

明 細 書

発明の名称： 反射防止フィルム

技術分野

[0001] 本発明は反射防止フィルムに関する。本発明は、たとえばディスプレイ装置に用いて太陽光や室内照明、外乱光などの反射を防止し、画面の視認性を高めて画面がくっきりと見えるようにするための反射防止フィルムに関する。

背景技術

[0002] (反射防止フィルムの働き)

携帯電話やモバイルコンピュータ、パソコンなど種々の機器は、精細な画像を表示することのできるディスプレイ装置を備えている。しかし、ディスプレイ装置は、太陽光や室内照明光などの外光が画面に入射すると、その一部が画面で反射することによって画像のコントラストが低下し、画面が白っぽくなるという不都合がある。

[0003] このように外光が反射する現象は、たとえば図1 Aに示すようにして起きる。図1 Aは、液晶表示パネル12の前面に、エアギャップ(空間)を介してカバーパネル13を重ねたディスプレイ装置11を表している。このディスプレイ装置11に外光が入射した場合、入射した外光のうち4%の光量がカバーパネル13の前面で反射し、また入射した外光のうち3.8%の光量がカバーパネル13の裏面で反射し、入射した外光のうち3.7%の光量が液晶表示パネル12の前面で反射する。その結果、このディスプレイ装置11に100%の光量の外光が入射した場合、合計すると入射した外光の11.5%の光量が正面側へ向けて反射される。よって、液晶表示パネル12で表示している画像に反射光(白色光)が重なって画像のコントラストが低下し、表示品質が低下することになる。

[0004] このような現象を防止するためには、反射防止フィルム(ARS)が用いられる。反射防止フィルムとしては、たとえば特許文献1や特許文献3に開

示されたものがある。この反射防止フィルムは、透明なフィルム基板の表面に、フィルム基板と等しい屈折率を有する微細な光学突起を密集させて形成したものである。光学突起は、円錐形状や円錐台形状、四角錐形状などの形状を有している。

[0005] 図1Bは、カバーパネル13の裏面に反射防止フィルム14を貼った場合を示す。この場合には、入射した外光のうち4%の光量がカバーパネル13の前面で反射し、また入射した外光のうち0.34%の光量がカバーパネル13の裏面で反射し、入射した外光のうち3.83%の光量が液晶表示パネル12の前面で反射する。この結果、反射防止フィルム14を貼ったカバーパネル13の裏面における反射が大幅に抑制され、合計では入射した外光の8.17%の光量しか正面側へ向けて反射されない。よって、1枚の反射防止フィルム14を貼ることにより、反射光量は、反射防止フィルム14を貼っていない場合の約2/3倍になる。

[0006] また、図1Cは、カバーパネル13の裏面と液晶表示パネル12の前面にそれぞれ反射防止フィルム14を貼った場合を示す。この場合には、入射した外光のうち4%の光量がカバーパネル13の前面で反射し、また入射した外光のうち0.34%の光量がカバーパネル13の裏面で反射し、入射した外光のうち0.33%の光量が液晶表示パネル12の前面で反射する。この結果、反射防止フィルム14を貼ったカバーパネル13の裏面と液晶表示パネル12の前面における反射が抑制され、合計では入射した外光の4.67%の光量しか正面側へ向けて反射されない。よって、2枚の反射防止フィルム14を貼ることにより、反射光量は、反射防止フィルム14を貼っていない場合の約1/3倍になる。

[0007] よって、ディスプレイ装置に反射防止フィルムを貼っておけば、外光の反射を少なくでき、画像のコントラストを高めて画像を鮮やかに表示させることができる。なお、上記記載では、反射防止フィルムを貼っていない面での反射率を4%とし、反射防止フィルムを貼っている面での反射率を0.35%としたが、これらは典型的な値を用いたものであって、反射率の値は反射防

止フィルムの種類やカバーパネルの材質などによって若干異なりうる。

[0008] (反射防止フィルムの弱点)

携帯電話やモバイルコンピュータ等に用いられるディスプレイ装置は、汚れや皮脂などが付着しやすい。そのため、ディスプレイ装置の表面は、汚れや皮脂などを拭き取るために、柔らかい布やクリーナーなどでたびたび擦られる。表面の汚れや皮脂などを拭くときにはカバーパネルが指で押されるので、図1Bや図1Cのように反射防止フィルムを貼っていると、反射防止フィルムの微細な光学突起が対向面に押圧されて潰れやすくなる。また、表面にタッチパネルを備えたディスプレイ装置では、指やタッチペンでタッチパネルを押圧するので、反射防止フィルムを貼っているとやはり反射防止フィルムの光学突起が対向面に押圧されて潰れやすい。こうして光学突起が潰れてしまうと、反射防止フィルムの反射防止機能が低下したり、損なわれたりする。

[0009] (反射防止フィルムの保護柱)

