は、コレステリック液晶層164を透過する。コレステリック液晶層164を透過した右円偏光の光の一部は、着色層170によって反射され、その後コレステリック液晶層164で反射され、その後着色層170によって再び反射等された後、コレステリック液晶層164を透過して(1/4)λ板162に入射し、

(1/4)λ板162によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、光散乱層150を透過し、TN液晶140を偏光方向を変えずに透過し、TN液晶140を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は(1/4)λ板132によって右円偏光となり、コレステリック液晶層134を透過して、観察側に向かって進む出射光112となる。また、コレステリック液晶層164を透過した右円偏光の光の一部は、着色層170によって吸収されつつ着色層170を透過し、反射板180によって反射され、その後、着色層170によって吸収されつつ着色層170を透過し、コレステリック液晶層164で反射され、着色層170によって吸収されつつ着色層170を透過し、反射板180によって再び反射され、着色層170によって吸収されつつ着色層170を透過等し、コレステリック液晶層164を透過して(1/4)λ板162に入射し、(1/4)λ板162によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、光散乱

層 150 を透過し、TN 液晶 140 を偏光方向を変えずに透過し、TN 液晶 140 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板 132 によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層 134 を透過して、観察側に向かって進む出射光 112 となる。

次に、第 10 図を参照して、外光が液晶表示装置に入射した場合の反射型の表示について説明する。

右側の電圧無印加部 120 においては、外光の自然光 125 が液晶表示装置に入射すると、その自然光 125 は、上偏光分離器 130 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、その後、TN 液晶 140 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、TN 液晶 140 から射出した紙面に垂直な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板 162 によって左円偏光の光となり、 $(1/4)\lambda$ 板 162 を射出した左円偏光成分の光は、コレステリック液晶層 164 で反射されて再び $(1/4)\lambda$ 板 162 に入射し、 $(1/4)\lambda$ 板 162 によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、TN 液晶 140 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、TN 液晶 140 を射出した紙面に平行な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板 132 によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層 134 を透過して、観察側に向かって進む出射光 126 となる。

左側の電圧印加部 110 においては、外光の自然光 115 が液晶表示装置に入射すると、その自然光 115 は、上偏光分離器 130 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、その後、TN 液晶 140 を偏光方向を変えずに透過し、TN 液晶 140 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は、 $(1/$

4) λ 板 162 によって右円偏光の光となり、 $(1/4)\lambda$ 板 162 を射出した右円偏光の光は、コレステリック液晶層 164 を透過する。コレステリック液晶層 164 を透過した右円偏光の光の一部は、着色層 170 によって反射され、その後コレステリック液晶層 164 で反射され、その後着色層 170 によって再び反射等された後、コレステリック液晶層 164 を透過して $(1/4)\lambda$ 板 162 に入射し、 $(1/4)\lambda$ 板 162 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、光散乱層 150 を透過し、TN液晶 140 を偏光方向を変えずに透過し、TN液晶 140 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板 132 によって右円偏光となり、コレステリック液晶層 134 を透過して、観察側に向かって進む出射光 116 となる。また、コレステリック液晶層 164 を透過した右円偏光の光の一部は、着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、反射板 180 によって反射され、その後、着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、コレステリック液晶層 164 で反射され、着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、反射板 180 によって再び反射され、着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過等し、コレステリック液晶層 164 を透過して $(1/4)\lambda$ 板 162 に入射し、 $(1/4)\lambda$ 板 162 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、光散乱層 150 を透過し、TN液晶 140 を偏光方向を変えずに透過し、TN液晶 140 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板 132 によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層 134 を透過して、観察側に向かって進む出射光 116 となる。

このように、右側の電圧無印加部 120 においては、光源 1

90からの自然光121は、下偏光分離器160で液晶表示装置外部に向かって反射され、上偏光分離器130を透過して、上偏光分離器130から出射光122として出射され、外光の自然光125は、下偏光分離器160で液晶表示装置外部に向かって反射され、上偏光分離器130を透過して、上偏光分離器130から出射光126として出射され、いずれの場合も、光散乱層150によって鏡面状から白色状になって上偏光分離器130から観察者側に出射され、左側の電圧印加部110においては、光源190からの自然光111は、下偏光分離器160を透過し、着色層170で着色され、下偏光分離器160を再び透過し、上偏光分離器130を透過して上偏光分離器130から出射光112として出射され、外光の自然光115は、上偏光分離器130および下偏光分離器160を透過し、着色層170で着色され、下偏光分離器160および上偏光分離器130を再び透過して上偏光分離器130から出射光116として出射され、いずれの場合も、着色層170によって着色されて上偏光分離器130から観察者側に出射されるので、TN液晶140のオン、オフの状態に応じて得られる表示状態は、外光による表示と、光源190からの光による表示とは同じとなり、その結果、外光による表示と、光源190からの光による表示との間では、いわゆるポジネガ反転の問題は生じない。

また、電圧無印加時においては、光源190からの光は下偏光分離器160によって反射されて出射光122として出射され、外光の自然光125も下偏光分離器160によって反射されて出射光126として出射されるので明るい表示が得られる。なお、 $(1/4)\lambda$ 板162とTN液晶140との間には光散乱層150を設けているので、下偏光分離器160からの反射

光が鏡面状から白色状になる。

また、上述のように、電圧無印加部 120 においては、下偏光分離器 160 によって反射された光が光散乱層 150 によって散乱されて白色状の出射光 122 または 126 となり、電圧印加部 110 においては、下偏光分離器 160 を透過した光が着色層 170 で着色されてカラーの出射光 112 または 116 となって、白地にカラーの表示が得られるが、着色層 170 に黒を使用すれば可視光領域の全波長が吸収されるので、白地に黒表示となる。

また、反射板 180 を設けているので、着色層 170 によって着色されたカラーの出射光 112 または 116 が明るくなる。

次に、第 11 図、第 12 図を参照すると、この液晶表示装置においては、透過偏光軸可変光学素子として TN 液晶 140 を使用し、TN 液晶 140 の上側には、 $(1/4)\lambda$ 板 132、136 とコレステリック液晶層 134 とを備える上偏光分離器 130 が設けられ、TN 素子 140 の下側には、光散乱層 150、 $(1/4)\lambda$ 板 162、166 とコレステリック液晶層 164 とを備える下偏光分離器 160、着色層 170 および反射板 180 がこの順に設けられている。

上偏光分離器 130 は、第 1 図 B を参照して説明した上偏光分離器 130 と同じである。下偏光分離器 160 はこの上偏光分離器 130 と同じ機能を有しており、下偏光分離器 160 は、 $(1/4)\lambda$ 板 162 側から入射した光のうち所定の第 2 の方向の直線偏光成分の光を第 2 の方向の直線偏光の光として透過させ、所定の第 2 の方向と直交する第 1 の方向の直線偏光成分の光を反射し、 $(1/4)\lambda$ 板 166 側から入射した光に対して $(1/4)\lambda$ 板 162 側に前記第 2 の方向の直線偏光の光を

出射可能な偏光分離手段である。なおこの機能を備える偏光分離手段としては、このコレステリック液晶層 164 と (1/4) λ 板 162、166 とを組み合わせた下偏光分離器 160 以外に、多層膜を積層したフィルムを利用するもの (USP 4, 974, 219)、ブリュースターの角度を利用して反射偏光と透過偏光とに分離するもの (SID 92 DIGEST 第 427 頁乃至第 429 頁)、ホログラムを利用するものや、国際公開された特許出願 (国際公開の番号: WO 95/17692 及び WO 95/27919) に、reflective polarizer として開示されたものがある。

この液晶表示装置の左側を電圧印加部 110 とし、右側を電圧無印加部 120 として説明する。

まず、第 11 図を参照して、光源 190 からの光による表示を説明する。

光源 190 から上偏光分離器 130 に到達する自然光については、第 1 図 B を参照して説明したとおりであり、上偏光分離器として偏光板を使用した場合よりも明るい表示が得られるのも第 1 図 B を参照して説明したとおりである。

次に、光源 190 からの自然光が TN 液晶 140 等を通過することによって生じる表示について説明する。

右側の電圧無印加部 120 においては、光源 190 からの自然光 121 が TN 液晶 140 および光散乱層 150 を透過し、TN 液晶 140 および光散乱層 150 を透過した自然光は (1/4) λ 板 162 によって右円偏光成分の光と左円偏光成分の光となる。

(1/4) λ 板 162 を射出した左円偏光成分の光は、コレステリック液晶層 164 で反射されて再び (1/4) λ 板 16

2に入射し、 $(1/4)\lambda$ 板162によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、TN液晶140によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、TN液晶140を射出した紙面に平行な方向の直線偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板132によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層134を透過し、コレステリック液晶層134を透過した右円偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板136によって再び紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、観察側に向かって進む出射光122となる。

$(1/4)\lambda$ 板162を射出した右円偏光成分の光は、コレステリック液晶層164を透過する。コレステリック液晶層164を透過した右円偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板166によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、 $(1/4)\lambda$ 板166から射出された紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層170によって反射され、その後、 $(1/4)\lambda$ 板166を透過し、 $(1/4)\lambda$ 板166を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板166によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層164を透過し、コレステリック液晶層164を透過した右円偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板162によって再び紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、光散乱層150を透過し、TN液晶140によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、 $(1/4)\lambda$ 板132によって左円偏光の光となり、コレステリック液晶層134によって反射されて再び $(1/4)\lambda$ 板132に入射し、 $(1/4)\lambda$ 板132によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、液晶表示装置内部に向かって進む反射光123となる。また、 $(1/4)\lambda$ 板166から射出された紙

面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、反射板 180 によって反射され、その後、再び着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、その後、 $(1/4)\lambda$ 板 166 を透過し、 $(1/4)\lambda$ 板 166 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板 166 によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層 164 を透過し、コレステリック液晶層 164 を透過した右円偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板 162 によって再び紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、光散乱層 150 を透過し、TN液晶 140 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、 $(1/4)\lambda$ 板 132 によって左円偏光の光となり、コレステリック液晶層 134 によって反射されて再び $(1/4)\lambda$ 板 132 に入射し、 $(1/4)\lambda$ 板 132 によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、液晶表示装置内部に向かって進む反射光 123 となる。

このように、電圧無印加時においては、光源 190 からの光は下偏光分離器 160 によって反射されて、出射光 122 として出射されるので明るい表示が得られる。なお、 $(1/4)\lambda$ 板 162 と TN液晶 140 との間には光散乱層 150 を設けているので、下偏光分離器 160 からの反射光が鏡面状から白色状になる。

左側の電圧印加部 110 においては、光源 190 からの自然光 111 が TN液晶 140 および光散乱層 150 を透過し、TN液晶 140 および光散乱層 150 を透過した自然光は $(1/4)\lambda$ 板 162 によって右円偏光成分の光と左円偏光成分の光となる。

(1/4) λ 板 1 6 2 を射出した左円偏光成分の光は、コレステリック液晶層 1 6 4 で反射されて再び (1/4) λ 板 1 6 2 に入射し、(1/4) λ 板 1 6 2 によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、光散乱層 1 5 0 を透過した後、TN 液晶 1 4 0 を偏光方向を変えずに透過し、TN 液晶 1 4 0 を透過した紙面に垂直な方向の直線偏光の光は (1/4) λ 板 1 3 2 によって左円偏光の光となり、コレステリック液晶層 1 3 4 によって反射されて再び (1/4) λ 板 1 3 2 に入射し、(1/4) λ 板 1 3 2 によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、液晶表示装置内部に向かって進む反射光 1 2 3 となる。

(1/4) λ 板 1 6 2 を射出した右円偏光成分の光は、コレステリック液晶層 1 6 4 を透過する。コレステリック液晶層 1 6 4 を透過した右円偏光の光は、(1/4) λ 板 1 6 6 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、(1/4) λ 板 1 6 6 から射出された紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 1 7 0 によって反射され、その後、(1/4) λ 板 1 6 6 を透過し、(1/4) λ 板 1 6 6 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は、(1/4) λ 板 1 6 6 によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層 1 6 4 を透過し、コレステリック液晶層 1 6 4 を透過した右円偏光の光は、(1/4) λ 板 1 6 2 によって再び紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、光散乱層 1 5 0 を透過し、TN 液晶 1 4 0 を偏光方向を変えずに透過し、TN 液晶 1 4 0 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は (1/4) λ 板 1 3 2 によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層 1 3 4 を透過し、コレステリック液晶層 1 3 4 を透過した右円偏光の光は、(1/4) λ 板 1 3 6 によって再び紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、観察側に向

かって進む出射光 112 となる。また、 $(1/4)\lambda$ 板 166 から射出された紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、反射板 180 によって反射され、その後、再び着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、その後、 $(1/4)\lambda$ 板 166 を透過し、 $(1/4)\lambda$ 板 166 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板 166 によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層 164 を透過し、コレステリック液晶層 164 を透過した右円偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板 162 によって再び紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、光散乱層 150 を透過し、TN 液晶 140 を偏光方向を変えずに透過し、TN 液晶 140 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板 132 によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層 134 を透過し、コレステリック液晶層 134 を透過した右円偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板 136 によって再び紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、観察側に向かって進む出射光 112 となる。

次に、第 12 図を参照して、外光が液晶表示装置に入射した場合の反射型の表示について説明する。

右側の電圧無印加部 120 においては、外光の自然光 125 が液晶表示装置に入射すると、その自然光 125 は、上偏光分離器 130 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、その後、TN 液晶 140 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、TN 液晶 140 から射出した紙面に垂直な方向の直線偏光の光は、光散乱層 150 を透過して、 $(1/4)\lambda$ 板 162 によって左円偏光の光となり、 $(1/4)\lambda$ 板 162 を射出した左円偏光成分の光は、コレス

テリック液晶層 164 で反射されて再び $(1/4)\lambda$ 板 162 に入射し、 $(1/4)\lambda$ 板 162 によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、光散乱層 150 を透過し、TN 液晶 140 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、TN 液晶 140 を射出した紙面に平行な方向の直線偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板 132 によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層 134 を透過し、コレステリック液晶層 134 を透過した右円偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板 136 によって再び紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、観察側向かって進む出射光 126 となる。

このように、電圧無印加時においては、外光の自然光 125 からの光は下偏光分離器 160 によって反射されて、出射光 126 として出射されるので明るい表示が得られる。なお、 $(1/4)\lambda$ 板 162 と TN 液晶 140 との間には光散乱層 150 を設けているので、下偏光分離器 160 からの反射光が鏡面状から白色状になる。

左側の電圧印加部 110 においては、外光の自然光 115 が液晶表示装置に入射すると、その自然光 115 は、上偏光分離器 130 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、その後、TN 液晶 140 および光散乱層 150 を偏光方向を変えずに透過して、 $(1/4)\lambda$ 板 162 によって右円偏光の光となり、 $(1/4)\lambda$ 板 162 を射出した右円偏光成分の光は、コレステリック液晶層 164 を透過し、コレステリック液晶層 164 を透過した右円偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板 166 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、 $(1/4)\lambda$ 板 166 から射出された紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 170 によって反射され、その後、 $(1/4)\lambda$ 板

166を透過し、 $(1/4)\lambda$ 板166を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板166によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層164を透過し、コレステリック液晶層164を透過した右円偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板162によって再び紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、光散乱層150を透過し、TN液晶140を偏光方向を変えずに透過し、TN液晶140を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板132によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層134を透過し、コレステリック液晶層134を透過した右円偏光の光は、観察側に向かって進む出射光116となる。また、 $(1/4)\lambda$ 板166から射出された紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層170によって吸収されつつ着色層170を透過し、反射板180によって反射され、その後、再び着色層170によって吸収されつつ着色層170を透過し、その後、 $(1/4)\lambda$ 板166を透過し、 $(1/4)\lambda$ 板166を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板166によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層164を透過し、コレステリック液晶層164を透過した右円偏光の光は、 $(1/4)\lambda$ 板162によって再び紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、光散乱層150を透過し、TN液晶140を偏光方向を変えずに透過し、TN液晶140を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は $(1/4)\lambda$ 板132によって右円偏光の光となり、コレステリック液晶層134を透過し、コレステリック液晶層134を透過した右円偏光の光は、観察側に向かって進む出射光116となる。

このように、右側の電圧無印加部120においては、光源1

90からの自然光121は、下偏光分離器160で液晶表示装置外部に向かって反射され、上偏光分離器130を透過して、上偏光分離器130から出射光122として出射され、外光の自然光125は、下偏光分離器160で液晶表示装置外部に向かって反射され、上偏光分離器130を透過して、上偏光分離器130から出射光126として出射され、いずれの場合も、光散乱層150によって鏡面状から白色状になって偏光分離器130から観察者側に出射され、左側の電圧印加部110においては、光源190からの自然光111は、下偏光分離器160を透過し、着色層170で着色され、下偏光分離器160を再び透過し、上偏光分離器130を透過して上偏光分離器130から出射光112として出射され、外光の自然光115は、上偏光分離器130および下偏光分離器160を透過し、着色層170で着色され、下偏光分離器160および上偏光分離器130を再び透過して上偏光分離器130から出射光116として出射され、いずれの場合も、着色層170によって着色されて上偏光分離器130から観察者側に出射されるので、TN液晶140のオン、オフの状態に応じて得られる表示状態は、外光による表示と、光源190からの光による表示とは同じとなり、その結果、外光による表示と、光源190からの光による表示との間では、いわゆるポジネガ反転の問題は生じない。

また、電圧無印加時においては、光源190からの光121は下偏光分離器160によって反射されて出射光122として出射され、外光の自然光125も偏光分離器160によって反射されて出射光126として出射されるので明るい表示が得られる。なお、 $(1/4)\lambda$ 板162とTN液晶140との間には光散乱層150を設けているので、下偏光分離器160から

の反射光が鏡面状から白色状になる。

また、上述のように、電圧無印加部 120 においては、下偏光分離器 160 によって反射された光が光散乱層 150 によって散乱されて白色状の出射光 122 または 126 となり、電圧印加部 110 においては、下偏光分離器 160 を透過した光が着色層 170 で着色されてカラーの出射光 112 または 116 となって、白地にカラーの表示が得られるが、着色層 170 に黒を使用すれば可視光領域の全波長が吸収されるので、白地に黒表示となる。

また、反射板 180 を設けているので、着色層 170 によって着色されたカラーの出射光 112 または 116 が明るくなる。

次に、第 13 図、第 14 図を参照すると、この液晶表示装置においては、透過偏光軸可変光学素子として TN 液晶 140 を使用し、TN 液晶 140 の上側には、第 1 図 C に示した上偏光分離器 300 が設けられ、TN 素子 140 の下側には、光散乱層 150、下偏光分離器 310、着色層 170 および反射板 180 がこの順に設けられている。尚、下偏光分離器 310 には上偏光分離器 300 と同様のものを用いている。

上偏光分離器 300 は、第 1 図 C を参照して説明した上偏光分離器 300 と同じである。下偏光分離器 310 はこの上偏光分離器 300 と同じ機能を有している。なおこの機能を備える偏光分離手段としては、このコレステリック液晶層 164 と

(1/4)λ 板 162、166 とを組み合わせた下偏光分離器 160 以外に、多層膜を積層したフィルムを利用するもの (USP 4, 974, 219)、ブリュースターの角度を利用して反射偏光と透過偏光とに分離するもの (SID 92 DIGEST 第 427 頁乃至第 429 頁)、ホログラムを利用する

ものがある。

この液晶表示装置の左側を電圧印加部 110 とし、右側を電圧無印加部 120 として説明する。

まず、第 13 図を参照して、光源 190 からの光による表示を説明する。

光源 190 から上偏光分離器 300 に到達する自然光については、第 1 図 C を参照して説明したとおりであり、上偏光分離器として偏光板を使用した場合よりも明るい表示が得られるのも第 1 図 C を参照して説明したとおりである。

次に、光源 190 からの自然光が TN 液晶 140 等を通過することによって生じる表示について説明する。

右側の電圧無印加部 120 においては、光源 190 からの自然光 121 が TN 液晶 140 および光散乱層 150 を透過する。

光散乱層 150 を透過した自然光のうち紙面に垂直な偏光成分の光は、下偏光分離器 310 で反射されて紙面に垂直な方向の直線偏光の光のまま、TN 液晶 140 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、光散乱層 150 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光は、下偏光分離器 310 を透過し紙面に平行な方向の直線偏光の光のまま、観察側に向かって進む出射光 122 となる。

下偏光分離器 310 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 170 によって反射され、下偏光分離器 310 を透過し、TN 液晶 140 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、上偏光分離板 200 によって反射されて再び紙面に垂直な方向の直線偏光の光のまま、液晶表示装置内部に向かって進む反射光 123 となる。また、下偏光分離器 310 を透過した紙面に平行な方向の

直線偏光の光の一部は、着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、反射板 180 によって反射され、再び着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、その後、下偏光分離器 310 を透過し、紙面に平行な方向の直線偏光の光のまま、光散乱層 150 を透過し、TN 液晶 140 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、上偏光分離器 300 によって反射されて紙面に垂直な方向の直線偏光の光のまま、液晶表示装置内部に向かって進む反射光 123 となる。

このように、電圧無印加時においては、光源 190 からの光は下偏光分離器 310 によって反射されて、出射光 122 として出射されるので明るい表示が得られる。なお、下偏光分離器 310 と TN 液晶 140 との間には光散乱層 150 を設けているので、下偏光分離器 310 からの反射光が鏡面状から白色状になる。

左側の電圧印加部 110 においては、光源 190 からの自然光 111 が TN 液晶 140 および光散乱層 150 を透過する。

TN 液晶 140 及び光散乱層 150 を射出した紙面に垂直な方向の直線偏光の光は、下偏光分離器 310 で反射されて紙面に垂直な方向の直線偏光の光のまま、光散乱層 150 を透過した後、TN 液晶 140 を偏光方向を変えずに透過し、上偏光分離器 300 によって紙面に垂直な方向の直線偏光の光のまま反射され、液晶表示装置内部に向かって進む反射光 113 となる。

下偏光分離器 310 を透過した紙面に平行な方向の直線偏光成分の光の一部は、着色層 170 によって反射され、その後、下偏光分離器 310 を紙面に平行な方向の直線偏光の光のまま透過し、そして光散乱層 150 を透過し、TN 液晶 140 を偏

光方向を変えずに透過し、上偏光分離器 300 を紙面に平行な方向の直線偏光の光のまま透過し、観察側に向かって進む出射光 112 となる。また、下偏光分離器 310 から射出された紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、反射板 180 によって反射され、その後、再び着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、その後、下偏光分離器 310 を紙面に平行な直線偏光の光のまま透過し、光散乱層 150 を透過し、TN 液晶 140 を偏光方向を変えずに透過し、上偏光分離器 300 を紙面に平行な方向の直線偏光の光のまま透過し、観察側に向かって進む出射光 112 となる。

次に、第 14 図を参照して、外光が液晶表示装置に入射した場合の反射型の表示について説明する。

右側の電圧無印加部 120 においては、外光の自然光 125 が液晶表示装置に入射すると、その自然光 125 は、上偏光分離器 300 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、その後、TN 液晶 140 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に垂直な方向の直線偏光の光となり、TN 液晶 140 から射出した紙面に垂直な方向の直線偏光の光は、光散乱層 150 を透過して、下偏光分離器 310 で反射されて紙面に垂直な方向の直線偏光の光のまま、光散乱層 150 を透過し、TN 液晶 140 によって偏光方向が 90° 捻られて紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、TN 液晶 140 を射出した紙面に平行な方向の直線偏光の光は、下偏光分離器 310 を紙面に平行な方向の直線偏光の光のまま透過し、観察側に向かって進む出射光 126 となる。

このように、電圧無印加時においては、外光の自然光 125

からの光は下偏光分離器 310 によって反射されて、出射光 126 として出射されるので明るい表示が得られる。なお、下偏光分離 310 と TN 液晶 140 との間には光散乱層 150 を設けているので、下偏光分離器 310 からの反射光が鏡面状から白色状になる。

左側の電圧印加部 110 においては、外光の自然光 115 が液晶表示装置に入射すると、その自然光 115 は、上偏光分離器 300 によって紙面に平行な方向の直線偏光の光となり、その後、TN 液晶 140 および光散乱層 150 を偏光方向を変えずに透過して、下偏光分離器 310 を紙面に平行な方向の直線偏光の光のまま透過し、その一部は、着色層 170 によって反射され、その後、下偏光分離器 310 を紙面に平行な方向の直線偏光の光のまま透過し、光散乱層 150 を透過し、TN 液晶 140 を偏光方向を変えずに透過し、紙面に平行な方向の直線偏光の光のまま上偏光分離器 300 を透過し、観察側に向かって進む出射光 116 となる。また、紙面に平行な方向の直線偏光の光の一部は、着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、反射板 180 によって反射され、その後、再び着色層 170 によって吸収されつつ着色層 170 を透過し、その後、下偏光分離器 310 を紙面に平行な方向の直線偏光の光のまま透過し、光散乱層 150 を透過し、TN 液晶 140 を偏光方向を変えずに透過し、紙面に平行な方向の直線偏光成分の光のまま上偏光分離器を透過し、観察側に向かって進む出射光 116 となる。

このように、右側の電圧無印加部 120 においては、光源 190 からの自然光 121 は、下偏光分離器 310 で液晶表示装置外部に向かって反射され、上偏光分離器 300 を透過して、

上偏光分離器 300 から出射光 122 として出射され、外光の自然光 125 は、下偏光分離器 310 で液晶表示装置外部に向かって反射され、上偏光分離器 300 を透過して、上偏光分離器 300 から出射光 126 として出射され、いずれの場合も、光散乱層 150 によって鏡面状から白色状になって上偏光分離器 300 から観察者側に出射され、左側の電圧印加部 110 においては、光源 190 からの自然光 111 は、下偏光分離器 310 を透過し、着色層 170 で着色され、下偏光分離器 310 を再び透過し、上偏光分離器 300 を透過して上偏光分離器 300 から出射光 112 として出射され、外光の自然光 115 は、上偏光分離器 300 および下偏光分離器 310 を透過し、着色層 170 で着色され、下偏光分離器 310 および上偏光分離器 300 を再び透過して上偏光分離器 300 から出射光 116 として出射され、いずれの場合も、着色層 170 によって着色されて上偏光分離器 300 から観察者側に出射されるので、TN 液晶 140 のオン、オフの状態に応じて得られる表示状態は、外光による表示と、光源 190 からの光による表示とは同じとなり、その結果、外光による表示と、光源 190 からの光による表示との間では、いわゆるポジネガ反転の問題は生じない。

また、電圧無印加時においては、光源 190 からの光 121 は下偏光分離器 310 によって反射されて出射光 122 として出射され、外光の自然光 125 も下偏光分離器 310 によって反射されて出射光 126 として出射されるので明るい表示が得られる。なお、下偏光分離器 310 と TN 液晶 140 との間には光散乱層 150 を設けているので、下偏光分離器 310 からの反射光が鏡面状から白色状になる。

また、上述のように、電圧無印加部 120 においては、下偏

光分離器 310 によって反射された光が光散乱層 150 によって散乱されて白色状の出射光 122 または 126 となり、電圧印加部 110 においては、下偏光分離器 310 を透過した光が着色層 170 で着色されてカラーの出射光 112 または 116 となって、白地にカラーの表示が得られるが、着色層 170 に黒を使用すれば可視光領域の全波長が吸収されるので、白地に黒表示となる。

また、反射板 180 を設けているので、着色層 170 によって着色されたカラーの出射光 112 または 116 が明るくなる。

なお、上記においては、TN 液晶 140 を例にとりて説明したが、TN 液晶 140 に代えて STN 液晶や ECB (Electrically Controlled Birefringence) 液晶等の他の透過偏光軸を電圧等によって変えられるものを用いても基本的な動作原理は同一である。

本発明は上記原理に基づくものであり、本発明によれば、透過偏光軸を可変な透過偏光軸可変手段と、

前記透過偏光軸可変手段を挟んで前記透過偏光軸可変手段の両側にそれぞれ配置された第 1 の偏光分離手段と光学手段と、

前記第 1 の偏光分離手段と前記光学手段との間に光を入射可能な光源と、を備える表示装置であって、

前記第 1 の偏光分離手段が、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち第 1 の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側とは反対側に透過させ、前記第 1 の所定の方向と直交する第 2 の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側に反射し、前記透過偏光軸可変手段とは反対側から前記第 1 の偏光分離手段に入射した光に対して前記透過偏光軸可変手段側に前記第 1 の所定の方向の直線偏光の光

を出射可能な偏光分離手段であり、

前記光学手段が、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光を第3の所定の方向の直線偏光成分の光と前記第3の所定の方向と直交する第4の所定の方向の直線偏光成分の光とに分離可能であって、前記第3の所定の方向の直線偏光成分の光および前記第4の所定の方向の直線偏光成分の光のうちの少なくとも一方を前記透過偏光軸可変手段側に出射可能な光学手段であることを特徴とする表示装置が提供される。

本発明においては、第1の偏光分離手段が、透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち第1の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側とは反対側に透過させ、また第1の所定の方向と直交する第2の所定の方向の直線偏光成分の光を吸収するのではなく透過偏光軸可変手段側に反射するので、光源からの光のうち、第1の所定の方向の直線偏光成分の光は透過偏光軸可変手段側とは反対側に透過し、さらに、第1の所定の方向と直交する第2の所定の方向の直線偏光成分の光も、表示装置内で反射を繰り返しいずれは第1の偏光分離手段を通して透過偏光軸可変手段側とは反対側に出射されることになるので、光源からの光を使用して表示を行う場合に、第1の偏光分離手段として偏光板を使用した場合と比べて明るい表示が得られる。

また、光源は第1の偏光分離手段と光学手段との間に光を入射可能であるので、透過偏光軸可変手段の透過偏光軸の第1と第2の状態とにそれぞれ応じて得られる2つの表示の状態（明と暗）は、第1の偏光分離手段の外側から入射された光による表示と、光源からの光による表示とでは同じであり、すなわち、透過偏光軸可変手段の透過偏光軸が前記第1の状態の場合に第

1の偏光分離手段の外側から入射された光による表示が明であれば光源からの光による表示も明であり、透過偏光軸可変手段の透過偏光軸が前記第2の状態の場合に第1の偏光分離手段の外側から入射された光による表示が暗であれば光源からの光による表示も暗であるので、第1の偏光分離手段の外側から入射された光による表示と、光源からの光による表示との間では、いわゆるボジネガ反転の問題は生じない。

好ましくは、前記第1の偏光分離手段が、可視光領域のほぼ全波長範囲の光に対して、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち前記第1の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側とは反対側に透過させ、前記第2の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側に反射し、可視光領域のほぼ全波長範囲の光であって前記透過偏光軸可変手段側とは反対側から入射した光に対して前記透過偏光軸可変手段側に前記第1の所定の方向の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段である。

このようにすれば、透明表示または白表示を得ることができ、可視光領域の全波長範囲において任意の色の表示を得ることにもできるようになる。

そして、好ましくは、前記第1の偏光分離手段が、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち前記第1の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側とは反対側に前記第1の所定の方向の直線偏光の光として透過させる偏光分離手段である。

また、好ましくは前記第1の偏光分離手段は、複数の層が積層された積層体であって、前記複数の層の屈折率が、前記層相互間で、前記第1の所定の方向においては実質的に等しく、前

記第2の所定の方角では異なる前記積層体である。

また、好ましくは、前記光学手段が、前記透過偏光軸可変手段側に配置された第2の偏光分離手段と、前記第2の偏光分離手段に対して前記透過偏光軸可変手段と反対側に配置された光学素子とを備え、

前記光源が、前記第1の偏光分離手段と第2の偏光分離手段との間に光を入射可能な光源であり、

前記第2の偏光分離手段が、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち前記第3の所定の方角の直線偏光成分の光を前記光学素子側に透過させ、前記第3の所定の方角と直交する前記第4の所定の方角の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側に反射し、前記光学素子側から入射した光に対して前記透過偏光軸可変手段側に前記第3の所定の方角の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段であり、

前記光学素子が、前記第2の偏光分離手段側からの光に対して所定の波長領域の光を前記第2の偏光分離手段に向かって出射可能な光学素子である。そして好ましくは、前記第2の偏光分離手段は、複数の層が積層された積層体であって、前記複数の層の屈折率が、前記層相互間で、前記第3の所定の方角においては実質的に等しく、前記第4の所定の方角では異なる前記積層体である。

このようにすれば、透過偏光軸可変手段の透過偏光軸の状態に応じて、前記第2の偏光分離手段から反射された光による第1の表示状態と、前記光学素子からの所定の波長領域の光であって、前記第2の偏光分離手段を透過した所定の波長領域の光による第2の表示状態との2つの表示状態が得られる。そして、第1の表示状態は、第2の偏光分離手段によって吸収されるの

ではなく反射された光による表示状態であるので明るい表示となる。また、カラー表示も可能となる。

このように、前記光学手段が上記第2の偏光分離手段と光学素子とを備える場合には、好ましくは、前記光学素子が、前記第2の偏光分離手段側からの光のうち前記所定の波長領域以外の可視光領域の光を吸収し、前記所定の波長領域の光を前記第2の偏光分離手段に向かって反射可能であると共に前記所定の波長領域の光を透過可能な光学素子であり、さらに、好ましくは、前記光学素子がカラーフィルタである。

また、このように、前記光学手段が上記第2の偏光分離手段と光学素子とを備える場合であって、特に、前記光学素子が、第2の偏光分離手段側からの光のうち前記所定の波長領域以外の可視光領域の光を吸収し、前記所定の波長領域の光を前記第2の偏光分離手段に向かって反射可能であると共に前記所定の波長領域の光を透過可能な光学素子である場合には、好ましくは、

前記光学素子に対して前記第2の偏光分離手段と反対側に配置された反射手段をさらに備え、

前記反射手段を、少なくとも前記所定の波長領域の光を前記光学素子に向かって反射可能とする。

このようにすれば、光学素子からの光による上記第2の表示状態を明るくできる。

また、好ましくは、

前記光学手段が、前記透過偏光軸可変手段側に配置された第2の偏光分離手段と、前記第2の偏光分離手段に対して前記透過偏光軸可変手段と反対側に配置された光学素子とを備え、

前記光源が、前記第1の偏光分離手段と第2の偏光分離手段

との間に光を入射可能な光源であり、

前記第2の偏光分離手段が、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち前記第3の所定の方向の直線偏光成分の光を前記光学素子側に透過させ、前記第3の所定の方向と直交する前記第4の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側に反射し、前記光学素子側から入射した光に対して前記透過偏光軸可変手段側に前記第3の所定の方向の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段であり、

前記光学素子が、前記第2の偏光分離手段側からの光に対して可視光領域のほぼ全波長範囲の光を吸収する光学素子である。

このようにすれば、透過偏光軸可変手段の透過偏光軸の状態に応じて、前記第2の偏光分離手段から反射された光による第3の表示状態と、前記光学素子によって可視光領域のほぼ全波長範囲の光が吸収されることによる第4の表示状態である黒表示が得られる。そして、第3の表示状態は、第2の偏光分離手段によって吸収されるのではなく反射された光による表示状態であるので明るい表示となる。そして、この場合に、前記光学素子は、好ましくは、黒色の光吸収体である。

また、好ましくは、前記第2の偏光分離手段が、可視光領域のほぼ全波長範囲の光に対して、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち前記第3の所定の方向の直線偏光成分の光を前記光学素子側に透過させ、前記第4の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側に反射し、可視光領域のほぼ全波長範囲の光であって前記光学素子側から入射した光に対して前記透過偏光軸可変手段側に前記第3の所定の方向の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段である。

このようにすれば、透明表示または白表示を得ることができ、

可視光領域の全波長範囲において任意の色の表示を得ることもできるようになる。

そして、この場合に、好ましくは、前記第2の偏光分離手段が、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち前記第3の所定の方向の直線偏光成分の光を前記光学素子側に前記第3の所定の方向の直線偏光の光として透過させる偏光分離手段である。

また、好ましくは、

前記光学手段が、前記透過偏光軸可変手段側に配置された第2の偏光分離手段と、前記第2の偏光分離手段に対して前記透過偏光軸可変手段と反対側に配置された光学素子とを備え、

前記光源が、前記第1の偏光分離手段と第2の偏光分離手段との間に光を入射可能な光源であり、

前記第2の偏光分離手段が、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち前記第3の所定の方向の直線偏光成分の光を前記光学素子側に透過させ、前記第3の所定の方向と直交する前記第4の所定の方向の直線偏光成分の光を吸収し、前記光学素子側から入射した光に対して前記透過偏光軸可変手段側に前記第3の所定の方向の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段であり、

前記光学素子が、前記第2の偏光分離手段側からの光を前記第2の偏光分離手段側に反射可能な光学素子である。

このような構成によれば、透過偏光軸可変手段の透過偏光軸の状態に応じて、前記第2の偏光分離手段を透過し前記光学素子によって反射された光による第5の表示状態と、前記第2の偏光分離手段によって光が吸収されることによる第6の表示状態が得られる。そして、この場合に、好ましくは、前記第2の

偏光分離手段が偏光板である。

前記透過偏光軸可変手段としては、好ましくは、液晶素子が使用され、特に好ましくは、TN液晶素子、STN液晶素子またはECB液晶素子が用いられる。なお、このSTN液晶素子には、色補償用光学異方体を用いるSTN液晶素子も含んでいる。

また、本発明は、前記第1の偏光分離手段が前記表示装置の観察側に配置されている場合に、特に好適に適用される。

好ましくは、前記光源が、前記第1の偏光分離手段と前記透過偏光軸可変手段との間に光を入射可能な位置に配置されている。

また、前記光源を、前記透過偏光軸可変手段内に光を入射可能な位置に配置することも好ましい。

さらには、前記光源を、前記透過偏光軸可変手段と前記第2の偏光分離手段との間に光を入射可能な位置に配置してもよい。

また、好ましくは、前記光源の光を前記表示装置内部に向かって反射可能な第2の反射手段をさらに備える。

このようにすれば、光源からの光による表示を明るくすることができる。

また、好ましくは、前記光源および前記第2の反射手段が、前記第1の偏光分離手段と前記透過偏光軸可変手段との間に配置され、前記第2の反射手段が前記光源からの光を前記透過偏光軸可変手段側に反射可能な反射領域を備えており、光源からの光による表示を明るくすることができる。

そして、この場合には、好ましくは、前記反射領域が、前記表示装置を平面図的にみて、前記表示装置の表示領域よりも外側の周囲に設けられている。

また、好ましくは、前記第2の反射手段が、前記表示装置の内側に向かって傾斜した反射板を備える。

このようにすれば、光源からの光による表示を明るくでき、特に、表示装置の表示領域の中央部の表示の明るさの改善に効果がある。

また、好ましくは、前記第1の偏光分離手段の中央部が前記第1の偏光分離手段の端部よりも前記透過偏光軸可変手段から遠くなるように湾曲している。

このようにすれば、光源からの光による表示を明るくでき、特に、表示装置の表示領域の中央部の表示の明るさの改善に効果がある。

また、好ましくは、前記第1の偏光分離手段に対して前記透過偏光軸可変手段と反対側に設けられたアンチグレア層またはアンチレフレクター層をさらに備える。

このようにすれば、第1の偏光分離手段の表面でのぎらつきやてかりが抑制され、外光の写り込みが抑制される。

また、好ましくは、前記第1の偏光分離手段に対して前記透過偏光軸可変手段と反対側に設けられた偏光板をさらに備え、さらに、好ましくは、第1の偏光分離手段の偏光軸と偏光板の偏光軸とをほぼ一致させる。

このようにすれば、第1の偏光分離手段の偏光分離度が十分でない場合にも、偏光度を高めることができ、表示装置のコントラストを高くすることができる。

また、好ましくは、前記光源からの光を前記表示装置内部に導く導光板をさらに備える。

このようにすれば、光源からの光による表示を明るくできる。なお、この場合に、好ましくは、導光板の中央部に口の字型の

開口部を設け、表示装置の表示領域を導光板の開口部から露出させる。

また、好ましくは、前記光源からの光を反射して前記第1の偏光分離手段と前記光学手段との間に光を入射可能な第3の反射手段をさらに備える。

このようにすれば、光源を配置する位置の自由度が大きくなり、設計の自由度が大きくなる。

また、好ましくは、前記第1の偏光分離手段の内側に光学的に等方な透明板をさらに設ける。

このようにすれば、この透明板を前記第1の偏光分離手段の支持部材等として使用でき、しかも、この透明板は光学的に等方なので、表示装置の光学的特性に影響を与えることはない。

また、好ましくは、光拡散手段をさらに設ける。このようにすれば、透明光による表示を白色状とすることができる。

なお、本発明の表示装置においては、TFTやMIM等のアクティブ素子を設けてもよい。

また、本発明によれば、上記各表示装置を内蔵し、表示用カバーを備える電子装置であって、前記第1の偏光分離手段が、前記表示用カバーの内側に固着されていることを特徴とする電子装置が提供される。

[図面の簡単な説明]

第1図は、本発明の表示装置の原理を説明するための断面図であり、第1図A、1B、第1図Cは本発明の表示装置の原理を説明するための断面図であり、第1図Dは比較のための表示装置の原理を説明するための断面図である。

第2図は、本発明の表示装置に用いる偏光分離器の拡大斜視図である。

第3図は、本発明の表示装置の原理を説明するための断面図である。

第4図は、本発明の表示装置の原理を説明するための断面図である。

第5図は、本発明の表示装置の原理を説明するための断面図である。

第6図は、本発明の表示装置の原理を説明するための断面図である。

第7図は、本発明の表示装置の原理を説明するための断面図である。

第8図は、本発明の表示装置の原理を説明するための断面図である。

第9図は、本発明の表示装置の原理を説明するための断面図である。

第10図は、本発明の表示装置の原理を説明するための断面図である。

第11図は、本発明の表示装置の原理を説明するための断面図である。

第12図は、本発明の表示装置の原理を説明するための断面図である。

第13図は、本発明の表示装置の原理を説明するための断面図である。

第14図は、本発明の表示装置の原理を説明するための断面図である。

第15図は、本発明の第1の実施の形態の液晶表示装置を説

明するための分解断面図である。

第 16 図は、本発明の第 2 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

第 17 図は、本発明の第 3 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

第 18 図は、本発明の第 4 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

第 19 図は、本発明の第 5 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための図であり、第 19 第 7 図は分解断面図、第 19 第 8 図は平面図である。

第 20 図は、本発明の第 6 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

第 21 図は、本発明の第 7 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

第 22 図は、本発明の第 8 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

第 23 図は、本発明の第 9 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

第 24 図は、本発明の第 10 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための平面図である。

第 25 図は、本発明の第 11 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

第 26 図は、本発明の第 12 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

第 27 図は、本発明の第 13 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

第 28 図は、本発明の第 14 の実施の形態の液晶表示装置を

使用した携帯電話を説明するための断面図である。

第29図は、本発明の第15の実施の形態の液晶表示装置を使用した携帯電話を説明するための断面図である。

[発明を実施するための最良の形態]

次に本発明の実施するための形態を図面を参照して説明する。

(第1の実施の形態)

第15図は、本発明の第1の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

本実施の形態の液晶表示装置1においては、透過偏光軸可変光学素子としてTNやSTN等からなる液晶セル30を使用している。液晶セル30の上側には上偏光分離器10が設けられている。液晶セル30の下側には、偏光板55、反射板65がこの順に設けられている。液晶表示装置1の側面側であって偏光分離器10と液相セル30との間には、ライト80が設けられている。液晶セル30においては、2枚のガラス基板31、32とシール部材33とによって構成されるセル内にTNやSTN等の液晶34が封入されている。

本実施の形態における上偏光分離器10としては、第1図B、第1図C、第2図、第5図、第6図、第7図、第8図、第11図、第12図、第13図、第14図を用いて説明した上偏光分離器と同じ機能を有する偏光分離器、すなわち、液晶セル30側から入射した光のうち所定の第2の方向の直線偏光成分を第2の方向の直線偏光として透過させ、所定の第2の方向と直交する第1の方向の直線偏光成分を反射し、上偏光分離器30の

上側から入射した光に対して液晶セル30側に前記第2の方向の直線偏光を出射可能な偏光分離器を使用する。

この機能を備える偏光分離器としては、2枚の $(1/4)\lambda$ 板の間にコレステリック液晶層を挟んだもの、多層膜を積層したフィルムを利用するもの、ブリュースターの角度を利用して反射偏光と透過偏光とに分離するもの、ホログラムを利用するものや、国際公開された特許出願（国際公開の番号：WO95/17692及びWO95/27919））にreflective polarizerとして開示された偏光分離器を使用できるが、本実施の形態では、WO95/17692及びWO95/27919）にreflective polarizerとして開示された偏光分離器つまりは第1図C、第2図、第7図、第8図、第13図、第14図を用いて説明した偏光分離器を使用する。

なお、本実施の形態における上偏光分離器10として、第1図A、第3図、第4図、第9図、第10図を用いて説明した上偏光分離器と同じ機能を有する偏光分離器、すなわち、液晶セル30側から入射した光のうち所定の第2の方向の直線偏光成分を透過させ、所定の第2の方向と直交する第1の方向の直線偏光成分を反射し、上偏光分離器10の上側から入射した光に対して液晶セル30側に前記第2の方向の直線偏光を出射可能な偏光分離器を使用することもできる。

本実施の形態の液晶表示装置1の動作は、第5図、第6図、第7図、第8図を参照して説明した液晶表示装置と同様であるので、ここではその説明は省略する。

本実施の形態の液晶表示装置1においては、上偏光分離器10は、液晶セル30側から入射した光のうち所定の第2の方向

の直線偏光成分を第2の方向の直線偏光として透過させ、所定の第2の方向と直交する第1の方向の直線偏光成分を吸収するのではなく、反射するので、ライト80からの光のうち、第1の所定の方向の直線偏光成分の光は上偏光分離器10の上側に透過し、さらに、第1の所定の方向と直交する第2の所定の方向の直線偏光成分の光も、液晶表示装置1内で反射を繰り返すいずれは上偏光分離器10を通してその上側に出射されることになるので、ライト80からの光を使用して表示を行う場合に、上偏光分離器10として偏光板を使用した場合と比べて明るい表示が得られる。