そのため、特許文献2に開示された反射防止フィルムでは、表面にナノオーダーの光学突起を密集して形成された反射防止フィルムに、光学突起の高さよりも高いミクロンオーダーの保護柱を散在させている。そして、保護柱によって光学突起を保護し、ディスプレイ装置の表面が押えられても光学突起が潰れにくくしている。

[0010] 特許文献2には、円錐、四角錐、三角錐などの錐形の保護柱と、四角柱、円柱、楕円柱などの柱形の保護柱とが記載されている。しかし、錐形の保護柱の場合には、保護柱が対向面に押圧された場合には先端が潰れやすい。そのため、保護柱は、先端面を平坦面として荷重に耐えられるようにする必要がある。しかも、荷重に耐えられるようにするためには、保護柱の先端面はできるだけ面積の大きいことが好ましい。しかし、保護柱に反射防止構造は設けることはできないので、保護柱の先端面の面積を大きくすると、反射防止フィルムの光学性能が悪化する。また、保護柱の側面に傾斜を施すと、保護柱の基端面の面積が大きくなり、反射防止フィルムの反射防止構造のない領

域の面積がそれだけ大きくなる。一方、均一な断面を有する柱形の保護柱の場合には、反射防止フィルムを成形する際の離型性が悪くて保護柱が成型型から剥がれにくくなり、保護柱を高くすることが困難になる。そのため、当業者の間では、成形性に影響を与えない限度で、なるべく保護柱の側面を垂直に近づけて保護柱の無駄な面積を小さくしたいと考えられており、一般的には、側面が傾斜していて、かつ、円柱に近い円錐台形状の保護柱が用いられている。

[0011] (表面反射と裏面反射の反射率差)

ところが、反射防止フィルムの保護柱を円錐台形（側面が中心軸となす角度は約 20° ）にすると、図2Aに示すように光学突起16や保護柱15を設けた面（表面）に外光が入射する場合（以下、表面入射という。）に比べて、図2Cに示すように光学突起16や保護柱15を設けた面と反対面（裏面）に外光が入射する場合（以下、裏面入射という。）の反射防止効果が悪くなる。図2Bは外光を表面入射させた場合の反射防止フィルム表面の顕微鏡写真であり、図2Dは外光を裏面入射させた場合の反射防止フィルム裏面の顕微鏡写真である。これらの顕微鏡写真から分かるように、裏面入射の場合には、表面入射の場合と比較して各保護柱の箇所がかなり明るく光っている。特に、保護柱の側面が強く光るので、環状に光っている。数値で表すと、裏面入射の場合には、表面入射の場合と比較して反射防止フィルムの反射率が0.49%大きくなる。

[0012] この理由は、つぎの通りである。図3に示すように、円錐台状の保護柱15に光L1が裏面入射すると、入射した光L1は保護柱15の側面や先端面で複数回全反射することによって回帰反射する。その結果、裏面入射の場合には、反射防止フィルム14の反射率が高くなるという訳である。

[0013] このように保護柱を設けた従来の反射防止フィルムでは、裏面入射させる場合と表面入射させる場合とで光学特性が大きく異なる。そのため、たとえば液晶表示パネルの前面に貼って用いる場合（表面入射させる場合）と、カバーパネルの裏面に貼って用いる場合（裏面入射させる場合）とで反射率が

大きく異なり、ディスプレイ装置の設計上あるいは用途上不都合であり、使用しにくいという問題があった。

[0014] (押圧による干渉の発生)

また、図4 Aは、液晶表示パネルのような対向部材18に対向配置された反射防止フィルム14を表している。反射防止フィルム14は、フィルム基板17の表面に微細な光学突起16からなる反射防止構造とともに、光学突起16よりも高さの大きな、光学突起保護用の保護柱15を設けたものである。ただし、図4 Aにおいては光学突起16は図示を省略している。また、保護柱15の間隔Kは約50 μm である。

[0015] 図4 Aの向かって左側の保護柱15は、対向部材18から離れた状態のものを示している。一方、図4 Aの向かって右側の保護柱15は、反射防止フィルム14が押されて対向部材18との間で押し潰された状態のものを示している。反射防止フィルム14に保護柱15が設けられていると、保護柱15の先端面で反射した光（反射率4%）とフィルム基板17の下面で反射した光（反射率0.35%）の光が干渉を起こす。しかし、干渉は起こっていても、その視覚的影響については、干渉を起こす2つの光線の光強度とその2つの光線の距離差（光路差）が効いてくる。図4 Aの場合では、フィルム基板17の下面での光強度が0.35%という微弱な反射光と保護柱15の先端面での4%という反射光との間での、相当強度の異なる光線どうしの干渉であるので、干渉光の強度が目視的に確認できるレベルに達するには、相当距離差が短くなる必要がある。実験及び検討の結果、0.35%の反射光と4%の反射光との干渉が目視的に確認できるレベルに達するためには、光線の距離差が2 μm 程度まで短くなる必要のあることがわかった。