また、ライト80は上偏光分離器10と液晶セル30との間に光を入射可能であるので、液晶セル30のオン、オフの状態に応じて得られる表示状態は、外光による表示と、ライト80からの光による表示とは同じとなり、その結果、外光による表示と、ライト80からの光による表示との間では、いわゆるポジネガ反転の問題は生じない。

(第2の実施の形態)

第16図は、本発明の第2の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

本実施の形態の液晶表示装置1においては、透過偏光軸可変光学素子としてTNやSTN等からなる液晶セル30を使用している。液晶セル30の上側には上偏光分離器10が設けられている。液晶セル30の下側には、拡散板40、下偏光分離器50、黒色吸収板60がこの順に設けられている。液晶表示装置1の側面側であって上偏光分離器10と液晶セル30との間には、ライト80が設けられている。液晶セル30においては、

2枚のガラス基板31、32とシール部材33とによって構成されるセル内にTNやSTN等の液晶34が封入されている。

本実施の形態における上偏光分離器10としては、第1図B、第1図C、第2図、第5図、第6図、第7図、第8図、第11図、第12図、第13図、第14図を用いて説明した上偏光分離器と同じ機能を有する偏光分離器、と同じ機能を有する偏光分離器、すなわち、液晶セル30側から入射した光のうち所定の第2の方向の直線偏光成分を第2の方向の直線偏光として透過させ、所定の第2の方向と直交する第1の方向の直線偏光成分を反射し、上偏光分離器30の上側から入射した光に対して液晶セル30側に前記第2の方向の直線偏光を出射可能な偏光分離器を使用する。

また、下偏光分離器50としては、第11図、第12図、第13図、第14図を用いて説明した下偏光分離器と同じ機能を有する偏光分離器、すなわち、液晶セル30側から入射した光のうち所定の第2の方向の直線偏光成分を第2の方向の直線偏光として透過させ、所定の第2の方向と直交する第1の方向の直線偏光成分を反射し、下偏光分離器30の下側から入射した光に対して液晶セル30側に前記第2の方向の直線偏光を出射可能な偏光分離器を使用する。

この機能を備える偏光分離器としては、2枚の $(1/4)\lambda$ 板の間にコレステリック液晶層を挟んだもの、多層膜を積層したフィルムを利用するもの、ブリュースターの角度を利用して反射偏光と透過偏光とに分離するもの、ホログラムを利用するものや、国際公開された特許出願（国際公開の番号：WO95/17692及びWO95/27919）にreflective polarizerとして開示された偏光分離器を使用できるが、本実施の

形態では、第1図C、第2図、第7図、第8図、第13図、第14図を用いて説明した偏光分離器つまりはWO 95/17692及びWO 95/27919)にreflective polarizerとして開示された偏光分離器を使用する。

なお、本実施の形態における上偏光分離器10として、第1図A、第3図、第4図、第9図、第10図を用いて説明した上偏光分離器と同じ機能を有する偏光分離器、すなわち、液晶セル30側から入射した光のうち所定の第2の方向の直線偏光成分を透過させ、所定の第2の方向と直交する第1の方向の直線偏光成分を反射し、上偏光分離器10の上側から入射した光に対して液晶セル30側に前記第2の方向の直線偏光を出射可能な偏光分離器を使用することもできる。

また、本実施の形態における下偏光分離器50として、第9図、第10図を用いて説明した下偏光分離器と同じ機能を有する偏光分離器、すなわち、液晶セル30側から入射した光のうち所定の第2の方向の直線偏光成分を透過させ、所定の第2の方向と直交する第1の方向の直線偏光成分を反射し、下偏光分離器50の下側から入射した光に対して液晶セル30側に前記第2の方向の直線偏光を出射可能な偏光分離器を使用することもできる。

本実施の形態の液晶表示装置1の動作は、第13図、第14図を参照して説明した液晶表示装置と同様であるので、ここではその説明は省略する。

本実施の形態の液晶表示装置1では、電圧無印加部においては、下偏光分離器50によって反射された光が拡散板40によって散乱されて白色状の出射光となり、電圧印加部においては、下偏光分離器50を透過した光が黒色吸収板60で吸収される

ので、白地に黒表示となる。

本実施の形態の液晶表示装置 1 においては、上偏光分離器 10 は、液晶セル 30 側から入射した光のうち所定の第 2 の方向の直線偏光成分を第 2 の方向の直線偏光として透過させ、所定の第 2 の方向と直交する第 1 の方向の直線偏光成分を吸収するのではなく、反射するので、ライト 80 からの光のうち、第 1 の所定の方向の直線偏光成分の光は上偏光分離器 10 の上側に透過し、さらに、第 1 の所定の方向と直交する第 2 の所定の方向の直線偏光成分の光も、液晶表示装置 1 内で反射を繰り返すいずれは上偏光分離器 10 を通ってその上側に出射されることになるので、ライト 80 からの光を使用して表示を行う場合に、上偏光分離器 10 として偏光板を使用した場合と比べて明るい表示が得られる。

また、ライト 80 は上偏光分離器 10 と液晶セル 30 との間に光を入射可能であるので、液晶セル 30 のオン、オフの状態に応じて得られる表示状態は、外光による表示と、ライト 80 からの光による表示とは同じとなり、その結果、外光による表示と、ライト 80 からの光による表示との間では、いわゆるボジネガ反転の問題は生じない。

さらに、下偏光分離器 50 は、液晶セル 30 側から入射した光のうち所定の第 2 の方向の直線偏光成分を第 2 の方向の直線偏光として透過させ、所定の第 2 の方向と直交する第 1 の方向の直線偏光成分を吸収するのではなく反射するので、電圧無印加部においては、ライト 80 からの光は下偏光分離器 50 によって吸収されるのではなく反射されて液晶表示装置 1 から出射され、外光も下偏光分離器 50 によって吸収されるのではなく反射されて液晶表示装置 1 から出射されるので明るい表示が得

られる。

(第3の実施の形態)

第17図Aは、本発明の第3の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

上記第2の実施の形態においては、下偏光分離器50の下側に黒色吸収板60を配置したが、本実施の形態においては、この黒色吸収板60に代えて、PET（ポリエチレンテレフタレート）フィルム74上に印刷により形成したカラーフィルタ72を使用し、また、液晶セル30に使用する液晶としてSTN液晶35を使用し、ガラス基板31上に位相差フィルム20を使用した点が第2の実施の形態と異なるが、他の点は同様である。なお、位相差フィルム20は、色補償用の光学異方体として用いており、STN液晶35で発生する着色を補償するために使用している。

本実施の形態の液晶表示装置1では、電圧無印加部においては、下偏光分離器50によって反射された光が拡散板40によって散乱されて白色状の出射光となり、電圧印加部においては、下偏光分離器50を透過した光がカラーフィルタ72で着色されるので、白地にカラー表示となる。

(変形例)

第17図Aに示した液晶表示装置においては、ガラス基板31上に位相差フィルム20を使用しているが、第17図Bに示した変形例においては、位相差フィルム20と上偏光分離器10とを一体とし、位相差フィルムと液晶セル30との間から光を入射している。

(第4の実施の形態)

第18図は、本発明の第4の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

本実施の形態では上記第3の実施の形態のPETフィルム74の裏面側にA1(アルミニウム)蒸着膜76を設けた点が第3の実施の形態と異なるが、他の点は同様である。

このA1蒸着膜76は反射手段として機能し、カラーフィルタ72によるカラー表示が明るくなる。もちろん、第3の実施の形態の変形例のように、位相差フィルム20と上偏光分離器10とを一体とし、位相差フィルムと液晶セル30との間から光を入射してもよい。

(第5の実施の形態)

第19図は、本発明の第5の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

本実施の形態では、ライト80からの光を液晶表示装置1の内部に反射可能な反射板82を設けた点が第2の実施の形態と異なるが、他の点は同様である。

このように、反射板82を設ければ、ライト80からの光による表示を明るくすることができる。

なお、反射板82は、平面図的にみて、液晶表示装置1の表示部Aよりも外側の周囲に口の字状に設けられている。

(第6の実施の形態)

第20図は、本発明の第6の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

本実施の形態では、ライト80からの光を液晶表示装置1の内部に反射可能な反射板84に傾斜を設けた点が第5の実施の

形態と異なるが、他の点は同様である。

このように、反射板 84 に傾斜を設ければ、ライト 80 からの光を表示領域 A の中央部に反射させることができ、表示領域 A の中央部の表示の明るさの改善に効果がある。

なお、反射板 84 の傾斜は、光のあたり方を考慮して、傾斜角を部分的に異ならせることが好ましい。

(第 7 の実施の形態)

第 21 図は、本発明の第 7 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

本実施の形態では、上偏光分離器 10 を曲げ、その形状を中央部が端部よりも液晶セル 30 から遠ざかる形状とし、PCT フィルム 74 上のカラーフィルタ 72 に代えて黒色吸収体 60 を使用した点が第 3 の実施の形態と異なるが、他の点は同様である。

このように上偏光分離器 10 を曲げることによって、ライト 80 からの光を表示領域の中央部に反射させることができ、表示領域の中央部の表示の明るさの改善に効果がある。

(第 8 の実施の形態)

第 22 図は、本発明の第 8 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

本実施の形態では、上偏光分離器 10 の上部に、アンチグレアフィルム 90 またはアンチリフレクターフィルム 90 を設けた点が第 2 の実施の形態と異なるが、他の点は同様である。

このようにすれば、上偏光分離器 10 の表面でのぎらつきやてかりが抑制され、外光の写り込みが抑制される。

(第 9 の実施の形態)

第 23 図 A は、本発明の第 9 の実施の形態の液晶表示装置を

説明するための分解断面図である。

本実施の形態では、上偏光分離器 10 の上部に、偏光板 95 を設け、この偏光板 95 の偏光軸と上偏光分離器 10 の偏光軸とをほぼ一致させた点が第 2 の実施の形態と異なるが、他の点は同様である。

このようにすれば、上偏光分離器 10 の偏光分離度が十分でない場合にも、偏光度を高めることができ、液晶表示装置 1 のコントラストを高くすることができる。また、上偏光分離器 10 の機械的強度が十分でない場合には、そのささえとすることもできる。

(変形例)

第 23 図 B は、本発明の第 9 の実施の形態の液晶表示装置の変形例を示している。本変形例においては、液晶セル 30 に使用する液晶として STN 液晶 35 を使用し、ガラス基板 31 上に位相差フィルム 20 を使用した点が第 2 の実施の形態と異なるが、他の点は同様である。なお、位相差フィルム 20 は、色補償用の光学異方体として用いており、STN 液晶 35 で発生する着色を補償するために使用している。第 23 図 B においては、位相差フィルム 20 と上偏光分離器 10 及び偏光板 95 とを一体とし、位相差フィルムと液晶セル 30 との間から光を入射しているが、位相差フィルム 20 と、上偏光分離器との間から光を入射してもかまわない。

(第 10 の実施の形態)

第 24 図は、本発明の第 10 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

本実施の形態では、ライト 80 からの光を液晶表示装置 1 の

内部に導く導光板 86 を備えている。

このようにすれば、ライト 80 からの光による表示を明るくすることができる。なお、本実施の形態においては、導光板の中央に口の字型の開口部を設け、液晶表示装置 1 の表示部を導光板の開口部から露出させている。なお、本実施の形態では、導光板として、液晶表示装置のバックライトに使用されている導光板を加工して用いる。

(第 11 の実施の形態)

第 25 図は、本発明の第 11 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

上述の第 1 の実施の形態では、液晶表示装置 1 の側面側であって偏光分離器 10 と液相セル 30 との間にライト 80 を設けたが、本実施の形態では、液晶表示装置 1 の側面側であって液晶セル 30 と偏光板 55 との間にライト 80 を設けた点が第 1 の実施の形態と異なるが、他の点は同様である。

なお、このライト 80 を設ける位置は、上述の第 2 乃至第 10 の実施の形態および後に述べる第 13、14 の実施の形態にも適用可能である。

(第 12 の実施の形態)

第 26 図は、本発明の第 12 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

上述の第 1 の実施の形態では、液晶表示装置 1 の側面側であって偏光分離器 10 と液相セル 30 との間にライト 80 を設けたが、本実施の形態では、液晶表示装置 1 の側面側であって液晶セル内に光が入射可能な位置にライト 80 を設けた点が第 1

の実施の形態と異なるが、他の点は同様である。

なお、このライト 80 を設ける位置は、上述の第 2 乃至第 10 の実施の形態および後に述べる第 13、14 の実施の形態にも適用可能である。

(第 13 の実施の形態)

第 27 図は、本発明の第 13 の実施の形態の液晶表示装置を説明するための分解断面図である。

本実施の形態では、ライト 80 からの光を液晶表示装置 1 の内部に反射可能な反射板 82 を設けた点が第 4 の実施の形態と異なるが、他の点は同様である。

このように、反射板 82 を設ければ、ライト 80 からの光による表示を明るくすることができる。

なお、反射板 82 は、平面図的にみて、液晶表示装置 1 の表示部よりも外側の周囲に口の字状に設けられている。

(第 14 の実施の形態)

第 28 図は、本発明の第 14 の実施の形態の液晶表示装置を使用した携帯電話 200 を説明するための断面図である。

この携帯電話 200 においては、携帯電話本体 220 内に、第 4 の実施の形態の液晶表示装置 1 が内蔵されており、液晶表示装置 1 の上偏光分離器 10 は、携帯電話 200 の透明カバーフィルム 210 の内側に固着されている。また、透明カバーフィルム 210 上にはアンチグレアフィルム 90 またはアンチリフレクターフィルム 90 が設けられている。

(第 15 の実施の形態)

第29図は、本発明の第15の実施の形態の液晶表示装置を使用した携帯電話200を説明するための断面図である。なお、この断面図は、携帯電話200の長手方向に直角な平面に沿って切断した断面図である。

この携帯電話200においては、透明カバーフィルム210を備える携帯電話本体ケース230内に、液晶表示装置1が内蔵されている。本実施の形態で使用する液晶表示装置1は、上偏光分離器10上に、第9の実施の形態のように、偏光板95を設け、この偏光板95の偏光軸と上偏光分離器10の偏光軸とをほぼ一致させた点、上偏光分離器10と位相差フィルム20との間に光学的に等方なアクリル板240を設け、偏光板95および上偏光分離器10を固定した点、第4の実施の形態のランプ80に代えてLED250を液晶表示装置1の下側の携帯電話本体のPCB基板270に設けた点、およびこのLED250からの光を液晶表示装置1の側面に導くための反射板260を設けた点が、第4の実施の携帯の液晶表示装置1と異なるが、他の点は同様である。

なお、上偏光分離器10と位相差フィルム20との間の間隔を、約0.5乃至1.5mmとし、反射板260で反射されたLED250からの光が上偏光分離器10、特にその中央部にも十分に達するようにした。また、反射板260は携帯電話本体ケース230に取り付けられている。

発明の効果

本発明においては、第1の偏光分離手段が、透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち第1の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側とは反対側に透過させ、また

第1の所定の方向と直交する第2の所定の方向の直線偏光成分の光を吸収するのではなく透過偏光軸可変手段側に反射するので、光源からの光のうち、第1の所定の方向の直線偏光成分の光は透過偏光軸可変手段側とは反対側に透過し、さらに、第1の所定の方向と直交する第2の所定の方向の直線偏光成分の光も、表示装置内で反射を繰り返しいずれは第1の偏光分離手段を通して透過偏光軸可変手段側とは反対側に出射されることになるので、光源からの光を使用した場合に、第1の偏光分離手段として偏光板を使用した場合と比べて明るい表示が得られる。

また、光源は第1の偏光分離手段と光学手段との間に光を入射可能であるので、透過偏光軸可変手段の透過偏光軸の第1と第2の状態とにそれぞれ応じて得られる2つの表示の状態（明と暗）は、第1の偏光分離手段の外側から入射された光による表示と、光源からの光による表示とは同じであり、第1の偏光分離手段の外側から入射された光による表示と、光源からの光による表示との間では、いわゆるポジネガ反転の問題は生じない。

また、光学手段が透過偏光軸可変手段側に配置された第2の偏光分離手段と、第2の偏光分離手段に対して透過偏光軸可変手段と反対側に配置された光学素子とを備えるようにし、光源を第1の偏光分離手段と第2の偏光分離手段との間に光を入射可能な光源とし、第2の偏光分離手段を、透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち第3の所定の方向の直線偏光成分の光を光学素子側に透過させ、第3の所定の方向と直交する第4の所定の方向の直線偏光成分の光を透過偏光軸可変手段側に反射し、光学素子側から入射した光に対して透過偏光軸可変手段側に第3の所定の方向の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段

とし、光学素子を第2の偏光分離手段側からの光に対して所定の波長領域の光を前記第2の偏光分離手段に向かって出射可能な光学素子とすることによって、

透過偏光軸可変手段の透過偏光軸の状態に応じて、第2の偏光分離手段から反射された光による第1の表示状態と、光学素子からの所定の波長領域の光であって、第2の偏光分離手段を透過した所定の波長領域の光による第2の表示状態の2つの表示状態が得られ、そして、第1の表示状態は、第2の偏光分離手段によって吸収されるのではなく反射された光による表示状態であるので明るい表示となり、また、カラー表示も可能となる。

また、光学手段が、透過偏光軸可変手段側に配置された第2の偏光分離手段と、第2の偏光分離手段に対して透過偏光軸可変手段と反対側に配置された光学素子とを備えるようにし、光源を、前記第1の偏光分離手段と第2の偏光分離手段との間に光を入射可能な光源とし、第2の偏光分離手段を、透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち第3の所定の方向の直線偏光成分の光を光学素子側に透過させ、第3の所定の方向と直交する第4の所定の方向の直線偏光成分の光を透過偏光軸可変手段側に反射し、光学素子側から入射した光に対して透過偏光軸可変手段側に第3の所定の方向の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段とし、光学素子を、第2の偏光分離手段側からの光に対して可視光領域のほぼ全波長範囲の光を吸収する光学素子とすることによって、

透過偏光軸可変手段の透過偏光軸の状態に応じて、第2の偏光分離手段から反射された光による第3の表示状態と、光学素子によって可視光領域のほぼ全波長範囲の光が吸収されること

による第4の表示状態である黒表示とが得られ、そして、第3の表示状態は、第2の偏光分離手段によって吸収されるのではなく反射された光による表示状態であるので明るい表示となる。

請求の範囲

1. 透過偏光軸を可変な透過偏光軸可変手段と、

前記透過偏光軸可変手段を挟んで前記透過偏光軸可変手段の両側にそれぞれ配置された第1の偏光分離手段と光学手段と、

前記第1の偏光分離手段と前記光学手段との間に光を入射可能な光源と、を備える表示装置であって、

前記第1の偏光分離手段が、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち第1の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側とは反対側に透過させ、前記第1の所定の方向と直交する第2の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側に反射し、前記透過偏光軸可変手段とは反対側から前記第1の偏光分離手段に入射した光に対して前記透過偏光軸可変手段側に前記第1の所定の方向の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段であり、

前記光学手段が、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光を第3の所定の方向の直線偏光成分の光と前記第3の所定の方向と直交する第4の所定の方向の直線偏光成分の光とに分離可能であって、前記第3の所定の方向の直線偏光成分の光および前記第4の所定の方向の直線偏光成分の光のうちの少なくとも一方を前記透過偏光軸可変手段側に出射可能な光学手段であることを特徴とする表示装置。

2. 前記第1の偏光分離手段が、可視光領域のほぼ全波長範囲の光に対して、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち前記第1の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側とは反対側に透過させ、前記第2の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側に反射し、可視光領



域のほぼ全波長範囲の光であって前記透過偏光軸可変手段側とは反対側から入射した光に対して前記透過偏光軸可変手段側に前記第1の所定の方向の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段であることを特徴とする請求項1記載の表示装置。

3. 前記第1の偏光分離手段が、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち前記第1の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側とは反対側に前記第1の所定の方向の直線偏光の光として透過させる偏光分離手段であることを特徴とする請求項1または2記載の表示装置。

4. 前記第1の偏光分離手段は、複数の層が積層された積層体であって、前記複数の層の屈折率が、前記層相互間で、前記第1の所定の方向においては実質的に等しく、前記第2の所定の方向では異なる前記積層体であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の表示装置。

5. 前記光学手段が、前記透過偏光軸可変手段側に配置された第2の偏光分離手段と、前記第2の偏光分離手段に対して前記透過偏光軸可変手段と反対側に配置された光学素子とを備え、

前記光源が、前記第1の偏光分離手段と第2の偏光分離手段との間に光を入射可能な光源であり、

前記第2の偏光分離手段が、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち前記第3の所定の方向の直線偏光成分の光を前記光学素子側に透過させ、前記第3の所定の方向と直交する前記第4の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側に反射し、前記光学素子側から入射した光に対して前



記透過偏光軸可変手段側に前記第3の所定の方向の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段であり、

前記光学素子が、前記第2の偏光分離手段側からの光に対して所定の波長領域の光を前記第2の偏光分離手段に向かって出射可能な光学素子であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の表示装置。

6. 前記第2の偏光分離手段は、複数の層が積層された積層体であって、前記複数の層の屈折率が、前記層相互間で、前記第3の所定の方向においては実質的に等しく、前記第4の所定の方向では異なる前記積層体であることを特徴とする請求項5に記載の表示装置。

7. 前記光学素子が、前記第2の偏光分離手段側からの光のうち前記所定の波長領域以外の可視光領域の光を吸収し、前記所定の波長領域の光を前記第2の偏光分離手段に向かって反射可能であると共に前記所定の波長領域の光を透過可能な光学素子であることを特徴とする請求項5記載の表示装置。

8. 前記光学素子がカラーフィルタであることを特徴とする請求項7記載の表示装置。

9. 前記光学素子に対して前記第2の偏光分離手段と反対側に配置された反射手段をさらに備え、

前記反射手段が、少なくとも前記所定の波長領域の光を前記光学素子に向かって反射可能であることを特徴とする請求項5乃至8のいずれかに記載の表示装置。



10. 前記光学手段が、前記透過偏光軸可変手段側に配置された第2の偏光分離手段と、前記第2の偏光分離手段に対して前記透過偏光軸可変手段と反対側に配置された光学素子とを備え、

前記光源が、前記第1の偏光分離手段と第2の偏光分離手段との間に光を入射可能な光源であり、

前記第2の偏光分離手段が、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち前記第3の所定の方向の直線偏光成分の光を前記光学素子側に透過させ、前記第3の所定の方向と直交する前記第4の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側に反射し、前記光学素子側から入射した光に対して前記透過偏光軸可変手段側に前記第3の所定の方向の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段であり、

前記光学素子が、前記第2の偏光分離手段側からの光に対して可視光領域のほぼ全波長範囲の光を吸収する光学素子であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の表示装置。

11. 前記光学素子が、黒色の光吸収体であることを特徴とする請求項10記載の表示装置。

12. 前記第2の偏光分離手段が、可視光領域のほぼ全波長範囲の光に対して、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち前記第3の所定の方向の直線偏光成分の光を前記光学素子側に透過させ、前記第4の所定の方向の直線偏光成分の光を前記透過偏光軸可変手段側に反射し、可視光領域のほぼ全波長範囲の光であって前記光学素子側から入射した光に対して前記透過偏光軸可変手段側に前記第3の所定の方向の直線偏光の光を



出射可能な偏光分離手段であることを特徴とする請求項5乃至11のいずれかに記載の表示装置。

13. 記第2の偏光分離手段が、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち前記第3の所定の方向の直線偏光成分の光を前記光学素子側に前記第3の所定の方向の直線偏光の光として透過させる偏光分離手段であることを特徴とする請求項5乃至12のいずれかに記載の表示装置。

14. 前記光学手段が、前記透過偏光軸可変手段側に配置された第2の偏光分離手段と、前記第2の偏光分離手段に対して前記透過偏光軸可変手段と反対側に配置された光学素子とを備え、前記光源が、前記第1の偏光分離手段と第2の偏光分離手段との間に光を入射可能な光源であり、

前記第2の偏光分離手段が、前記透過偏光軸可変手段側から入射した光のうち前記第3の所定の方向の直線偏光成分の光を前記光学素子側に透過させ、前記第3の所定の方向と直交する前記第4の所定の方向の直線偏光成分の光を吸収し、前記光学素子側から入射した光に対して前記透過偏光軸可変手段側に前記第3の所定の方向の直線偏光の光を出射可能な偏光分離手段であり、

前記光学素子が、前記第2の偏光分離手段側からの光を前記第2の偏光分離手段側に反射可能な光学素子であることを特徴とする請求項1記載の表示装置。

15. 前記第2の偏光分離手段が偏光板であることを特徴とする請求項14記載の表示装置。



16. 前記透過偏光軸可変手段が、液晶素子であることを特徴とする請求項1乃至115のいずれかに記載の表示装置。

17. 前記第1の偏光分離手段が、前記表示装置の観察側に配置されていることを特徴とする請求項1乃至16のいずれかに記載の表示装置。

18. 前記光源が、前記第1の偏光分離手段と前記透過偏光軸可変手段との間に光を入射可能な位置に配置されていることを特徴とする請求項1乃至17のいずれかに記載の表示装置。

19. 前記光源が、前記透過偏光軸可変手段内に光を入射可能な位置に配置されていることを特徴とする請求項1乃至17のいずれかに記載の表示装置。

20. 前記光源が、前記透過偏光軸可変手段と前記第2の偏光分離手段との間に光を入射可能な位置に配置されていることを特徴とする請求項5乃至17のいずれかに記載の表示装置。

21. 前記光源の光を前記表示装置内部に向かって反射可能な第2の反射手段をさらに備えることを特徴とする請求項1乃至20のいずれかに記載の表示装置。

22. 前記光源および前記第2の反射手段が、前記第1の偏光分離手段と前記透過偏光軸可変手段との間に配置され、前記第2の反射手段が前記光源からの光を前記透過偏光軸可変手段側



に反射可能な反射領域を備えていることを特徴とする請求項 2 1 記載の表示装置。

2 3 . 前記反射領域が、前記表示装置を平面図的にみて、前記表示装置の表示領域よりも外側の周囲に設けられていることを特徴とする請求項 2 2 記載の表示装置。

2 4 . 前記第 2 の反射手段が、前記表示装置の内側に向かって傾斜した反射板を備えることを特徴とする請求項 2 1 乃至 2 3 のいずれかに記載の表示装置。

2 5 . 前記第 1 の偏光分離手段の中央部が前記第 1 の偏光分離手段の端部よりも前記透過偏光軸可変手段から遠くなるように湾曲していることを特徴とする請求項 1 乃至 2 4 のいずれかに記載の表示装置。

2 6 . 前記第 1 の偏光分離手段に対して前記透過偏光軸可変手段と反対側に設けられたアンチグレア層またはアンチレフレクター層をさらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至 2 5 のいずれかに記載の表示装置。

2 7 . 前記第 1 の偏光分離手段に対して前記透過偏光軸可変手段と反対側に設けられた偏光板をさらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至 2 6 のいずれかに記載の表示装置。

2 8 . 前記光源からの光を前記表示装置内部に導く導光板をさらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至 2 7 のいずれかに記



載の表示装置。

29. 前記光源からの光を反射して前記第1の偏光分離手段と前記光学手段との間に光を入射可能な第3の反射手段をさらに備えることを特徴とする請求項1乃至28のいずれかに記載の表示装置。

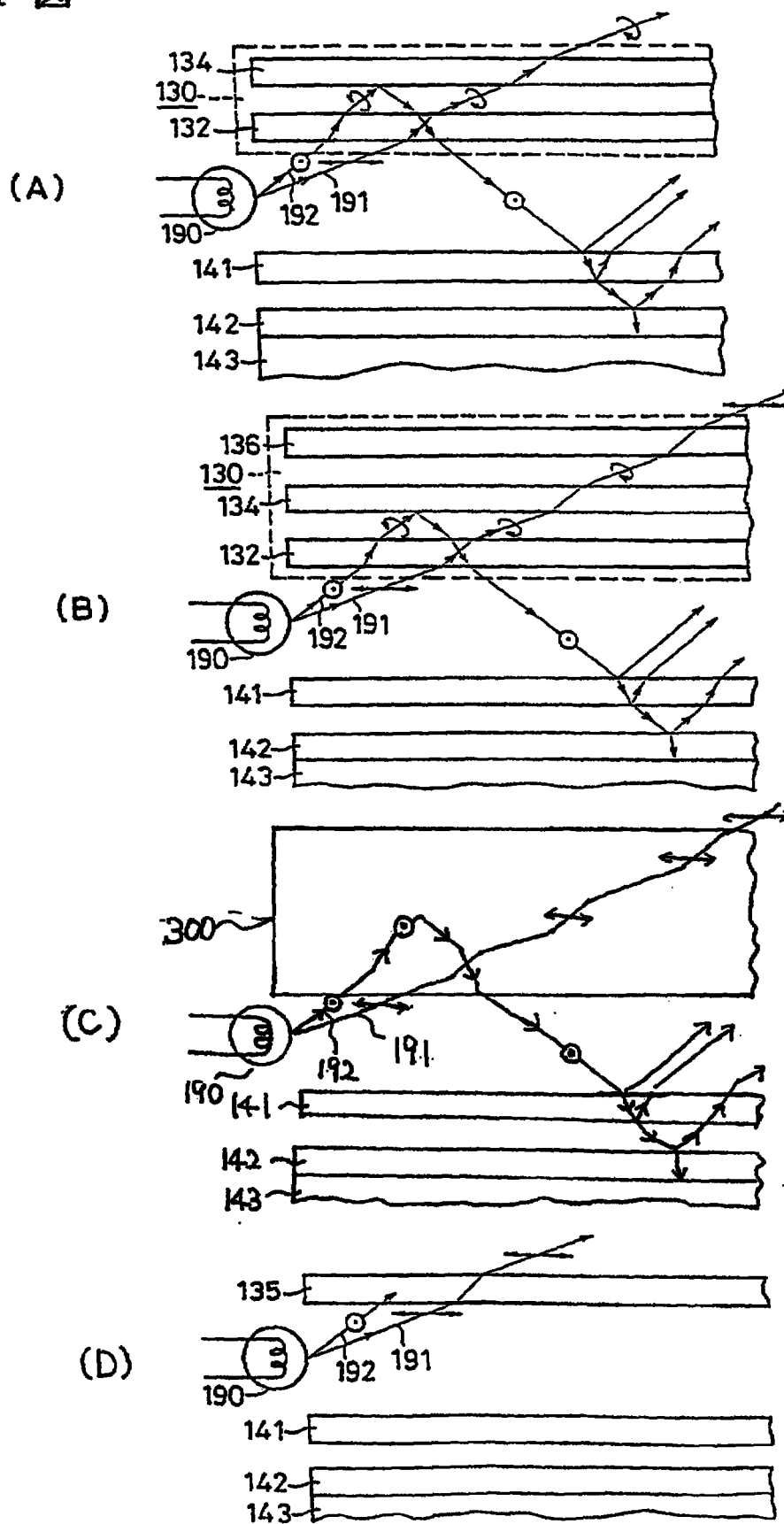
30. 前記第1の偏光分離手段の内側に光学的に等方な透明板をさらに設けたことを特徴とする請求項1乃至29のいずれかに記載の表示装置。

31. 光拡散手段をさらに備えることを特徴とする請求項1乃至30のいずれかに記載の表示装置。

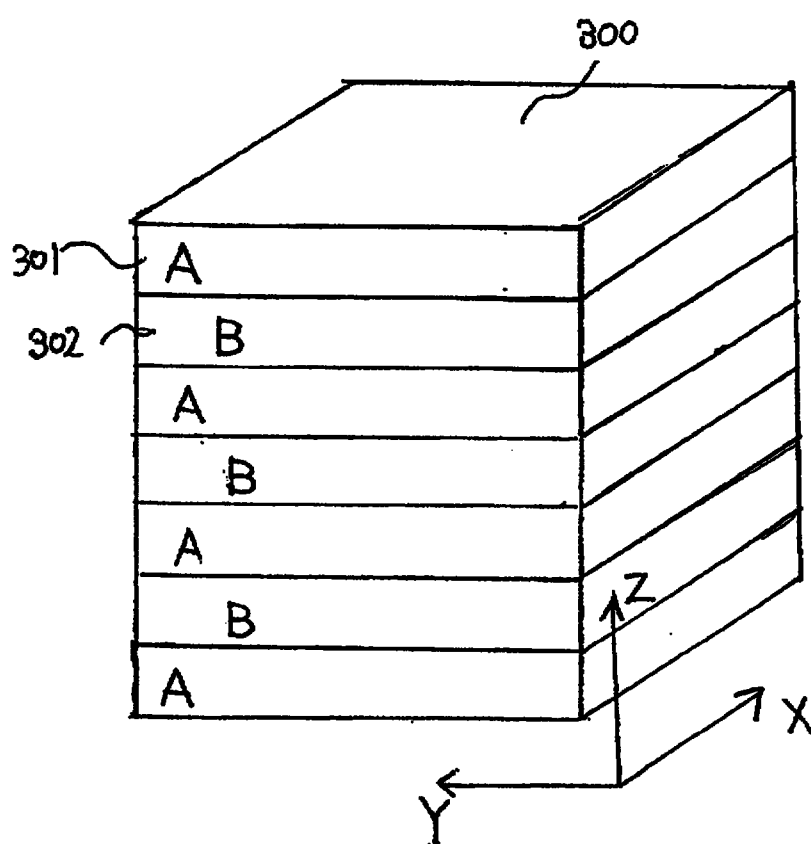
32. 請求項1乃至31のいずれかに記載の前記表示装置を内蔵し、表示用カバーを備える電子装置であって、前記第1の偏光分離手段が、前記表示用カバーの内側に固着されていることを特徴とする電子装置。