[0016] 図4 Aの左側の保護柱15では、保護柱15の高さが通常2 μm よりも大きいので、フィルム基板17の下面で反射した光と保護柱15の先端面で反射した光が干渉を起こしていても、それが目視できるレベルにまで達しない。これに対し、反射防止フィルム14がたとえば指などで押さえられ、図4 Aの右側の保護柱15のように押し潰されて高さが2 μm 以内になると、フ

ィルム基板 17 の下面で反射した光と保護柱 15 の先端面で反射した光との干渉が、目視できるレベルになる。こうして干渉が目視できるレベルに達すると、干渉による色（干渉色）が観察されるようになる。このため、図 4 B に示すように、押さえられていない領域では反射防止フィルム 14 は色づいておらず、押さえられた領域だけが干渉色のために色づいて見えるようになる。

[0017] 図 1 1 A は、円 R で示す領域を押さえたときの反射防止フィルムを示す写真である（円 R の直径は、成人の指の幅程度である。）。押さえた領域に発生する干渉色の色は薄いものである。しかし、干渉色自体は色の薄いものであっても、その周囲の干渉色が生じていない領域との間に生じる色の変化が目障りとなるので、視覚的な問題が生じる。

先行技術文献

特許文献

[0018] 特許文献1：特開 2002-122702 号公報

特許文献2：特開 2004-70164 号公報

特許文献3：特許第 4539759 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0019] 本発明は、上記のような技術的課題に鑑みてなされたものであって、その目的は、光学突起を保護するための凸部（保護柱）を備えた反射防止フィルムにおいて、裏面入射のときの保護柱による回帰反射を防止することである。また、本発明の別な目的は、光学突起を保護するための凸部（保護柱）を有する反射防止フィルムにおいて、押さえた領域に発生する干渉色と、干渉色の生じていない周囲の領域との間の色変化が目立たないようにすることである。

課題を解決するための手段

[0020] 本発明に係る反射防止フィルムは、フィルム基板と、前記フィルム基板の

表面に形成された複数の微細な光学突起からなる反射防止構造と、前記フィルム基板の表面に形成された、前記光学突起よりも高さの大きな複数の凸部とを備えた反射防止フィルムにおいて、前記凸部は、基端部側から先端部側へ向かうに従って前記フィルム基板の表面と平行な断面の断面積が次第に小さくなっており、前記凸部の基端における直径をD、前記凸部の高さをH、前記凸部の中心軸を通る断面において前記凸部の側面が前記凸部の中心軸となす角度を θ とすると、

$$D > 2H \times \tan(2\theta) \quad \dots (\text{条件1})$$

の関係を有することを特徴とする。

[0021] 本発明の反射防止フィルムは、上記条件1を満たしているので、凸部に裏面入射した光は元の方向へ向けて回帰反射せず、フィルム基盤内に導かれる。そのため、反射防止フィルムを裏面入射の形態で使用する場合でも凸部が光りにくくなり、反射防止フィルムの効果がより良好となる。その結果、光を反射防止フィルムに裏面入射させて用いる場合と表面入射させて用いる場合とで反射率の差が小さくなる。なお、必ずしもすべての凸部が条件1を満たしていることまでは要求されない。少なくとも一部の凸部が条件1を満たしているだけであっても、裏面入射の際の反射光を低減する効果がある。

[0022] 本発明に係る反射防止フィルムのある実施態様は、前記凸部の屈折率を n とすると、複数の前記凸部のうち少なくとも一つの凸部が、

$$\theta > 0.5 \times \arcsin(1/n) \quad \dots (\text{条件2})$$

の関係を満たしている。従来例においては、条件2を満たして裏面入射時に回帰反射を起こしていた。よって、このような条件2を満たす場合に条件1を適用することにより、裏面入射時の反射光を低減させることができる。

[0023] 本発明に係る反射防止フィルムの別な実施態様における前記凸部は、その高さ方向から見た寸法が $60\mu\text{m}$ よりも小さく、かつ、 $100\mu\text{m}$ 以上の間隔で配置されていることを特徴とする。

[0024] 本発明に係る反射防止フィルムのさらに別な実施態様では、前記凸部の高

さ方向から見た寸法は、特に40 μm 以下であることが望ましい。たとえば、略20 μm 程度であることが好ましい。

[0025] また、本発明に係る反射防止フィルムのさらに別な実施態様では、前記凸部の間隔は、200 μm 以上であることがより望ましい。

[0026] また、本発明に係る反射防止フィルムのさらに別な実施態様では、前記凸部が配置されている密度は、ほぼ1%であることが望ましい。

[0027] 本発明に係る反射防止フィルムのさらに別な実施態様においては、前記凸部の高さが、2 μm 以上であることが好ましい。凸部の高さが2 μm よりも小さいと、反射防止シートが押さえられていなくても、反射防止フィルムに対向する部材たとえば液晶パネルの表面との間に干渉縞が生じるためである。

[0028] さらに、前記凸部の単位面積あたりの密度は、1%以上であることが好ましい。反射防止構造を保護するための凸部は、一定の荷重量に耐えて反射防止フィルムを支えることができればならない。そのためには、反射防止フィルムの面積に対して少なくとも1%程度の面積は占めている必要がある。また、凸部の密度が小さくなると凸部間の領域が撓んで対向部材に接触する恐れがあるので、凸部どうしの間隔をあまり広げすぎないようにする必要があり、そのためにも保護柱は1%以上の密度が要求される。

[0029] また、本発明に係る反射防止フィルムのさらに別な実施態様においては、液晶パネルと重ねて用いる場合において、前記凸部の配列方向を前記液晶パネルの配列方向に対して傾けていてもよい。かかる実施態様によれば、反射防止フィルムにおける凸部の配列ピッチと液晶パネルの画素ピッチとがほぼ等しい場合でもモアレ縞が発生しにくくなるからである。

[0030] 本発明に係る反射防止フィルムのさらに別な実施態様においては、たとえば情報表示モジュールとカバーパネル又はタッチパネルモジュールとの間に配置することができる。これにより表示デバイスの画面が太陽光や照明光の反射で光って見えにくくなるのを防ぐことができる。

[0031] なお、本発明における前記課題を解決するための手段は、以上説明した構

成要素を適宜組み合せた特徴を有するものであり、本発明はかかる構成要素の組合せによる多くのバリエーションを可能とするものである。

図面の簡単な説明

[0032] [図1]図1 Aは、反射防止フィルムを設けていないディスプレイ装置の概略断面図である。図1 Bは、1枚の反射防止フィルムを用いたディスプレイ装置の概略断面図である。図1 Cは、2枚の反射防止フィルムを用いたディスプレイ装置の概略断面図である。

[図2]図2 Aは、反射防止フィルムに表面入射する光を示す図である。図2 Bは、光が表面入射している反射防止フィルムの表面側の様子を示す顕微鏡写真である。図2 Cは、反射防止フィルムに裏面入射する光を示す図である。図2 Dは、光が裏面入射している反射防止フィルムの裏面側の様子を示す顕微鏡写真である。

[図3]図3は、従来の反射防止フィルムにおいて、裏面反射のときに保護柱により回帰反射を生じる様子を示す模式図である。

[図4]図4 Aは、従来の反射防止フィルムにおいて、その一部が押さえられて対向部材との間で保護柱が押し潰された状態を示す概略図である。図4 Bは、図4 Aに対応する色度の変化を示す図である。

[図5]図5は、本発明の実施形態1による反射防止フィルムの一部を拡大して示す斜視図である。

[図6]図6は、1個の保護柱の中心軸を通る断面を示す概略図である。

[図7]図7は、保護柱の直径と保護柱による回帰反射の強さとの関係を示す図である。

[図8]図8は、湾曲した断面形状を有する保護柱の場合を説明する図である。

[図9]図9は、本発明の実施形態2による反射防止フィルムの一部を拡大して示す斜視図である。

[図10]図10 Aは、本発明の実施形態1の反射防止フィルムにおいて、その一部が押さえられて対向部材との間で保護柱が押圧された状態を示す概略図である。図10 Bは、図10 Aに対応する色度の変化を示す図である。

[図11]図11A、図11B及び図11Cは、保護柱の間隔をそれぞれ $50\mu\text{m}$ 、 $200\mu\text{m}$ 、 $500\mu\text{m}$ と変化した反射防止フィルムにおいて、その一部を押さえたときの様子を示す。

[図12]図12A、図12B及び図12Cは、保護柱の直径をそれぞれ $20\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $60\mu\text{m}$ と変化した反射防止フィルムにおいて、その一部を押さえたときの様子を示す。

[図13]図13A、図13B及び図13Cは、反射防止シートの用い方を説明する概略図である。

[図14]図14は、反射防止フィルムと画像表示パネルの配置を説明するための図である。

[図15]図15Aは、液晶パネルに対向する反射防止フィルムが撓んだ様子を示す図である。図15Bは、高さが $2\mu\text{m}$ 以上の保護柱を有する反射フィルムの場合を示す図である。

[図16]図16Aは、保護柱のない反射防止フィルムに生じた干渉縞（ニュートンリング）を示す図である。図16Bは、高さが $3\mu\text{m}$ の保護柱を有する反射防止フィルムを示す図である。

符号の説明

- [0033] 21、31、40 反射防止フィルム
 22 フィルム基板
 23 光学突起
 24 保護柱
 24a 保護柱の側面
 24b 保護柱の先端面
 42 画像表示パネル
 43 カバーパネル
 K 保護柱の間隔

発明を実施するための形態

- [0034] 以下、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態を説明する。但し

、本発明は以下の実施形態に限定されるものでなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々設計変更することができる。

[0035] (実施形態1)

図5は、本発明の実施形態1による反射防止フィルム21の一部を拡大して示す斜視図である。図6は、その凸部すなわち保護柱24の中心軸を通る断面を示す断面図である。図5に示すように、反射防止フィルム21は、透明なフィルム基板22の平滑な表面に、フィルム基板22と等しい屈折率を有する透明な光学突起23を密集させて多数形成したものである。また、フィルム基板22の表面には、フィルム基板22と等しい又はほぼ等しい屈折率を有する円錐台状の透明な保護柱24（密着防止用の凸部）が一定ピッチで配列されている。