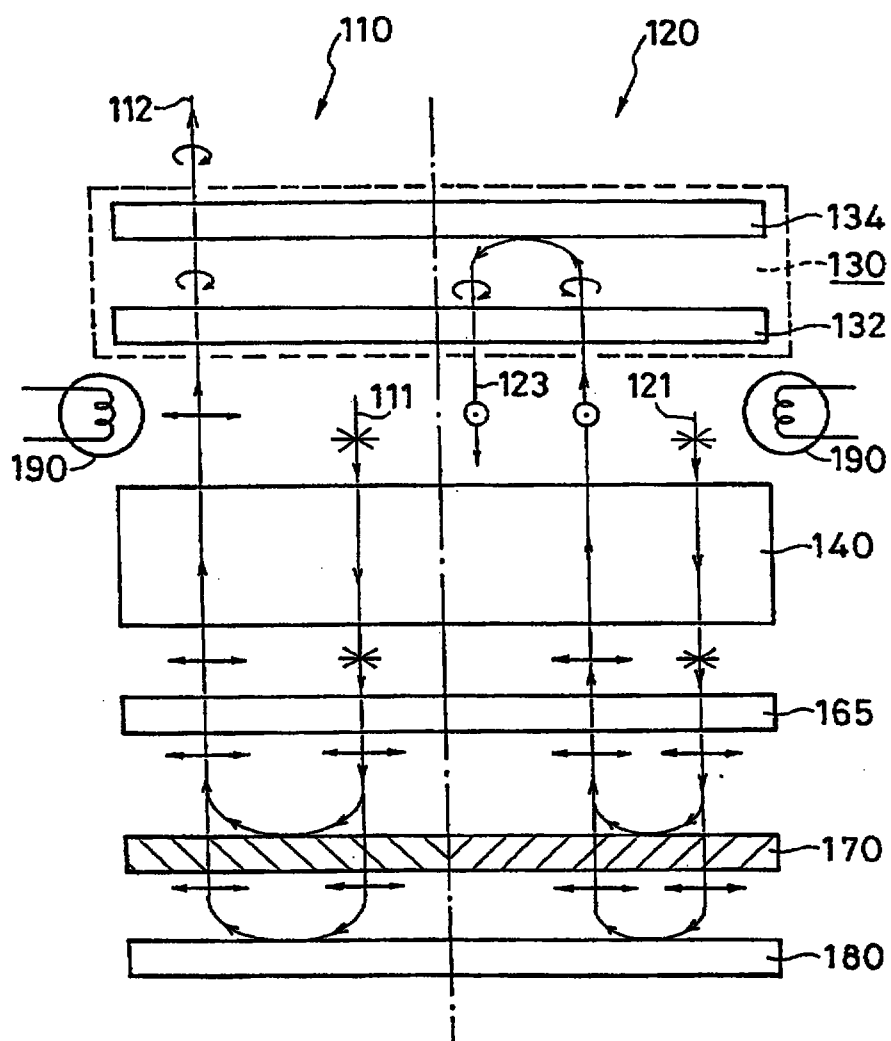
第 1 図



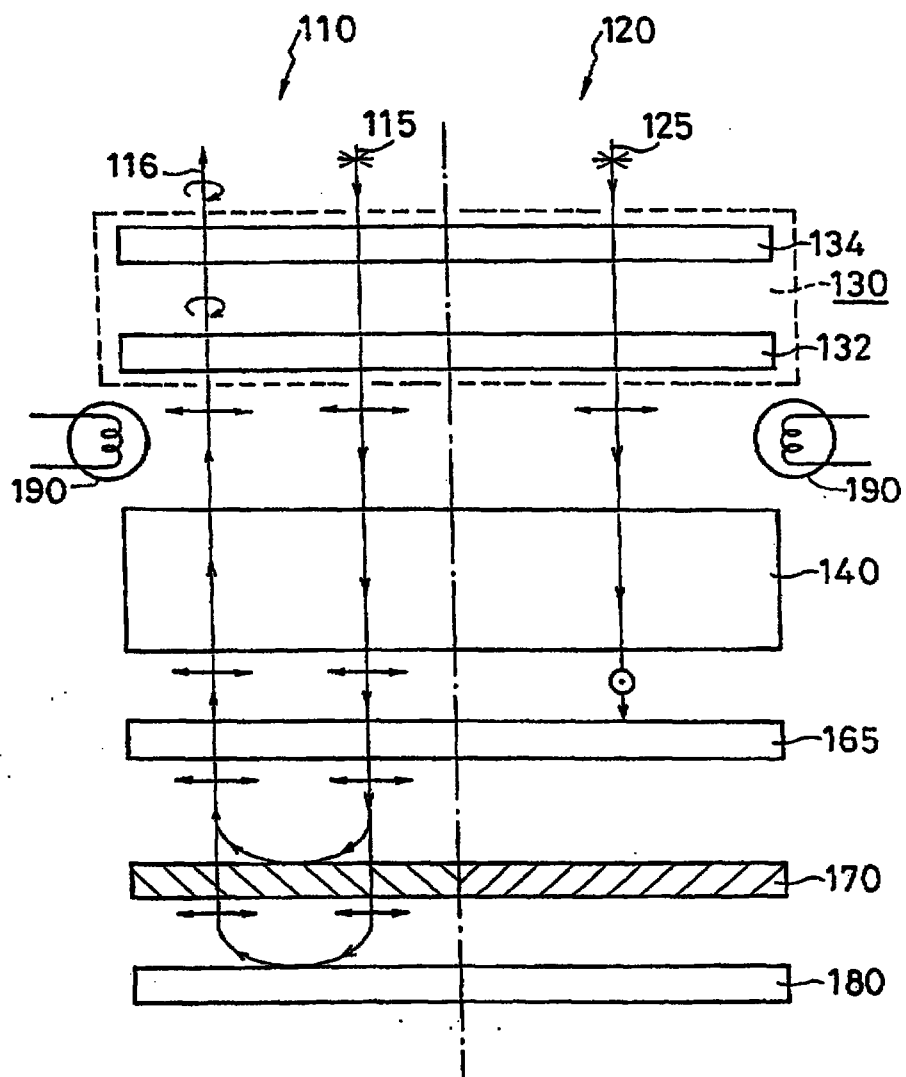
第 2 図



第 3 図

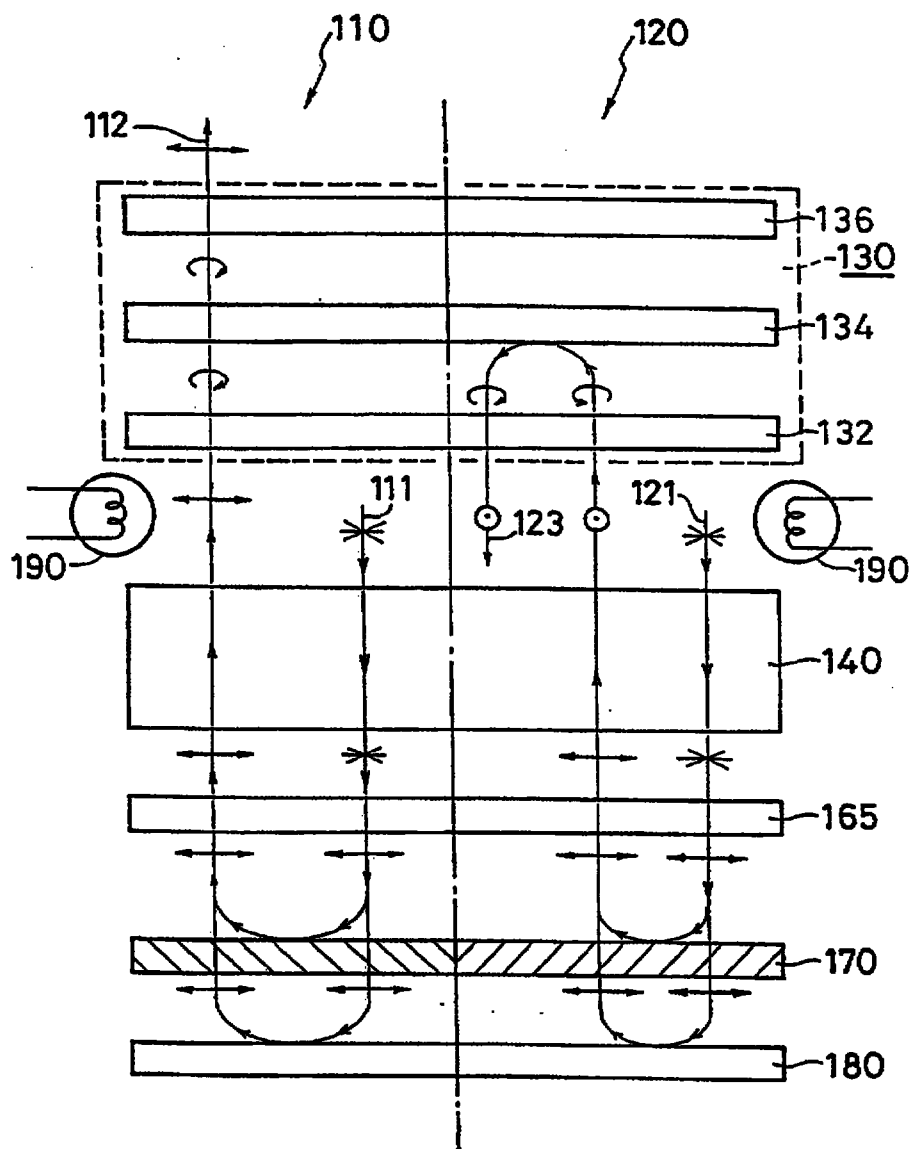


第 4 図

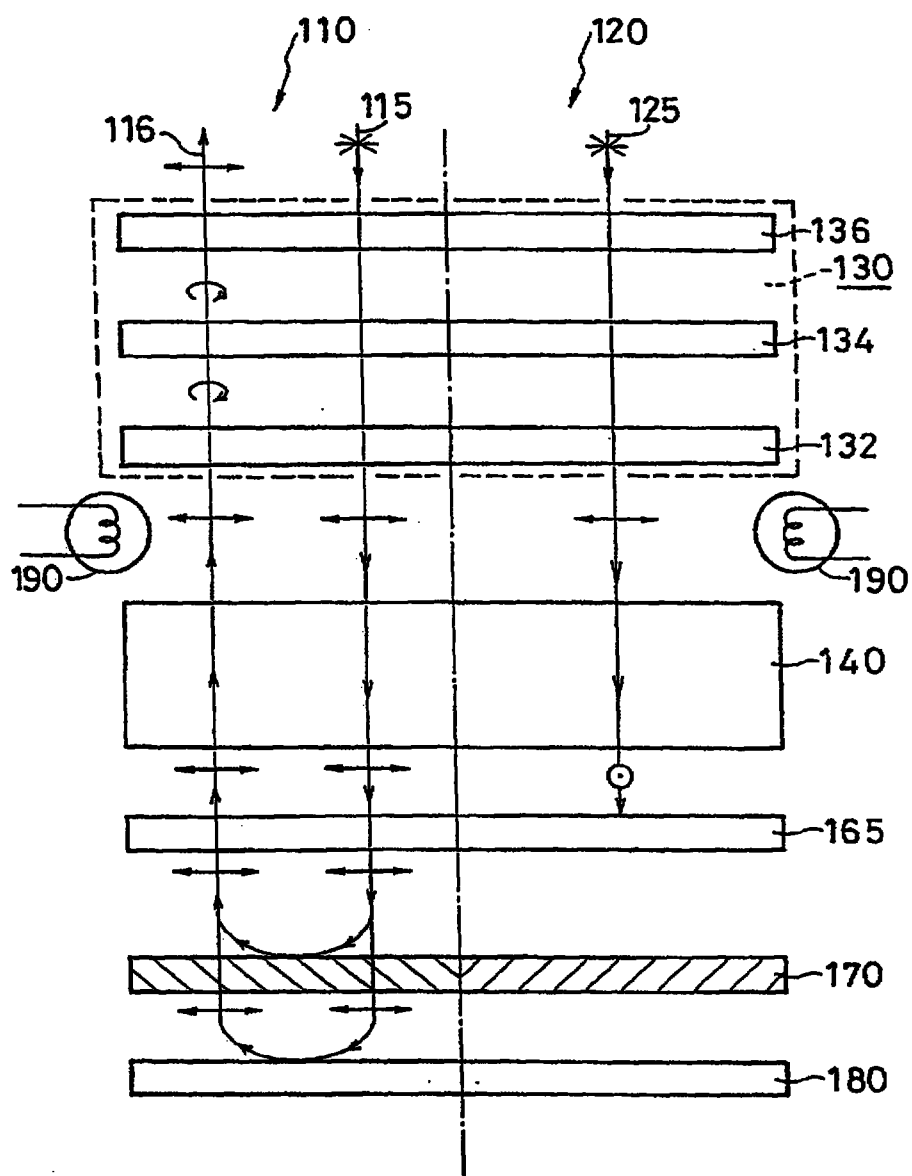


5/29

第 5 図

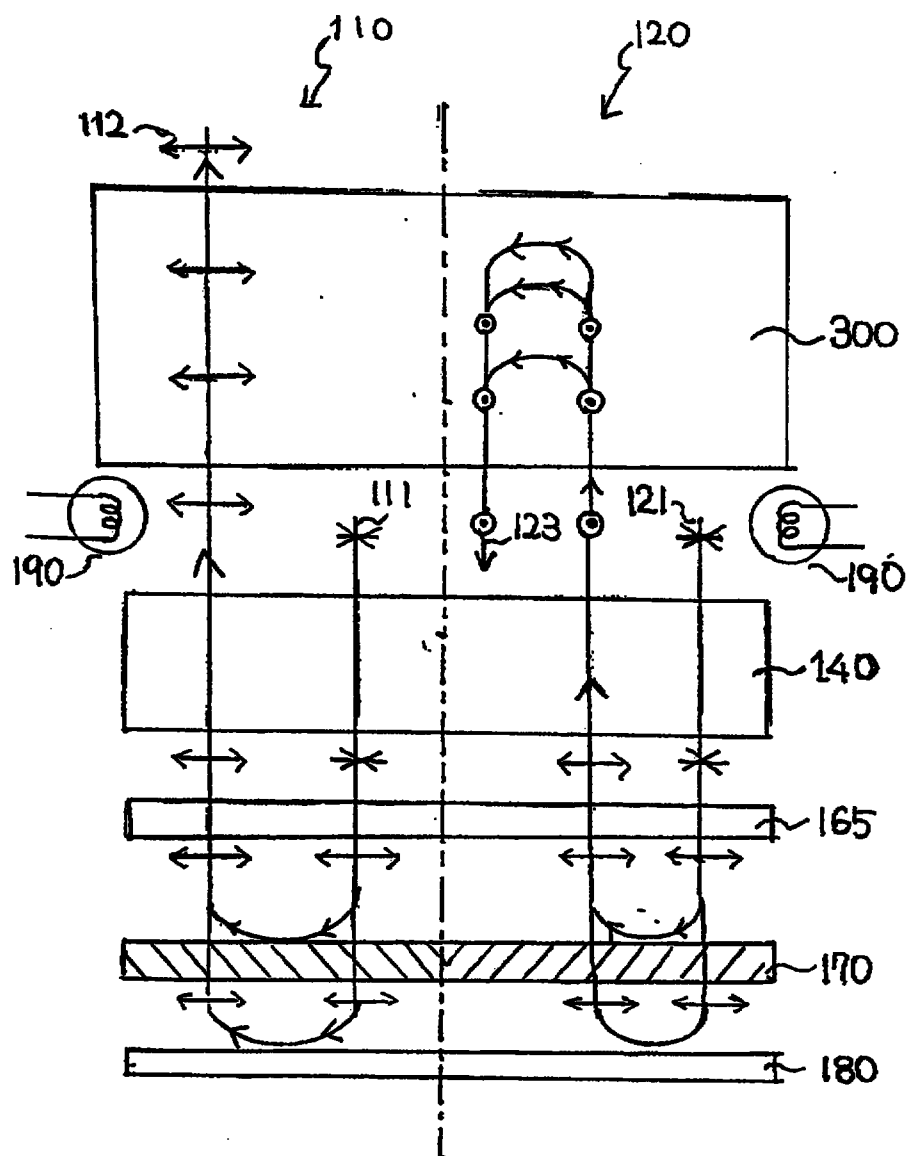


第 6 図

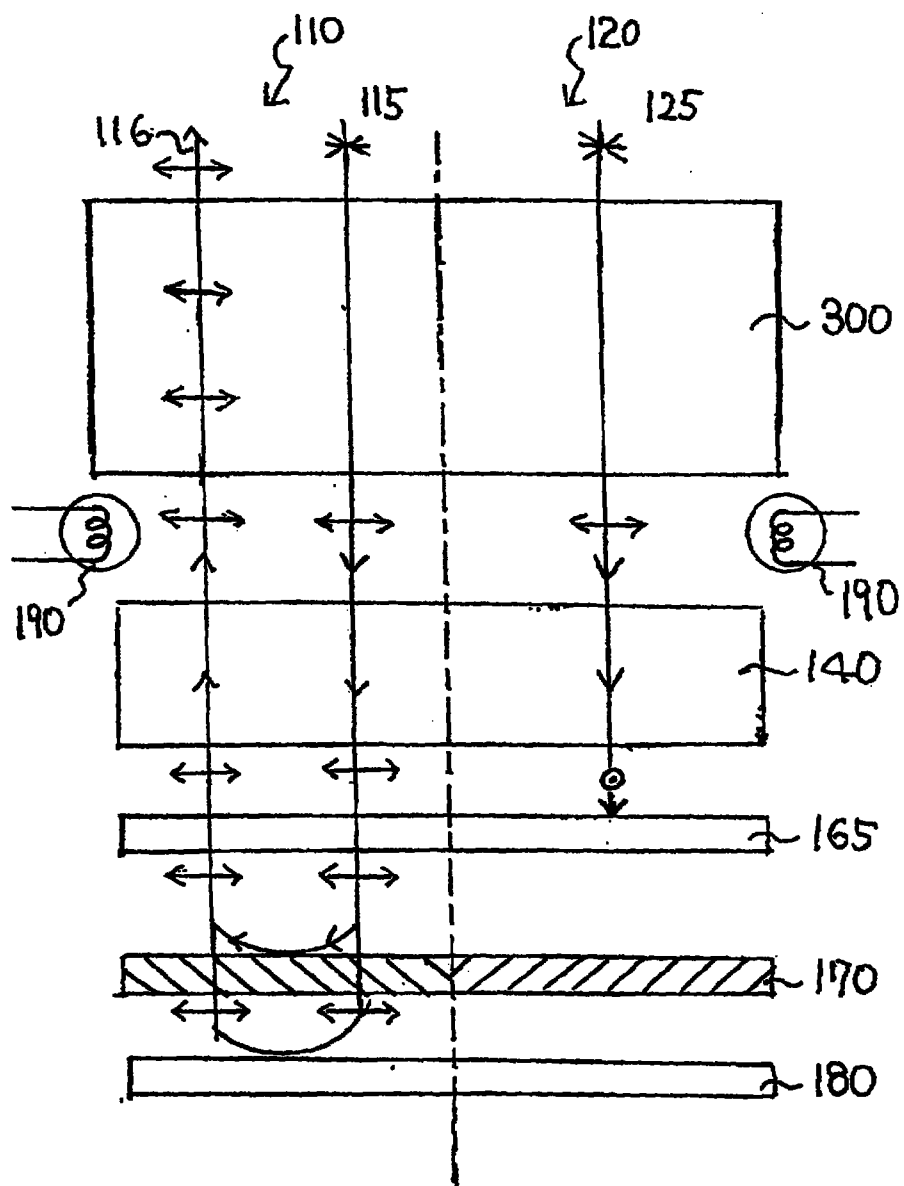


第 7 図

7/29

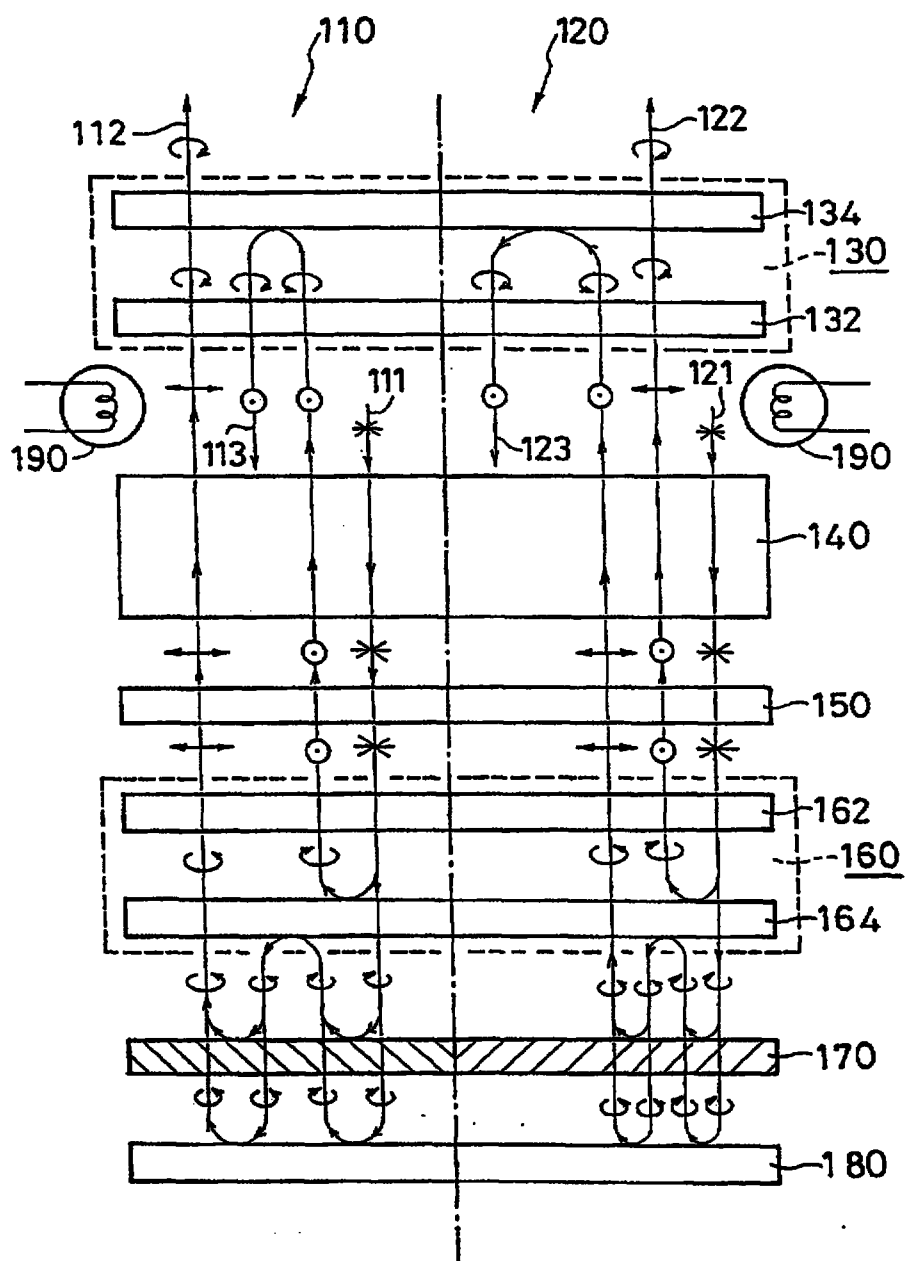


第 8 図



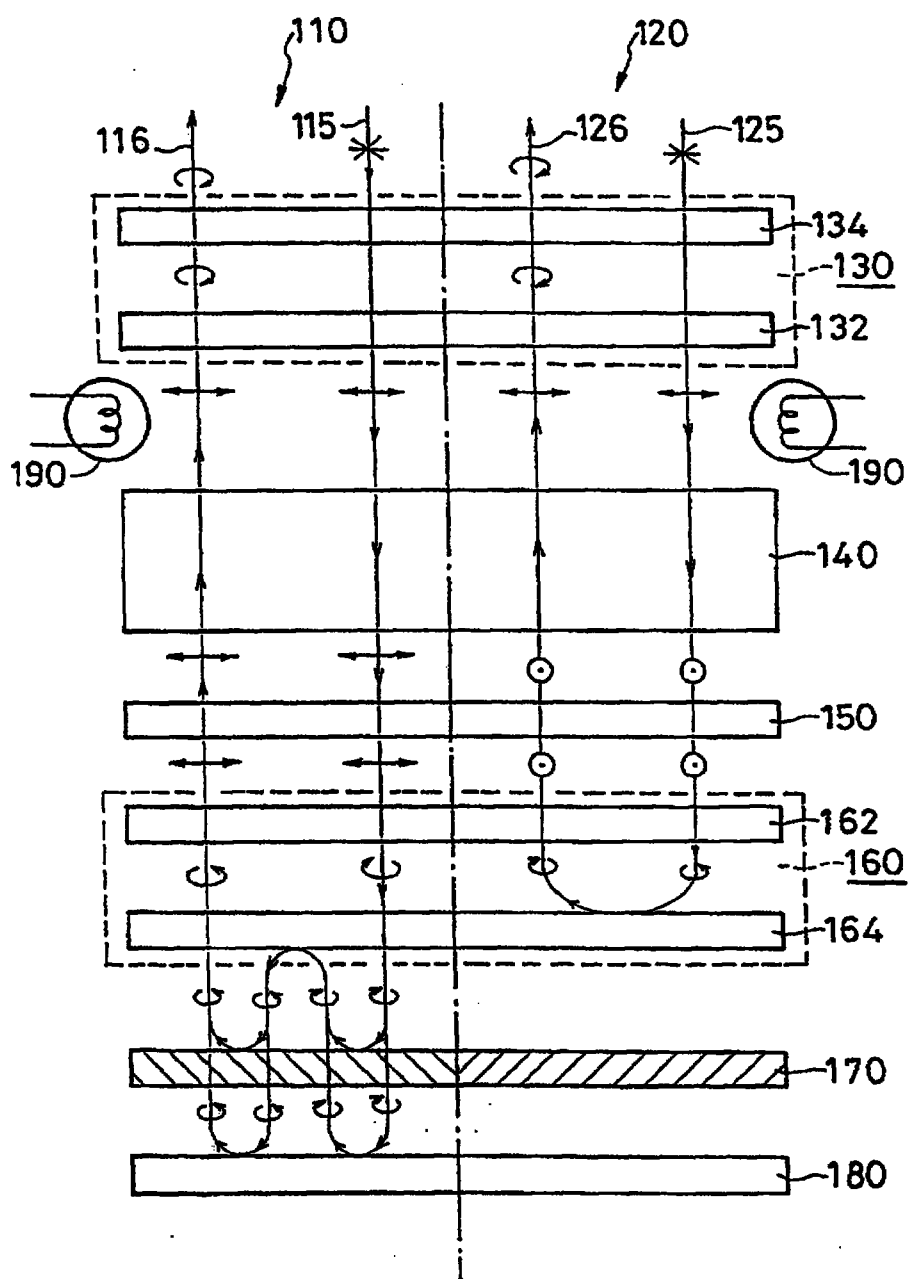
9/29

第 9 図

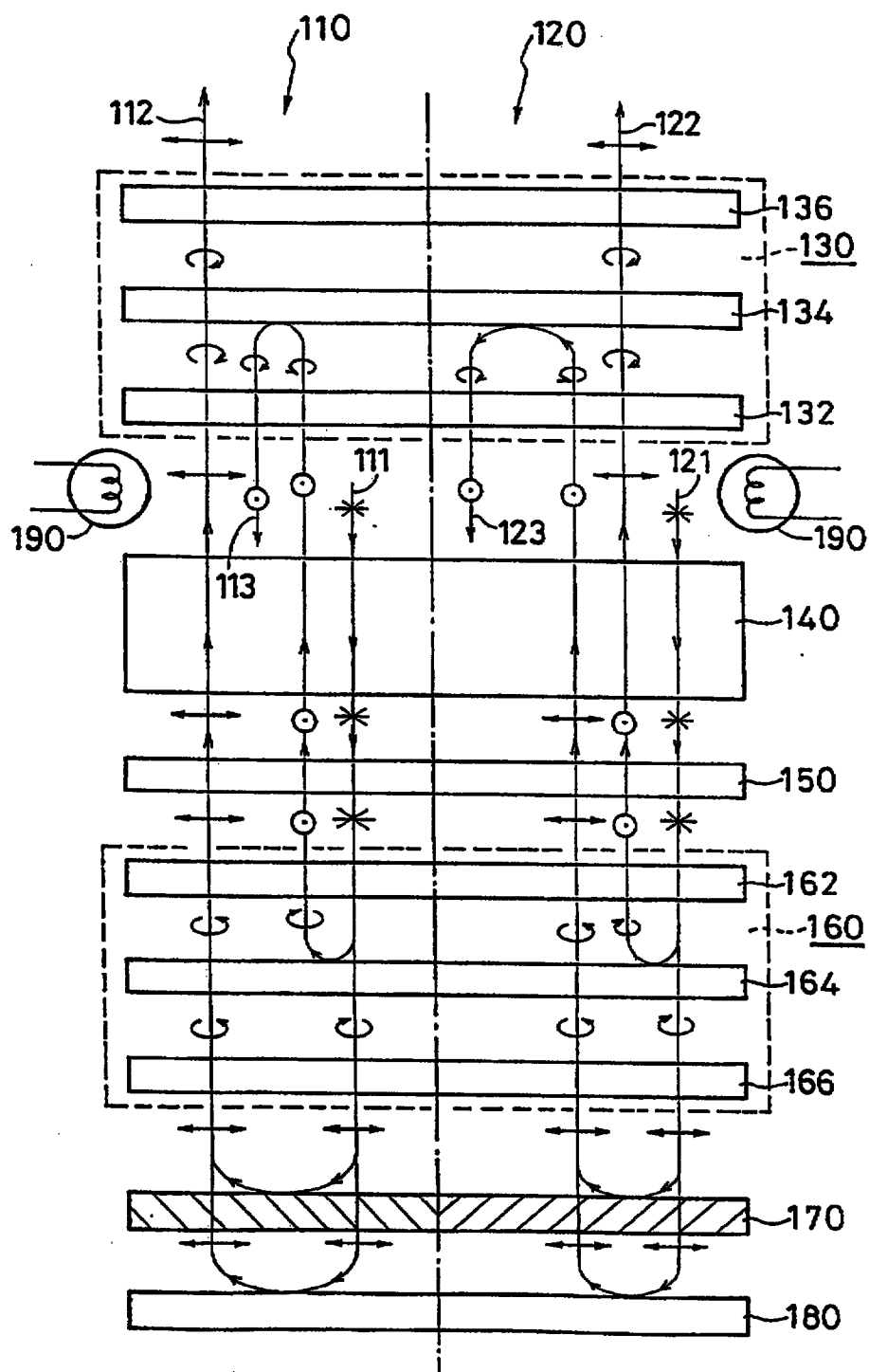


10/29

第 10 図

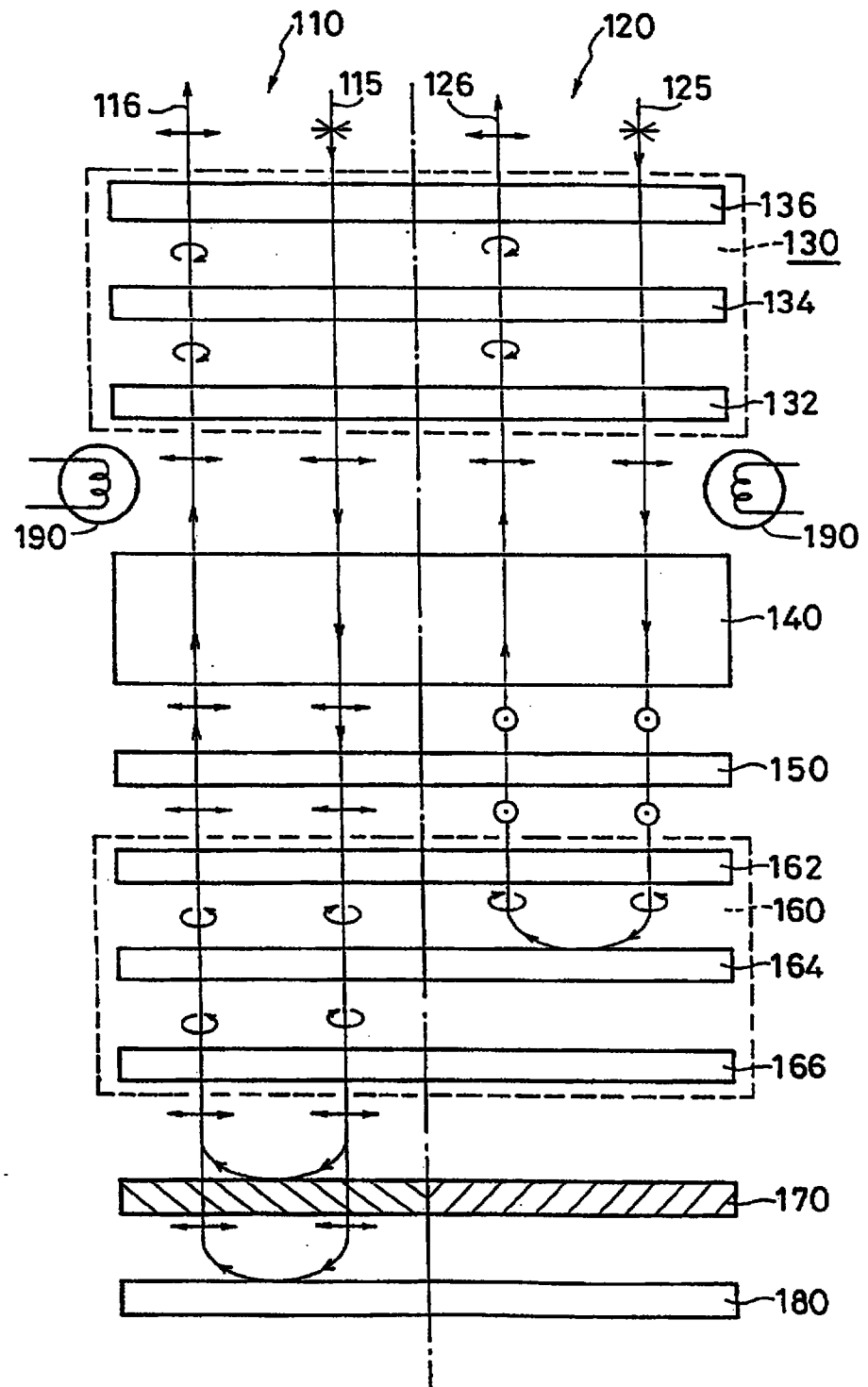


第 1 1 図

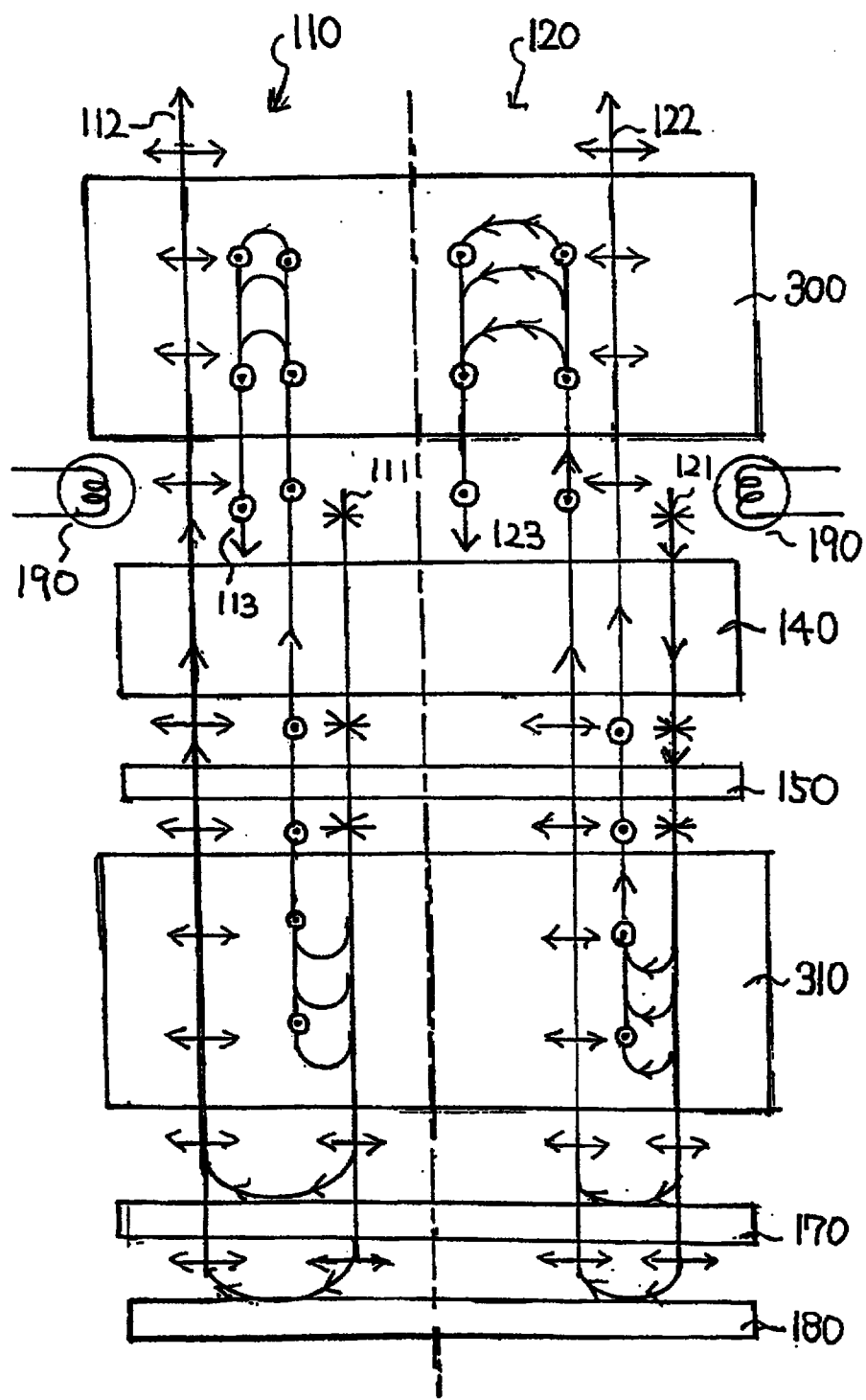


12/29

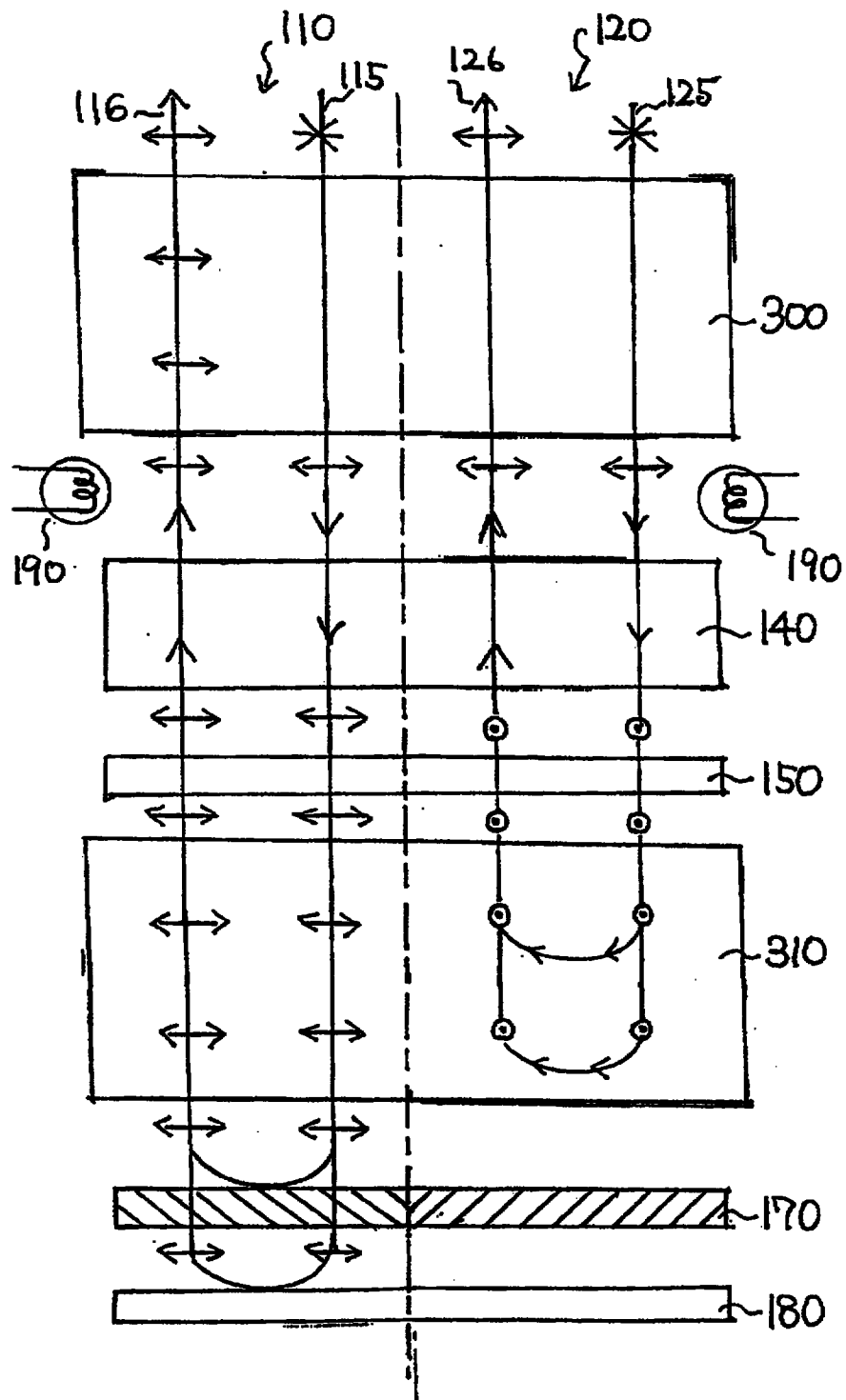
第 1 2 図



第 1 3 図

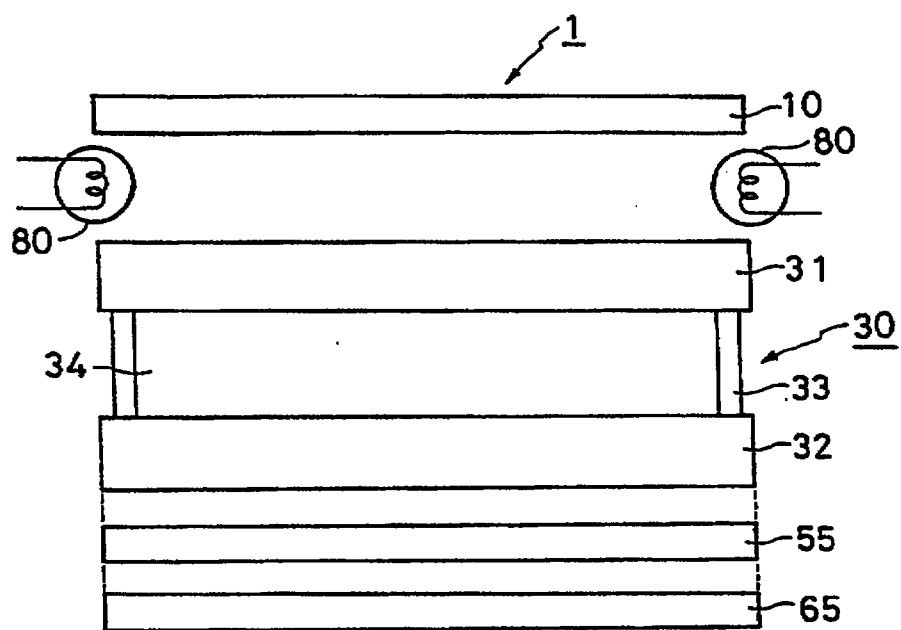


第 1 4 図



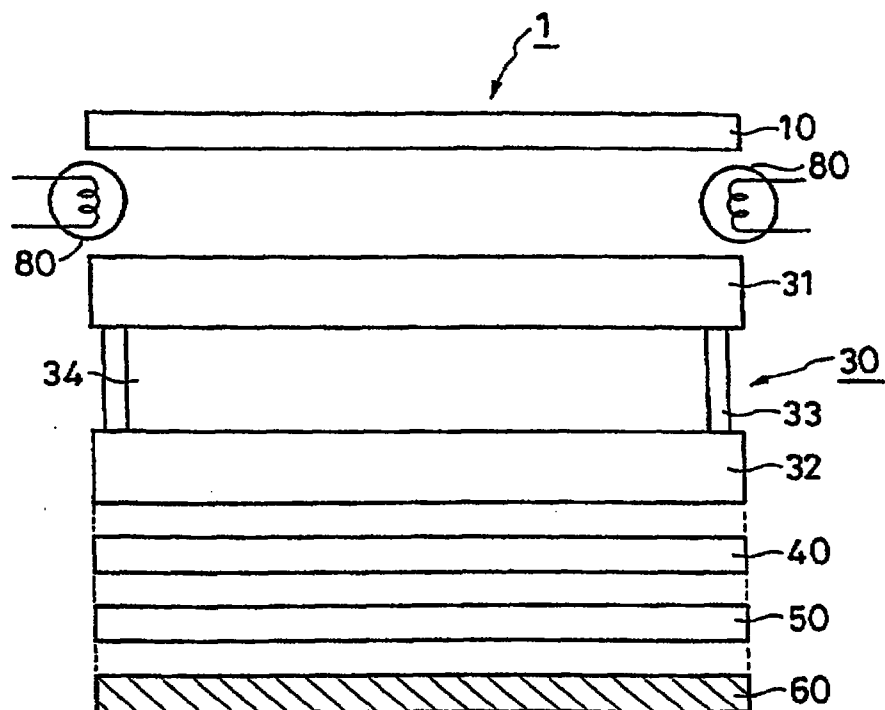
15/29

第 1 5 図



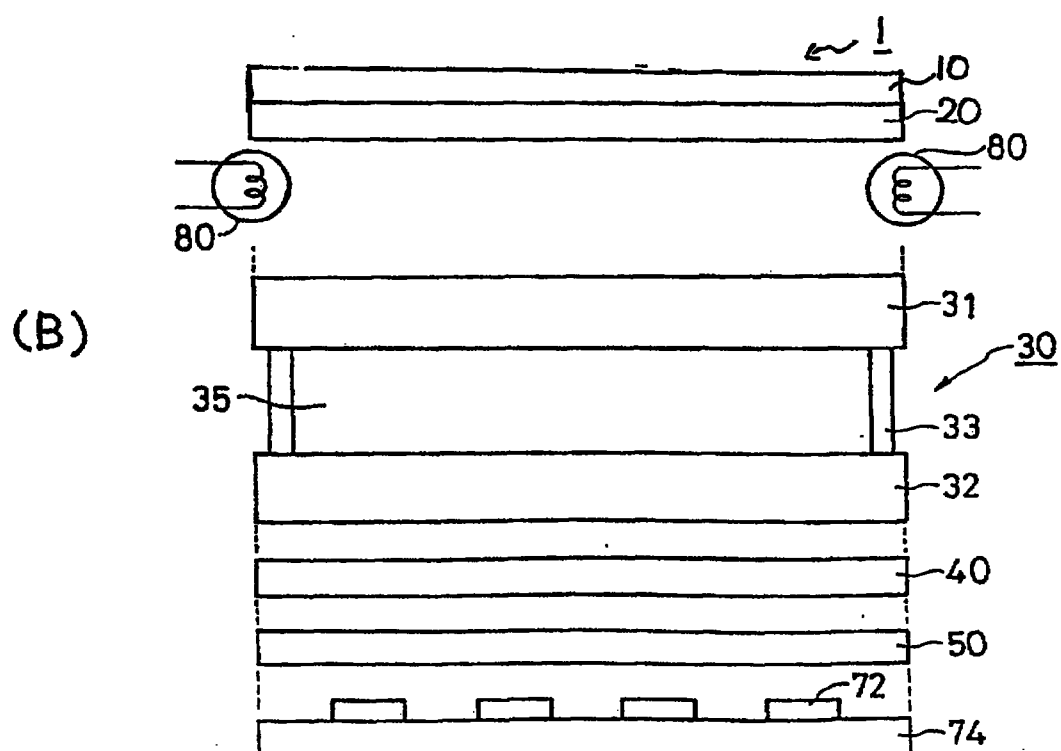
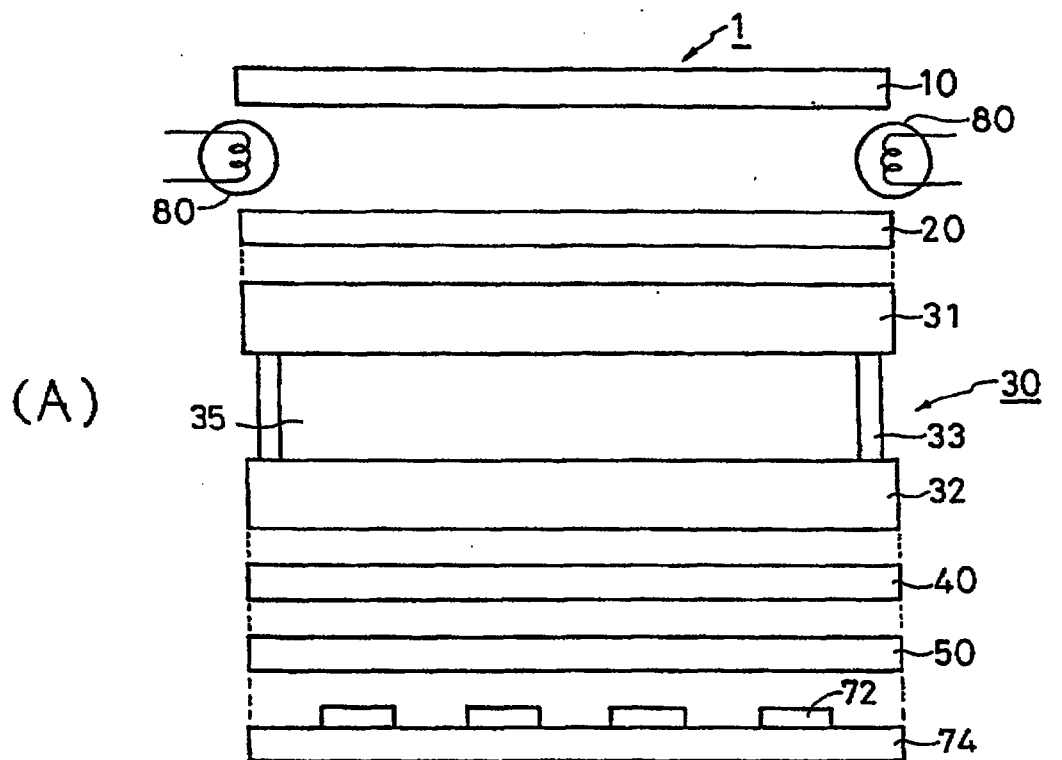
第 1 6 図