[0036] フィルム基板22は、屈折率の高い透明樹脂、たとえばポリカーボネイト樹脂やアクリル樹脂などによって板状に成形されている。フィルム基板22は、硬質の樹脂基板でもよく、厚みの薄い柔軟なフィルム基板であってもよく、特に厚みは問わない。

[0037] 光学突起23はナノサイズの微小突起であって、円錐状や円錐台状、四角錐状などの形状を有している。また、光学突起23の形状は、回転楕円面の一部となってもよい。

[0038] 保護柱24は、底面の面積よりも先端面の面積が小さな円錐台状をしており、光学突起23よりも大きな高さを有している。保護柱24は、側面24aと先端面24bを有しており、先端面24bはフィルム基板22の表面と平行になっている。図6に実線矢印で示すように、この反射防止フィルム21に垂直に光L2が裏面入射した場合には、側面24aに当たった光L2は側面24aで全反射し、さらに先端面24bに入射して先端面24bで全反射した後、側面24aに再入射することなくフィルム基板22内に入り、フィルム基板22内を横方向へ導光していく。したがって、反射防止フィルム21に光が裏面入射しても保護柱24で光が回帰反射して元の方向へ戻らないので、保護柱24が光って見えにくくなる。この結果、表面入射の場合と

裏面入射の場合とで、同程度に反射光をカットする効果が得られる。

[0039] つぎに、裏面入射した光が図6のような挙動を示すための条件を明らかにする。最も回帰反射しやすい光は、保護柱24の端（図6のa点）に入射した光であるから、この光が回帰反射できなくなれば、側面24aで反射した光はいずれも回帰反射しなくなる。保護柱24の屈折率を n 、保護柱24の中心軸を通る断面において側面24aが中心軸となす角度を θ とすれば、保護柱24の端のa点に入射した光L3が、側面24aで全反射される条件は、

$$0^\circ < \theta < \arccos(1/n) \quad \dots (\text{条件3})$$

となる。a点で全反射した光L3は、先端面24bに入射するが、この光L3が先端面24bで全反射する条件は、

$$\theta > 0.5 \times \arcsin(1/n) \quad \dots (\text{条件4})$$

となる。また、b点が側面24a上になく先端面24bにあるための条件は、保護柱24の基端面の直径を D 、保護柱24の高さを H とすれば、

$$H \times \tan(2\theta) < D - H \times \tan(\theta) \quad \dots (\text{条件5})$$

となる。さらに、裏面入射した光L3が回帰反射しないためには、先端面24bで全反射した光が側面24aの端のc点よりも左側を通過できればよい。そのためには、

$$D > 2H \times \tan(2\theta) \quad \dots (\text{条件6})$$

を満たせばよい。

[0040] 上記のように裏面入射時に回帰反射を起こさないためには、上記条件3－条件6を満たせばよい。ここで、側面24aの中心軸となす角度 θ が 45° に近づくと、保護柱24の直径 D を非常に大きくしなければならないので（条件6を参照）、実際上は θ は 45° に比べて小さくしなければならない。そのため、一般的な屈折率 n の値であれば、当然に条件3は満たされる。また、条件6が満たされていれば、条件5も満たされる。よって、条件4と条件6を満たせばよいことが分かる。しかし、すべての保護柱24が条件4を満たさないのであれば、光は先端面24bを透過してしまって回帰反射しない

のであるから、もともと問題がない。したがって、少なくとも一部の保護柱 24 が条件 4 を満たしている場合に、本願発明の有用性がある。結局は、条件 6 を満たしていれば回帰反射によって保護柱 24 が光るのを防ぐことができることが分かる。

[0041] なお、すべての保護柱 24 が条件 6 を満たしていることが好ましいが、必ずしもすべての保護柱 24 が条件 6 を満たすことまで要求されない。少なくとも一部の保護柱 24 が条件 6 を満たしていれば、その限度で効果が得られる。

[0042] 反射防止フィルム 21 の成形時において、保護柱 24 の成形型からの外しやすさや欠けの生じにくさなどを考慮すれば、側面 24 a の角度 θ は 30° 以上 40° 以下が望ましく、特に 30° 以上 35° 以下が望ましい。よって、条件 6 を満たす保護柱 24 の例としては、たとえば高さ H を $3\ \mu\text{m}$ 程度、直径 D を $20\ \mu\text{m}$ 程度とすればよい。