16/29



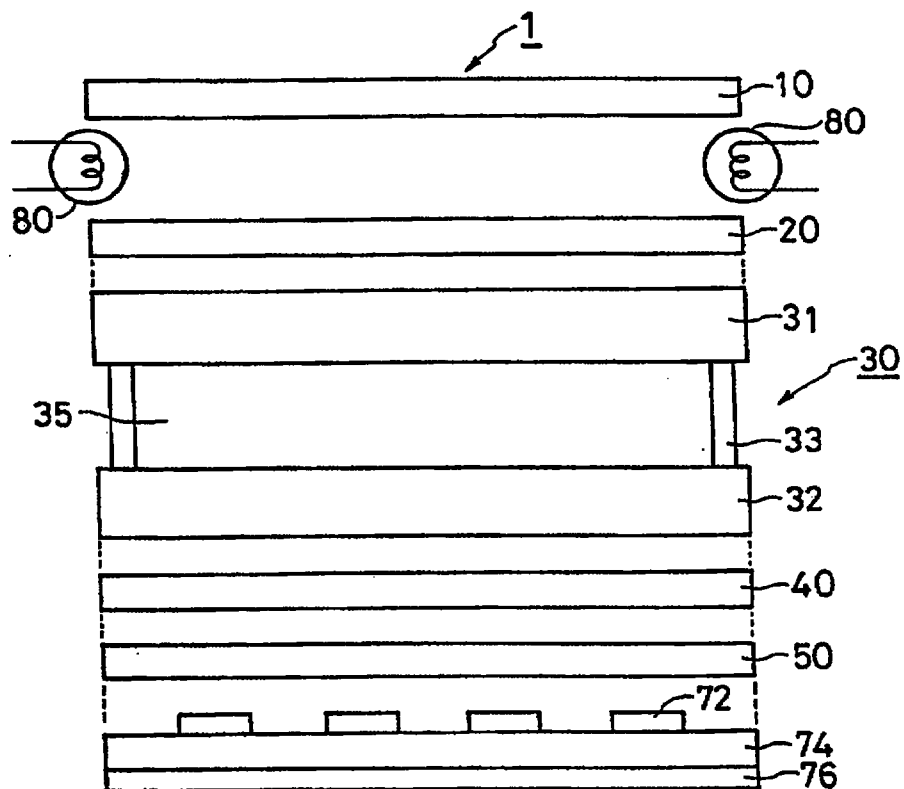
17/29

第 17 図

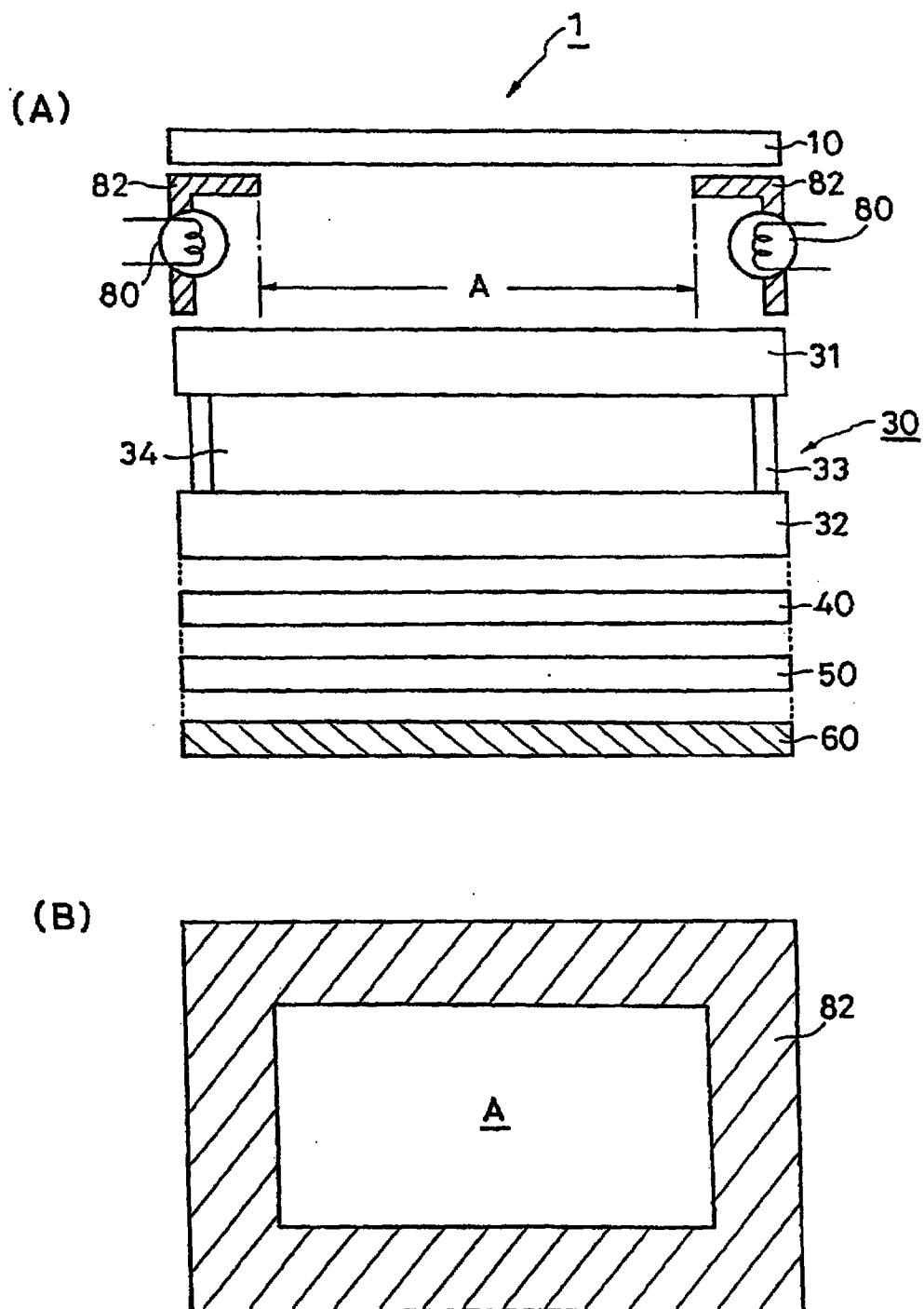


第 1 8 図

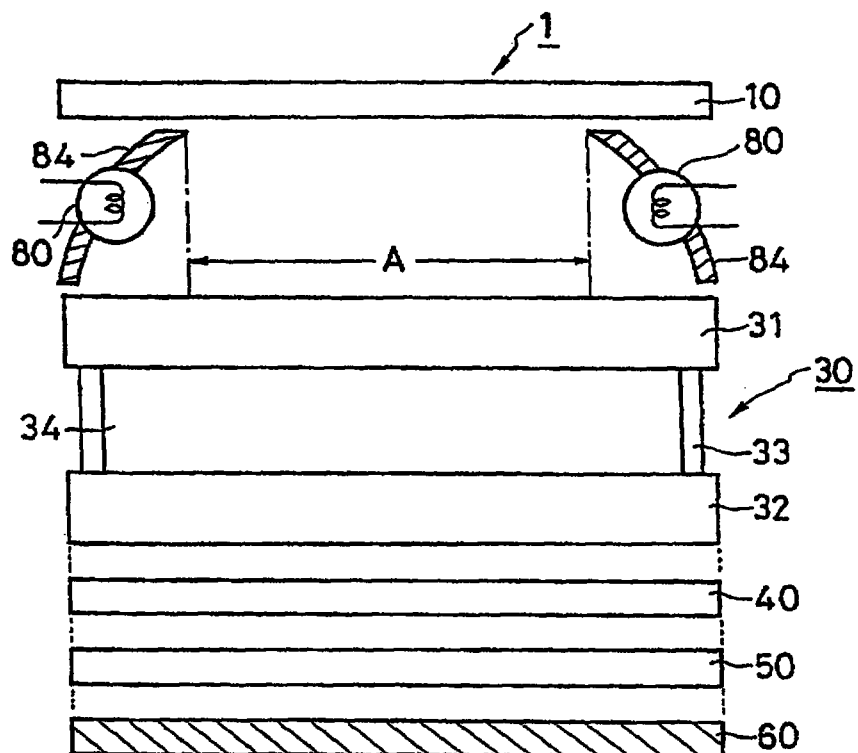
18/29



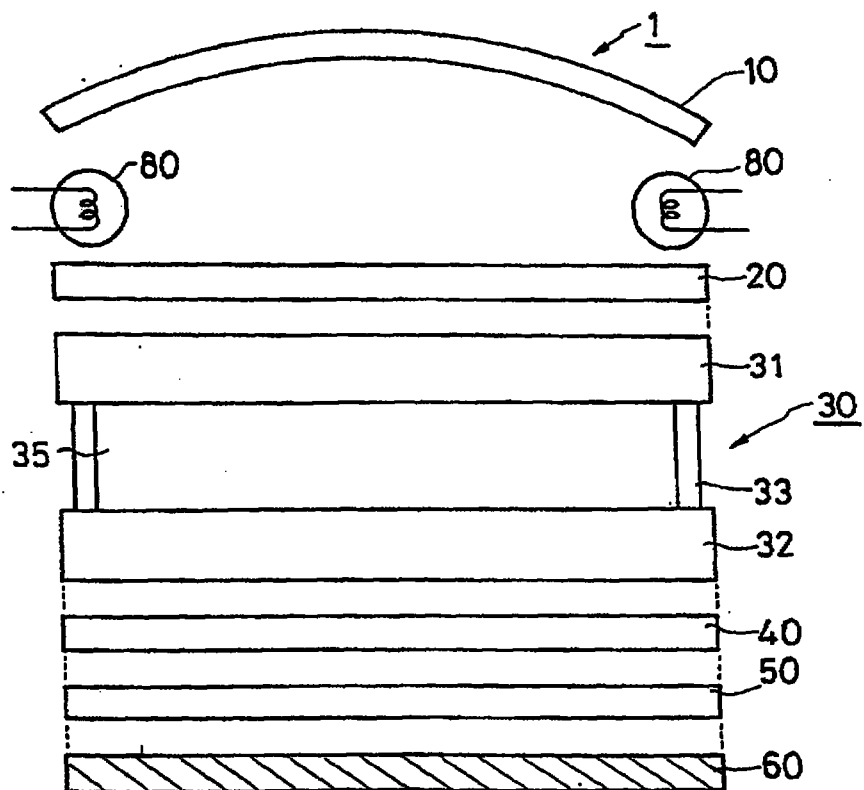
第 1 9 図



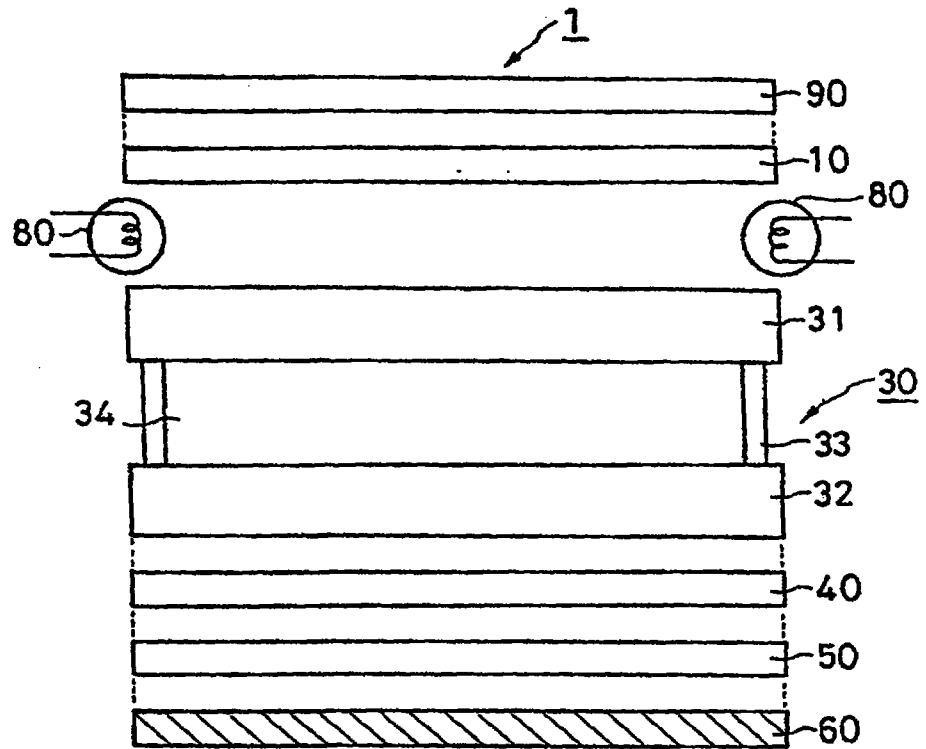
第 2 0 図



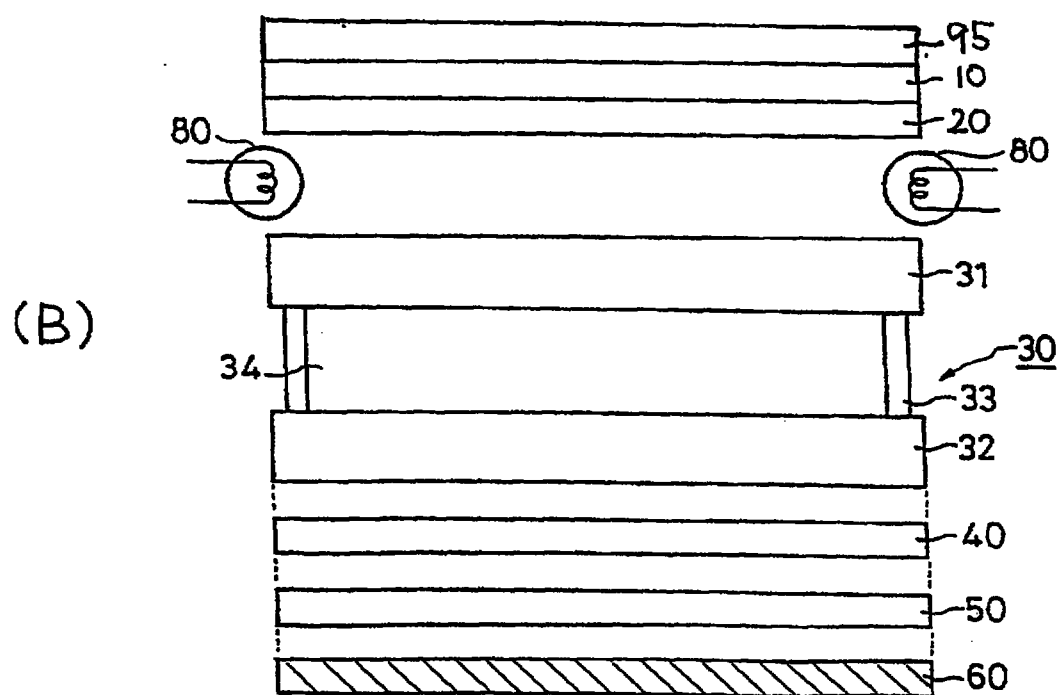
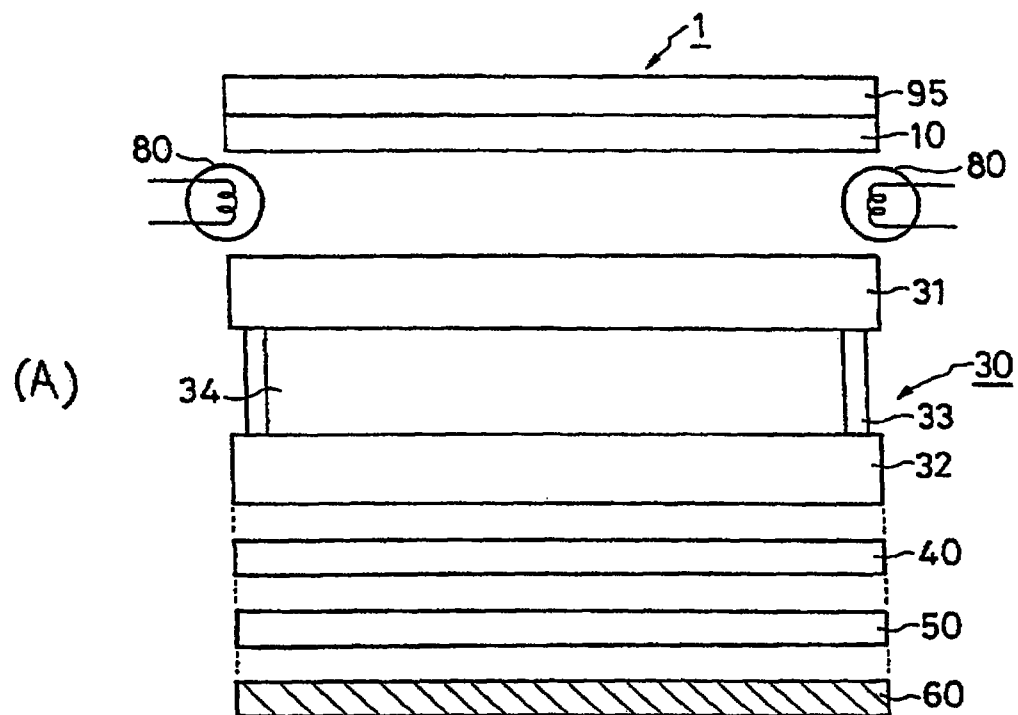
第 2 1 図



第 2 2 図

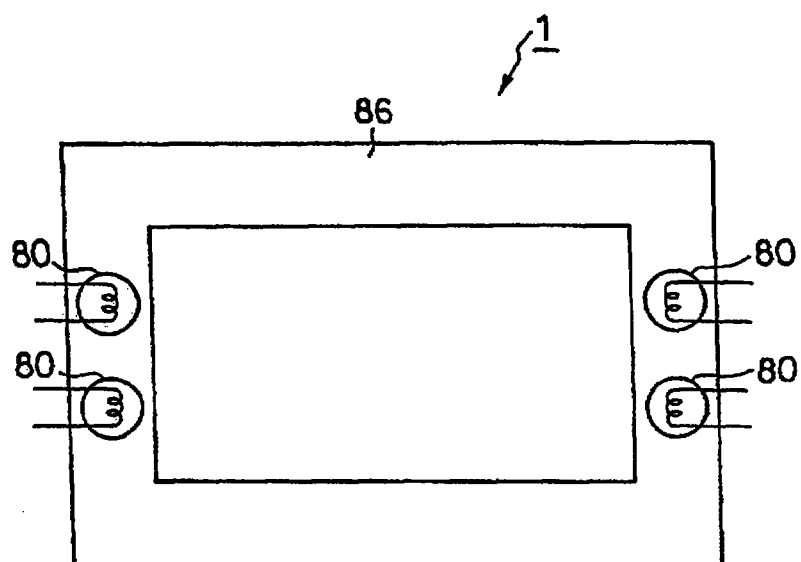


第 2 3 図

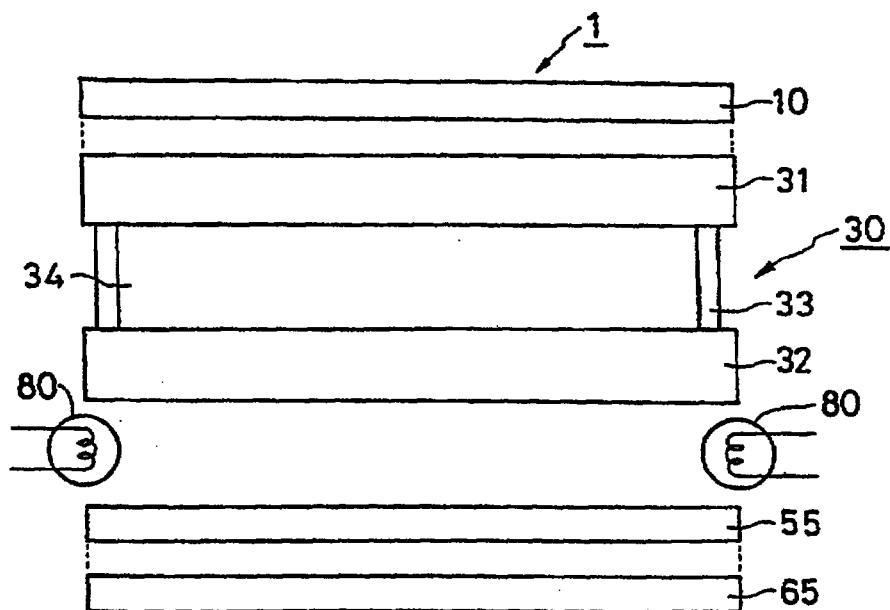


24/29

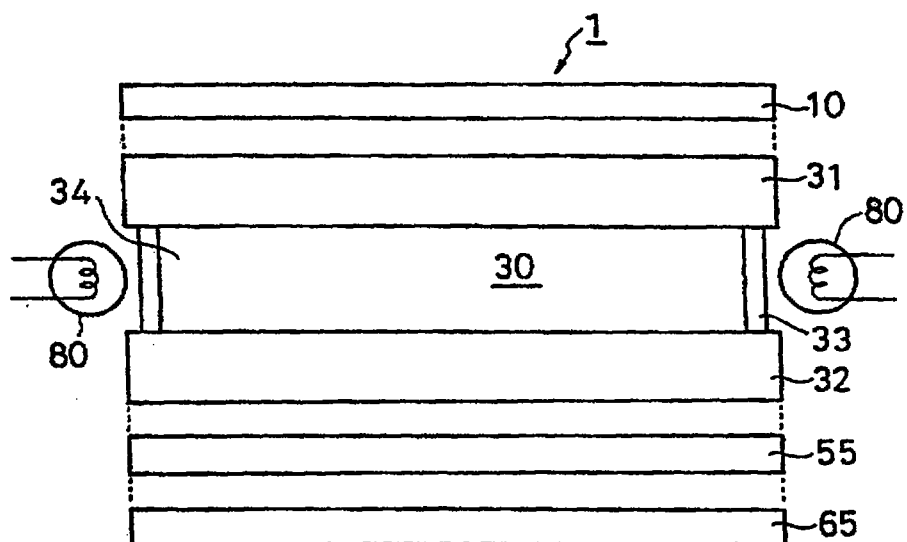
第 2 4 図



第 2 5 図

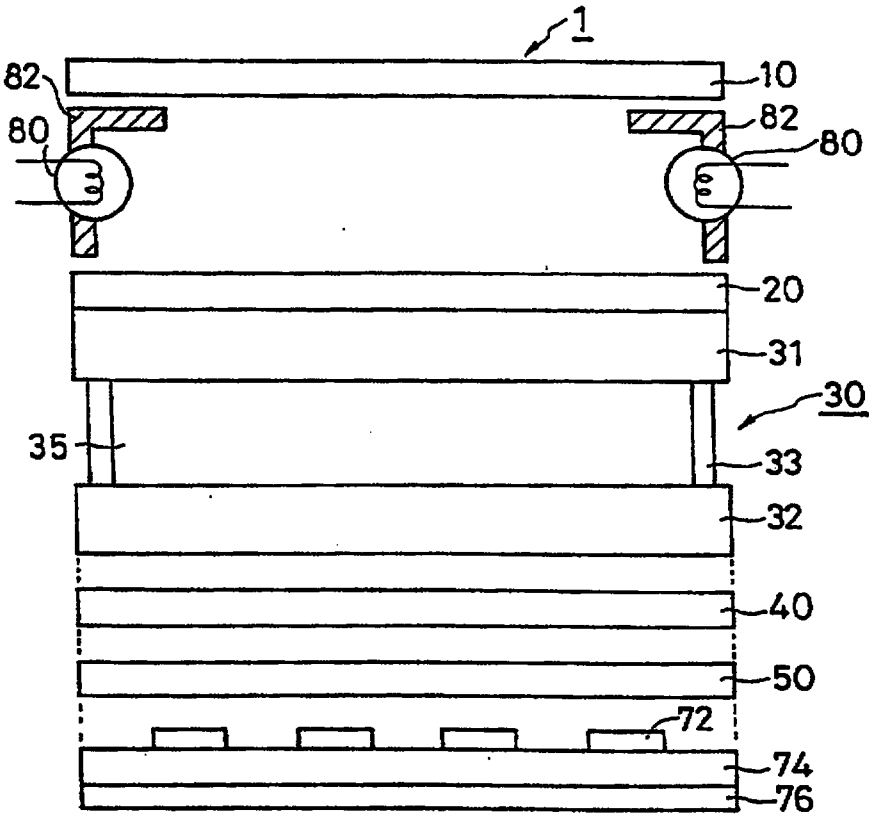


第 2 6 図

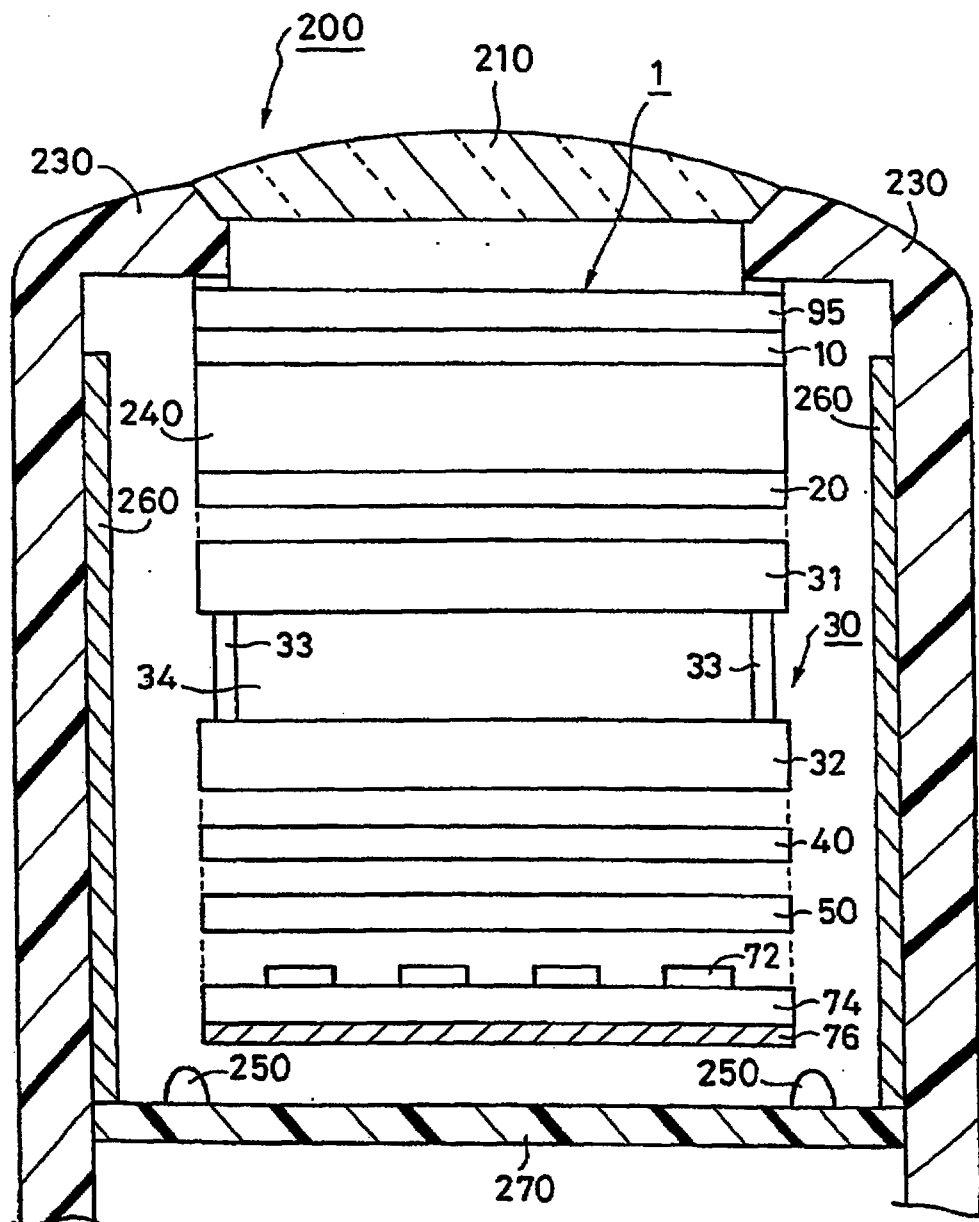


第 2 7 図

27/29



第 2 9 図



SPECIFICATION

DISPLAY DEVICE AND ELECTRONIC DEVICE USING THE SAME

[TECHNICAL FIELD]

The present invention relates to display devices and electronic devices mounting the display devices. In particular, the present invention relates to a reflection-type liquid crystal display device and an electronic device mounting the reflection-type liquid crystal display device.

[BACKGROUND ART]

A typical conventional liquid crystal display device using a polarization-changing optical element, such as a twisted nematic (TN) liquid crystal or a super-twisted nematic (STN) liquid crystal, which rotates the polarization axis, has a configuration in which the polarization-changing optical element is sandwiched between two polarizers. It therefore has a low light efficiency and, in particular, a reflection-type display device has a dark display.

For the purpose of displaying in the dark, a transflector is provided below the liquid crystal display device and light is illuminated from its lower side. The use of the transflector causes a considerable amount of shading of the incident light, resulting in a dark display.

It is therefore an object of the present invention to

provide a display device with a bright display, which uses a polarization-changing optical element.

[DISCLOSURE OF THE INVENTION]

First, the principle of the present invention will be described with reference to Figs. 1 to 12.

Fig. 1 includes cross-sectional views for illustrating the principle of the display device in accordance with the present invention. Figs. 1A, 1B, and 1C are cross-sectional views for illustrating the principle of the display device in accordance with the present invention, whereas and Fig. 1D is a cross-sectional view of the principle of a display device for comparison. Figs. 3 to 12 are cross-sectional views of the principle of the display device in accordance with the present invention. The liquid crystal display device in these drawings is shown to illustrate the principle of the present invention, hence the present invention is, of course, not limited to the liquid crystal display device shown in these drawings.

Referring now to Fig. 1D, the liquid crystal display device for comparison uses a polarizer 135 as a polarized-light separator at the observing side of the liquid crystal display device (herein after referred to as an upper polarized-light separator). The polarizer 135 transmits plane-polarized light from a light source 110 parallel to

the drawing towards the observation side but absorbs plane-polarized light perpendicular to the drawing, hence the display from a light source 190 is dark .

In contrast, in the display device in accordance with the present invention, as shown in Fig. 1A, a retardation film 141 is provide on a glass substrate 142 for holding a STN liquid crystal 143 to correct coloring generated in the STN liquid crystal 143. Also, an upper polarized-light separator 130 is provided on the retardation film 141.

The upper polarized-light separator 130 includes a $(1/4)\lambda$ plate 132 and a cholesteric liquid crystal layer 134. The cholesteric liquid crystal reflects circularly polarized light having the same wavelength as the pitch of the liquid crystal and the same rotation direction as the liquid crystal, and transmits other light. For example, using a levorotation cholesteric liquid crystal with a pitch of 5,000 angstroms for the cholesteric liquid crystal layer 134, the element is obtain, which the device reflects left-handed circularly polarized light with a wavelength of 5,000 angstroms and transmits left-handed circularly polarized light with other wavelengths and right-handed circularly polarized light. Further, by using the levorotation cholesteric liquid crystal and by varying its pitch over the entire wavelength range of visible light in the cholesteric liquid crystal, the element is obtain, which the device

reflects left-handed circularly polarized light over the entire white light region rather than monochrome light and transmits right-handed circularly polarized light.

In the upper polarized-light separator 130 composed of a combination of such cholesteric liquid crystal layer 134 and $(1/4)\lambda$ plate 132, plane-polarized light of a given first direction incident on the $(1/4)\lambda$ plate 132 is converted to left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132, reflected by the cholesteric liquid crystal layer 134, reconverted to the plane-polarized light of the given first direction by the $(1/4)\lambda$ plate 132, and emitted. Plane-polarized incident light of the second direction perpendicular to the first direction is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132, and passes through the cholesteric liquid crystal layer 134. Light incident on the upper side of the cholesteric liquid crystal layer 134 is emitted towards the lower side of the $(1/4)\lambda$ plate 132 as plane-polarized light of the second direction.

As described above, the upper polarized-light separator 130 composed of a combination of the cholesteric liquid crystal layer 134 and the $(1/4)\lambda$ plate 132 functions as a polarized-light separating means. The polarized-light separating means transmits the plane-polarized light of the second direction among the light incident on the $(1/4)\lambda$

plate 132 and reflects the plane-polarized light of the first direction perpendicular to the second direction. Further, for the light incident on the cholesteric liquid crystal layer 134, it emits plane-polarized light of the second direction to the side of the $(1/4)\lambda$ plate 132. Polarized-light separating means having such a function, other than the polarized-light separator 130 which comprises a combination of the cholesteric liquid crystal layer and $(1/4)\lambda$ plate 132, include that using a multilayered film (USP 4,974,219), that separating the incident light into reflected polarized light and transmitted polarized light by means of Brewster's angle (SID 92 DEGEST, pp. 427 to 429), and that using holograms.

Again, referring to Fig. 1A, plane-polarized light 191 parallel to the drawing from the light source 190 is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132 and passes through the cholesteric liquid crystal layer 134 towards the observation side. On the other hand, plane-polarized light 192 perpendicular to the drawing from the light source 190 is converted to left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132, reflected by the cholesteric liquid crystal layer 134, incident on the $(1/4)\lambda$ plate 132 again, converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing, and travels towards the interior of the liquid crystal display device.

Since the interior of the liquid crystal display device includes various boundary faces having discrete refractive indices, the plane-polarized light perpendicular to the drawing is reflected at such boundary faces having discrete refractive indices, for example, boundary faces between air and the retardation film 141 and between the retardation film 141 and the glass substrate 142, and emitted towards the observer through the upper polarized-light separator after repeated reflection in the liquid crystal display device. Thus a brighter display is achieved for the display using the light from the light source 190, compared with the case using a polarizer as the upper polarized-light separator.

Referring now to Fig. 1B, the upper polarized-light separator 130 is provided with a $(1/4)\lambda$ plate 132, a cholesteric liquid crystal layer 134, and a $(1/4)\lambda$ plate 136.

In the upper polarized-light separator 130 including the $(1/4)\lambda$ plates 132 and 136 with the cholesteric liquid crystal layer 134 therebetween, plane-polarized light of a given first direction incident on the $(1/4)\lambda$ plate 132 is converted to left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132, reflected by the cholesteric liquid crystal layer 134, reconverted to the plane-polarized light of the first direction by the $(1/4)\lambda$ plate 132, and emitted. On the other hand, incident plane-polarized light of a given

second direction perpendicular to the first direction is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132, passes through the cholesteric liquid crystal layer 134, reconverted to the plane-polarized light of the second direction by the $(1/4)\lambda$ plate 136, and emitted. For light incident on the upper side of the $(1/4)\lambda$ plate 136, plane-polarized light of the second direction is emitted towards the lower side of the $(1/4)\lambda$ plate 132 .

As described above, the upper polarized-light separator 130 including a combination of the cholesteric liquid crystal layer 134 and the $(1/4)\lambda$ plates 132 and 136 is a polarized-light separating means which transmits the plane-polarized light of the second direction among light incident on the $(1/4)\lambda$ plate 132, reflects the plane-polarized light of the first direction perpendicular to the second direction, and emits the light incident on the $(1/4)\lambda$ plate 136 towards the $(1/4)\lambda$ plate 132 as plane-polarized light of the second direction. Polarized-light separating means having such a function, other than the polarized-light separator 130 including a combination of the cholesteric liquid crystal layer 134 and the $(1/4)\lambda$ plates 132 and 136, include that using a multilayered film (USP 4,974,219), that separating the incident light into reflected polarized light and transmitted polarized light by means of Brewster's angle (SID 92 DEGEST, pp. 427 to 429),

that using holograms, and those disclosed in laid-open international patents (WO95/17692 and WO95/27919) as a reflective polarizer.

Referring to Fig. 1B again, the plane-polarized light 191 parallel to the drawing from the light source 190 is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132, and passes through the cholesteric liquid crystal layer 134. The right-handed circularly polarized light passing through the cholesteric liquid crystal layer 134 is emitted to the observation side after conversion to the plane-polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 136. On the other hand, the plane-polarized light 192 perpendicular to the drawing from the light source 190 is converted to left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The left-handed circularly polarized light is reflected by the cholesteric liquid crystal layer 134, is incident on $(1/4)\lambda$ plate 132 again, then reconverted to the plane-polarized light perpendicular to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 132, and goes towards the interior of the liquid crystal display device. Since the interior of the liquid crystal display device includes various boundary faces having discrete refractive indices, the plane-polarized light perpendicular to the drawing is reflected at such boundary faces having discrete refractive indices, for example, boundary faces between air and the

THIS SHEET HAS BEEN
REPLACED

retardation film 141 and between the retardation film 141 and the glass substrate 142, and finally transmitted towards the observer through the upper polarized-light separator after repeated reflection in the liquid crystal display device. Thus a brighter display is achieved for the display using the light from the light source 190, compared with the case using the polarizer as the upper polarized-light separator.

Referring now to Fig. 1C, the upper polarized-light separator 300 has a composite structure of two types of alternately deposited layers 301 (layer A) and 302 (layer B) as shown in Fig. 2. The refractive index (n_{AX}) along the X axis and the refractive index (n_{AY}) along the Y axis of the layer A 301 are different from each other, whereas the refractive index (n_{BX}) along the X axis and the refractive index (n_{BY}) along the Y axis of the layer B 302 are the same.

As a result, among the light incident on the upper polarized-light separator 300, plane-polarized light along the Y axis passes through the upper polarized-light separator 300 without modification of the polarization direction and is emitted.

When the following equation is satisfied, among light incident on the upper polarized-light separator 300, plane-polarized light along the X axis having a wavelength λ is reflected by the upper polarized-light separator 200 without

This Sheet Has Been Replaced



THIS SHEET HAS BEEN
REPLACED

modification of the polarization direction:

$$t_A \cdot n_{AX} + t_B \cdot n_{BX} = \lambda/2 \quad (1)$$

wherein t_A is the thickness along the Z axis of the layer A 301 and t_B is the thickness along the z axis of the layer B 302.

When the thickness t_A along the Z axis of the layer A 301 and the thickness t_B along the Z axis of the layer B 52 are varied so that the equation (1) holds over the entire visible light region, the upper polarized-light separator 300 can reflect the plane-polarized light polarized in the X direction and can transmit the plane-polarized light polarized in the Y direction without modification over the white light region rather than a monochrome region. Such an upper polarized-light separator is disclosed as a reflective polarizer in the laid-open international patent (W095/17692).

The upper polarized-light separator 300 shown in Fig. 2 reflects plane-polarized light of the given first direction from the light source 190 back towards the light source 190 without modification of the polarization, whereas it emits transmits plane-polarized light of the second direction perpendicular to the first direction from the light source 190 towards the upper face of the upper polarized-light separator 300. Further, the upper polarized-light separator 300 emits the light incident on the upper face of the upper polarized-light separator 300 towards the light source 190



as the plane-polarized light of the second direction.

As described above, the upper polarized-light separator 300 transmits plane-polarized light of the given second direction from the light source 190 without modification of the polarization direction, reflects plane-polarized light of the first direction perpendicular to the second direction from the light source 190, and emits light from the upper face towards the light source 190 as plane-polarized light of the second direction. Polarized-light separating means having such a function, other than the upper polarized-light separator 300 having a combination of the cholesteric liquid crystal layer 134 and $(1/4)\lambda$ plate 132, 136, include that using a multilayered film (USP 4,974,219), that separating the incident light into reflected polarized light and transmitted polarized light by means of Brewster's angle (SID 92 DEGEST, pp. 427 to 429), and that using holograms.

Referring to Fig. 1C again, plane-polarized light 191 parallel to the drawing from the light source 190 passes through the upper polarized-light separator 300 and is emitted towards the observation side without modification of the polarization direction. On the other hand, plane-polarized light 192 perpendicular to the drawing from the light source 190 is reflected by the upper polarized-light separator 300 and goes towards the interior of the liquid crystal display device without modification of the

polarization direction. Since the interior of the liquid crystal display device includes various boundary faces having discrete refractive indices, the plane-polarized light perpendicular to the drawing is reflected at such boundary faces having discrete refractive indices, for example, boundary faces between air and the retardation film 141 and between the retardation film 141 and the glass substrate 142, and is emitted towards the observer through the upper polarized-light separator 300 after repeated reflection in the liquid crystal display device. Thus a brighter display is achieved for the display using the light from the light source 190 compared with the case using a polarizer as the upper polarized-light separator.

Next, referring to Figs. 3 and 4, in the liquid crystal device, a TN liquid crystal 140 is used as a polarization-changing optical element. The upper polarized-light separator 130 including the $(1/4)\lambda$ plate 132 and the cholesteric liquid crystal layer 134 is provided on the upper side of the TN liquid crystal liquid 140, and a polarizer 165, a coloring layer 170, and a reflector 180 are provided on the lower side of the TN liquid crystal 140 in this order. The left side of the liquid crystal device is referred to as an applied-voltage section 110, whereas the right side as a no applied-voltage section 120.

Display by the light from the light source 190 will now

be described with reference to Fig. 3.

Unpolarized light incident on the upper polarized-light separator 130 from the light source 190 has been described with reference to Fig. 1A, and a brighter display than that using a polarizer as the upper polarized-light separator also has been described with reference to Fig. 1A.

Next, a display caused by transmission of unpolarized light from the light source 190 through the TN liquid crystal 140 etc. will be described.

In the no applied-voltage section on the right side, the unpolarized light 121 from the light source 190 passes through the TN liquid crystal 140, and is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the polarizer 165. Part of the plane-polarized light parallel to the drawing is reflected by the coloring layer 170 and is incident on the polarizer 165 again. The plane-polarized light passing through the polarizer 165 is converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by rotating the polarization angle by 90 degrees and then converted to left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The left-handed circularly polarized light is reflected by the cholesteric liquid crystal layer 134, is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 132 again, is converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 132, and goes towards the

interior of the liquid crystal device as reflected light 123. On the other hand, the other part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in this layer, is reflected by the reflector 180, passes through the coloring layer 170 while being absorbed in this layer again, and is incident on the polarizer 165 again. The plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 is converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by rotating the polarization angle by 90 degrees in the TN liquid crystal 140 and then converted to left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The left-handed circularly polarized light is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 132 again after reflection by the cholesteric liquid crystal 134, is converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 132, and then goes towards the interior of the liquid crystal display device as the reflected light 123.

In the applied-voltage section 110 on the left side, the unpolarized light 111 from the light source 190 passes through the TN liquid crystal 140, and is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the polarizer 165. Part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 is

reflected by the coloring layer 170, is incident on the polarizer 165 again, passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 134 and goes towards the observation side as the emitting light 112. The other part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in this layer, is reflected by the reflector 180, passes through the coloring layer 170 again while being absorbed in this layer, and is incident on the polarizer 165 again. The plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 134 and goes towards the observation side as the emitting light 112.

A reflection-type display when external light is incident on the liquid crystal display device will now be described with reference to Fig. 4.

In the no applied-voltage section 120 on the right side,

the external natural light 125 incident on the liquid crystal device is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the upper polarized-light separator 130 and then converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by rotating the polarization angle by 90 degrees in the TN liquid crystal 140. The plane-polarized light perpendicular to the drawing is absorbed in the polarizer 165.

In the applied-voltage section 110 on the left side, the external natural light 115 incident on the liquid crystal display device is converted to plane-polarized light parallel to the drawing in the upper polarized-light separator 130. The plane-polarized light parallel to the drawing passes through the TN liquid crystal without modification of the polarization direction, and passes through the polarizer 165. Part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 is incident on the polarizer 165 again after reflection by the coloring layer 170. The plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 134, and

goes towards the observation side as the emitting light 116. The other part of the plane polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in this layer, and is reflected by the reflector 180. The polarized light passes through the coloring layer 170 again while being absorbed in this layer, then is incident on the polarizer 165 again, and passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction. The plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132, passes through the cholesteric liquid crystal layer 134, and goes towards the observation side as the emitting light 116.

As described above, in the no applied-voltage section 120 on the right side, the unpolarized light 121 from the light source 190 is reflected towards the interior of the liquid crystal display device by the upper polarized-light separator 130, whereas the external natural light 125 is absorbed in the polarization plate 135. As a result, in both case, no light is emitted from the liquid crystal display device towards the observer. In the applied-voltage section 110 on the left side, the unpolarized light 111 from the light source 190 is emitted from the upper polarized-

light separator 130 as the emitting light 112, whereas the external natural light 115 is emitted from the upper polarized-light separator 130 as the emitting light 116. As a result, in both case, light is emitted from the liquid crystal device towards the observer hence the same display state based on the on-off state of the TN liquid crystal 140 is achieved by both the external light and the light from the light source 190. Accordingly, no so-called negative-positive reversion will occur between the display with the external light and the display with the light from the light source 190.

Next, referring to Figs. 5 and 6, a TN liquid crystal 140 is used as a polarization-changing optical element in this liquid crystal display device. An upper polarized-light separator 130 including the $(1/4)\lambda$ plates 132 and 136 and the cholesteric liquid crystal layer 134 is provided on the TN liquid crystal 140. A polarizer 165, a coloring layer 170, and a reflector 180 are provided under the TN liquid crystal 140 in this order. The left side of the liquid crystal display device is referred to as an applied-voltage section 110 whereas the right side as a no applied-voltage section 120 for the description.

Display with light from the light source 190 will now be described with reference to Fig. 5.

Unpolarized light incident on the upper polarized-light

separator 130 from the light source 190 has been described with reference to Fig. 1B, and a brighter display state than that using a polarizer as an upper polarized-light separator also has been described with reference to Fig. 1B.

Next, a display state caused by transmission of unpolarized light from the light source 190 through the TN liquid crystal 140 etc. will be described.

In the no applied-voltage section 120 on the right side, the unpolarized light 121 from the light source 190 passes through the TN liquid crystal 140, and is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the polarizer 165. The plane-polarized light parallel to the drawing is colored in the coloring layer 170, is reflected towards the upper direction, passes through the polarizer 165 and TN liquid crystal 140, is reflected by the upper polarized-light separator 130 as plane-polarized light perpendicular to the drawing, and goes towards the interior of the liquid crystal display device as reflected light 123. Since the detail is the same as the no applied-voltage section 120 on the right side of the liquid crystal display device which has been described with reference to Fig. 3, the repeated description will be omitted.

In the applied-voltage section 110 on the left side, the unpolarized light 111 from the light source 190 passes through the TN liquid crystal 140, and is converted to

plane-polarized light parallel to the drawing by the polarizer 165. Part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 is reflected by the coloring layer 170, is incident on the polarizer 165 again, and passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction. The plane-polarized light parallel to the drawing is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 134, is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 136, and goes towards the observation side as the emitting light 112. The other part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in this layer, and is reflected by the reflector 180. The reflected light passes through the coloring layer 170 again while being absorbed in this layer, is incident on the polarizer 165 again, and passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction. The plane-polarized light parallel to the drawing passing through the TN liquid crystal 140 is converted right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132, passes through the cholesteric liquid crystal layer 134, is converted to plane-

polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 136, and goes towards the observation side as the emitting light 112.

A reflection-type display state when external light is incident on the liquid crystal display device will now be described with reference to Fig. 6.

In the no applied-voltage section 120 on the right side, the external natural light 125 incident on the liquid crystal device is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the upper polarized-light separator 130 and then converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by rotating the polarization angle by 90 degrees in the TN liquid crystal 140. The plane-polarized light perpendicular to the drawing is absorbed in the polarizer 165.

In the applied-voltage section 110 on the left side, the external natural light 115 incident on the liquid crystal display device is converted to plane-polarized light parallel to the drawing in the upper polarized-light separator 130. The plane-polarized light parallel to the drawing passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction and passes through the polarizer 165. Part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 is incident on the polarizer 165 again after reflection

by the coloring layer 170. The plane-polarized light parallel to the drawing from the polarizer 165 passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 134, and is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 136. The plane-polarized light parallel to the drawing goes towards the observation side as the emitting light 116. The other part of the plane polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in this layer, and is reflected by the reflector 180. The reflected polarized light passes through the coloring layer 170 again while being absorbed in this layer. The polarized light incident on the polarizer 165 again passes through the polarizer 165, and the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction. The plane-polarized light parallel to the drawing passing through the TN liquid crystal 140 is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 134, and is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the

$(1/4)\lambda$ plate 136. The plane-polarized light parallel to the drawing goes towards the observation side as the emitting light 116.

Also, in this case, in the no applied-voltage section 120 on the right side, the unpolarized light 121 from the light source 190 is reflected towards the interior of the liquid crystal display device by the upper polarized-light separator 130, whereas the external natural light 125 is absorbed in the polarization plate 165. As a result, in both case, no light is emitted from the liquid crystal display device towards the observer. In the applied-voltage section 110 on the left side, the unpolarized light 111 from the light source 190 is emitted from the upper polarized-light separator 130 as the emitting light 112, whereas the external natural light 115 is emitted from the upper polarized-light separator 130 as the emitting light 116. As a result, in both case, light is emitted from the liquid crystal device towards the observer hence the same display state based on the on-off state of the TN liquid crystal 140 is achieved by both the external light and the light from the light source 190. Accordingly, no so-called negative-positive reversion will occur between the display with the external light and the display with the light from the light source 190.

Referring now to Figs. 7 and 8, a TN liquid crystal 140

is used as the polarization-changing optical element in the liquid crystal display device. The upper polarized-light separator 300 shown in Fig. 2 is provided on the TN liquid crystal 140. A polarizer 165, a coloring layer 170 and a reflector 180 are provided under the TN liquid crystal 140 in this order. The left side of the liquid crystal display device is referred to as an applied-voltage section 110 whereas the right side as a no applied-voltage section 120 for the description.

Display with the light from the light source 190 will be described with reference to Fig. 7.

Unpolarized light reaching the upper polarized-light separator 300 from the light source 190 has been described with reference to Fig. 1C, and a brighter display state than that using a polarizer also has been described with reference to Fig. 1C.

Next, a display state caused by transmission of unpolarized light from the light source 190 through the TN liquid crystal 140 etc. will be described.

In the no applied-voltage section 120 on the right side, the unpolarized light 121 from the light source 190 passes through the TN liquid crystal 140, and is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the polarizer 165. Part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 is

reflected by the coloring layer 170, and is incident on the polarizer 165 again. The plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 is converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by rotating the polarization direction by 90 degrees in TN liquid crystal 140. The plane-polarized light perpendicular to the drawing is reflected by the upper polarized-light separator 300 without modification of the polarization direction and goes towards the interior of the liquid crystal display device as reflected light 123. The other part of the plane polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in this layer, and is reflected by the reflector 180. The reflected polarized light passes through the coloring layer 170 again while being absorbed in this layer. The polarized light is incident on the polarizer 165 again, and is converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by rotating the polarization direction by 90 degrees in the TN liquid crystal 140. The plane-polarized light perpendicular to the drawing is reflected by the upper polarized-light separator 300 without modification of the polarization direction and goes towards the interior of the liquid crystal display device as reflected light 123.

In the applied-voltage section 110 on the left side,

the unpolarized light 111 from the light source 190 passes through the TN liquid crystal 140, and is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the polarizer 165. Part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 is reflected by the coloring layer 170, is incident on the polarizer 165 again, passes through the polarizer 165, the TN liquid crystal 140, and the upper polarized-light separator 300 without modification of the polarization direction, and goes towards the observation side as the emitting light 112. The other part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in this layer, and is reflected by the reflector 180. The reflected light passes through the coloring layer 170 again while being absorbed in this layer, is incident on the polarizer 165 again, passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction, passes through the upper polarized-light separator 300, and goes towards the observation side without modification as emitting light 112.

A reflection-type display state when external light is incident on the liquid crystal display device will now be described with reference to Fig. 8.

In the no applied-voltage section 120 on the right side,

the external natural light 125 incident on the liquid crystal device passes through the upper polarized-light separator 300 without modification, and is changed to plane-polarized light perpendicular to the drawing by rotating the polarization angle by 90 degrees in the TN liquid crystal 140. The plane-polarized light perpendicular to the drawing is absorbed in the polarizer 165.

In the applied-voltage section 110 on the left side, the external natural light 115 incident on the liquid crystal display device passes through the upper polarized-light separator 200 as plane-polarized light parallel to the drawing, passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction ,, and passes through the polarizer 165. Part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 is reflected by the coloring layer 170 and is incident on the polarizer 165 again. The reflected plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 passes through the upper polarized-light separator 300, and goes towards the observation side as the emitting light 116 without modification of the polarization direction. The other part of the plane polarized light parallel to the drawing from the polarizer 165 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in this layer, and is reflected by the reflector 180. The reflected polarized



light passes through the coloring layer 170 again while being absorbed in this layer. Then the polarized light is incident on the polarizer 165 again, passes through the polarizer 165, and passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction. The plane-polarized light parallel to the drawing passing through the TN liquid crystal 140 goes towards the observation side without modification as the emitting light 116.

Also, in this case, in the no applied-voltage section 120 on the right side, the unpolarized light 121 from the light source 190 is reflected towards the interior of the liquid crystal display device by the upper polarized-light separator 300, whereas the external natural light 125 is absorbed in the polarization plate 165. As a result, in both case, no light is emitted from the liquid crystal display device towards the observer. In the applied-voltage section 110 on the left side, the unpolarized light 111 from the light source 190 is emitted from the upper polarized-light separator 300 as the emitting light 112, and the external natural light 115 is also emitted from the upper polarized-light separator 300 as the emitting light 116. As a result, in both case, light is emitted from the liquid crystal device towards the observer hence the same display state based on the on-off state of the TN liquid crystal 140

is achieved by both the external light and the light from the light source 190. Accordingly, no so-called negative-positive reversion will occur between the display with the external light and the display with the light from the light source 190.

In the liquid crystal display devices shown in Figs. 3 to 8, the coloring layer 170 can be omitted. In this case, the plane-polarized light parallel to the drawing, which passes through the polarizer 165, is reflected directly by the reflector 180 without being colored by the coloring layer 170, and passes through the polarizer 165 again. The light passes through the upper polarized-light separator 130 or 300 and goes towards the observation side as emitting light 112 or 116.

Referring now to Figs. 9 and 10, a TN liquid crystal 140 is used as the polarization-changing optical element in this liquid crystal display device. An upper polarized-light separator 130 including the $(1/4)\lambda$ plate 132 and the cholesteric liquid crystal layer 134 is provided on the TN liquid crystal 140. Further, a light diffusion layer 150, a lower polarized-light separator 160 including a $(1/4)\lambda$ plate 162 and a cholesteric liquid crystal layer 164, a coloring layer 170, and a reflector 180 are provided under the TN element 140 in this order.

The upper polarized-light separator 130 is the same as

that described in Fig. 1A. The lower polarized-light separator 160 has the same functions as the upper polarized-light separator 130. The lower polarized-light separator 160 is a polarized-light separating means which transmits plane-polarized light of a given second direction among light components incident on the $(1/4)\lambda$ plate 162, reflects plane-polarized light of a first direction perpendicular to the second direction, and for light incident on the cholesteric liquid crystal layer 164, can emit plane-polarized light of the second direction towards the $(1/4)\lambda$ plate 162. Polarized-light separating means having such a function, other than the polarized-light separator 130 including a combination of the cholesteric liquid crystal layer 164 and the $(1/4)\lambda$ plates 162, include that using a multilayered film (USP 4,974,219), that separating the incident light into reflected polarized light and transmitted polarized light by means of Brewster's angle (SID 92 DEGEST, pp. 427 to 429), that using holograms, and those disclosed in laid-open international patents (WO95/17692 and WO95/27919) as a reflective polarizer.

The left side of the liquid crystal display device is referred to as an applied-voltage section 110 whereas the right side as a no applied-voltage section 120 for the description.

A display state with light from the light source 190

will now be described with reference to Fig. 9.

Unpolarized light incident on the upper polarized-light separator 130 from the light source 190 has been described with reference to Fig. 1A, and a brighter display state than that using a polarizer also has been described with reference to Fig. 1A.

Next, a display state caused by transmission of unpolarized light from the light source 190 through the TN liquid crystal 140 etc. will be described.

In the no applied-voltage section 120 on the right side, the unpolarized light 121 from the light source 190 passes through the TN liquid crystal 140 and the light diffusion layer 150 and is converted to right-handed circularly polarized light and left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 162.

The left-handed circularly polarized light emitted from the $(1/4)\lambda$ plate 162 is reflected by the cholesteric liquid crystal layer 164 and reenters the $(1/4)\lambda$ plate 162 to be converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing. By rotating the polarization direction by 90 degrees in the TN liquid crystal 140, the polarized light is converted into the plane-polarized light parallel to the drawing. The plane-polarized light parallel to the drawing emitted from the TN liquid crystal 140 is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate

132, passes through the cholesteric liquid crystal layer 134 and goes towards the observation side as the emitting light 122.

The right-handed circularly polarized light emitted from the $(1/4)\lambda$ plate 162 passes through the cholesteric liquid crystal layer 164. Part of the right-handed circularly polarized light from the cholesteric liquid crystal layer 164 is reflected by the coloring layer 170, by the cholesteric liquid crystal layer 164, and then by the coloring layer 170 again. The reflected light passes through the cholesteric liquid crystal layer 164 and is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 162 to be converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The plane-polarized light passes through the light diffusion layer 150, and is rotated by 90 degrees in the polarization direction in the TN liquid crystal 140 to be converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing. The plane-polarized light is converted to left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132, and reflected by the cholesteric liquid crystal layer 134. The reflected light is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 132 again to be converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The plane-polarized light goes towards the interior of the liquid crystal display device as reflected light 123. The other part of

the right-handed circularly polarized light from the cholesteric liquid crystal layer 164 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in the coloring layer 170, and is reflected by the reflector 180. The reflected light passes through the coloring layer 170 while being absorbed in the coloring layer 170, and then is reflected by the cholesteric liquid crystal layer 164. The light passes through the coloring layer 170 while being absorbed in the coloring layer 170, and is reflected by the reflector 180 again. The reflected light passes through the coloring layer 170 while being absorbed in the coloring layer 170 and passes through cholesteric liquid crystal layer 164. The light is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 162 to be converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 162. After the plane-polarized light passes through the light diffusion layer 150, it is converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by rotating the polarization direction by 90 degrees in the TN liquid crystal 140. The plane-polarized light is converted to left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The left-handed circularly polarized light is reflected by the cholesteric liquid crystal layer 134, and incident on the $(1/4)\lambda$ plate 132 to be converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The plane-polarized light

goes toward the interior of the liquid crystal display device as reflected light 123.

As described above, when no voltage is applied, the light from the light source 190 is reflected by the polarized-light separator 160 and emitted as emitting light 122, hence a bright display state is achieved. Because the light diffusion layer 150 is provided between the $(1/4)\lambda$ plate 162 and the TN liquid crystal 140, the reflected light from the lower polarized-light separator 160 changes from mirror state to white.

In the applied-voltage section 110 on the left side, the unpolarized light 111 from the light source 190 passes through the TN liquid crystal 140 and the light diffusion layer 150, and is converted to right-handed circularly polarized light and left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 162.

The left-handed circularly polarized light emitted from the $(1/4)\lambda$ plate 162 is reflected by the cholesteric liquid crystal layer 164 and incident on the $(1/4)\lambda$ plate 162 again to be converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The plane-polarized light passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction and is converted to left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The left-handed circularly polarized

light is reflected by the cholesteric liquid crystal layer 134 and is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 132 again to be converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The plane-polarized light goes towards the interior of the liquid crystal display device as reflected light 113.

The right-handed circularly polarized light emitted from the $(1/4)\lambda$ plate 162 passes through the cholesteric liquid crystal layer 164. Part of the right-handed circularly polarized light from the cholesteric liquid crystal layer 164 is reflected by the coloring layer 170, the cholesteric liquid crystal layer 164, and then the coloring layer 170 again. The reflected light passes through the cholesteric liquid crystal layer 164 and is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 162 to be converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The plane-polarized light passes through the light diffusion layer 150 and the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 134 and goes towards the observation side as emitting light 112. On the other hand, the other part of the right-handed circularly polarized light from the cholesteric liquid

crystal layer 164 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in the coloring layer 170, and is reflected by the reflector 180. The reflected light passes through the coloring layer 170 while being absorbed in the coloring layer 170 again, and then is reflected by the cholesteric liquid crystal layer 164. The reflected light passes through the coloring layer 170 while being absorbed in the coloring layer 170 again, be reflected by the reflector 180 again, passes through the coloring layer 170 while being absorbed in the coloring layer 170, passes through the cholesteric liquid crystal layer 164, and is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 162. After the reflected light is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 162, it passes through the light diffusion layer 150 and through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction. The plane-polarized light is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132, passes through the cholesteric liquid crystal layer 134, and goes towards the observation side as emitting light 112.

A reflection-type display state when external light is incident on the liquid crystal display device will now be described with reference to Fig. 10.

In the no applied-voltage section 120 on the right side, the external natural light 125 incident on the liquid

crystal device is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the upper polarized-light separator 130 and then converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by rotating the polarization angle by 90 degrees in the TN liquid crystal 140. The plane-polarized light perpendicular to the drawing emitted from the TN liquid crystal 140 is converted to left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The left-handed circularly polarized light is reflected by the cholesteric liquid crystal layer 164, and is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 162 again to be converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 162, which is rotated by 90 degrees in the polarization angle in the TN liquid crystal 140 to generate plane-polarized light parallel to the drawing. The plane-polarized light from the TN liquid crystal 140 is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 134 and goes towards the observation side as emitting light 126.

In the applied-voltage section 110 on the left side, the external natural light 115 incident on the liquid crystal display device is converted to plane-polarized light parallel to the drawing in the upper polarized-light separator 130. The plane-polarized light parallel to the

drawing passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The right-handed circularly polarized light from the $(1/4)\lambda$ plate 162 passes through the cholesteric liquid crystal 164. Part of the right-handed circularly polarized light is reflected by the coloring layer 170, by the cholesteric liquid crystal layer 164, and then by the coloring layer 170 again. The reflected light passes through the cholesteric liquid crystal layer 164 and is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 162 to be converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The plane-polarized light passes through the light diffusion layer 150 and the TN liquid crystal layer 140 without modification of the polarization direction, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 134 and goes towards the observation side as emitting light 116. The other part of the right-handed circularly polarized light passing through the cholesteric liquid crystal layer 164 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in this layer, and is reflected by the reflector 180. The polarized light passes through the coloring layer 170 again while being absorbed in this layer,

and is reflected by the cholesteric liquid crystal layer 164. The reflected light passes through the coloring layer 170 again while being absorbed in this layer, is reflected by the reflector 180, passes through the coloring layer 170 again while being absorbed in this layer, and passes through the cholesteric liquid crystal layer 164. The light is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 162 and converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The plane-polarized light parallel to the drawing passes through the light diffusion layer 150 and passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction. The light is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132, passes through the cholesteric liquid crystal layer 134, and goes towards the observation side as emitting light 116.

In the no applied-voltage section 120 on the right side, as described above, the unpolarized light 121 from the light source 190 is reflected towards the exterior of the liquid crystal display device by the lower polarized-light separator 160, passes through the upper polarized-light separator 130, and is emitted from the upper polarized-light separator 130 as the emitting light 122. The external natural light 125 is reflected towards the exterior of the liquid crystal display device by the lower polarized-

light separator 160, passes through the upper polarized-light separator 130, and is emitted from the upper polarized-light separator 130 as the emitting light 126. As a result, in both case, the light is changed from mirror state to white by means of the light diffusion layer 150, and is emitted from the upper polarized-light separator 130 towards the observer. In the applied-voltage section 110 on the left side, the unpolarized light 111 from the light source 190 passes through the lower polarized-light separator 160, and is colored in the coloring layer 170. The colored light passes through the lower polarized-light separator 160 again, passes through the upper polarized-light separator 130, and is emitted from the upper polarized-light separator as the emitting light 112. The external natural light 115 passes through the upper polarized-light separator 130 and lower polarized-light separator 160, and is colored in the coloring layer 170. The colored light passes through the lower polarized-light separator 160 and the upper polarized-light separator 130 again, and is emitted from the upper polarized-light separator 130 as the emitting light 116. As a result, in both case, the light colored in the coloring layer 170 is emitted from the upper polarized-light separator 130 towards the observer, hence the same display state based on the on-off state of the TN liquid crystal 140 is achieved by

both the external light and the light from the light source 190. Accordingly, no so-called negative-positive reversion will occur between the display with the external light and the display with the light from the light source 190.

When no voltage is applied, the lower polarized-light separator 160 reflects the light from the light source 190 and emits as the emitting light 122. The lower polarized-light separator 160 also reflects the external natural light 125 and emits as the emitting light 126. Accordingly, a bright display state is achieved. Since the light diffusion layer 150 is provided between the $(1/4)\lambda$ plate 162 and the TN liquid crystal 140, the reflected light from the lower polarized-light separator 160 changes from mirror state to white.

As described above, in the no applied-voltage section 120, the light reflected by the lower polarized-light separator 160 is scattered in the light diffusion layer 150 to be white emitting light 122 or 126, whereas in the applied-voltage section 110, the light from the lower polarized-light separator 160 is colored in the coloring layer 170 to be color emitting light 112 or 116. As a result, a color display is achieved on a white background. When using a black coloring layer 170, all the wavelengths in the visible light region are absorbed. Therefore, a black display on the white background is achieved.

Since the reflector 180 is provided, the color emitting light 112 or 116, which is colored in the coloring layer 170, is bright.

Referring to now Figs. 11 and 12, a TN liquid crystal 140 is used as the polarization-changing optical element in the liquid crystal display device. The upper polarized-light separator 130 including the $(1/4)\lambda$ plates 132 and 136 and the cholesteric liquid crystal layer 134 is provided on the TN liquid crystal 140. The light diffusion layer 150, the lower polarized-light separator 160 including the $(1/4)\lambda$ plates 162 and 166 and the cholesteric liquid crystal layer 164, the coloring layer 170, and the reflector 180 are provided under the TN liquid crystal 140 in this order.

The upper polarized-light separator 130 is the same as that described in Fig. 1B. The lower polarized-light separator 160 has the same functions as the upper polarized-light separator 130. The lower polarized-light separator 160 is a polarized-light separating means which transmits plane-polarized light of a given second direction among light components incident on the $(1/4)\lambda$ plate 162 as plane-polarized light of a second direction, reflects plane-polarized light of a first direction perpendicular to the second direction, and for light incident on the $(1/4)\lambda$ plate 166, emits plane-polarized light of the second direction towards the $(1/4)\lambda$ plate 162. Polarized-light

separating means having such a function, other than the polarized-light separator 160 including a combination of the cholesteric liquid crystal layer 164 and the $(1/4)\lambda$ plates 162 and 166, include that using a multilayered film (USP 4,974,219), that separating the incident light into reflected polarized light and transmitted polarized light by means of Brewster's angle (SID 92 DEGEST, pp. 427 to 429), that using holograms, and reflective polarizers disclosed in laid-open international patents (WO95/17692 and WO95/27919) as a reflective polarizer.

The left side of the liquid crystal display device is referred to as an applied-voltage section 110 whereas the right side as a no applied-voltage section 120 for the description.

A display state with light from the light source 190 will now be described with reference to Fig. 11.

Unpolarized light incident on the upper polarized-light separator 130 from the light source 190 has been described with reference to Fig. 1B, and a brighter display state than that using a polarizer also has been described with reference to Fig. 1B.

Next, a display state caused by transmission of unpolarized light from the light source 190 through the TN liquid crystal 140 etc. will be described.

In the no applied-voltage section 120 on the right side,

the unpolarized light 121 from the light source 190 passes through the TN liquid crystal 140 and the light diffusion layer 150, and is converted to right-handed circularly polarized light and left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 162.

The left-handed circularly polarized light emitted from the $(1/4)\lambda$ plate 162 is reflected by the cholesteric liquid crystal layer 164 and reenters the $(1/4)\lambda$ plate 162 to be converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by the $(1/4)\lambda$ 162. The polarized light is rotated by 90 degrees in the polarization angle in the TN liquid crystal 140 to be plane-polarized light parallel to the drawing from the TN liquid crystal 140, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The light passes through the cholesteric liquid crystal layer 134, is converted to the plane-polarized light parallel to the drawing again by the $(1/4)\lambda$ plate 136, and goes towards the observation side as the emitting light 122.

The right-handed circularly polarized light emitted from the $(1/4)\lambda$ plate 162 passes through the cholesteric liquid crystal 164. The right-handed circularly polarized light passing through the cholesteric liquid crystal 164 is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 166. Part of the plane-polarized light

parallel to the drawing emitted from the $(1/4)\lambda$ plate 166 is reflected by the coloring layer 170, and passes through the $(1/4)\lambda$ plate 166. The plane-polarized light is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 166. The right-handed circularly polarized light passing through the cholesteric liquid crystal layer 164 is converted to plane-polarized light parallel to the drawing again by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The plane-polarized light passes through the light diffusion layer 150, and is rotated by 90 degrees in the polarization angle in the TN liquid crystal 140 to be converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing. The plane-polarized light is converted to left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132, and reflected by the cholesteric liquid crystal layer 134. The reflected light is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 132 again to be converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 132, and goes towards the interior of the liquid crystal display device as reflected light 123. The other part of the plane-polarized light parallel to the drawing emitted from the $(1/4)\lambda$ plate 166 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in the coloring layer 170, and is reflected by the reflector 180. The reflected light passes through the coloring layer 170 while being absorbed in the coloring layer 170 again, and then passes through the $(1/4)\lambda$ plate

166 to be converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 166. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 164, and is converted to plane-polarized light parallel to the drawing again by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The plane-polarized light passes through the light diffusion layer 150, and is rotated by 90 degrees in the polarization angle to be the plane-polarized light perpendicular to the drawing in the TN liquid crystal 140. The plane-polarized light perpendicular to the drawing is converted to left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The left-handed circularly polarized light is reflected by the cholesteric liquid crystal layer 134, and is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 132 to be converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The plane-polarized light goes towards the interior of the liquid crystal display device as reflected light 123.

As described above, when no voltage is applied, the light from the light source 190 is reflected by the lower polarized-light separator 160 and emitted as the emitting light 122, hence a bright display state is achieved. Because the light diffusion layer 150 is provided between the $(1/4)\lambda$ plate 162 and the TN liquid crystal 140, the reflected light from the lower polarized-light separator 160 changes from mirror state to white.

In the applied-voltage section 110 on the left side, the unpolarized light 111 from the light source 190 passes through the TN liquid crystal 140 and the light diffusion layer 150, and is converted to right-handed circularly polarized light and left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 162.

The left-handed circularly polarized light emitted from the $(1/4)\lambda$ plate 162 is reflected by the cholesteric liquid crystal layer 164 and is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 162 again to be converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The plane-polarized light passes through the light diffusion layer 150, passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction, and is converted to left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The left-handed circularly polarized light is reflected by the cholesteric liquid crystal layer 134 and is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 132 again to be converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The plane-polarized light goes towards the interior of the liquid crystal display device as reflected light 123.

The right-handed circularly polarized light emitted from the $(1/4)\lambda$ plate 162 passes through the cholesteric liquid crystal layer 164. The right-handed circularly

polarized light passing through the cholesteric liquid crystal layer 164 is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 166. Part of the plane-polarized light parallel to the drawing emitted from the $(1/4)\lambda$ plate 166 is reflected by the coloring layer 170, passes through the $(1/4)\lambda$ plate 166, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 166. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 164, and then is converted to the plane-polarized light parallel to the drawing again by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The plane-polarized light passes through the light diffusion layer 150, passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 134 and is converted to plane-polarized light parallel to the drawing again by the $(1/4)\lambda$ plate 136. The plane-polarized light goes towards the observation side as emitting light 112. On the other hand, the other part of the plane-polarized light parallel to the drawing emitted from the $(1/4)\lambda$ plate 166 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in the coloring layer 170, and is reflected by the reflector 180. The reflected light passes through

the coloring layer 170 while being absorbed in the coloring layer 170 again, passes through the $(1/4)\lambda$ plate 166, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 166. The right-handed circularly polarized light from the $(1/4)\lambda$ plate 166 passes through cholesteric liquid crystal layer 164, and is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The plane-polarized light passes through the light diffusion layer 150, passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The converted light passes through the cholesteric liquid crystal layer 134 and is converted to plane-polarized light parallel to the drawing again by the $(1/4)\lambda$ plate 136. The plane-polarized light parallel to the drawing goes towards the observation side as emitting light 112.

A reflection-type display state when external light is incident on the liquid crystal display device will now be described with reference to Fig. 12.

In the no applied-voltage section 120 on the right side, the external natural light 125 incident on the liquid crystal device is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the upper polarized-light separator 130 and then to plane-polarized light

perpendicular to the drawing by rotating the polarization angle by 90 degrees in the TN liquid crystal 140. The plane-polarized light perpendicular to the drawing emitted from the TN liquid crystal passes through the light diffusion layer 150, and is converted to left-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The left-handed circularly polarized light emitted from the $(1/4)\lambda$ plate 162 is reflected by the cholesteric liquid crystal layer 164, is incident on the $(1/4)\lambda$ plate 162 again, and is converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The plane-polarized light passes through the light diffusion layer 150, and is rotated by 90 degrees in the polarization angle in the TN liquid crystal 140 to generate plane-polarized light parallel to the drawing. The plane-polarized light emitted from the TN liquid crystal 140 is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 134 and is converted to the plane-polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 136 again. The plane-polarized light parallel to the drawing goes towards the observation side as emitting light 126.

As described above, when no voltage is applied, the external natural light 125 is reflected by the lower

polarized-light separator 160, and emitted as the emitting light 126, hence a bright display state is achieved.

Because the light diffusion layer 150 is provided between the $(1/4)\lambda$ plate 162 and the TN liquid crystal 140, the reflected light from the lower polarized-light separator 160 changes from mirror state to white.

In the applied-voltage section 110 on the left side, the external natural light 115 incident on the liquid crystal display device is converted to plane-polarized light parallel to the drawing in the upper polarized-light separator 130. The plane-polarized light parallel to the drawing passes through the TN liquid crystal 140 and the light diffusion layer 150 without modification of the polarization direction, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The right-handed circularly polarized light emitted from the $(1/4)\lambda$ plate 162 passes through the cholesteric liquid crystal 164, and is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 166. Part of the plane-polarized light parallel to the drawing emitted from the $(1/4)\lambda$ plate 166 is reflected by the coloring layer 170, passes through the $(1/4)\lambda$ plate 166, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 166. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 164, and

is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the $(1/4)\lambda$ plate 162 again. The plane-polarized light parallel to the drawing passes through the light diffusion layer 150, passes through the TN liquid crystal layer 140 without modification of the polarization direction, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 134 and goes towards the observation side as emitting light 116. The other part of the plane-polarized light passing through the $(1/4)\lambda$ plate 166 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in this layer, and is reflected by the reflector 180. The polarized light passes through the coloring layer 170 again while being absorbed in this layer, passes through the $(1/4)\lambda$ plate 166, and is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 166. The right-handed circularly polarized light passes through the cholesteric liquid crystal layer 164 and is converted to the plane-polarized light parallel to the drawing again by the $(1/4)\lambda$ plate 162. The plane-polarized light parallel to the drawing passes through the light diffusion layer 150 and passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction. The light is converted to right-handed circularly polarized light by the $(1/4)\lambda$ plate 132,

passes through the cholesteric liquid crystal layer 134, and goes towards the observation side as emitting light 116.

In the no applied-voltage section 120 on the right side, as described above, the unpolarized light 121 from the light source 190 is reflected towards the exterior of the liquid crystal display device by the lower polarized-light separator 160, passes through the upper polarized-light separator 130, and is emitted from the upper polarized-light separator 130 as the emitting light 122. The external natural light 125 is reflected towards the exterior of the liquid crystal display device by the lower polarized-light separator 160, passes through the upper polarized-light separator 130, and is emitted from the upper polarized-light separator 130 as the emitting light 126. As a result, in both case, the light is changed from mirror state to white by means of the light diffusion layer 150, and is emitted from the upper polarized-light separator 130 towards the observer. In the applied-voltage section 110 on the left side, the unpolarized light 111 from the light source 190 passes through the lower polarized-light separator 160, is colored in the coloring layer 170, passes through the lower polarized-light separator 160 again, and is emitted from the upper polarized-light separator 160 as the emitting light 112. The external natural light 115 passes through the upper polarized-light separator 130 and

lower polarized-light separator 160, and is colored in the coloring layer 170. The colored light passes through the lower polarized-light separator 160 and the upper polarized-light separator 130 again, and emitted from the upper polarized-light separator 130 as the emitting light 116. As a result, in both case, the light colored in the coloring layer 170 is emitted from the upper polarized-light separator 130 towards the observer, hence the same display state based on the on-off state of the TN liquid crystal 140 is achieved by both the external light and the light from the light source 190. Accordingly, no so-called negative-positive reversion will occur between the display with the external light and the display with the light from the light source 190.

When no voltage is applied, the lower polarized-light separator 160 reflects the light 121 from the light source 190 and emits as the emerging light 122. The lower polarized-light separator 160 also reflects the external natural light 125 and emits as the emerging light 126. Accordingly, a bright display state is achieved. Since the light diffusion layer 150 is provided between the $(1/4)\lambda$ plate 162 and the TN liquid crystal 140, the reflected light from the lower polarized-light separator 160 changes from mirror state to white.

As described above, in the no applied-voltage section

120, the light reflected by the lower polarized-light separator 160 is scattered in the light diffusion layer 150 to be white emitting light 122 or 126, whereas in the applied-voltage section 110, the light passing through the lower polarized-light separator 160 is colored in the coloring layer 170 to be color emitting light 112 or 116. As a result, a color display is achieved on a white background. When using a black coloring layer 170, all the wavelengths in the visible light region are absorbed, and hence a black display on a white background is achieved.

Since the reflector 180 is provided, the color emitting light 112 or 116, which is colored in the coloring layer 170, is bright.

Referring to now Figs. 13 and 14, a TN liquid crystal 140 is used as the polarization-changing optical element in the liquid crystal display device. The upper polarized-light separator 300 shown in Fig. 1C is provided on the TN liquid crystal 140. A light diffusion layer 150, a lower polarized-light separator 310, a coloring layer 170, and a reflector 180 are provided under the TN liquid crystal 140 in this order. The lower polarized-light separator 310 is of the same type of the upper polarized-light separator 300.

The upper polarized-light separator 300 is the same as that described in Fig. 1C. The lower polarized-light separator 310 has the same functions as the upper polarized-

light separator 300. Polarized-light separating means having such a function, other than the polarized-light separator 160 including a combination of the cholesteric liquid crystal layer 164 and the $(1/4)\lambda$ plates 162 and 166, include that using a multilayered film (USP 4,974,219), that separating the incident light into reflected polarized light and transmitted polarized light by means of Brewster's angle (SID 92 DEGEST, pp. 427 to 429), and that using holograms.

The left side of the liquid crystal display device is referred to as an applied-voltage section 110 whereas the right side as a no applied-voltage section 120 for the description.

A display state with light from the light source 190 will now be described with reference to Fig. 13.

Unpolarized light incident on the upper polarized-light separator 300 from the light source 190 has been described with reference to Fig. 1C, and a brighter display state than that using a polarizer also has been described with reference to Fig. 1C.

Next, a display state caused by transmission of unpolarized light from the light source 190 through the TN liquid crystal 140 etc. will be described.

In the no applied-voltage section 120 on the right side, the unpolarized light 121 from the light source 190 passes through the TN liquid crystal 140 and the light diffusion

layer 150.

Plane-polarized light perpendicular to the drawing among the light components passing through the light diffusion layer 150 is reflected by the lower polarized-light separator 310, and is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the TN liquid crystal 140 by rotating the polarization direction by 90 degrees. Plane-polarized light parallel to the drawing passing through the light diffusion layer 150 passes through the lower polarized-light separator 310 and is emitted towards the observer as emitting light 122 without modification of the polarization direction.

Part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the lower polarized-light separator 310 is reflected by the coloring layer 170, and passes through the lower polarized-light separator 310. The plane-polarized light parallel to the drawing is converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by the TN liquid crystal 140 by rotating the polarization angle by 90 degrees. The plane-polarized light perpendicular to the drawing is reflected by the upper polarized-light separator 200 without modification and goes towards the interior of the liquid crystal display device as reflected light 123. The other part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the lower polarized-light separator

310 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in this layer, and is reflected by the reflector 180. The reflected light passes through the coloring layer 170 again while being absorbed in this layer, and passes through the lower polarized-light separator 310 and the light diffusion layer 150 without modification of the polarization direction. The plane-polarized light parallel to the drawing is converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing in the TN liquid crystal 140 by rotating the polarization direction by 90 degrees. The plane-polarized light perpendicular to the drawing is reflected by the upper polarized-light separator 300, and goes as emitting light 123 towards the interior of the liquid crystal display device.

As described above, when no voltage is applied, the light from the light source 190 is reflected by the lower polarized-light separator 310 and emitted as the emitting light 122, hence a bright display state is achieved. Because the light diffusion layer 150 is provided between the lower polarized-light separator 310 and the TN liquid crystal 140, the reflected light from the lower polarized-light separator 310 changes from mirror state to white.

In the applied-voltage section 110 on the left side, the unpolarized light 111 from the light source 190 passes through the TN liquid crystal 140 and the light diffusion

layer 150.

Plane-polarized light perpendicular to the drawing from the light diffusion layer 150 is reflected by the lower polarized-light separator 310, and passes through the light diffusion layer 150 and the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction. The plane-polarized light perpendicular to the drawing is reflected by the upper polarized-light separator 300 without modification, and goes towards the interior of the liquid crystal display device as reflected light 113.

Part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the lower polarized-light separator 310 is reflected by the coloring layer 170, passes through the lower polarized-light separator 310, the light diffusion layer 150, the TN liquid crystal 140, and the upper polarized-light separator 300 without modification of the polarization direction, and goes towards the observer as emitting light 112. On the other hand, the other part of the plane-polarized light parallel to the drawing emitted from the lower polarized-light separator 310 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in the coloring layer 170, and is reflected by the reflector 180. The reflected light passes through the coloring layer 170 while being absorbed in the coloring layer 170 again, and passes through the lower polarized-light separator 310, the light

diffusion layer 150, the TN liquid crystal 140, and the upper polarized-light separator 300 without modification of the polarization direction. The plane-polarized light parallel to the drawing goes towards the observation side as emitting light 112.

A reflection-type display state when external light is incident on the liquid crystal display device will now be described with reference to Fig. 14.

In the no applied-voltage section 120 on the right side, the external natural light 125 incident on the liquid crystal device is converted to plane-polarized light parallel to the drawing by the upper polarized-light separator 300 and then converted to plane-polarized light perpendicular to the drawing by rotating the polarization angle by 90 degrees in the TN liquid crystal 140. The plane-polarized light perpendicular to the drawing emitted from the TN liquid crystal 140 passes through the light diffusion layer 150, and is reflected by the lower polarized-light separator 310. The reflected light passes through the light diffusion layer 150 without modification, and is rotated by 90 degrees in the polarization angle in the TN liquid crystal 140 to generate plane-polarized light parallel to the drawing. The plane-polarized light parallel to the drawing from the TN liquid crystal 140 passes through the lower polarized-light separator 310 without modification

of the polarization direction, and goes towards the observation side as emitting light 126.

As described above, when no voltage is applied, the external natural light 125 is reflected by the lower polarized-light separator 310, and emitted as the emitting light 126, hence a bright display state is achieved. Because the light diffusion layer 150 is provided between the lower polarized-light separator 310 and the TN liquid crystal 140, the reflected light from the lower polarized-light separator 310 changes from mirror state to white.

In the applied-voltage section 110 on the left side, the external natural light 115 incident on the liquid crystal display device is converted to plane-polarized light parallel to the drawing in the upper polarized-light separator 300. The plane-polarized light parallel to the drawing passes through the TN liquid crystal 140, the light diffusion layer 150, and the lower polarized-light separator 310 without modification of the polarization direction. Part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the lower polarized-light separator 310 is reflected by the coloring layer 170, and passes through the lower polarized-light separator 310, the light diffusion layer 150, the TN liquid crystal 140, and the upper polarized-light separator 300 without modification of the polarization direction. The plane-polarized light parallel

to the drawing goes towards the observation side as emitting light 116. The other part of the plane-polarized light passes through the coloring layer 170 while being absorbed in this layer, and is reflected by the reflector 180. The reflected light passes through the coloring layer 170 again while being absorbed in this layer, and passes through the lower polarized-light separator 310, the light diffusion layer 150 and the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction. The plane-polarized light parallel to the drawing passing through the upper polarized-light separator 300 goes towards the observation side as emitting light 116.

In the no applied-voltage section 120 on the right side, as described above, the unpolarized light 121 from the light source 190 is reflected towards the exterior of the liquid crystal display device by the lower polarized-light separator 310, passes through the upper polarized-light separator 300, and is emitted from the upper polarized-light separator 300 as the emitting light 122. The external natural light 125 is reflected towards the exterior of the liquid crystal display device by the lower polarized-light separator 310, passes through the upper polarized-light separator 300, and is emitted from the upper polarized-light separator 300 as the emitting light 126. As a result, in both case, the light is changed from mirror

state to white by means of the light diffusion layer 150, and is emitted from the upper polarized-light separator 300 towards the observer. In the applied-voltage section 110 on the left side, the unpolarized light 111 from the light source 190 passes through the lower polarized-light separator 310, is colored in the coloring layer 170, passes through the lower polarized-light separator 310 again, passes through the upper polarized-light separator 300, and is emitted from the upper polarized-light separator 300 as the emitting light 112. The external natural light 115 passes through the upper polarized-light separator 300 and lower polarized-light separator 310, and is colored in the coloring layer 170. The colored light passes through the lower polarized-light separator 310 and the upper polarized-light separator 300 again, and is emitted from the upper polarized-light separator 300 as the emitting light 116. As a result, in both case, the light is colored in the coloring layer 170, and is emitted from the upper polarized-light separator 300 towards the observer, hence the same display state based on the on-off state of the TN liquid crystal 140 is achieved by both the external light and the light from the light source 190. Accordingly, no so-called negative-positive reversion will occur between the display with the external light and the display with the light from the light source 190.

When no voltage is applied, the lower polarized-light separator 310 reflects the light 121 from the light source 190 and emits as the emerging light 122. The lower polarized-light separator 310 also reflects the external natural light 125 and emits as the emerging light 126. Accordingly, a bright display state is achieved. Since the light diffusion layer 150 is provided between the lower polarized-light separator 310 and the TN liquid crystal 140, the reflected light from the lower polarized-light separator 310 changes from mirror state to white.

As described above, in the no applied-voltage section 120, the light reflected by the lower polarized-light separator 310 is scattered in the light diffusion layer 150 to be white emitting light 122 or 126, whereas in the applied-voltage section 110, the light passing through the lower polarized-light separator 310 is colored in the coloring layer 170 to be color emitting light 112 or 116. As a result, a color display is achieved on a white background. When using a black coloring layer 170, all the wavelengths in the visible light region are absorbed, and hence a black display on a white background is achieved.

Since the reflector 180 is provided, the color emitting light 112 or 116, which is colored in the coloring layer 170, is bright.

Although the TN liquid crystal 140 has been described

above as an example of the present invention, when using other liquid crystal, in which the polarization axis changes with the voltage, e.g. a STN liquid crystal or an electrically controlled birefringence (ECB) liquid crystal, the basic operational principle is the same.

The present invention, based on the above-mentioned operational principle, provides a display device comprising:

- a polarization-changing means capable of changing a polarization axis;

- a first polarized-light separating means and an optical means each provided on the both side of the polarization-changing means with the polarization-changing means between; and

- a light source capable of illuminating between the first polarized-light separating means and the optical means;

wherein the first polarized-light separating means transmits plane-polarized light of a given first direction among the light, which is incident from the polarization-changing means, towards the opposite side of the polarization-changing means, , reflects plane-polarized light of a given second direction perpendicular to the given first direction towards the polarization-changing means, and emits light, which is incident from the opposite side of the polarization-changing means on the first polarized-

light separating means, towards the polarization-changing means as the plane-polarized light of the given first direction; and

the optical means separates light, which is incident on the polarization-changing means, into plane-polarized light of a given third direction and plane-polarized light of a given fourth direction perpendicular to the given third direction, and emits at least one of the plane-polarized light of the given third direction and the plane-polarized light of the given fourth direction towards the polarization-changing means.

In the present invention, the first polarized-light separating means transmits the plane-polarized light of the given first direction among light components incident on the polarization-changing means, and reflects, not absorb the plane-polarized light of the given second direction perpendicular to the first direction towards the polarization-changing means. Therefore, the plane-polarized light of the given first direction among the light components from the light source passes through towards the opposite direction of the polarization-changing means. Further, the plane-polarized light of the given second direction perpendicular to the first direction is emitted from the first polarized-light separating means towards the opposite direction of the polarization-changing means after

repeated reflection in the display device. A brighter display is achieved for the display using light from the light source compared with the case using a polarizer as the first polarized-light separating means.

Since the light source can emit light between the first polarized-light separating means and the optical means, two display states (bright and dark) obtained in response to the first and second states of the polarization axis in the polarization-changing means are the same in the display with the external light incident on the outside of the first polarized-light separating means and in the display with the light from the light source. That is, when the display by the light incident on the outside of the first polarized-light separating means is bright in the first display state of the polarization axis in the polarization-changing means, the display with the light from the light source is also bright. Further, when the display with the light incident on the outside of the first polarized-light separating means is dark in the first display state of the polarization axis in the polarization-changing means, the display with the light from the light source is also dark . Therefore, no so-called negative-positive reversion will occur between the display with the light incident on the outside of the first polarized-light separating means and the display with the light from the light source.

Preferably, the first polarized-light separating means transmits plane-polarized light of a given first direction among the light of over substantially the entire visible light wavelength range, which is incident from the polarization-changing means, towards the opposite side of the polarization-changing means, reflects plane-polarized light of a given second direction towards the polarization-changing means, and emits the plane-polarized light of the given first direction among the light of over substantially the entire visible light wavelength range, which is incident on the opposite side of the polarization-changing means, towards the polarization-changing means .

In this way, a transparent or white display can be obtained, and a display of a given color can be obtained over the entire visible light region.

Preferably, the first polarized-light separating means transmits plane-polarized light of a given first direction among the light incident from the polarization-changing means, towards the opposite side of the polarization-changing means as the plane-polarized light of the given first direction.

Preferably, the first polarized-light separating means comprises a composite member piled with a plurality of layers, and the refractive indices of the layers are substantially the same in the given first direction but are

different from each other in the given second direction.

Preferably, the optical means comprises a second polarized-light separating means arranged on the polarization-changing means, and an optical means arranged on the opposite side of the polarization-changing means against the second polarized-light separating means;

the light source can emit light between the first polarized-light separating means and the second polarized-light separating means;

the second polarized-light separating means transmits the plane-polarized light of the given third direction among the light incident on the polarization-changing means, towards the optical element, reflects the plane-polarized light of the given fourth direction perpendicular to the given third direction towards the polarization-changing means, and emits the plane-polarized light of the given third direction among the light incident on the optical element, towards the polarization-changing means ; and

the optical element emits a given wavelength range of light among the light from the second polarized-light separating means towards the second polarized-light separating means. Preferably, the second polarized-light separating means comprises a composite member piled with a plurality of layers, and refractive indices of the layers are substantially the same in the given first direction but

are different from each other in the given second direction.

In this way, two display states in response to the states of the polarization axis in the polarization-changing means, that is, a first display state with the light reflected by the second polarized-light separating means and a second display state with the light with a given wavelength range from the optical element which passes through the second polarized-light separating means. Since the first display state is reflected, not absorbed by the second polarized-light separating means, a brighter display is achieved. Also, a color display is achieved.

When the optical means is provided with the second polarized-light separating means and the optical element, it is preferable that the optical element absorbs visible light other than the given wavelength range among the light from the second polarized-light separating means, reflects the light of the given wavelength range towards the second polarized-light separating means, and simultaneously transmits the light of the given wavelength range. More preferably, the optical element is a color filter.

When the optical means is provided with the second polarized-light separating means and the optical element, and especially, when the optical element absorbs visible light other than the given wavelength range among the light from the second polarized-light separating means, reflects

the light of the given wavelength range towards the second polarized-light separating means, and simultaneously transmits the light of the given wavelength range, preferably, the opposite side of the second polarized-light separating means against the optical element is provided with a reflecting means; and

the reflecting means reflects at least the light of the given wavelength range towards the optical element.

In this way, the light from the optical element can achieve a bright display of the second polarized-light separating means.

Preferably, the optical means comprises a second polarized-light separating means arranged on the polarization-changing means, and an optical means arranged on the opposite side of the polarization-changing means against the second polarized-light separating means;

the light source can emit light between the first polarized-light separating means and the second polarized-light separating means;

the second polarized-light separating means transmits the plane-polarized light of the given third direction among the light incident on the polarization-changing means, towards the optical element, reflects the plane-polarized light of the given fourth direction perpendicular to the given third direction towards the polarization-changing

means, and for the light incident on the optical element, emits the plane-polarized light of the given third direction towards the polarization-changing means ; and

the optical means absorbs light of over substantially the entire visible light wavelength range from the second polarized-light separating means.

Such a configuration produces a third display state with the light reflected by the second polarized-light separating means in response to the polarization axis in the polarizing-changing means, and a black display as a fourth display state by the light absorption in the optical element of over the entire visible light region. Since the third display state is based on the light not absorbed but reflected by the second polarized-light separating means, a bright display is achieved. In this case, the optical element is preferably a black absorption member .

Preferably, the second polarized-light separating means transmits the plane-polarized light of the given third direction among the light of over substantially the entire visible light wavelength range, which is incident on the polarization-changing means, towards the optical element, reflects the plane-polarized light of the given fourth direction towards the polarization-changing means, and for the light over substantially the entire visible light wavelength range, which is incident on the optical element,

emits the plane-polarized light of the given third direction towards the polarization-changing means .

In this way, a transparent or white display can be obtained and a display of a given color can also be obtained over the entire visible light range.

In this case, preferably, the second polarized-light separating means transmits the plane-polarized light of the given third direction among the light incident on the polarization-changing means towards the optical element as the plane-polarized light of the given third direction.

Preferably the optical means comprises a second polarized-light separating means arranged on the polarization-changing means, and an optical means arranged on the opposite side of the polarization-changing means against the second polarized-light separating means;

the light source can emit light between the first polarized-light separating means and the second polarized-light separating means;

the second polarized-light separating means transmits the plane-polarized light of the given third direction among the light incident on the polarization-changing means, towards the optical element, absorbs the plane-polarized light of the given fourth direction perpendicular to the given third direction, and for the light incident on the optical element, emits the plane-polarized light of the

given third direction towards the polarization-changing means ; and

the optical means reflects light from the second polarized-light separating means towards the second polarized-light separating means.

Such a configuration produces a fifth display state with the light passing through the second polarized-light separating means and reflected by the optical element in response to the state of the polarization axis in the polarizing-changing means, and a sixth display state by the light absorption in the second polarized-light separating means. In this case, preferably, the second polarized-light separating means is a polarizer.

A liquid crystal device, and particularly, a TN liquid crystal device, STN liquid crystal device, or ECB liquid crystal device is preferably used as the polarization-changing means. The STN liquid crystal devices include STN liquid crystal devices using optically anisotropic members for color correction.

The present invention is preferably applied when the first polarized-light separating means is arranged on the observation side of the display device.

Preferably, the light source is arranged so as to emit light between the first polarized-light separating means and the polarization-changing means.

Also preferably, the light source is arranged so as to emit light to the interior of the polarization-changing means.

Alternatively, the light source may be arranged so as to emit light between the polarization-changing means and the second polarized-light separating means.

Preferably, the display device further comprises a second reflecting means, which reflects light from the light source towards the interior of the display device.

These configurations produces a bright display with the light from the light source.

Preferably, the light source and the second reflecting means are arranged between the first polarized-light separating means and the polarization-changing means, and the second reflecting means has a reflecting region which is capable of reflecting light from the light source towards the polarization-changing means, in order to achieve a bright display with the light from the light source.

In this case, the reflecting region is preferably provided on the periphery of the displaying region of the display device in plane view.

Preferably, the second reflecting means comprises a reflector, which tilts towards the interior of the display device.

Such a configuration produces a brighter display with

the light from the light source, and is particularly effective for the improvement in the brightness of the display in the central portion in the display region of the display device.

Preferably, the first polarized-light separating means is curved so that the central portion thereof is more distant from the first polarized-light separating means than the end thereof.

Such a configuration produces a bright display with the light from the light source, and is particularly effective for the improvement in the brightness of the display in the central portion in the display region of the display device.

Preferably, the display device further comprises an antiglare or antireflection layer, which is provided on the opposite side of the polarization-changing means against the first polarized-light separating means.

Such a configuration can suppress glaring and dazzling on the surface of the upper polarized-light separating means, and the reflection of external light.

Preferably the display device further comprises a polarizer which is provided on the opposite side of the polarization-changing means against the first polarized-light separating means. Further, it is preferable that the first polarized-light separating means and the polarizer

have substantially the same polarization axis.

Such a configuration can enhance polarization even if the first polarized-light separating means does not show sufficient separation, resulting in a high contrast of the display device.

Preferably, the display device further comprises a light guide plate for guiding light from the light source to the interior of the display device.