[0043] 図 7 は、直径 D の異なる保護柱に光を裏面入射させたときの、それぞれの顕微鏡写真である。横軸方向は保護柱の直径 D を小さいものから大きなものへと並べたものであり、縦軸方向は反射光の小さなものから大きなものへと並べている。この測定の条件では、保護柱の高さ H を $3\ \mu\text{m}$ とし、側面 24 a の角度 θ を 30° とした。この数値例では、条件 6 から求めた直径 D の最小値は約 $10\ \mu\text{m}$ である。左から 2 つの直径 D が $3\ \mu\text{m}$ と $5\ \mu\text{m}$ のものが従来例であり、直径 D が $10\ \mu\text{m}$ のものが境界にある。また、直径 D が $21\ \mu\text{m}$ 、 $41\ \mu\text{m}$ 、 $61\ \mu\text{m}$ の右 3 つが本発明の実施例である。直径 D が $3\ \mu\text{m}$ 、 $5\ \mu\text{m}$ のものでは、回帰反射してかなり光っている。直径 D が $10\ \mu\text{m}$ のものでは、面精度などの関係で回帰反射光が残っている。直径 D が $21\ \mu\text{m}$ 以上のものでは、ほぼ回帰反射光は分からなくなっている。

[0044] (断面が湾曲した保護柱への拡張)

保護柱 24 の断面が湾曲している場合の条件 6 の適用について説明する。図 8 はこのような保護柱の一例として楕円形断面の保護柱 24 を表している。まず、保護柱 24 の底面から測った頂点 P の高さを H とするとき、その高

さ H の $1/2$ の高さにおける保護柱24の表面の点 $N1$ 、 $N2$ を考える。すなわち、頂点 P を通り底面に平行な水平面 T の、底面から測った高さを H とし、底面から $H/2$ の高さにおける保護柱24の表面上の点を $N1$ 、 $N2$ とする。ついで、保護柱24の中心軸を通る断面において点 $N1$ 、 $N2$ において保護柱表面に接する接線 $S1$ 、 $S2$ を求め、当該接線 $S1$ 、 $S2$ と底面との交点をそれぞれ $B1$ 、 $B2$ とし、接線 $S1$ 、 $S2$ と水平面 T との交点をそれぞれ $C1$ 、 $C2$ とする。このようにして各断面において定義された接線 $S1$ 、 $S2$ と水平面 T からなる台形状 $B1-N1-C1-P-C2-N2-B2$ によって定義される錐台形状が、条件6を適用するための形状となる。つまり、このような形状の保護柱24について条件6を適用する場合には、 $B1-B2$ 間の距離を直径 D とし、接線 $S1$ 、 $S2$ が中心軸となす角度を θ とすればよい。

[0045] (実施形態2)

つぎに、本発明の実施形態2による反射防止フィルム31を説明する。図9は、本発明の実施形態2による反射防止フィルム31の一部を拡大して示す斜視図である。反射防止フィルム31は、透明なフィルム基板22の平滑な表面に、フィルム基板22と等しい屈折率を有する透明な光学突起23を密集させて多数形成したものである。また、フィルム基板22の表面には、フィルム基板22と等しい又はほぼ等しい屈折率を有する円錐台状の透明な保護柱24（密着防止用の凸部）が一定ピッチで配列されている。

[0046] フィルム基板22は、屈折率の高い透明樹脂、たとえばポリカーボネイト樹脂やアクリル樹脂などによって板状に成形されている。フィルム基板22は、硬質の樹脂基板でもよく、厚みの薄い柔軟なフィルム基板であってもよく、特に厚みは問わない。

[0047] 光学突起23はナノサイズの微小突起であって、円錐状や円錐台状、四角錐状などの形状を有している。また、光学突起23の形状は、回転楕円面の一部となってもよい。

[0048] 保護柱24は、底面の面積よりも先端面の面積が小さな円錐台状をしてお

り、光学突起23よりも大きな高さを有している。保護柱24は、側面24aと先端面24bを有しており、先端面24bはフィルム基板22の表面と平行となっている。保護柱24は、基端面の直径Dが $60\mu\text{m}$ よりも小さくなっている。特に、保護柱24の直径Dは、この実施形態では $40\mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。また、保護柱24は、 $100\mu\text{m}$ 以上、好ましくは $200\mu\text{m}$ 以上の間隔Kをあけてフィルム基板22に配置されている。

[0049] 本発明の実施形態2による反射防止フィルム31では、従来例よりも保護柱24の間隔が大きくなっている。図11Aは従来例の反射防止フィルム14を示す写真であって、この反射防止フィルム14では保護柱15が $K=50\mu\text{m}$ の間隔で配置されている。図11B及び図11Cは、本発明の実施形態2の反射防止フィルム31を示す写真であって、それぞれ保護柱24が $K=200\mu\text{m}$ 、 $500\mu\text{m}$ の間隔で配置されている。また、いずれの保護柱15、24も、その直径Dは $100\mu\text{m}$ 以下である。図11A、図11B、図11Cでは、いずれも成人の指の幅程度の領域を押さえており、押えている領域は円Rで囲んで示している。図11Aの場合($K=50\mu\text{m}$)では、押さえた領域がうっすらと色づいていて周囲と区別できるが、図11Bの場合($K=200\mu\text{m}$)では、押さえた領域の色づきがかなり薄くなっていて周囲の色に溶け込んでおり、図11Cの場合($K=500\mu\text{m}$)では、押さえた領域でもほとんど色づきがなくなっている。

[0050] 図4と図10を比較しながら、この理由を説明する。図4Aは従来例の反射防止フィルム14の一部を押さえた状態を表しており、図4Bはそのときの反射防止フィルム14に沿った位置における色度(色づきの強度)を表している。図10Aは本発明の実施形態2の反射防止フィルム31の一部を押さえた状態を表しており、図10Bはそのときの反射防止フィルム31に沿った位置における色度を表している。人の肉眼による識別能力(分解能)は約 $100\mu\text{m}$ であるので、図4Aのように保護柱15の間隔が $100\mu\text{m}$ よりも短い場合には、保護柱15における色づきを個々に認識できず、対向部材18に押し付けられている領域全体が面状に色づいて見える。また、押さ

えた領域の縁の部分では、図4Bに示すように、色度が短い距離で急激に変化するため、色づいた領域の縁がくっきりとし、目立ちやすくなる。これに対し、図10Aのように保護柱24の間隔が $100\mu\text{m}$ 以上になると、個々の保護柱24を分離して認識できるので、保護柱24が対向部材32に押し付けられていても、色づいている部分の面積が小さく感じられる。また、押さえた領域の縁の部分では、図10Bに示すように、色度（色づきの強度）が緩やかに変化するため、色づいた領域の縁がぼんやりとし、目立ちにくくなる。

[0051] よって、理論的には、保護柱の間隔Kは $100\mu\text{m}$ 以上であればよい。しかし、高い品質を望む場合には、図11A－11Cを参照すれば、保護柱を配置する間隔Kは $200\mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。

[0052] 図12Aは、直径Dが $20\mu\text{m}$ の保護柱を $200\mu\text{m}$ の間隔で配置した反射防止フィルムを示す写真である。図12Bは、直径Dが $40\mu\text{m}$ の保護柱を $200\mu\text{m}$ の間隔で配置した反射防止フィルムを示す写真である。図12Cは、直径Dが $60\mu\text{m}$ の保護柱を $200\mu\text{m}$ の間隔で配置した反射防止フィルムを示す写真である。保護柱の直径を次第に大きくしていった場合、直径Dが $20\mu\text{m}$ や $40\mu\text{m}$ の場合には、図12A及び図12Bに示すように、保護柱は目立たない。しかし、保護柱の直径Dが $60\mu\text{m}$ になると、図12Cに示すように、保護柱によるぶつぶつ感がかなり顕著になる。よって、保護柱24の直径Dとしては、 $60\mu\text{m}$ よりも小さいことが望ましく、特に $40\mu\text{m}$ 以下ではほとんど保護柱24が目立たなくなる。

[0053] 以上より、保護柱24は、その間隔Kが $100\mu\text{m}$ 以上で、かつ、直径Dが $60\mu\text{m}$ よりも小さいことが望ましい。また、保護柱24の間隔Kは、特に $200\mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。保護柱24の直径Dは、強度が保持される限度で、小さければ小さいほどよく、特に $40\mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。また、保護柱24は、面積密度（フィルム基板のある面積に対する、その面積内に含まれる保護柱の面積の合計の百分率）がほぼ1%程度となるようにするとよい。

[0054] (ディスプレイ装置の構成)

図13A-図13Cは、本発明に係る反射防止フィルム40（たとえば反射防止フィルム21や反射防止フィルム31）を貼ったディスプレイ装置のいくつかの形態を表している。図13Aに示すディスプレイ装置41は、液晶表示パネル（LCD）や有機EL（OLED）などの画像表示パネル42の前面に、エアギャップ（空間）を介してカバーパネル43を重ねたものであり、カバーパネル43の裏面と画像表示パネル42の前面に反射防止フィルム40を貼っている。また、図13Bに示すディスプレイ装置44は、カバーパネル43の前面及び裏面と画像表示パネル42の前面に反射防止フィルム40を貼っている。図13Bのようにカバーパネル43の前面にも反射防止フィルム40を貼れば反射防止の効果は高くなるが、カバーパネル43の前面の反射防止フィルム40が使用者によって触れられるので、損傷したり汚れたりするおそれがある。図13Cに示すディスプレイ装置45は、カバーパネル43の裏面と画像表示パネル42の前面のうち一方にだけ反射防止フィルム40を貼っている。図13Cのように形態では、反射防止の効果は低くなるが、コストが下がるので、用途によっては有効である。なお、画像表示パネル42はモノクロ表示用のものであってもよく、カラー表示用のものであってもよい。カバーパネル43は、透明樹脂からなる均一な厚みの保護シートである。

[0055] 上記のように反射防止フィルム40を画像表示パネル42と組み合わせて用いる場合には、反射防止フィルム40における保護柱24の配列ピッチと、画像表示パネル42の画素ピッチとがほぼ同じになることがある。保護柱24の配列ピッチと画素ピッチがほぼ同じになると、ディスプレイ装置の画面にモアレ縞が発生することがある。