Such a configuration can improve brightness of a display by means of the light from the light source. In this case, a rectangular opening is preferably provided in the central portion of the light guide plate so as to expose the display region of the display device.

Preferably, the display device further comprises a third reflecting means, which reflects light from the light source and emits light between the first polarized-light separating means and the optical means.

Such a configuration produces the high versatility of possible positions of the light source and designing.

Preferably the display device further comprises an optically isotropic transparent plate which is provided inside the first polarized-light separating means.

Such a configuration permits the use of the transparent plate as a supporting member for the first polarized-light separating means. Since the transparent plate is optically

isotropic, it does not affect optical characteristics of the display device.

Preferably the display device further comprises a light diffusing means. Such a configuration produces a white display with the transparent light.

The display device in accordance with the present invention may be provided with an active device such as TFT or MIM.

The present invention provides an electronic device comprising the above-mentioned display device and a displaying cover, wherein the first polarized-light separating means is fixed to the inside of the displaying cover.

[BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWING]

Fig. 1 includes cross-sectional views for illustrating the principle of a display device in accordance with the present invention; Figs. 1A, 1B and 1C are cross-sectional views for illustrating the principle of a display device in accordance with the present invention; and Fig. 1D is a cross-sectional view for illustrating the principle of a display device for comparison.

Fig. 2 is an enlarged isometric view of a polarized-light separator used in a display device in accordance with the present invention.

Fig. 3 is a cross-sectional view for illustrating the principle of a display device in accordance with the present invention.

Fig. 4 is a cross-sectional view for illustrating the principle of a display device in accordance with the present invention.

Fig. 5 is a cross-sectional view for illustrating the principle of a display device in accordance with the present invention.

Fig. 6 is a cross-sectional view for illustrating the principle of a display device in accordance with the present invention.

Fig. 7 is a cross-sectional view for illustrating the principle of a display device in accordance with the present invention.

Fig. 8 is a cross-sectional view for illustrating the principle of a display device in accordance with the present invention.

Fig. 9 is a cross-sectional view for illustrating the principle of a display device in accordance with the present invention.

Fig. 10 is a cross-sectional view for illustrating the principle of a display device in accordance with the present invention.

Fig. 11 is a cross-sectional view for illustrating the

principle of a display device in accordance with the present invention.

Fig. 12 is a cross-sectional view for illustrating the principle of a display device in accordance with the present invention.

Fig. 13 is a cross-sectional view for illustrating the principle of a display device in accordance with the present invention.

Fig. 14 is a cross-sectional view for illustrating the principle of a display device in accordance with the present invention.

Fig. 15 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with a first embodiment of the present invention.

Fig. 16 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with a second embodiment of the present invention.

Fig. 17 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with a third embodiment of the present invention.

Fig. 18 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with a fourth embodiment of the present invention.

Fig. 19 includes views for illustrating a liquid crystal display device in accordance with a fifth embodiment

of the present invention; Fig. 19(7) is a cross-sectional assembly view; and Fig. 19(8) is a plan view.

Fig. 20 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with a sixth embodiment of the present invention.

Fig. 21 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with a seventh embodiment of the present invention.

Fig. 22 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with an eighth embodiment of the present invention.

Fig. 23 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with a ninth embodiment of the present invention.

Fig. 24 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with a tenth embodiment of the present invention.

Fig. 25 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with an eleventh embodiment of the present invention.

Fig. 26 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with a twelfth embodiment of the present invention.

Fig. 27 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance



with a thirteenth embodiment of the present invention.

Fig. 28 is a cross-sectional view for illustrating a portable telephone using a liquid crystal display device in accordance with a fourteenth embodiment of the present invention.

Fig. 29 is a cross-sectional view for illustrating a portable telephone using a liquid crystal display device in accordance with a fifteenth embodiment of the present invention.

[BEST MODE FOR CARRYING OUT THE INVENTION]

Embodiments of the present invention will now be described with reference to the drawings.

(First Embodiment)

Fig. 15 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in a first embodiment in accordance with the present invention.

A liquid crystal display device 1 in this embodiment uses, for example, a TN or STN liquid crystal cell 30 as a polarization-changing optical element. An upper polarized-light separator 10 is provided above the liquid crystal cell 30. A polarizer 55 and a reflector 65 are provided under the liquid crystal cell 30 in this order. Lamps 80 are provided between the upper polarized-light separator 10 and the liquid crystal cell 30 at the sides of the liquid

crystal display device 1. A liquid crystal 34, such as a TN or STN liquid crystal, is sealed in the cell composed of two glass substrates 31 and 32 and a sealing member 33 in the liquid crystal cell 30.

As the upper polarized-light separator 10 used in this embodiment, the polarized-light separator which has the same function as the upper polarized-light separators shown in Figs. 1B, 1C, 2, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13 and 14 is used. That is, the upper polarized-light separator transmits a plane-polarized light component of a given second direction, but reflects a plane-polarized light component of a first direction perpendicular to the second direction among light components entering from the liquid crystal cell 30. Further, for the light incident on the upper face of the upper polarized-light separator 10, it emits plane-polarized light of the second direction towards the liquid crystal cell 30 .

Polarized-light separators having such a function include that composed of a cholesteric liquid crystal layer held between two $(1/4)\lambda$ plates, that using a multilayered film, that separating the incident light into reflected polarized light and transmitted polarized light by means of Brewster's angle, that using holograms, and those disclosed in laid-open international patents (WO95/17692 and WO95/27919) as reflective polarizers. In this embodiment,

the polarized-light separators disclosed in WO95/17692 and WO95/27919 as reflective polarizers, which are shown in Figs. 1C, 2, 7, 8, 13, and 14, are used.

As the upper polarized-light separator 10 used in this embodiment, the polarized-light separator which has the same function as the upper polarized-light separators shown in Figs. 1A, 3, 4, 9 and 10 can also be used. That is, the polarized-light separator transmits a plane-polarized light component of a second direction, but reflects a plane-polarized light component with a first direction perpendicular to the second direction among light components entering from the liquid crystal cell 30. Further, for the light incident on the upper face of the upper polarized-light separator 10, it emits plane-polarized light of the second direction towards the liquid crystal cell 30 .

Since the operation of the liquid crystal display device 1 in this embodiment is the same as that of the liquid crystal display devices shown in Figs. 5 to 8, the detailed description will be omitted.

The upper polarized-light separator 10 in the liquid crystal display device 1 in this embodiment transmits the plane-polarized light component of the second direction among the incident light components on the liquid crystal cell 30 as the plane-polarized light, and reflects the plane-polarized light component of the first direction

perpendicular to the second direction without absorption. Thus, plane-polarized light of the first direction among light components from the lamp 80 is transmitted to the upper face of the upper polarized-light separator 10. Also, plane-polarized light of the second direction perpendicular to the first direction passes through the upper polarized-light separator 10, and is emitted from the upper face of the upper polarized-light separator 10 after repeated reflection in the liquid crystal display device 1. A brighter display state can therefore be achieved for the display using light from the lamp 80 compared with the case using a polarizer as the upper polarized-light separator 10.

Since the lamp 80 can emit light between the upper polarized-light separator 10 and the liquid crystal cell 30, the same display state based on the on-off state of the liquid crystal cell 30 is achieved by both the external light and the light from the lamp 80. Accordingly, no so-called negative-positive reversion will occur between the display with the external light and the display with the light from the lamp 80.

(Second Embodiment)

Fig. 16 is a cross-sectional assembly view of a liquid crystal display device in a second embodiment in accordance with the present invention.

In a liquid crystal display device 1 in this embodiment uses, for example, a TN or STN liquid crystal cell 30 as a polarization-changing optical element. An upper polarized-light separator 10 is provided above the liquid crystal cell 30. A diffusing plate 40, a lower polarized-light separator 50 and a black absorption plate 60 are provided under the liquid crystal cell 30 in this order. Lamps 80 are provided between the upper polarized-light separator 10 and the liquid crystal cell 30 at the sides of the liquid crystal display device 1. A liquid crystal 34, such as a TN or STN liquid crystal, is sealed in the cell composed of two glass substrates 31 and 32 and a sealing member 33 in the liquid crystal cell 30.

As the upper polarized-light separator 10 used in this embodiment, the polarized-light separator which has the same function as the upper polarized-light separators shown in Figs. 1B, 1C, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13 and 14 is used. That is, the polarized-light separator transmits a plane-polarized light component of a given second direction, but reflects a plane-polarized light component of a first direction perpendicular to the second direction among light components entering from the liquid crystal cell 30. Further, for the light incident on the upper face of the upper polarized-light separator 30, it emits plane-polarized light of the second direction towards the liquid crystal

cell 30 .

As the lower polarized-light separator 50 used in this embodiment, the polarized-light separator which has the same function as the lower polarized-light separators shown in Figs. 11 to 14 is used. That is, the lower polarized-light separator transmits the plane-polarized light component of the second direction, but reflects the plane-polarized light component of the first direction perpendicular to the second direction among light components entering from the liquid crystal cell 30. Further, for the light incident on the lower face of the lower polarized-light separator 30, it emits plane-polarized light of the second direction towards the liquid crystal cell 30 .

The polarized-light separators having such a function include that composed of a cholesteric liquid crystal layer held between two $(1/4)\lambda$ plates, that using a multilayered film, that separating the incident light into reflected polarized light and transmitted polarized light by means of Brewster's angle, that using holograms, and those disclosed in laid-open international patents (WO95/17692 and WO95/27919) as reflective polarizers. In this embodiment, the polarized-light separators shown in Figs. 1C, 2, 7, 8, 13 and 14, which are disclosed in WO95/17692 and WO95/27919 as reflective polarizers, are used.

As the upper polarized-light separator 10 used in this

embodiment, the polarized-light separator which has the same function as the upper polarized-light separators shown in Figs. 1A, 3, 4, 9 and 10 can also be used. That is, the polarized-light separator transmits the plane-polarized light component of the second direction, but reflects the plane-polarized light component of the first direction perpendicular to the second direction among light components entering from the liquid crystal cell 30. Further, for the light incident on the upper face of the upper polarized-light separator 10, it emits plane-polarized light of the second direction towards the liquid crystal cell 30 .

As the lower polarized-light separator 50 used in this embodiment, the polarized-light separator which has the same function as the lower polarized-light separators shown in Figs. 9 and 10 can also be used. That is, the polarized-light separator transmits the plane-polarized light component of the second direction, but reflects the plane-polarized light component of the first direction perpendicular to the second direction among light components entering from the liquid crystal cell 30. Further, for the light incident on the lower face of the lower polarized-light separator 50, it emits plane-polarized light of the second direction towards the liquid crystal cell 30 .

Since the operation of the liquid crystal display device 1 in this embodiment is the same as that of the

liquid crystal display devices shown in Figs. 13 and 14, the detailed description will be omitted.

In the no applied-voltage section of the liquid crystal display device 1 in this embodiment, the light reflected by the lower polarized-light separator 50 is emitted as white emitting light by scattering in the diffusing plate 40, whereas in the applied-voltage section, the light passing through the lower polarized-light separator 50 is absorbed in the black absorption plate 60. Accordingly, a black display state on a white background is achieved.

The upper polarized-light separator 10 in the liquid crystal display device 1 in this embodiment transmits the plane-polarized light component of the second direction among the incident light components from the liquid crystal cell 30, and reflects the plane-polarized light component of the first direction perpendicular to the second direction without absorption. Thus, plane-polarized light of the first direction among light components from the lamp 80 is transmitted to the upper face of the upper polarized-light separator 10. Also, plane-polarized light of the second direction perpendicular to the first direction passes through the upper polarized-light separator 10 and is emitted to the upper face of the upper polarized-light separator 10 after repeated reflection in the liquid crystal display device 1. A brighter display state can therefore be

achieved for the display using light from the lamp 80 compared with the case using a polarizer as the upper polarized-light separator 10.

Since the lamp 80 can emit light between the upper polarized-light separator 10 and the liquid crystal cell 30, the same display state based on the on-off state of the liquid crystal cell 30 is achieved by both the external light and the light from the lamp 80. Accordingly, no so-called negative-positive reversion will occur between the display with the external light and the display with the light from the lamp 80.

The lower polarized-light separator 50 transmits the plane-polarized light component of the second direction among the incident light components from the liquid crystal cell 30, and reflects the plane-polarized light component of the first direction perpendicular to the second direction without absorption. Thus, in the no applied-voltage section, the light from the lamp 80 is emitted from the liquid crystal display device 1 after reflection without absorption by the lower polarized-light separator 50. Also, the external light is emitted from the liquid crystal display device 1 after reflection without absorption by the lower polarized-light separator 50. A brighter display state can therefore be achieved.

(Third Embodiment)

Fig. 17A is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in a third embodiment in accordance with the present invention.

In the second embodiment, the black absorption plate 60 is placed under the lower polarized-light separator 50. In the third embodiment, a color filter 72, which is formed on a polyethylene terephthalate (PET) film 74 by printing, is used instead of the black absorption plate 60. Further, a STN liquid crystal 35 is used for the liquid crystal cell 30, and a retardation film 20 is provided on a glass substrate 31. The other configuration is the same as that in the second embodiment. The retardation film 20 is used as an optically anisotropic member for color correction in order to correct the coloring which occurs in the STN liquid crystal 35.

In the no applied-voltage section of the liquid crystal display device 1 in this embodiment, the light, which is reflected by the lower polarized-light separator 50, is emitted as emitting light by scattering in the scattering plate 40, whereas in the applied-voltage section, the light passing through the lower polarized-light separator 50 is colored in the color filter 72. Accordingly, a color display state on a white background is achieved.

(Modification of this Embodiment)

In the liquid crystal display device shown in Fig. 17A, the retardation film 20 is provided on the glass substrate 31. In a modified embodiment shown in Fig. 17B, the retardation film 20 and the upper polarized-light separator 10 are integrated and thus the light is incident from between the retardation film 20 and the liquid crystal cell 30.

(Fourth Embodiment)

Fig. 18 is a cross-sectional assembly view of a liquid crystal display device in a fourth embodiment in accordance with the present invention.

In this embodiment, an aluminum (Al) deposition film 76 is provided on the rear face of the PET film 74 of the third embodiment. The other configuration is the same as that of the third embodiment.

The Al deposition film 76 functions as a reflection means, which enhances brightness of the color display obtained by means of the color filter 72. The retardation film 20 and the upper polarized-light separator 10 may be integrated as in the modification of the third embodiment so that light may be incident from between the retardation film and the liquid crystal cell 30 .

(Fifth Embodiment)

Fig. 19 is a cross-sectional assembly view of a liquid crystal display device in a fifth embodiment in accordance with the present invention.

In this embodiment, the device is provided with a reflector 82 reflecting the light from the lamp 80 towards the interior of the liquid crystal display device 1. The other configuration is the same as that of the second embodiment.

The reflector 82 enhances the brightness of the display with the light from the lamp 80.

The reflector 82 is provided in rectangular shape on the periphery of display section A in the liquid crystal display device 1 shown in the plane view.

(Sixth Embodiment)

Fig. 20 is a cross-sectional assembly view of a liquid crystal display device in a sixth embodiment in accordance with the present invention.

In this embodiment, the reflector 84 is tilted so as to reflect the light from the lamp 80 towards the interior of the liquid crystal display device 1, but the other configuration is the same as that of the fifth embodiment.

The tilted reflector 84 can reflect the light from the lamp 80 towards the central section of the display region A, resulting in improved brightness in the center of the

display region A.

Preferably, the tilt angle of the reflector 84 is partially changed with consideration for illumination of the light.

(Seventh Embodiment)

Fig. 21 is a cross-sectional assembly view of a liquid crystal display device in a seventh embodiment in accordance with the present invention.

In this embodiment, the upper polarized-light separator 10 is curved so that its central portion is more distant from the liquid crystal cell 30 than the edge portion, and a black absorption member 60 is used instead of the color filter 72 on the PET film 74. The other configuration is the same as that of the third embodiment.

By curving the upper polarized-light separator 10, the light from the lamp 80 can be reflects towards the center of the display region, resulting in improved brightness in the center of the display region.

(Eighth Embodiment)

Fig. 22 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in an eighth embodiment in accordance with the present invention.

In this embodiment, an antiglare or antireflection film

90 is provided on the upper polarized-light separator 10, but the other configuration is the same as that of the second embodiment.

Such a configuration can suppress glaring and dazzling on the surface of the upper polarized-light separator 10, and the reflection of external light.

(Ninth Embodiment)

Fig. 23A is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in a ninth embodiment in accordance with the present invention.

In this embodiment, a polarizer 95 is provided on the upper polarized-light separator 10 so that the polarizer 95 and the upper polarized-light separator 10 have substantially the same polarization axis. The other configuration is the same as that of the second embodiment.

Such a configuration can enhance polarization even if the upper polarized-light separator 10 does not show sufficient separation, resulting in a high contrast of the liquid crystal display device 1. Further, the polarizer 95 supports the upper polarized-light separator 10 when it does not have sufficiently high mechanical strength.

(Modification of the Ninth Embodiment)

Fig. 23B shows a modification of the liquid crystal display device in the ninth embodiment. This embodiment is

THIS SHEET HAS BEEN
REPLACED

the same as the second embodiment except that a STN liquid crystal 35 is used for the liquid crystal cell 30, and a retardation film 20 is provided on the glass substrate 31. The retardation film 20 is used as optical anisotropy in order to correct the color generated in the STN liquid crystal 34. In Fig. 23B, the retardation film 20, the upper polarized-light separator 10, and the polarizer 95 are integrated, and the light is incident from between the retardation film 20 and the liquid crystal cell 30. The light can be incident from between the retardation film 20 and the upper polarized-light separator 10.

(Tenth Embodiment)

Fig. 24 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in a tenth embodiment in accordance with the present invention.

In this embodiment, a light guide plate 86 is provided for conducting the light from the lamp 80 to the interior of the liquid crystal display device 1.

Such a configuration can improve brightness of a display with the light from the lamp 80. In this embodiment, a rectangular opening is provided in the central portion of the light guide plate 86 so as to expose the display section of the liquid crystal display device 1. In this embodiment, a light guide plate, which is used as a

This Sheet Has Been Replaced



backlight in a liquid crystal display device, is used after modification.

(Eleventh Embodiment)

Fig. 25 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in an eleventh embodiment in accordance with the present invention.

In the first embodiment, the lamps 80 are provided between the polarized-light separator 10 and the liquid crystal cell 30 at the sides of the liquid crystal display device 1. In the eleventh embodiment, the lamps 80 are provided between the liquid crystal cell 30 and the polarizer 55 at the sides of the liquid crystal display device 1. The other configuration is the same as that of the first embodiment.

The position of the lamps 80 is also applicable to the above-mentioned second to tenth embodiments and thirteenth to fourteenth embodiments described later.

(Twelfth Embodiment)

Fig. 26 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal device in the twelfth embodiment in accordance with the present invention.

In the first embodiment, the lamps 80 are provided between the polarized-light separator 10 and the liquid

crystal cell 30 at the sides of the liquid crystal display device 1. In the twelfth embodiment, the lamps 80 are provided at positions, which the light can be incident inside of the liquid crystal cell, at the sides of the liquid crystal display device 1. The other configuration is the same as that of the first embodiment.

The position of the lamps 80 is also applicable to the above-mentioned second to tenth embodiments and thirteenth to fourteenth embodiments described later.

(Thirteenth Embodiment)

Fig. 27 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal device in the thirteenth embodiment in accordance with the present invention.

In this embodiment, a reflector 82 reflecting the light from the lamp 80 towards the interior of the liquid crystal display device 1 is provided. The other configuration is the same as that of the fourth embodiment.

The reflector 82 can enhance the brightness of the display with the light from the lamp 80.

The reflector 82 is provided in rectangular shape on the periphery of the display section in the liquid crystal display device 1 in plane view.

(Fourteenth Embodiment)

Fig. 28 is a cross-sectional view for illustrating a portable telephone 200 using a liquid crystal device in the fourteenth embodiment in accordance with the present invention.

The portable telephone 200 includes the liquid crystal display device 1 of the fourth embodiment in the body 220, and the upper polarized-light separator 10 of the liquid crystal display device 1 is fixed to the inside of a transparent cover film 210 of the portable telephone 200. An antiglare or antireflection film 90 is provided on the transparent cover film 210.

(Fifteenth Embodiment)

Fig. 29 is a cross-sectional view for illustrating a portable telephone 200 using a liquid crystal device in the fifteenth embodiment in accordance with the present invention. The cross-sectional view corresponds to a cross-sectional view when the portable telephone 200 is perpendicularly cut along the longitudinal direction.

The portable telephone 200 includes a liquid crystal display device 1 in the body case 230 provided with a transparent cover film 210. The liquid crystal display device 1 used in this embodiment is different from the liquid crystal display device 1 in the fourth embodiment as follows. A polarizer 95 is provided on the upper polarized-

light separator 10 as in the ninth embodiment. The polarizer 95 and the upper polarized-light separator 10 have substantially the same polarization axis. An optically isotropic acrylic plate 240 is provided between the upper polarized-light separator 10 and the retardation film 20 to fix the polarizer 95 and the upper polarized-light separator 10. LEDs 250 are provided on a PCB substrate 270 of the potable telephone body under the liquid crystal display device 1 instead of the lamp 80. Further, reflectors 260 are provided to conduct the light from the LEDs 250 to the sides of the liquid crystal display device 1. The other configuration is the same as that of the fourth embodiment.

The distance between the upper polarized-light separator 10 and the retardation film 20 is set to approximately 0.5 mm to 1.5 mm so that the light from the LEDs 250, which is reflected by the reflector 260, satisfactorily reaches the upper polarized-light separator 10, particularly its central portion. The reflector 260 is attached to the body case 230.

[ADVANTAGES]

In the present invention, the first polarized-light separating means transmits the plane-polarized light of the given first direction among light components incident on the polarization-changing means, and reflects without absorption

the plane-polarized light of the given second direction perpendicular to the first direction towards the polarization-changing means. The plane-polarized light of the given first direction among the light components from the light source is transmitted towards the opposite direction of the polarization-changing means. Also, the plane-polarized light of the given second direction perpendicular to the first direction is transmitted through the first polarized-light separating means and is emitted towards the opposite direction of the polarization-changing means after repeated reflection in the display device. A brighter display is achieved for the display using the light from the light source compared with the case using a polarizer as the first polarized-light separating means.

Since the light source can emit light between the first polarized-light separating means and the optical means, two display states (bright and dark) obtained in response to the first and second states of the polarization axis in the polarization-changing means are the same in the display with the external light incident on the outer face of the first polarized-light separating means and in the display with the light from the light source. No so-called negative-positive reversion will occur between the display with the light incident on the outer face of the first polarized-light separating means and the display with the

light from the light source.

The optical means comprises a second polarized-light separating means arranged on the polarization-changing means, and an optical element arranged on the opposite side of the polarization-changing means against the second polarized-light separating means; wherein the light source can emit light between the first polarized-light separating means and the second polarized-light separating means, the second polarized-light separating means transmits the plane-polarized light of the given third direction among the light, which is incident on the polarization-changing means, towards the optical element, reflects the plane-polarized light of the given fourth direction perpendicular to the given third direction towards the polarization-changing means, and for the light incident on the optical element, emits the plane-polarized light of the given third direction towards the polarization-changing means, and the optical means can emit a given wavelength range of light among the light from the second polarized-light separating means towards the second polarized-light separating means.

Such a configuration produces two display states in response to the states of the polarization axis in the polarization-changing means, that is, a first display state with the light reflected by the second polarized-light separating means and a second display state with the light

having a given wavelength range which passes through the second polarized-light separating means from the optical element. Since the first display state is based on the light not absorbed but reflected by the second polarized-light separating means, a brighter display is achieved. Also, a color display is achieved.

The optical means comprises a second polarized-light separating means arranged on the polarization-changing means, and an optical means arranged on the opposite side of the polarization-changing means against the second polarized-light separating means; wherein the light source can emit light between the first polarized-light separating means and the second polarized-light separating means, the second polarized-light separating means transmits the plane-polarized light of the given third direction among the light, which is incident on the polarization-changing means, towards the optical element, reflects the plane-polarized light of the given fourth direction perpendicular to the given third direction towards the polarization-changing means, and for the light incident on the optical element, emits the plane-polarized light of the given third direction towards the polarization-changing means, and the optical element absorbs light over substantially the entire visible light wavelength range from the second polarized-light separating means.

Such a configuration produces a third display state with the light reflected by the second polarized-light separating means in response to the polarization axis in the polarizing-changing means, and a black display as a fourth display state by the light absorption in the optical element over the entire visible light region. Since the third display state is based on the light not absorbed but reflected by the second polarized-light separating means, a brighter display is achieved.

CLAIMS

1. A display device comprising:

a polarization-changing means capable of changing a polarization axis;

a first polarized-light separating means and an optical means each provided on both sides of said polarization-changing means with said polarization-changing means between; and

a light source capable of illuminating between said first polarized-light separating means and said optical means;

wherein said first polarized-light separating means transmits plane-polarized light of a given first direction among the light, which is incident from said polarization-changing means, towards the opposite side of said polarization-changing means against said first polarized-light separating means, reflects plane-polarized light of a given second direction perpendicular to said given first direction towards said polarization-changing means, and for light incident on the opposite side of said polarization-changing means against said first polarized-light separating means, emits said plane-polarized light of said given first direction towards said polarization-changing means ; and

said optical means separates light, which is incident



on said polarization-changing means, into plane-polarized light of a given third direction and plane-polarized light of a given fourth direction perpendicular to said given third direction, and emits at least one of said plane-polarized light of said given third direction and said plane-polarized light of said given fourth direction towards said polarization-changing means.

2. A display device according to claim 1, wherein said first polarized-light separating means transmits plane-polarized light of a given first direction among the light over substantially the entire visible light wavelength range, which is incident from said polarization-changing means, towards the opposite side of said polarization-changing means against said first polarized-light separating means, reflects plane-polarized light of a given second direction towards said polarization-changing means, and for light over substantially the entire visible light wavelength range, which is incident on the opposite side of said polarization-changing means against said first polarized-light separating means, emits said plane-polarized light of said given first direction towards said polarization-changing means .

3. A display device according to either claim 1 or 2,



wherein said first polarized-light separating means transmits plane-polarized light of a given first direction among the light, which is incident from said polarization-changing means, towards the opposite side of said polarization-changing means against said first polarized-light separating means as said plane-polarized light of said given first direction.

4. A display device according to any one of claims 1 to 3, wherein said first polarized-light separating means comprises a composite member piled with a plurality of layers, and the refractive indices of said layers are substantially the same in said given first direction but are different from each other in said given second direction.

5. A display device according to any one of claims 1 to 4, wherein said optical means comprises a second polarized-light separating means arranged on said polarization-changing means, and an optical element arranged on the opposite side of said polarization-changing means against said second polarized-light separating means;

said light source can illuminate between said first polarized-light separating means and said second polarized-light separating means;

said second polarized-light separating means transmits



said plane-polarized light of said given third direction among the light, which is incident on said polarization-changing means, towards said optical element, reflects said plane-polarized light of said given fourth direction perpendicular to said given third direction towards said polarization-changing means, and for the light incident on said optical element, emits said plane-polarized light of said given third direction towards said polarization-changing means ; and

said optical element transmits a given wavelength range of light among the light from said second polarized-light separating means towards said second polarized-light separating means.

6. A display device according to claim 5, wherein said second polarized-light separating means comprises a composite member piled with a plurality of layers, and the refractive indices of said layers are substantially the same in said given third direction but are different from each other in said given fourth direction.

7. A display device according to claim 5, wherein said optical element absorbs visible light other than said given wavelength range among the light from said second polarized-light separating means, reflects the light of said given



wavelength range towards said second polarized-light separating means, and simultaneously transmits the light of said given wavelength range.

8. A display device according to claim 7, wherein said optical element is a color filter.

9. A display device according to any one of claims 5 to 8, comprises a reflecting means on the opposite side of said second polarized-light separating means against said optical element ; and

said reflecting means reflects at least the light of said given wavelength range towards said optical element.

10. A display device according to any one of claims 1 to 4, wherein said optical means comprises a second polarized-light separating means arranged on said polarization-changing means, and an optical element arranged on the opposite side of said polarization-changing means against said second polarized-light separating means;

said light source can illuminate between said first polarized-light separating means and said second polarized-light separating means;

said second polarized-light separating means transmits said plane-polarized light of said given third direction



among the light, which is incident on said polarization-changing means, towards said optical element, reflects said plane-polarized light of said given fourth direction perpendicular to said given third direction towards said polarization-changing means, and for the light incident on said optical element, emits said plane-polarized light of said given third direction towards said polarization-changing means ; and

said optical element absorbs light over substantially the entire visible light wavelength range from said second polarized-light separating means.

11. A display device according to claim 10, wherein said optical element is a black absorption member.

12. A display device according to any one of claims 5 to 11, wherein said second polarized-light separating means transmits said plane-polarized light of said given third direction among the light over substantially the entire visible light wavelength range, which is incident on said polarization-changing means, towards said optical element, reflects said plane-polarized light of said given fourth direction towards said polarization-changing means, and for the light over substantially the entire visible light wavelength range, which is incident on said optical element,



emits said plane-polarized light of said given third direction towards said polarization-changing means .

13. A display device according to any one of claims 5 to 12, wherein said second polarized-light separating means transmits said plane-polarized light of said given third direction among the light incident on said polarization-changing means towards said optical element as said plane-polarized light of said given third direction.

14. A display device according to claim 1, wherein said optical means comprises a second polarized-light separating means arranged on said polarization-changing means, and an optical element arranged on the opposite side of said polarization-changing means against said second polarized-light separating means;

said light source can illuminate between said first polarized-light separating means and said second polarized-light separating means;

said second polarized-light separating means transmits said plane-polarized light of said given third direction among the light, which is incident on said polarization-changing means, towards said optical element, absorbs said plane-polarized light of said given fourth direction perpendicular to said third direction, and for the light



incident on said optical element, emits said plane-polarized light of said given third direction towards said polarization-changing means ; and

said optical element reflects light from said second polarized-light separating means towards said second polarized-light separating means.

15. A display device according to claim 14, wherein said second polarized-light separating means is a polarizer.

16. A display device according to any one of claims 1 to 15, wherein said polarization-changing means is a liquid crystal element .

17. A display device according to any one of claims 1 to 16, wherein said first polarized-light separating means is arranged on the observation side of said display device.

18. A display device according to any one of claims 1 to 17, wherein said light source is arranged so as to illuminate between said first polarized-light separating means and said polarization-changing means.

19. A display device according to any one of claims 1 to 17, wherein said light source is arranged so as to illuminate



the interior of said polarization-changing means.

20. A display device according to any one of claims 5 to 17, wherein said light source is arranged so as to illuminate between said polarization-changing means and said second polarized-light separating means.

21. A display device according to any one of claims 1 to 20, wherein said display device further comprises a second reflecting means which reflects light from said light source towards the interior of said display device.

22. A display device according to Claim 21, wherein said light source and said second reflecting means are arranged between said first polarized-light separating means and said polarization-changing means, and said second reflecting means has a reflecting region for reflecting light from the light source towards said polarization-changing means.

23. A display device according to Claim 22, wherein said reflecting region is provided on the periphery of the displaying region of said display device in plane view.

24. A display device according to any one of claims 21 to 23, wherein said second reflecting means comprises a



reflector which tilts towards the interior of said display device.

25. A display device according to any one of claims 1 to 24, wherein said first polarized-light separating means is curved so that the central portion thereof is more distant from said first polarized-light separating means than the edge thereof.

26. A display device according to any one of claims 1 to 25, wherein said display device further comprises an antiglare or antireflection layer which is provided on the opposite side of said polarization-changing means against said first polarized-light separating means.

27. A display device according to any one of claims 1 to 26, wherein said display device further comprises a polarizer which is provided on the opposite side of said polarization-changing means against said first polarized-light separating means.

28. A display device according to any one of claims 1 to 27, wherein said display device further comprises a light guide plate for guiding light from the light source to the interior of said display device.



29. A display device according to any one of claims 1 to 28 , wherein said display device further comprises a third reflecting means which reflects light from said light source and illuminates between said first polarized-light separating means and said optical means.

30. A display device according to any one of claims 1 to 29, wherein said display device further comprises an optically isotropic transparent plate which is provided inside said first polarized-light separating means.

31. A display device according to any one of claims 1 to 30, wherein said display device further comprises a light diffusing means.

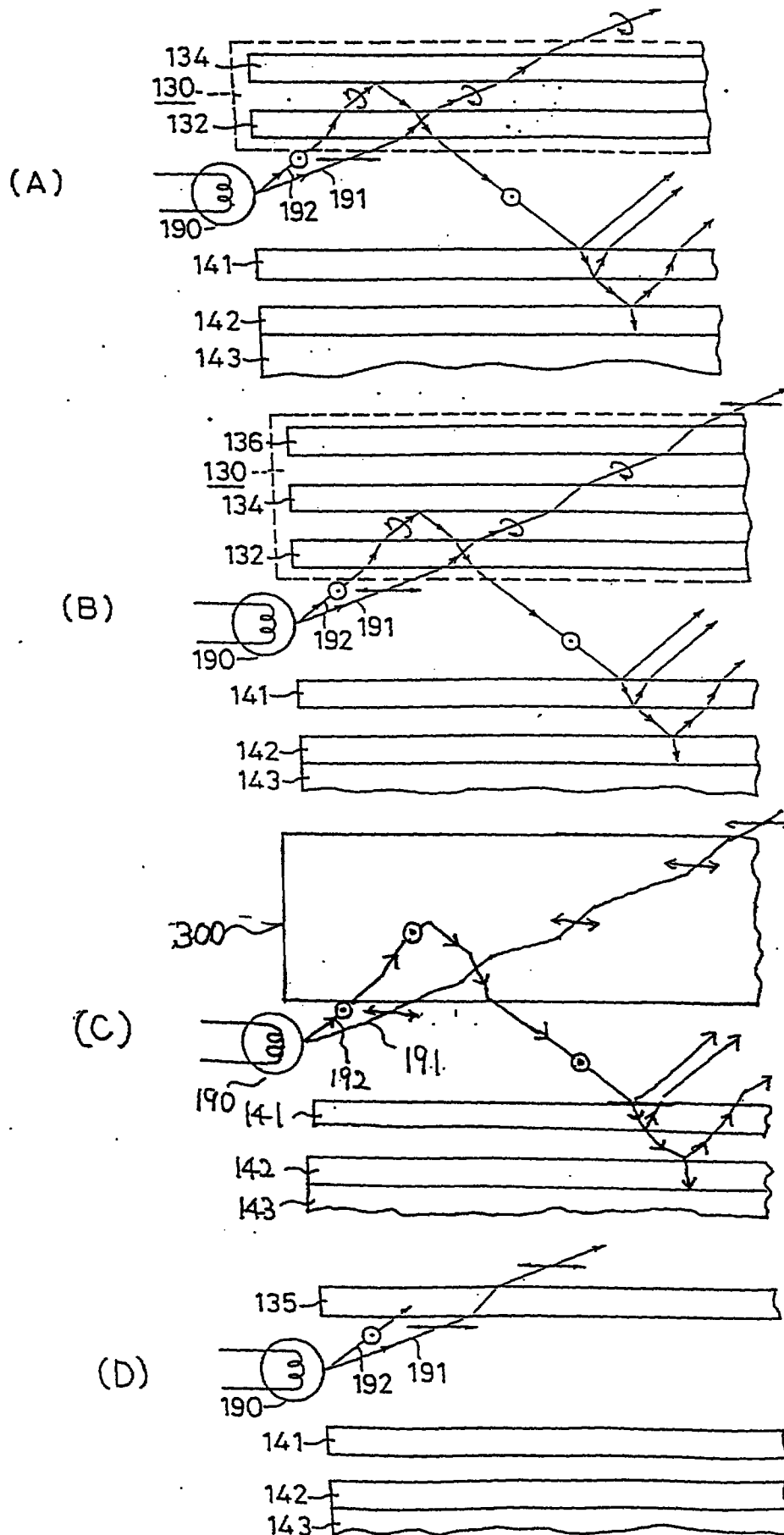
32. An electronic device comprising a display device according to any one of claims 1 to 31 and a displaying cover, said first polarized-light separating means being fixed to the inside of said displaying cover.



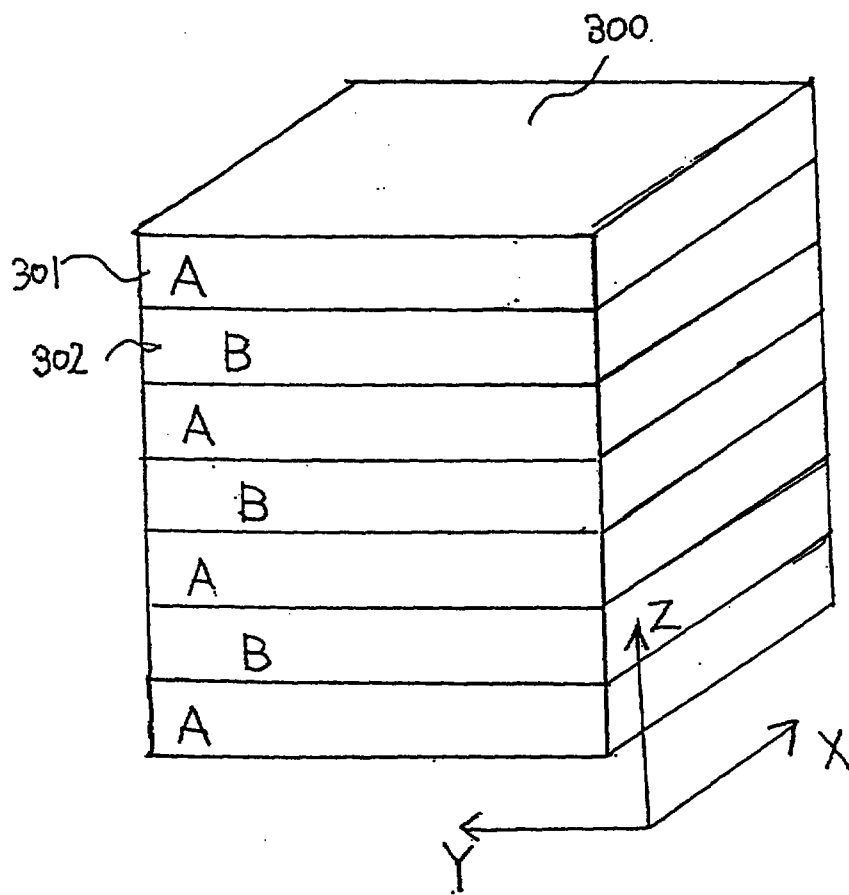
[ABSTRACT]

An upper polarized-light separator 300 is provided on a STN liquid crystal 143 to provide a display device using a polarization-changing optical element with a display device which produce a bright display. A light source 190 is provided between the upper polarized-light separator 300 and the STN liquid crystal 143. Plane-polarized light 191 parallel to the drawing passes through the upper polarized-light separator 300. Plane-polarized light 192 perpendicular to the drawing is reflected by the upper polarized-light separator 300, goes towards the interior of the liquid crystal display device, and passes through the upper polarized-light separator 300 to be emitted towards the observation side after repeated reflection in the liquid crystal display device, resulting in a brighter display.

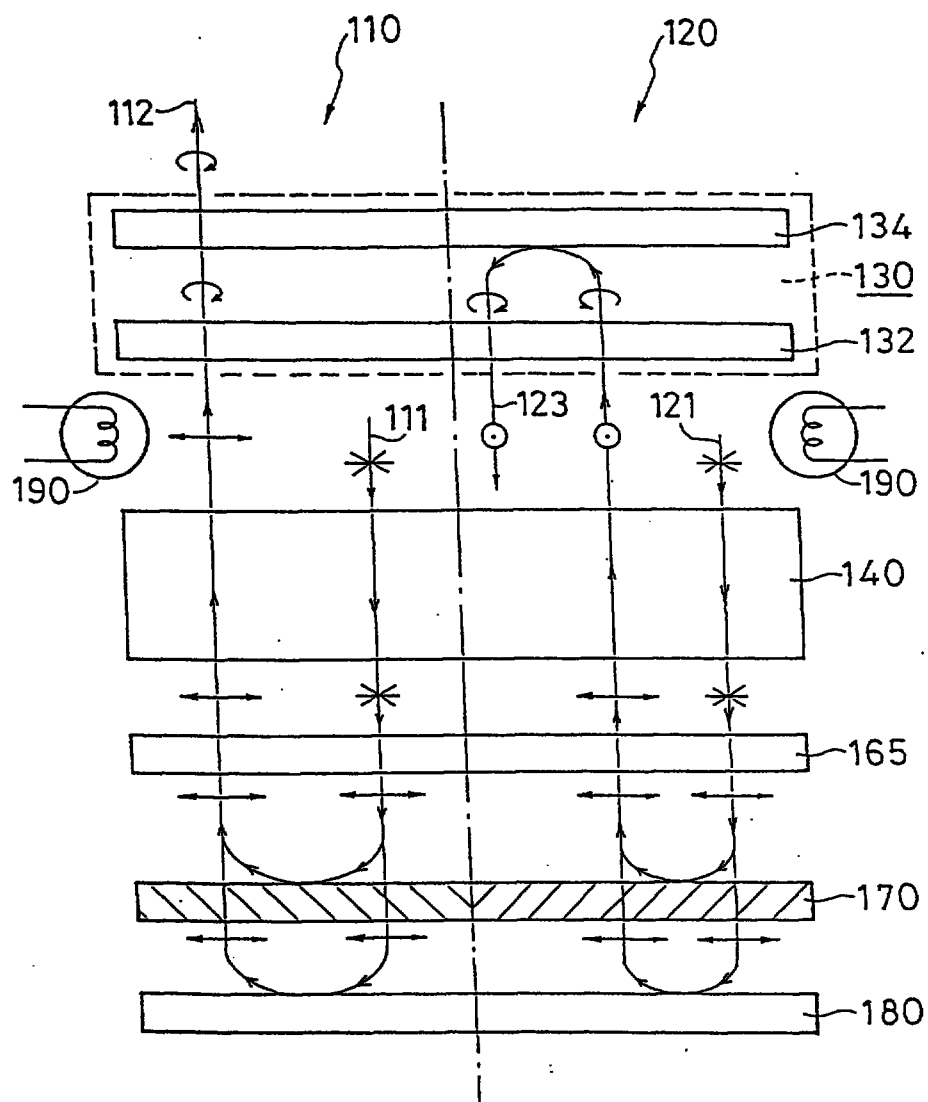
[Fig. 1]



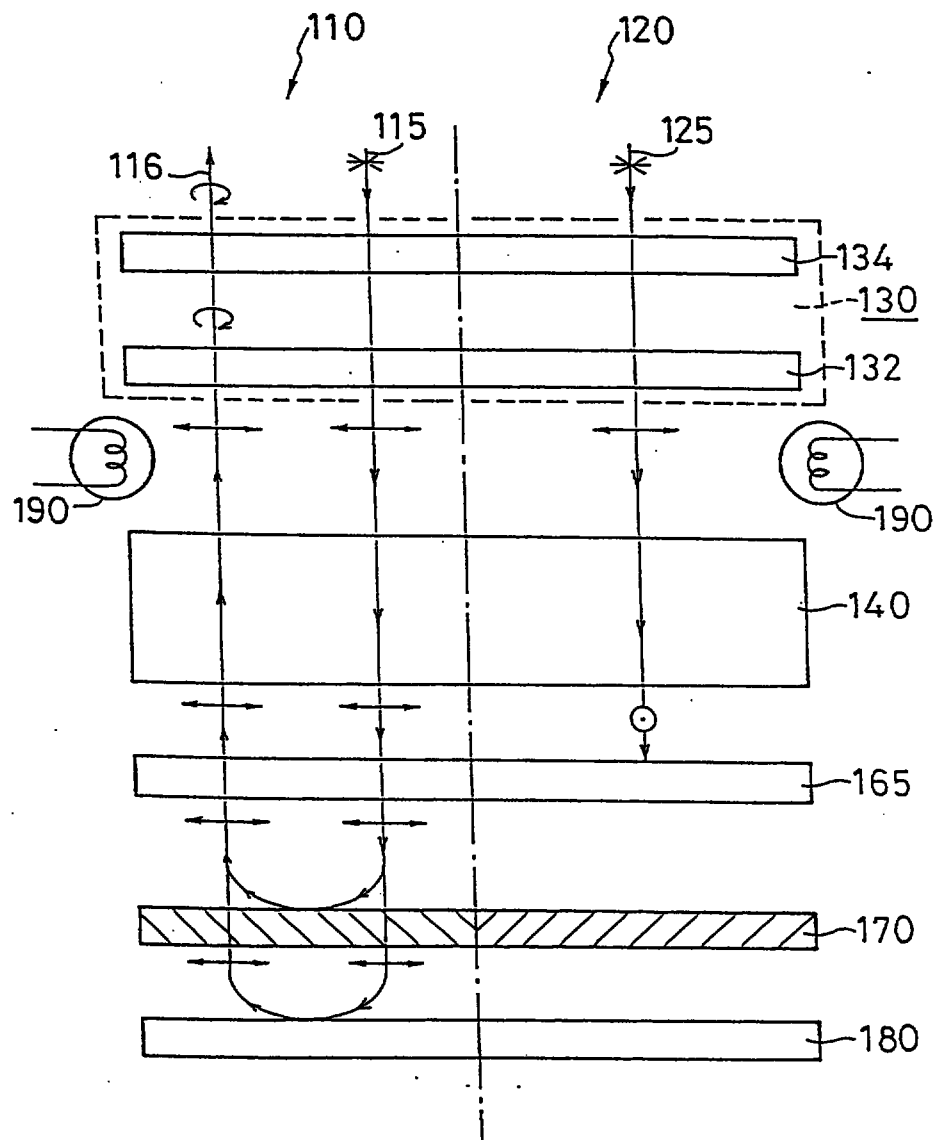
[Fig. 2]



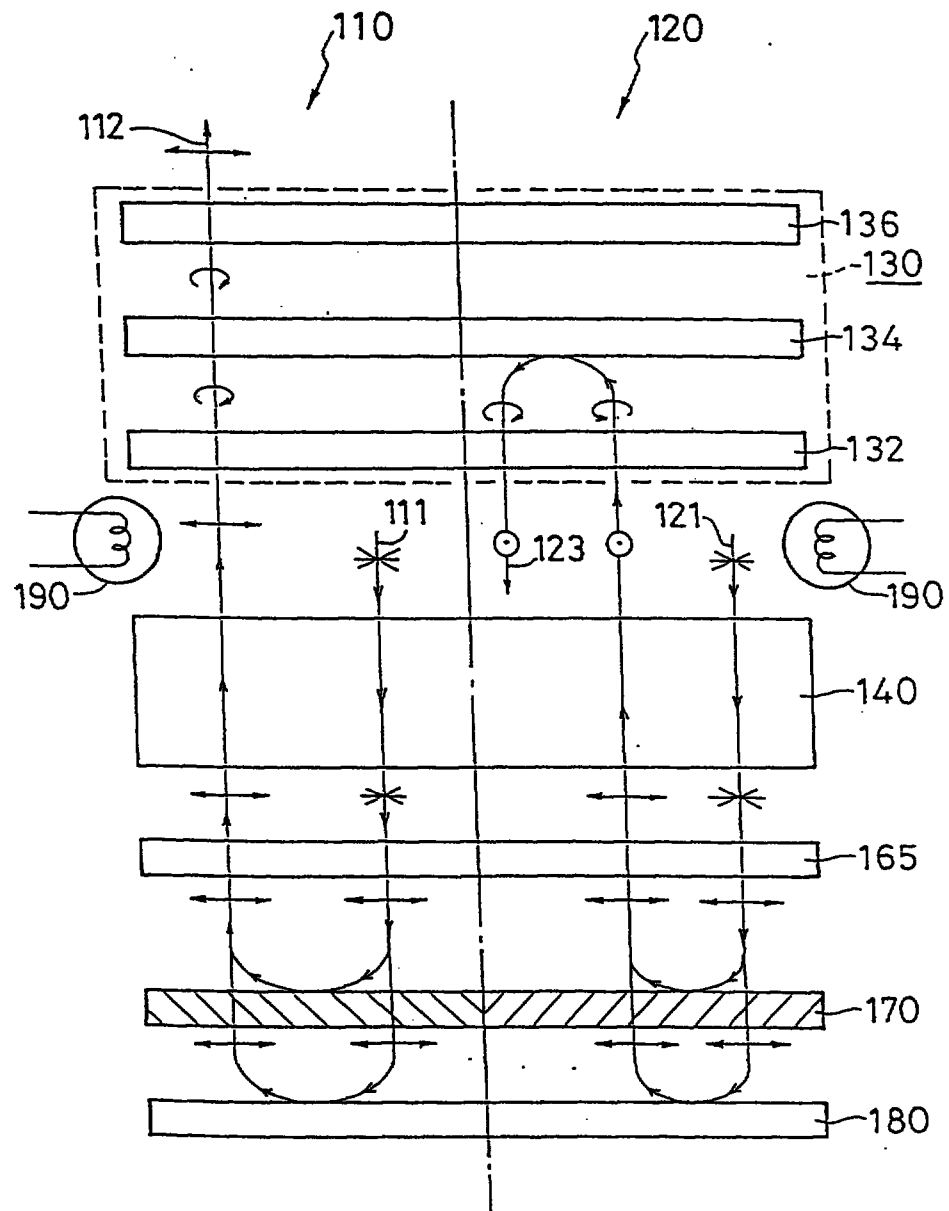
[Fig. 3]



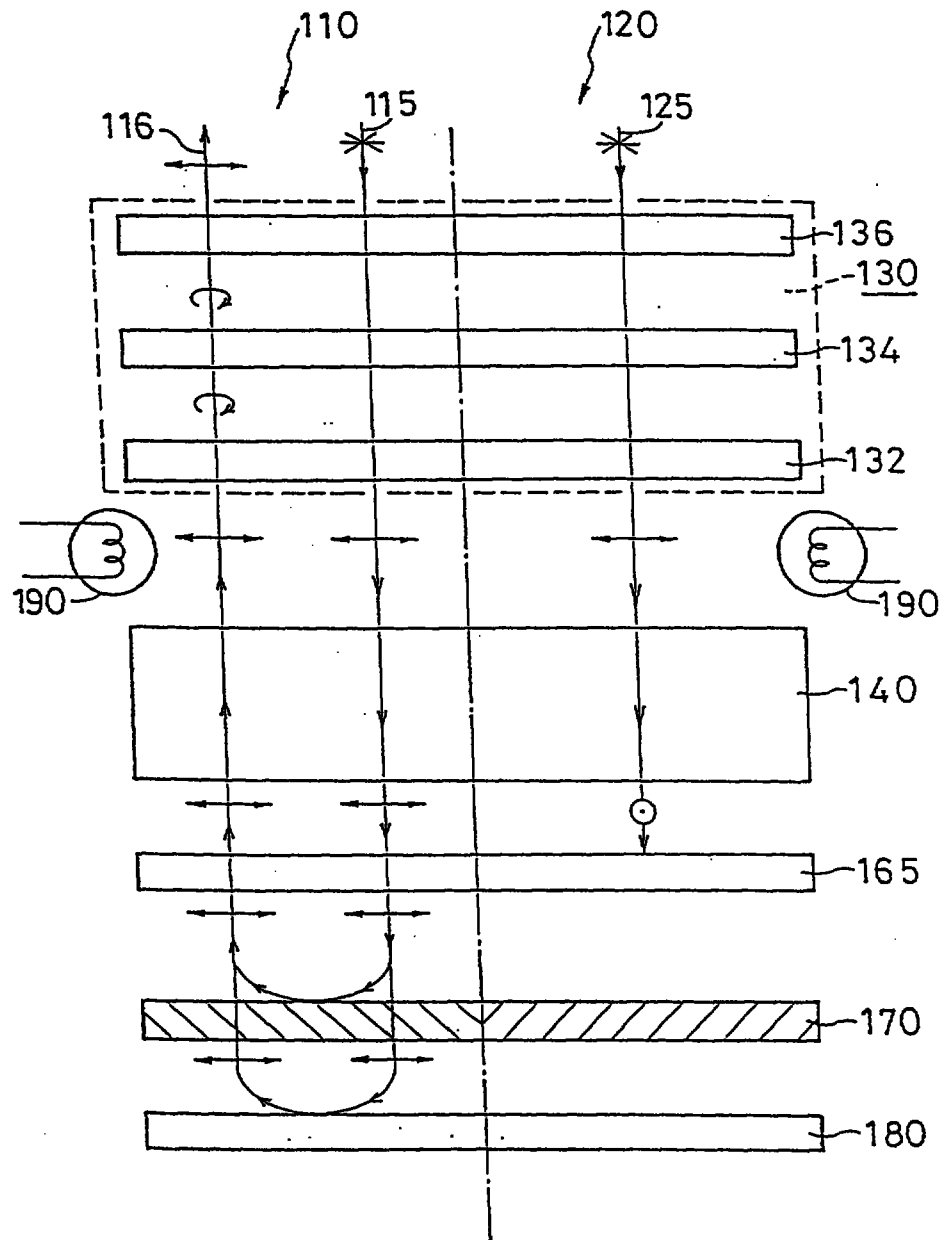
[Fig. 4]



[Fig. 5]

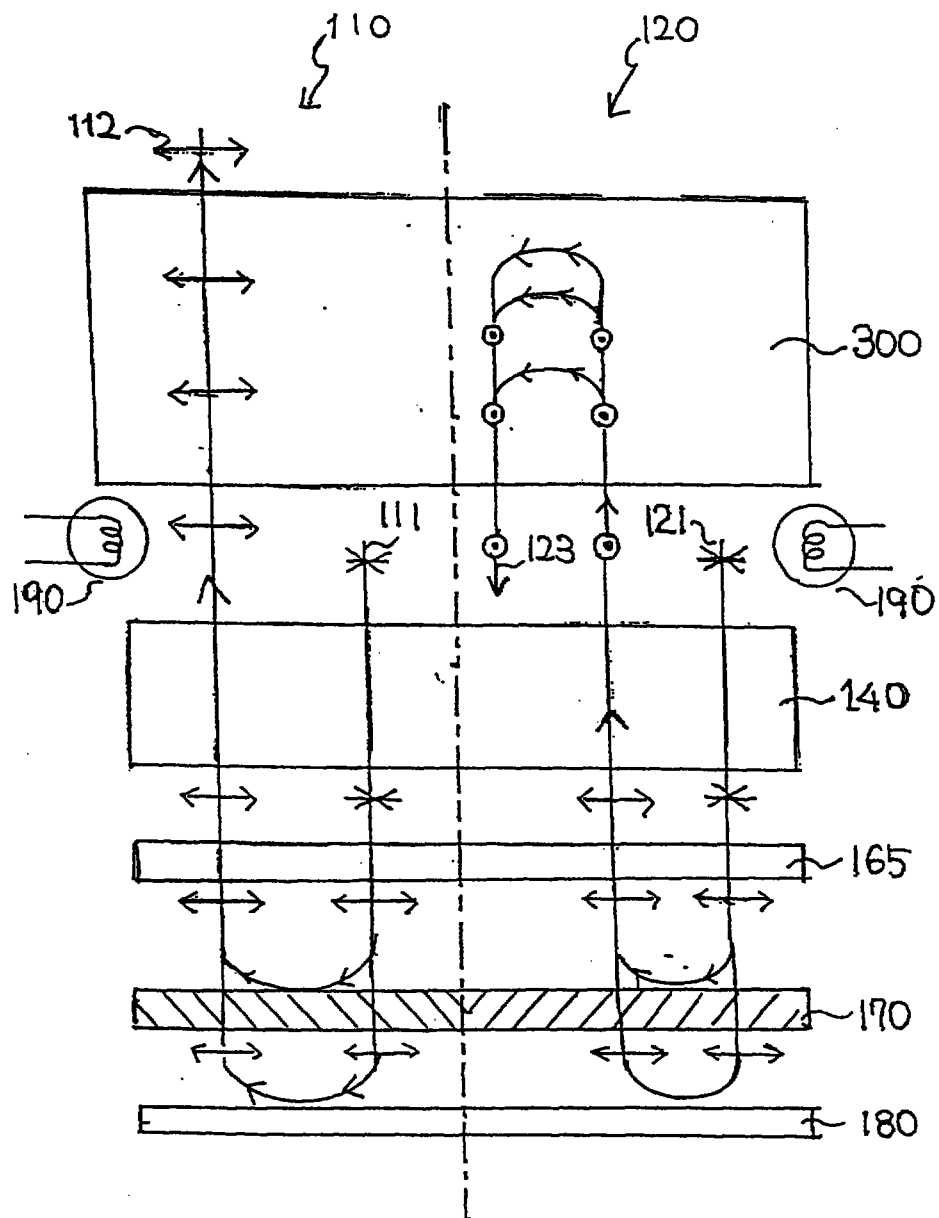


[Fig. 6]



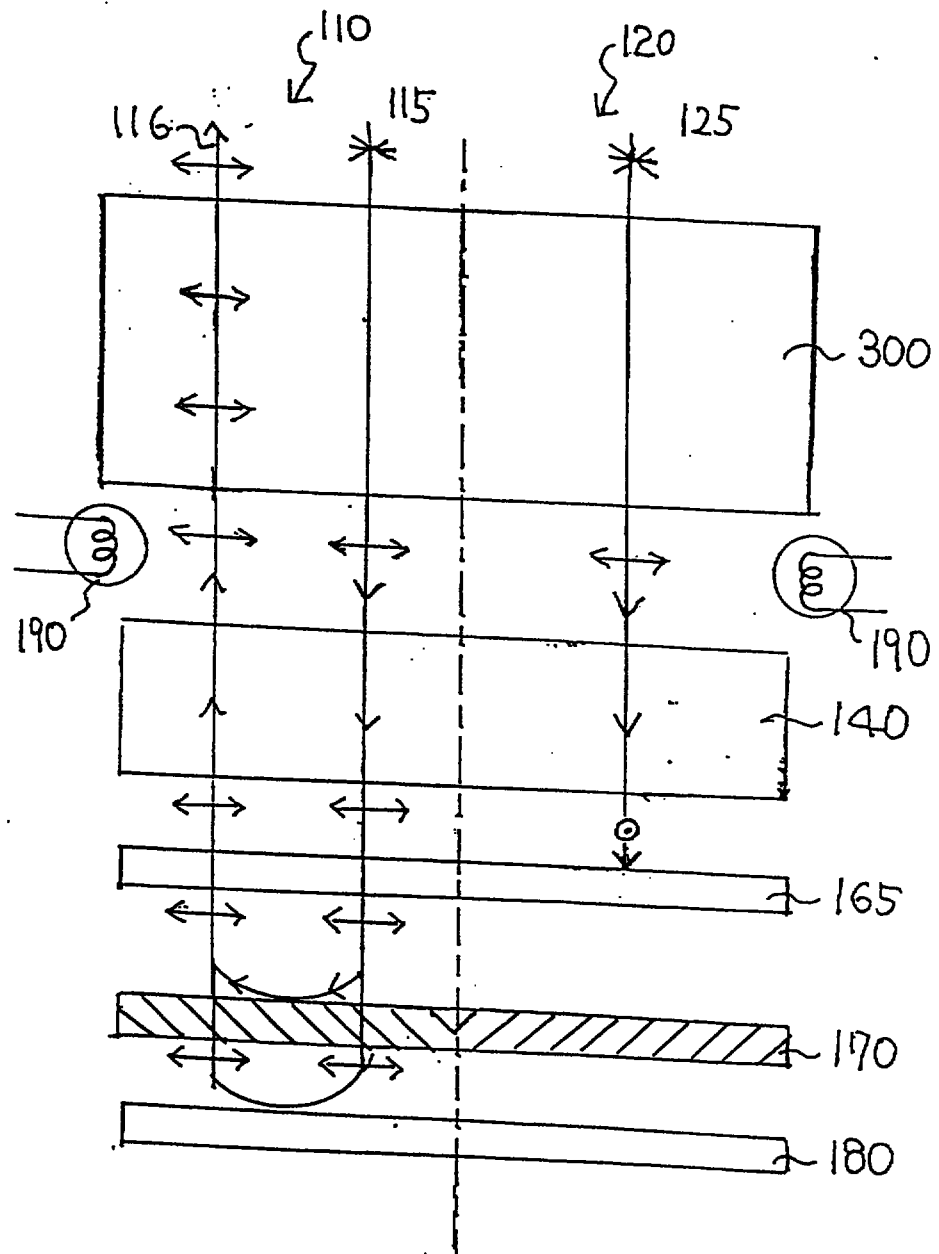
[Fig. 7]

7/29

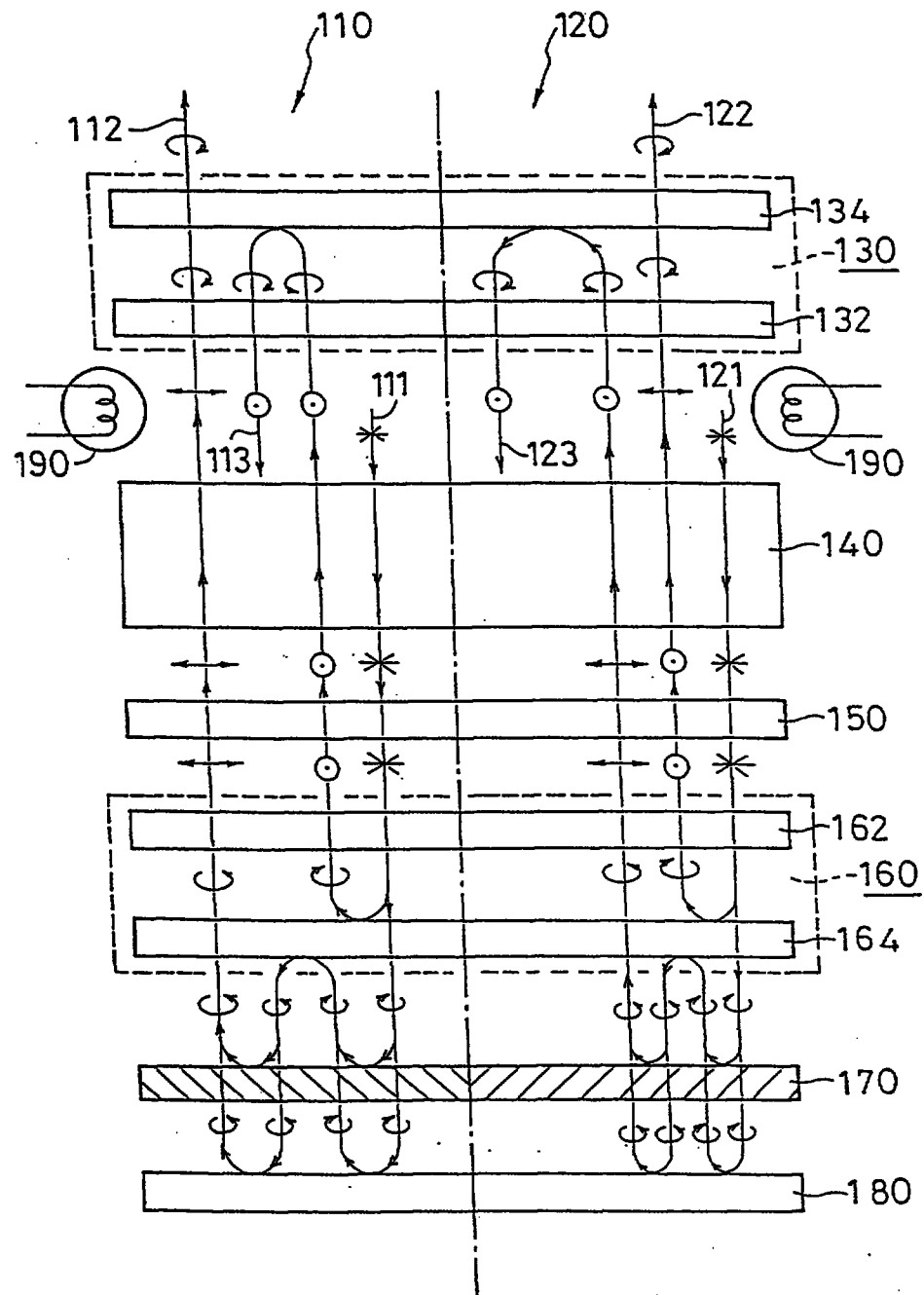


[Fig. 8]

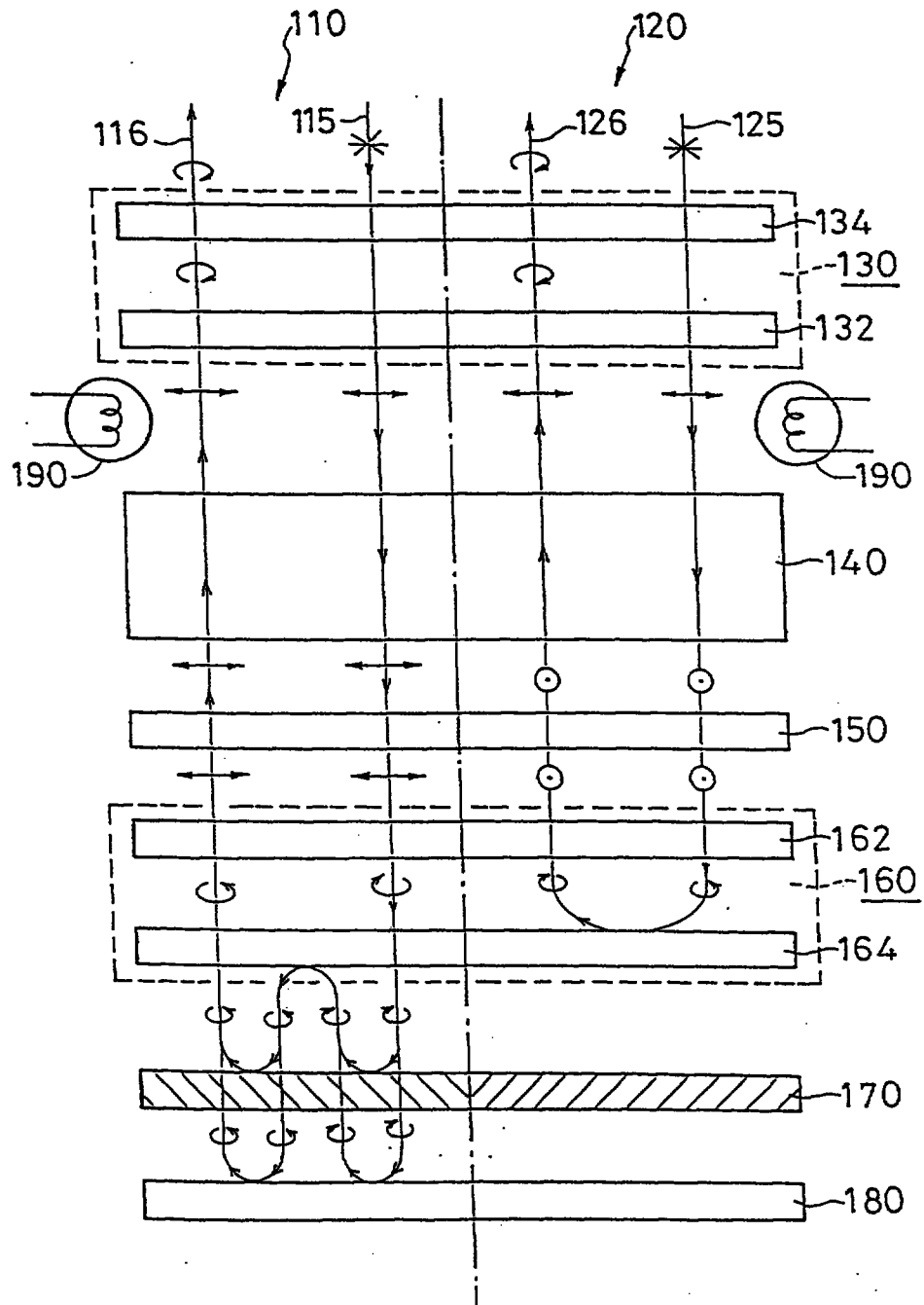
8/29



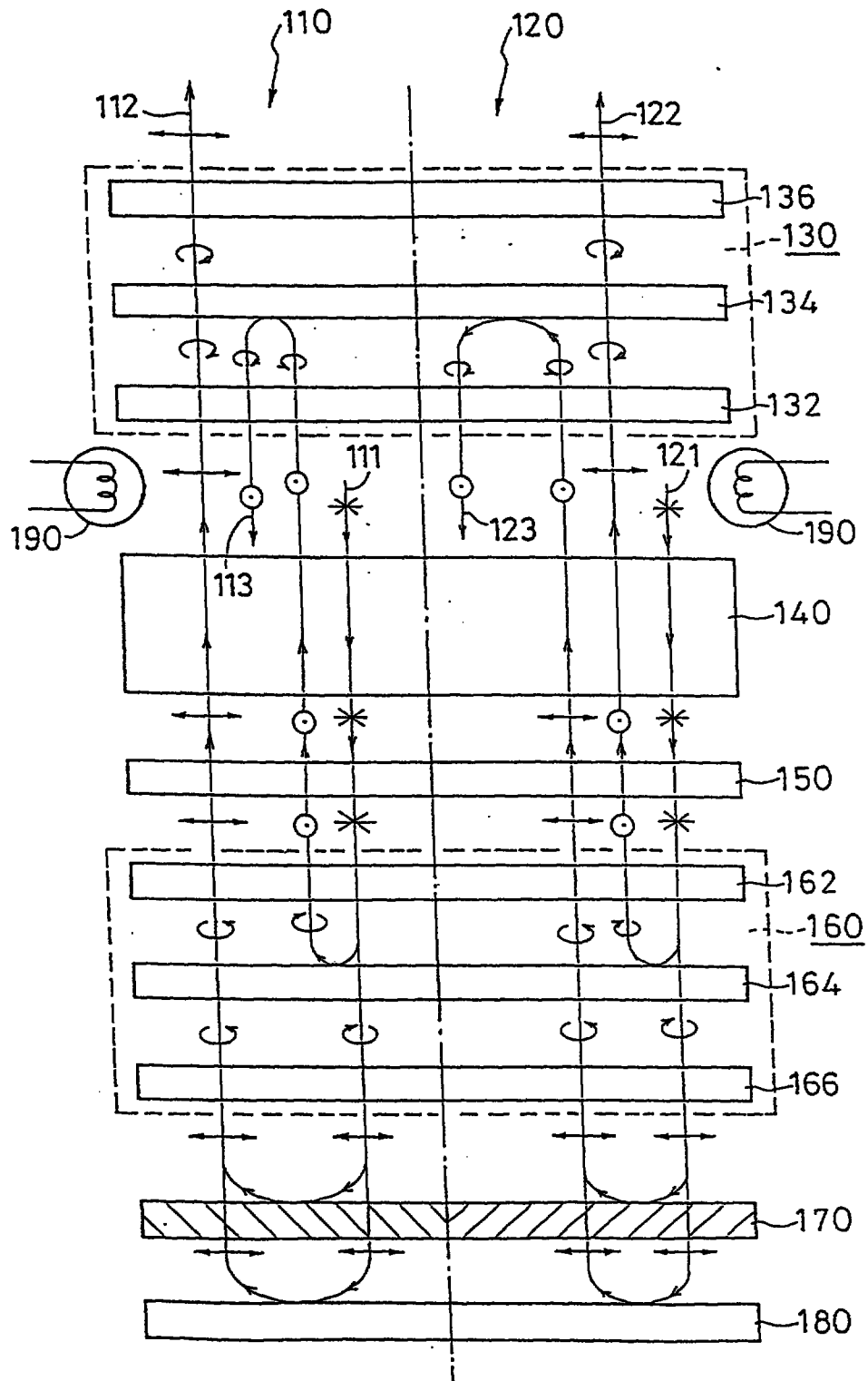
[Fig. 9]



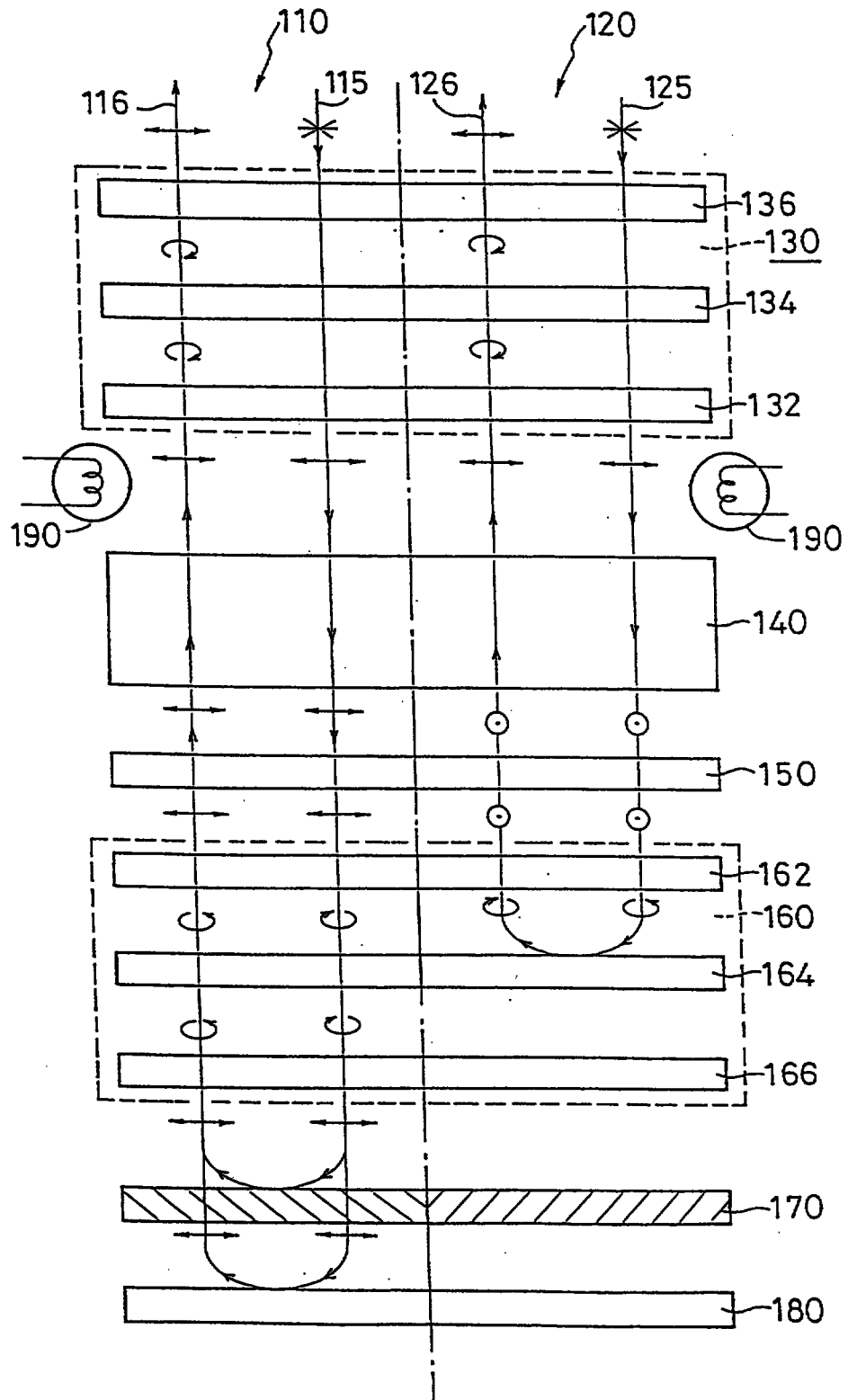
[Fig. 10]



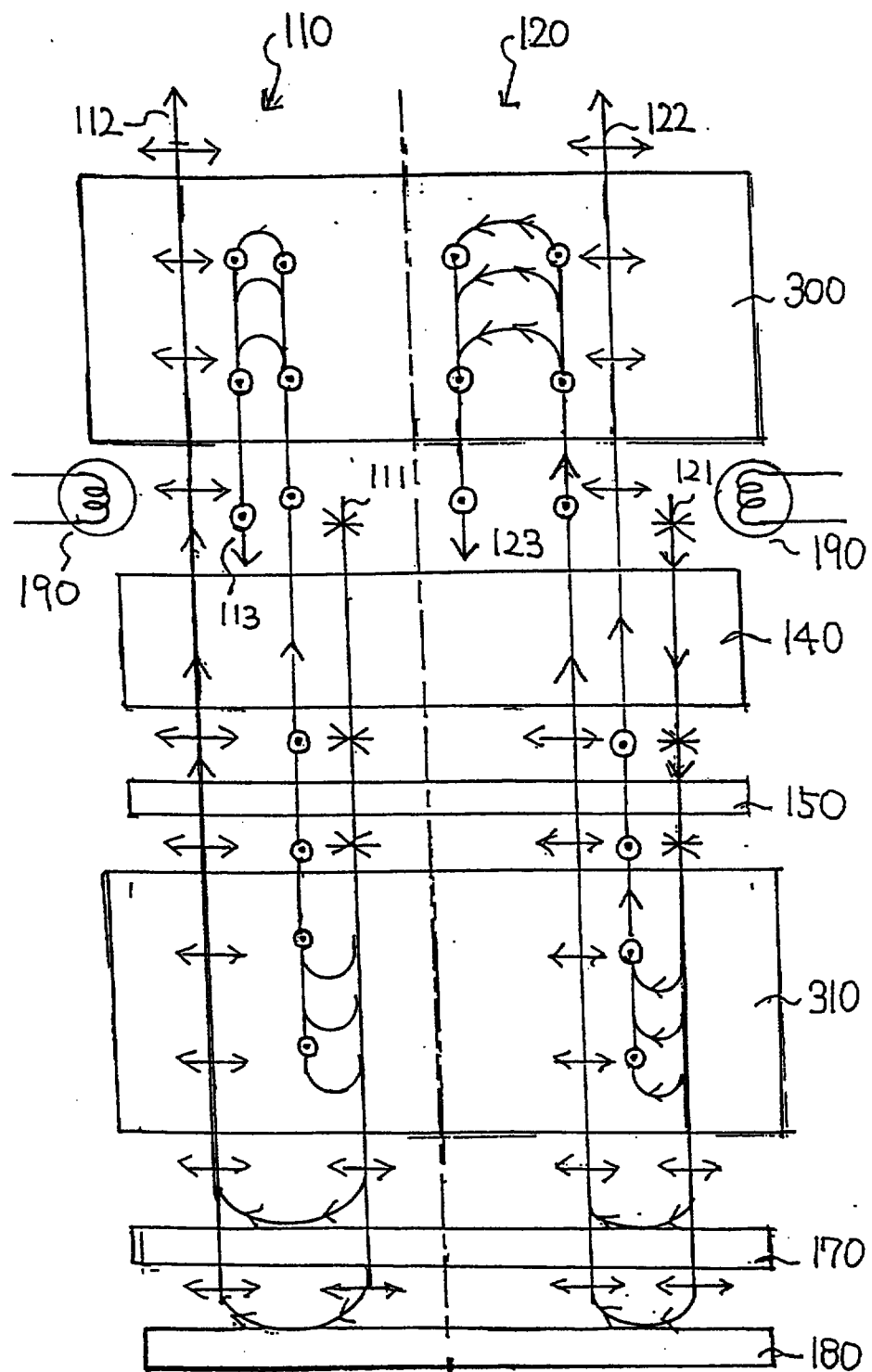
[Fig. 11]



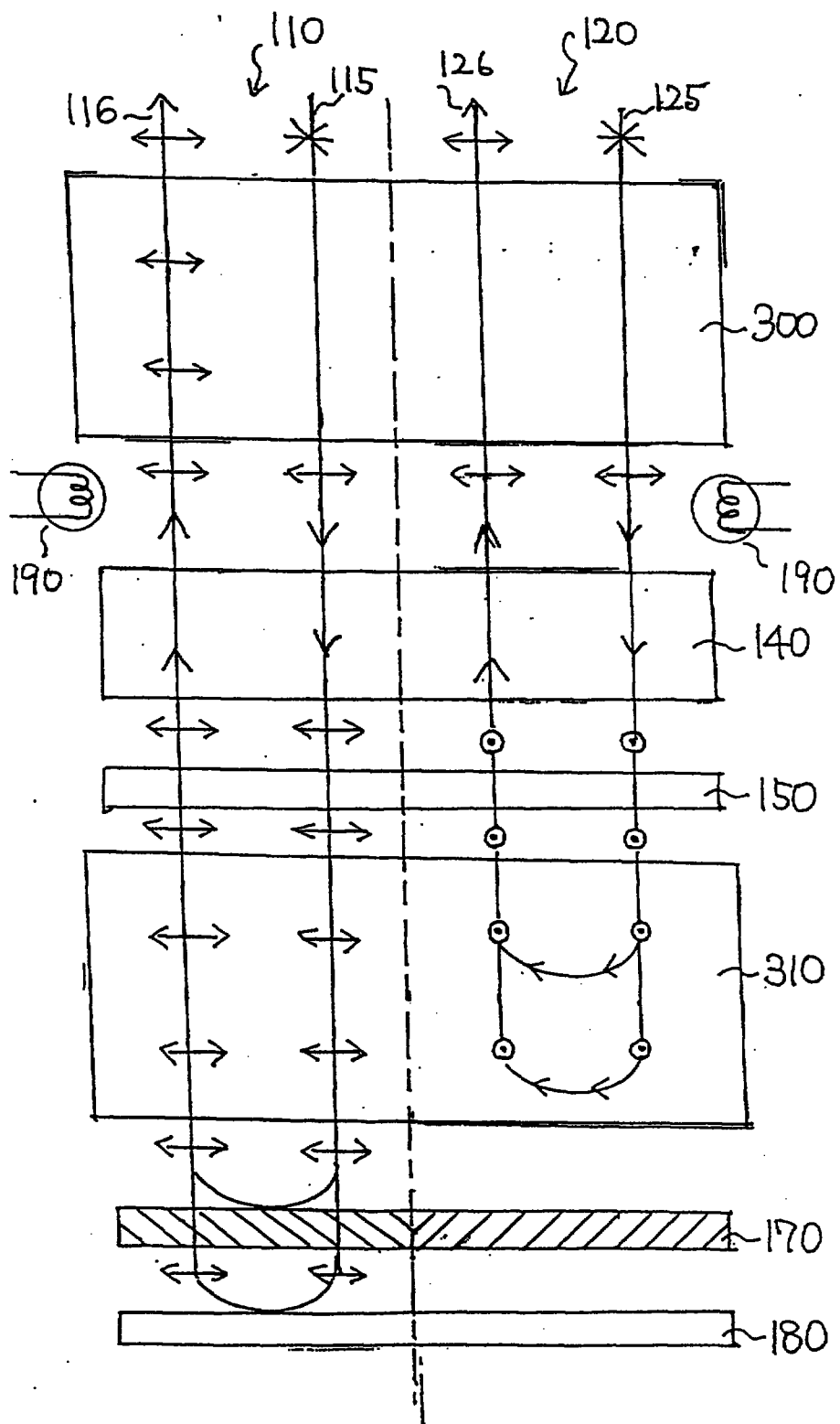
[Fig. 12]



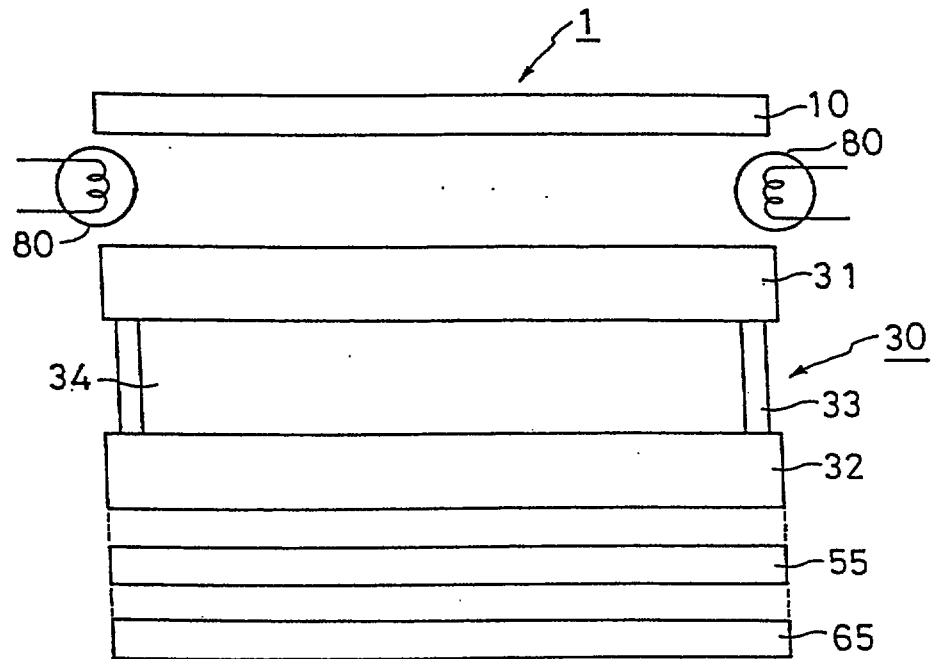
[Fig. 13]



[Fig. 14]

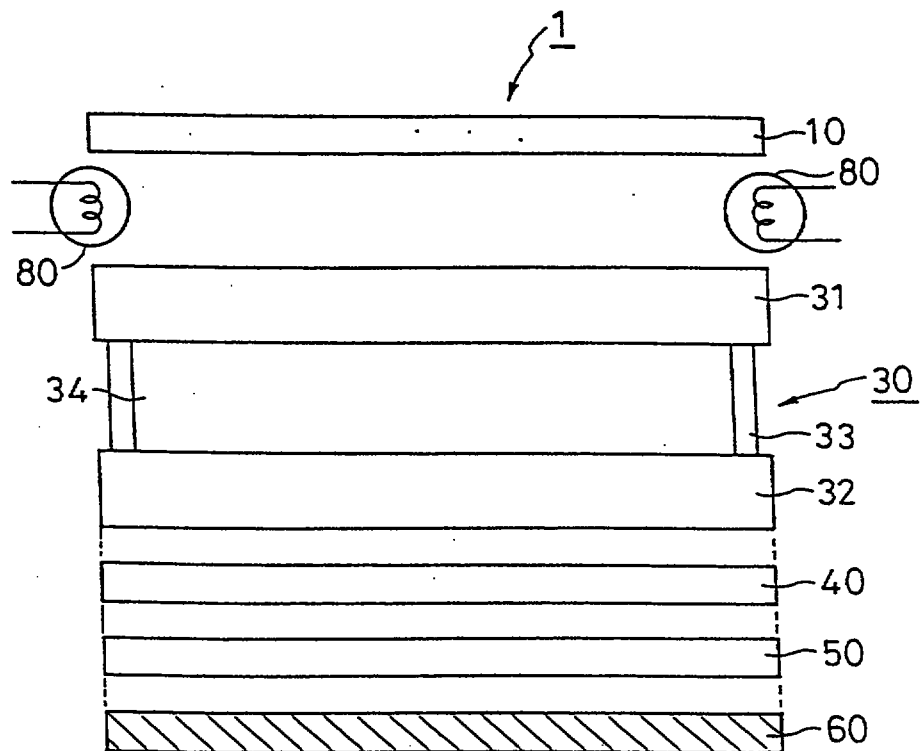


[Fig. 15]

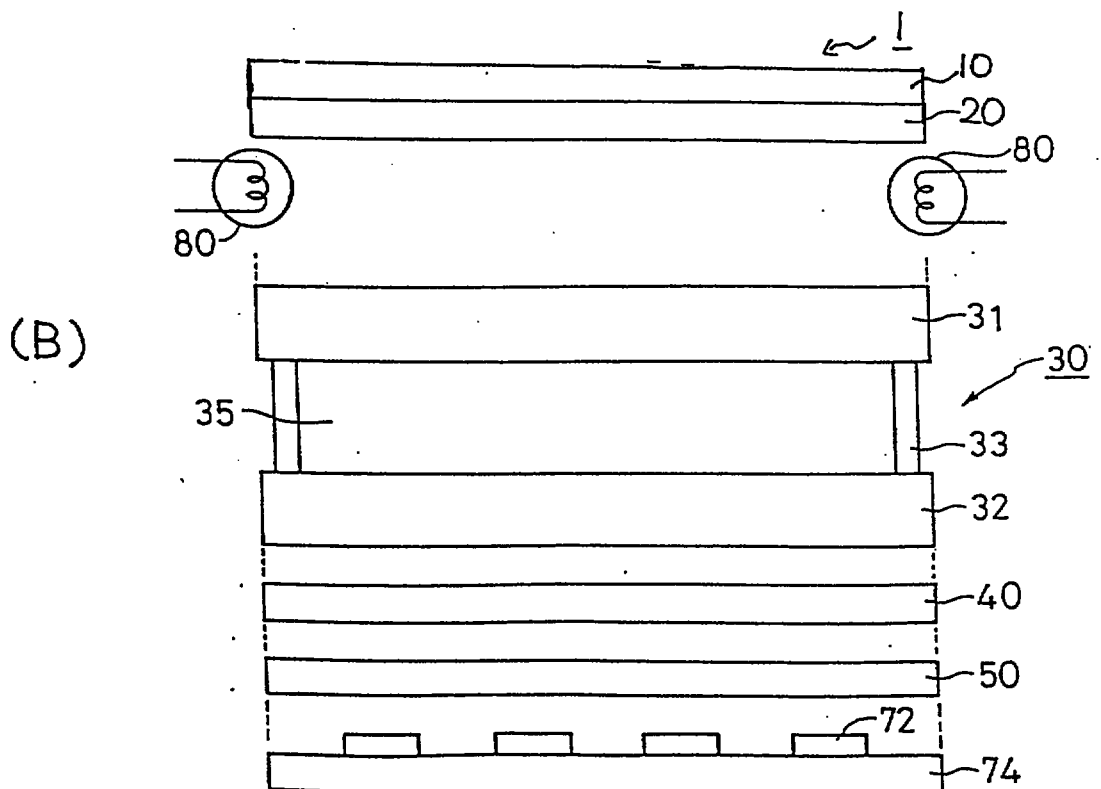
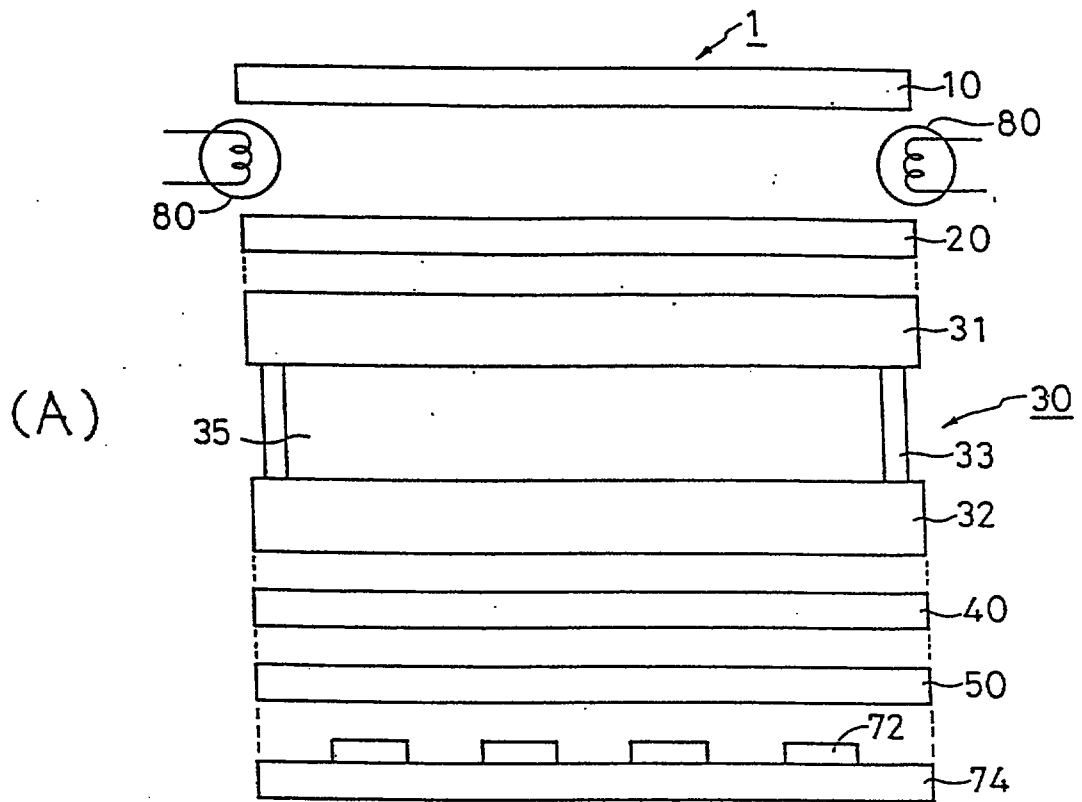