[0056] このように反射防止フィルム40の保護柱24と画像表示パネル42の画素が同じピッチ p 、 q で配列していてモアレ縞が発生する場合には、図14に示すように、反射防止フィルム40を画像表示パネル42に対して約90°回転させて、反射防止フィルム40におけるピッチ p の保護柱配列方向と

画像表示パネル42におけるピッチqの画素配列方向がほぼ平行で、かつ、反射防止フィルム40におけるピッチqの保護柱配列方向と画像表示パネル42におけるピッチpの画素配列方向がほぼ平行となるようにする。そしてさらに、図14のようにピッチp、qの異なる保護柱24の配列方向と画素配列方向が互いに平行とならないように、保護柱24の配列方向を画素の配列方向に対して少し傾けて用いるようにすればよい。なお、図14の画像表示パネル42では、赤色画素46r、緑色画素46g及び青色画素46bが一組で1つの画素を構成している。

[0057] また、画像表示パネル42にカバーパネル43が対向しているとき、カバーパネル43に反射防止フィルムが貼られていない場合には、カバーパネル43が押されてカバーパネル43と画像表示パネル42の隙間が $60\mu\text{m}$ くらいになると干渉縞（ニュートンリング）が発生する。図16Aは、カバーパネル43を指先で押さえて干渉縞が生じたものである。これに対し、図15Aのようにカバーパネル43の内面に反射防止フィルム40を貼っている場合には、隙間が $2\mu\text{m}$ 程度にならなければ干渉縞は発生しない。

[0058] 従って、図15Bのように高さが $2\mu\text{m}$ 以上の保護柱24、好ましくは $3\mu\text{m}$ 程度の高さの保護柱24を反射防止フィルム40に設けておけば、干渉縞の発生を防止することができる。図16Bは、高さが $3\mu\text{m}$ の保護柱24を有する反射防止フィルム40をカバーパネル43の裏面に貼ったものである。図16Bも、図16Aと同様に指で押さえたときの写真であるが、干渉縞は発生していない。よって、干渉縞を防止するためには、高さが $2\mu\text{m}$ 以上、好ましくは $3\mu\text{m}$ 程度の高さの保護柱24を反射防止フィルム40に設けることが有効である。また、保護柱24を設ける場合には、単位面積あたりで1%以上の密度で保護柱24を設けるのが有効である。保護柱24の密度が小さいと、保護柱24と保護柱24の中間領域が画像表示パネル42に密着するおそれがあるためである。

請求の範囲

- [請求項1] フィルム基板と、
 前記フィルム基板の表面に形成された複数の微細な光学突起からなる反射防止構造と、
 前記フィルム基板の表面に形成された、前記光学突起よりも高さの大きな複数の凸部とを備えた反射防止フィルムにおいて、
 前記凸部は、基端部側から先端部側へ向かうに従って前記フィルム基板の表面と平行な断面の断面積が次第に小さくなっており、
 前記凸部の基端における直径をD、前記凸部の高さをH、前記凸部の中心軸を通る断面において前記凸部の側面が前記凸部の中心軸となす角度を θ とするとき、
$$D > 2 H \times \tan (2 \theta)$$

 の関係を有することを特徴とする反射防止フィルム。
- [請求項2] 前記凸部の屈折率をnとするとき、複数の前記凸部のうち少なくとも一つの凸部が、
$$\theta > 0.5 \times \arcsin (1 / n)$$

 の関係を満たすことを特徴とする、請求項1に記載の反射防止フィルム。
- [請求項3] 前記凸部は、その高さ方向から見た寸法が $60 \mu\text{m}$ よりも小さく、かつ、 $100 \mu\text{m}$ 以上の間隔で配置されていることを特徴とする、請求項1に記載の反射防止フィルム。
- [請求項4] 前記凸部の高さ方向から見た前記寸法が、 $40 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする、請求項3に記載の反射防止フィルム。
- [請求項5] 前記凸部の高さ方向から見た前記寸法が、略 $20 \mu\text{m}$ であることを特徴とする、請求項4に記載の反射防止フィルム。
- [請求項6] 前記凸部の間隔が、 $200 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする、請求項3に記載の反射防止フィルム。
- [請求項7] 前記凸部の配置されている密度が、略1%であることを特徴とする

、請求項 3 に記載の反射防止フィルム。

[請求項 8] 前記凸部の高さが、 $2\ \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする、請求項 1 又は 3 に記載の反射防止フィルム。

[請求項 9] 前記凸部の単位面積あたりの密度が 1 % 以上であることを特徴とする、請求項 8 に記載の密着防止フィルム。

[請求項 10] 液晶パネルと重ねて用いる場合において、前記凸部の配列方向を前記液晶パネルの配列方向に対して傾けていることを特徴とする、請求項 1 又は 3 に記載の反射防止フィルム。

[請求項 11] 情報表示モジュールとカバーパネル又はタッチパネルモジュールとの間に配置されていることを特徴とする、請求項 1 又は 3 に記載の反射防止フィルム。