[Fig. 16]

16/29

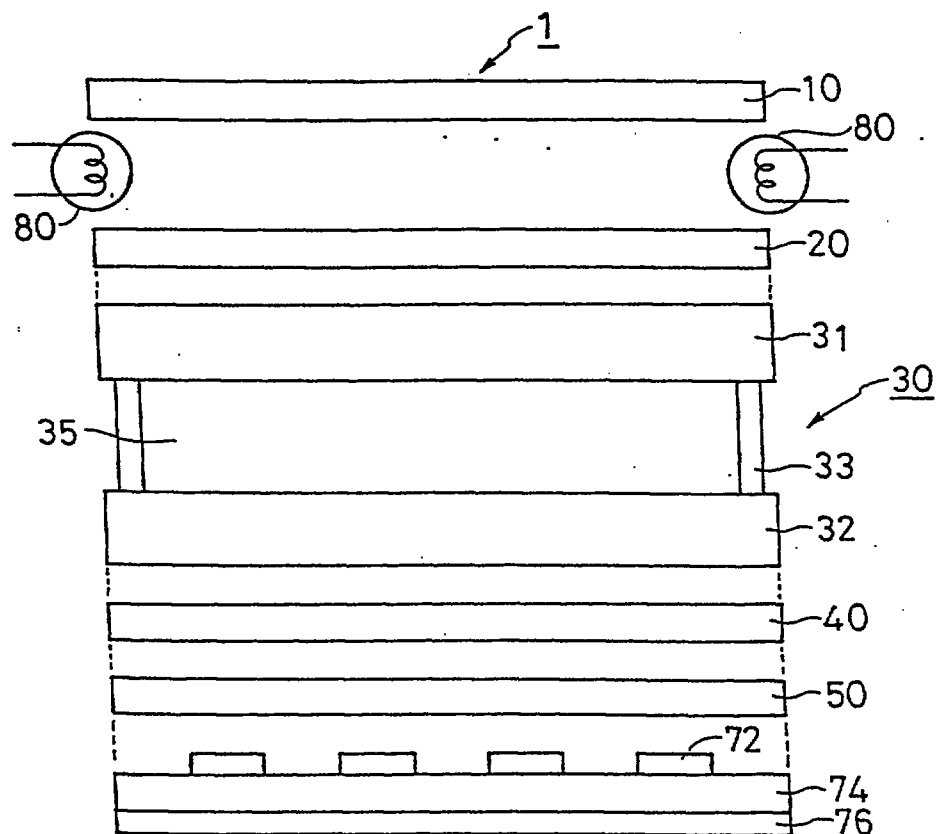


[Fig. 17]

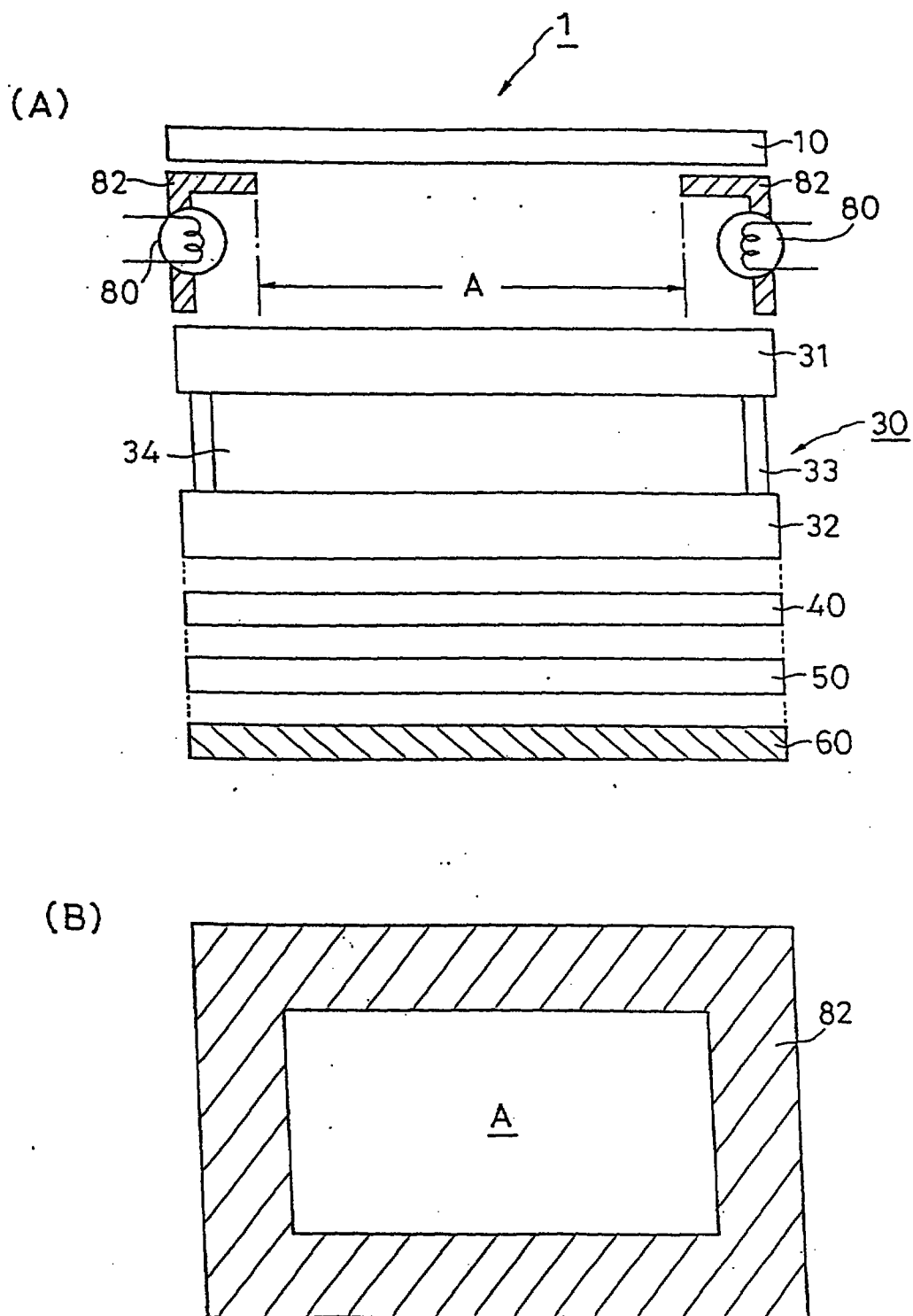


[Fig. 18]

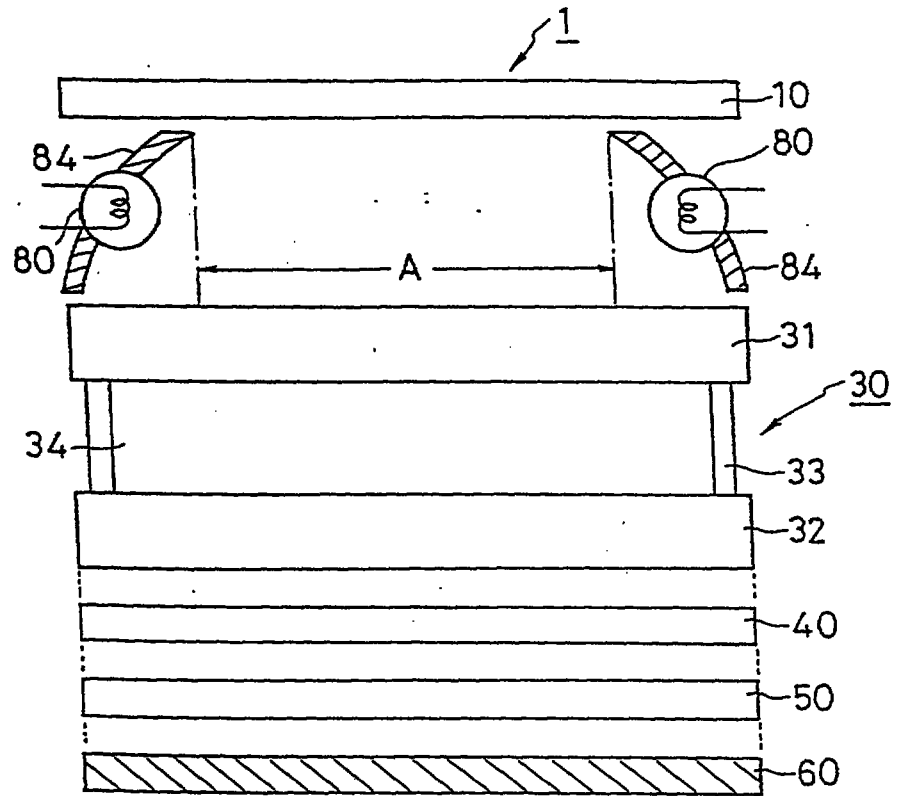
18/29



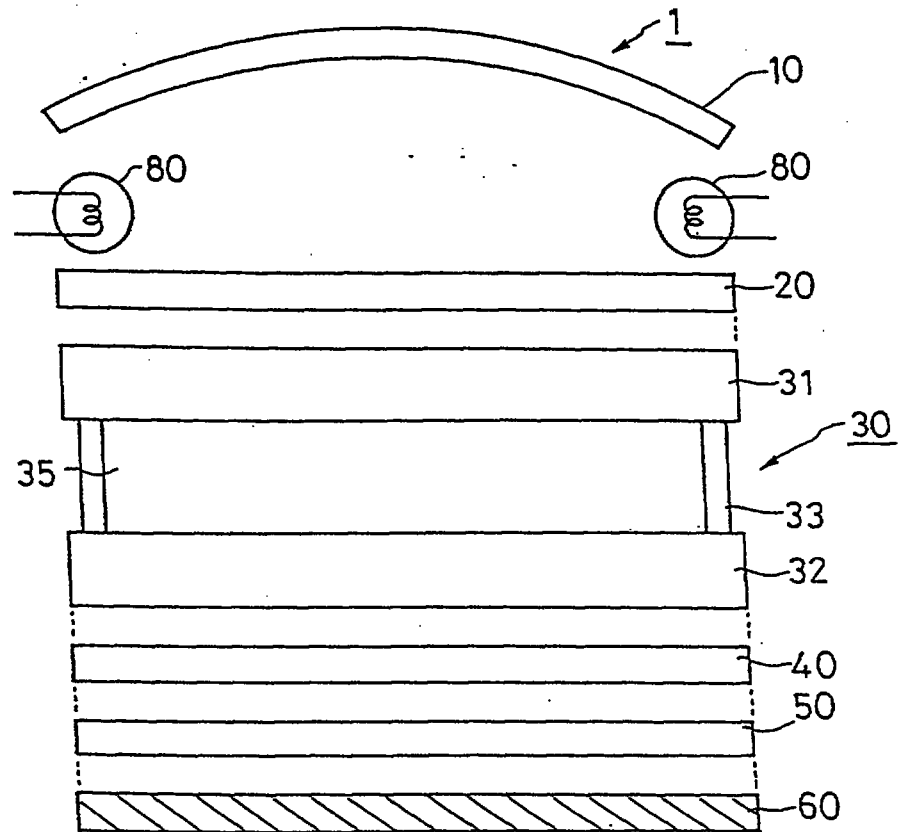
[Fig. 19]



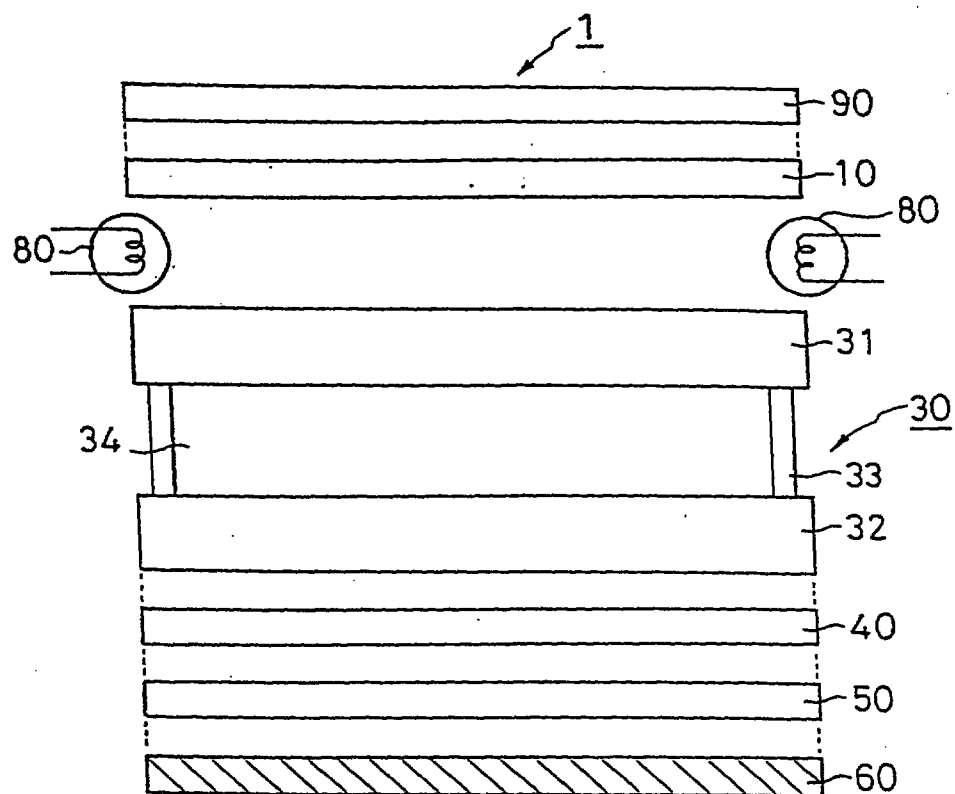
[Fig. 20]



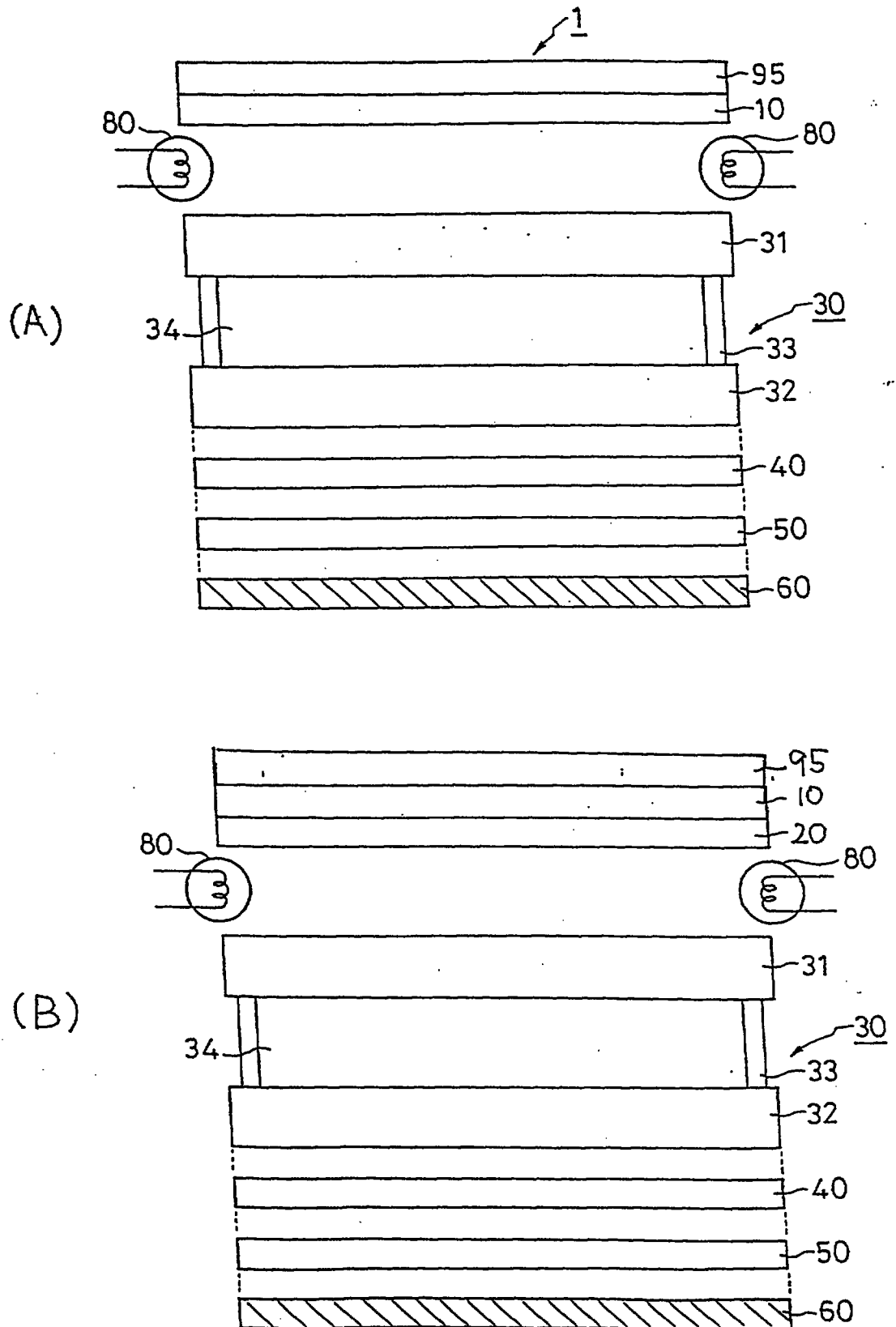
[Fig. 21]



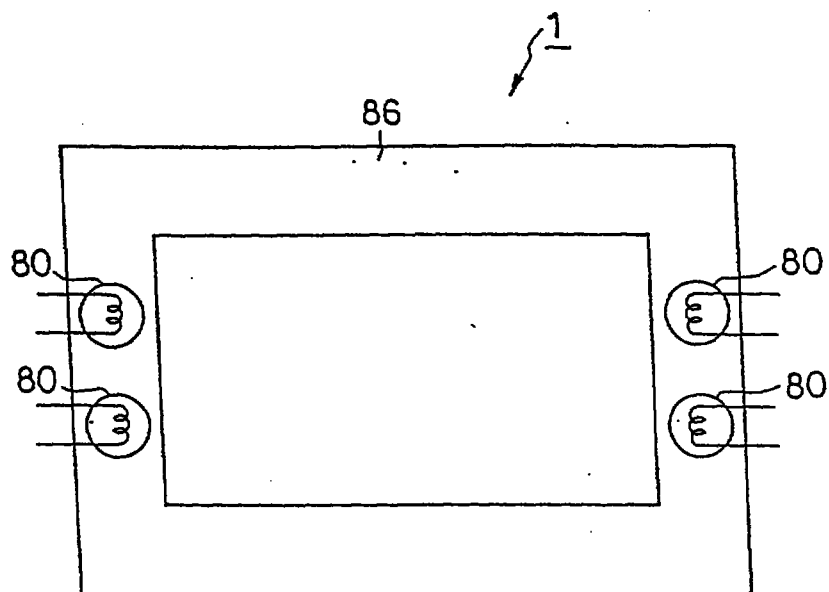
[Fig. 22]



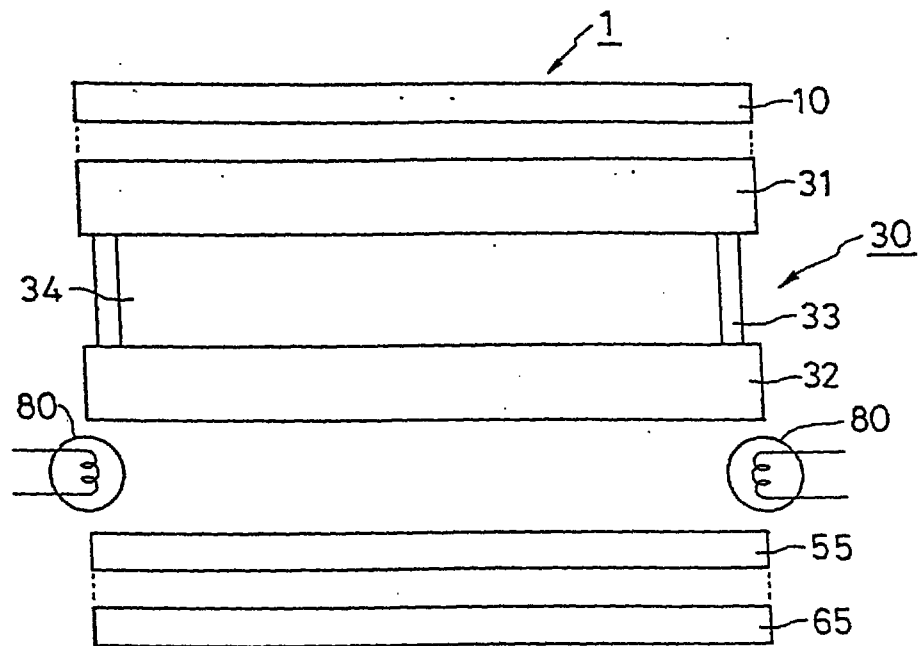
[Fig. 23]



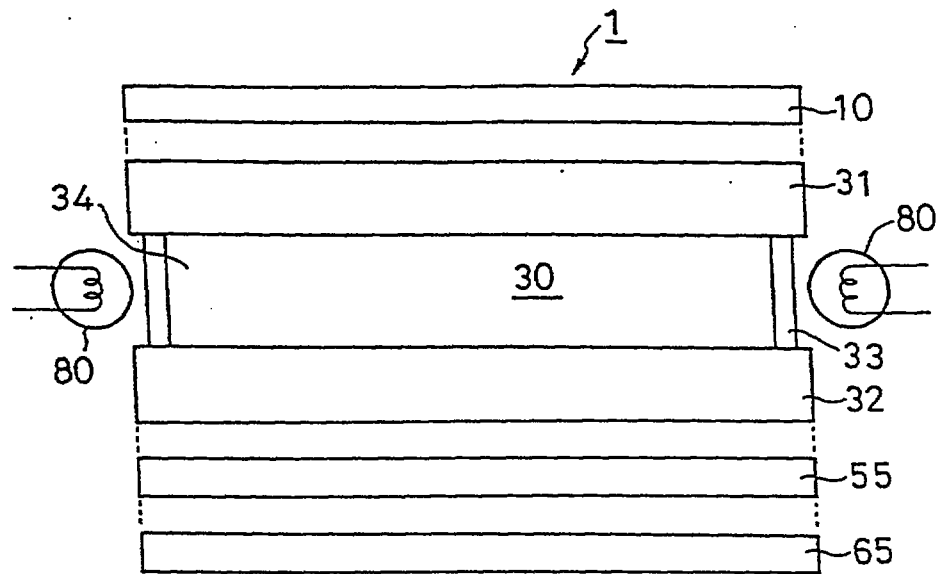
[Fig. 24]



[Fig. 25]

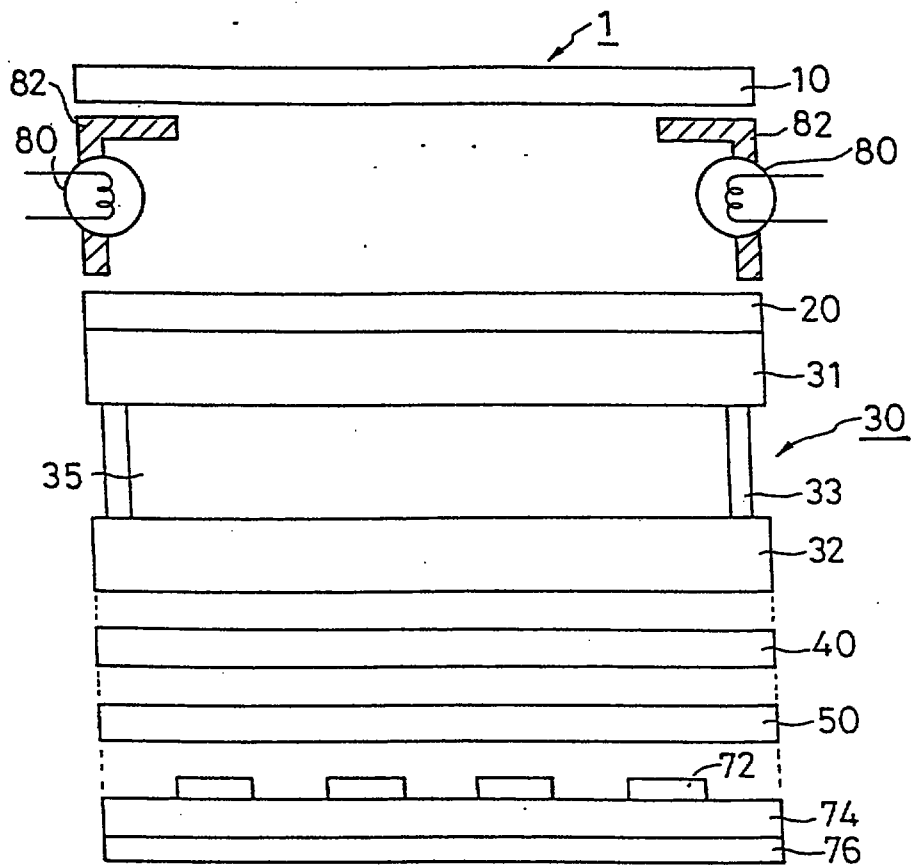


[Fig. 26]

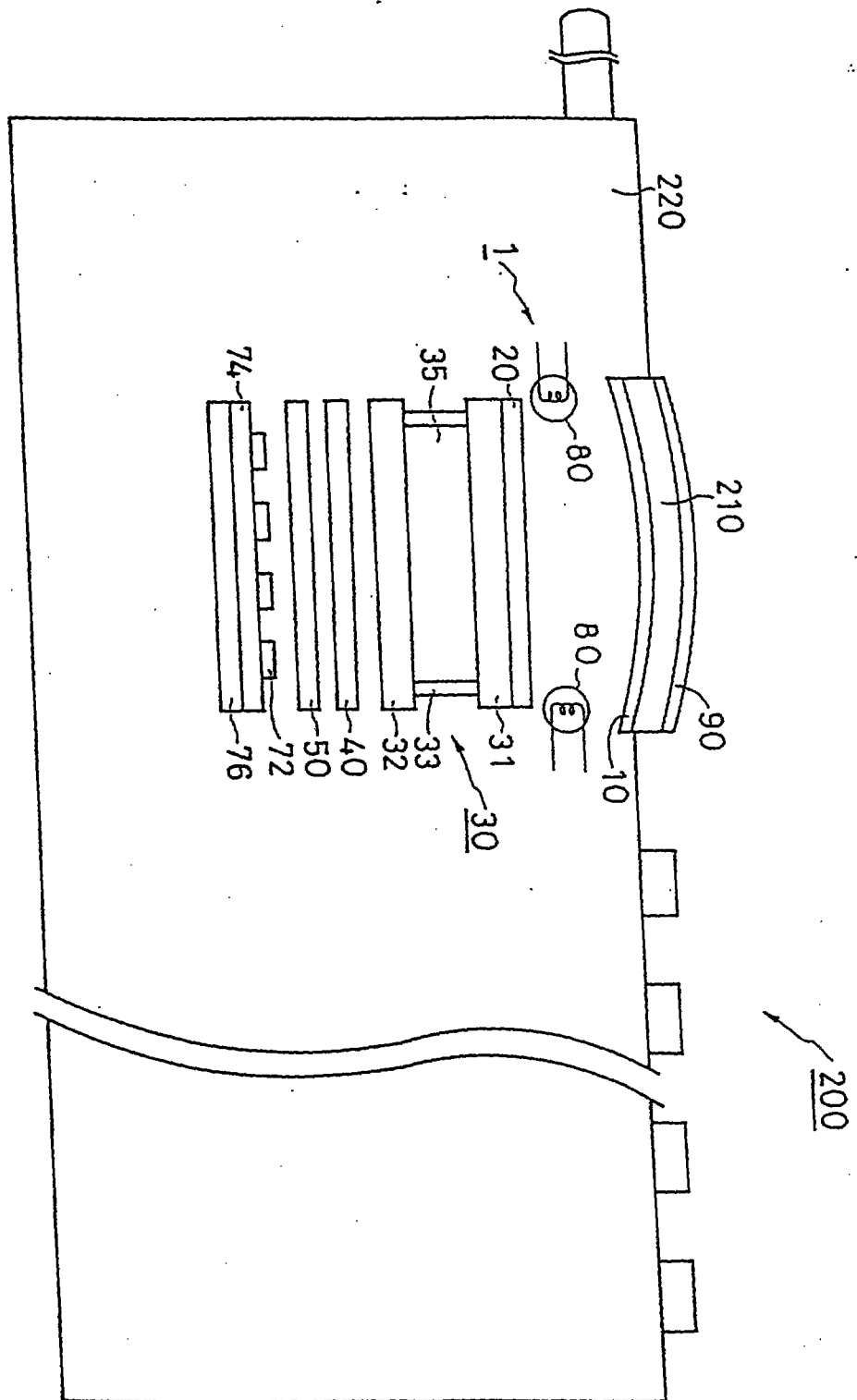


[Fig. 27]

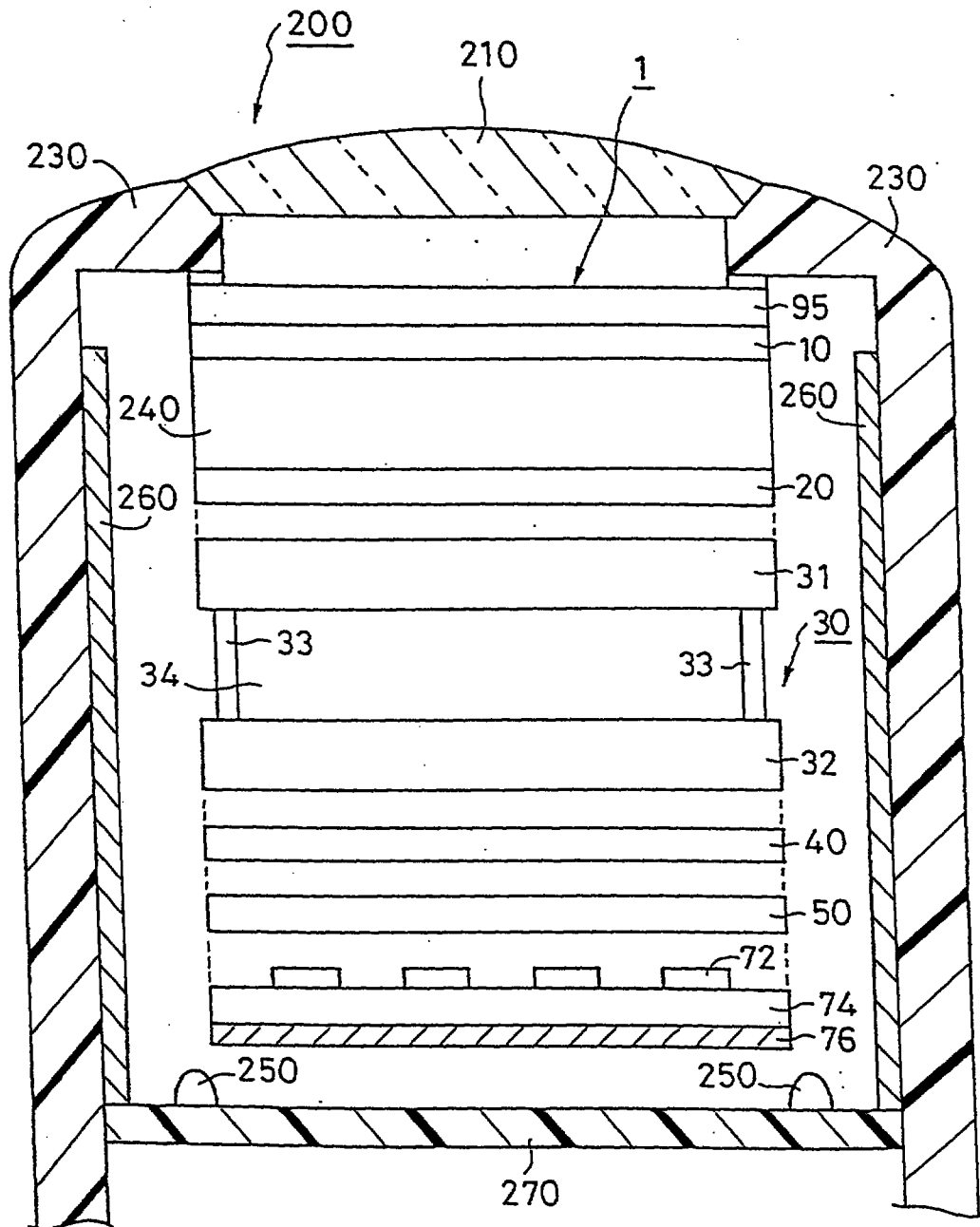
27/29



[Fig. 28]



[Fig. 29]

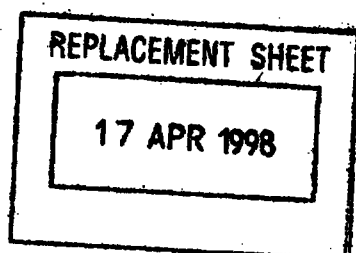


Retardation film 141 and between the retardation film 141 and the glass substrate 142, and finally transmitted towards the observer through the upper polarized-light separator after repeated reflection in the liquid crystal display device. Thus a brighter display is achieved for the display using the light from the light source 190, compared with the case using the polarizer as the upper polarized-light separator.

Referring now to Fig. 1C, the upper polarized-light separator 300 has a composite structure of two types of alternately deposited layers 301 (layer A) and 302 (layer B) as shown in Fig. 2. The refractive index (n_{AX}) along the X axis and the refractive index (n_{AY}) along the Y axis of the layer A 301 are different from each other, whereas the refractive index (n_{AX}) along the X axis and the refractive index (n_{AY}) along the Y axis of the layer B 302 are the same.

As a result, among the light incident on the upper polarized-light separator 300, plane-polarized light along the Y axis passes through the upper polarized-light separator 300 without modification of the polarization direction and is emitted.

When the following equation is satisfied, among light incident on the upper polarized-light separator 300, plane-polarized light along the X axis having wavelength λ is reflected by the upper polarized-light separator 300 without



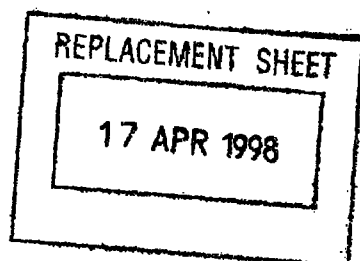
Modification of the polarization direction:

$$t_A \cdot (n_{AX}) + t_B \cdot n_{AX} = \lambda/2 \quad (1)$$

Wherein t_A is the thickness along the Z axis of the layer A 301 and t_B is the thickness along the z axis of the layer B 302.

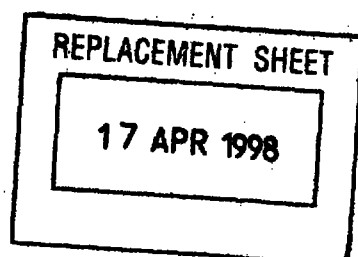
When the thickness t_A along the z axis of the layer A 301 and the thickness t_B along the z axis of the layer B 302 are varied so that the equation (1) holds over the entire visible light region, the upper polarized-light separator 300 can reflect the plane-polarized light polarized in the X direction and can transmit the plane-polarized light polarized in the Y direction without modification over the white light region rather than a monochrome region. Such an upper polarized-light separator is disclosed as a reflective polarizer in the laid-open international patent (WO95/17692).

The upper polarized-light separator 300 shown in Fig. 2 reflects plane-polarized light of the given first direction from the light source 190 back towards the light source 190 without modification of the polarization, whereas it emits transmits plane-polarized light of the second direction perpendicular to the first direction from the light source 190 towards the upper face of the upper polarized-light separator 300. Further, the upper polarized-light separator 300 emits the light incident on the upper face of the upper polarized-light separator 300 towards the light source 190



The external natural light 125 incident on the liquid crystal device passes through the upper polarized-light separator 300 without modification, and is changed to plane-polarized light perpendicular to the drawing by rotating the polarization angle by 90 degrees in the TN liquid crystal 140. The plane-polarized light perpendicular to the drawing is absorbed in the polarizer 165.

In the applied-voltage section 110 on the left side, the external natural light 115 incident on the liquid crystal display device passes through the upper polarized light separator 300 as plane-polarized light parallel to the drawing, passes through the TN liquid crystal 140 without modification of the polarization direction,, and passes through the polarizer 165. Part of the plane-polarized light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 is reflected by the coloring layer 170 and is incident on the polarizer 165 again. The reflected plane-polarizer light parallel to the drawing passing through the polarizer 165 passes through the upper polarized-light separator 300, and goes towards the observation side as the emitting light 116 without modification of the polarization direction. The other part of the plane polarized light parallel to the drawing from the polarizer 165 passes through the coloring layer 170 while being absorbed in this layer, and is reflected by the reflector 180. The reflected polarized



of the present invention; Fig. 19(A) is a cross-sectional assembly view; and Fig. 19(B) is a plan view.

Fig. 20 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with a sixth embodiment of the present invention.

Fig. 21 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with a seventh embodiment of the present invention.

Fig. 22 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with an eighth embodiment of the present invention.

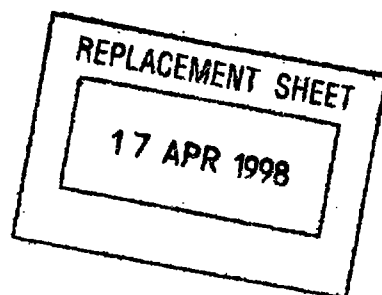
Fig. 23 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with a ninth embodiment of the present invention.

Fig. 24 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with a tenth embodiment of the present invention.

Fig. 25. Is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with an eleventh embodiment of the present invention.

Fig. 26 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in accordance with a twelfth embodiment of the present invention.

Fig. 27 is a cross-sectional assembly view for illustrating liquid crystal display device in accordance



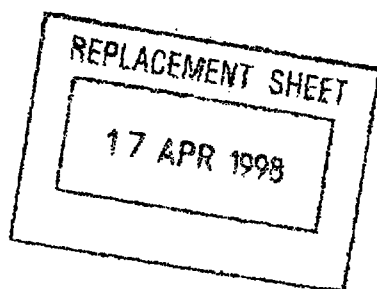
the same as the second embodiment except that a STN liquid Crystal 34 is used for the liquid crystal cell 30, and a retardation film 20 is provided on the glass substrate 31. The retardation film 20 is used as optical anisotropy in order to correct the color generated in the STN liquid crystal 34. In Fig. 23B, the retardation film 20, the upper polarized-light separator 10, the polarizer 95 are integrated, and the light is incident from between the retardation film 20 and the liquid crystal cell 30. The light can be incident from between the retardation film 20 and the upper polarized-light separator 10.

(Tenth Embodiment)

Fig. 24 is a cross-sectional assembly view for illustrating a liquid crystal display device in a tenth embodiment in accordance with the present invention.

In this embodiment, a light guide plate 86 is provided for conducting the light from the lamp 80 to the interior of the liquid crystal display device 1.

Such a configuration can improve brightness of a display with the light from the lamp 80. In this embodiment, a rectangular opening is provided in the central portion of the light guide plate 86 so as to expose the display section of the liquid crystal display device 1. In this embodiment, a light guided plate, which is used as a

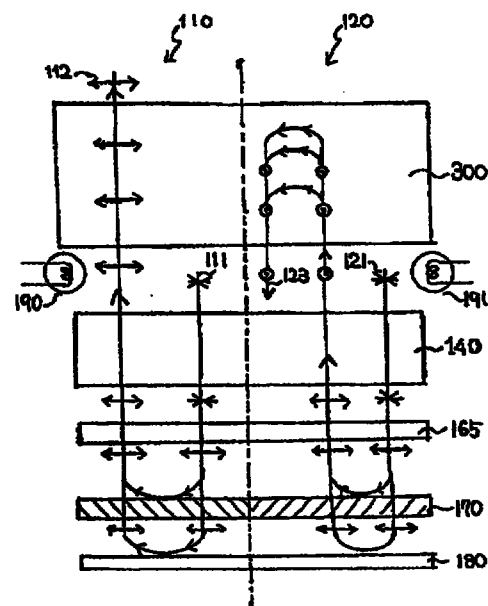




PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類6 G02F 1/1335	A1	(11) 国際公開番号 WO98/12595 (43) 国際公開日 1998年3月26日(26.03.98)
(21) 国際出願番号 PCT/JP97/03253 (22) 国際出願日 1997年9月12日(12.09.97) (30) 優先権データ 特願平8/245347 1996年9月17日(17.09.96) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION)[JP/JP] 〒163 東京都新宿区西新宿二丁目4番1号 Tokyo, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 飯島千代明(IIJIMA, Chiyoaki)[JP/JP] 土橋俊彦(TSUCHIHASHI, Toshihiko)[JP/JP] 〒392 長野県諏訪市大和三丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano, (JP) (74) 代理人 弁理士 鈴木喜三郎, 外(SUZUKI, Kisaburo et al.) 〒163 東京都新宿区西新宿二丁目4番1号 セイコーエプソン株式会社内 Tokyo, (JP)		(81) 指定国 CN, JP, KR, SG, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). 添付公開書類 国際調査報告書
(54) Title: DISPLAY AND ELECTRONIC APPARATUS USING THE SAME (54) 発明の名称 表示装置及びそれを用いた電子機器 (57) Abstract To provide a display for utilizing a transmission polarization variable axis optical element, capable of obtaining a bright image, an upper polarization separator (300) is provided above a TN liquid crystal (140). Between the upper polarization separator (300) and the TN liquid crystal (140), light sources (190) are provided. The light of a linear polarization component (112) parallel to the surface of this paper transmits the upper polarization separator (300). The light of a linear polarization component (123) perpendicular to the surface of the paper is reflected upon the upper polarization separator (300) and advances toward the interior of a liquid crystal display, the resultant light being reflected repeatedly in the liquid crystal display and finally discharged to an observation side through the upper polarization separator (300). Accordingly, a bright image is obtained.		



(57) 要約

透過偏光軸可変光学素子を利用するための表示装置において、明るい表示が得られる表示装置を提供するために、TN液晶140上に上偏光分離器300を設ける。上偏光分離器300とTN液晶140との間に光源190を設ける。紙面に平行な方向の直線偏光成分112は、上偏光分離器300を透過する。紙面に垂直な方向の直線偏光成分の光123は、上偏光分離器300で反射され、液晶表示装置内部に向かって進み、その後液晶表示装置内で反射を繰り返しいずれは上偏光分離器300を通して観察側に出射するので明るい表示が得られる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に記載されたPCT加盟国を特定するために使用されるコード (参考情報)

AL	アルバニア	ES	スペイン	LK	スリランカ	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	FI	フィンランド	LR	リベリア	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FR	フランス	LS	レソト	SI	スロヴェニア共和国
AU	オーストラリア	GA	ガボン	LT	リトアニア	SK	スロヴァキア共和国
AZ	アゼルバイジャン	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SL	シエラレオネ
BA	ボスニア・エルツェゴビナ	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SN	セネガル
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MC	モナコ	SZ	スワジランド
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ共和国	TD	チャード
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TG	トーゴ
BG	ブルガリア	GW	ギニアビサウ	MK	マケドニア共和国	TJ	タジキスタン
BJ	ベナン	GR	ギリシャ		ラヴィア共和国	TM	トルクメニスタン
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	ML	マリ	TR	トルコ
BY	ベラルーシ	ID	インドネシア	MN	モンゴル	TT	トリニダード・トバゴ
CA	カナダ	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	UA	ウクライナ
CF	中央アフリカ共和国	IL	イスラエル	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
CG	コンゴ	IS	アイスランド	MX	メキシコ	US	米国
CH	スイス	IT	イタリア	NE	ニジェール	UZ	ウズベキスタン
CI	コート・ジボアール			NL	オランダ	VN	ヴェトナム
CM	カメルーン	JP	日本	NO	ノルウェー	YU	ユーゴスラビア
CN	中国	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CU	キューバ	KR	韓国	PL	ポーランド		
CZ	チェコ共和国	KP	朝鮮民主主義人民共和国	PT	ポルトガル		
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	RO	ルーマニア		
DK	デンマーク	LC	セントルシア	RU	ロシア連邦		
EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SD	スーダン		