

明 細 書

発明の名称： 照明装置および植物栽培装置

技術分野

[0001] 本発明は、水耕栽培用の照明装置および植物栽培装置に関し、より詳細には、植物が植栽される栽培トレイ表面で反射した光を高効率で再度、その栽培トレイに向けて照射することができる照明装置およびその照明装置を備えた植物栽培装置に関する。

背景技術

[0002] 水耕栽培を行う室内は、比較的湿度が高く、湿度も高い。そういった環境下に照明装置が置かれると、照明装置の劣化が激しく、寿命が短くなるという問題がある。そこで、半導体発光素子(LED)を筐体内に収容し、その筐体の透明な窓部を通して光を照射する照明装置が提案されている（特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2010-284127号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記特許文献1の照明装置は、LEDを取り囲むように、回転放物面である反射面が形成された反射器を備えており、光が透明カバーから垂直方向に放出されるように、光の放出される方向を設定することができるようにしている。このため、比較的高い効率で植物に対して光を照射することができる。

[0005] しかしながら、照明装置からの光が、すべて植物へ照射されるわけではなく、栽培トレイ表面等にも照射される。栽培トレイは、ポリエチレンやポリ塩化ビニル等のプラスチック樹脂やセラミック等の材料から形成され、白色で光沢を有するものが採用される。栽培トレイが熱を吸収しないようにする

ためである。すると、栽培トレイ表面で照明装置から照射された光は反射することになるが、この反射光は、照明装置の筐体内を照射し、また、周囲へ放出される等して無駄になっていた。

[0006] また、光源として利用されるＬＥＤは高価であるため、出来るだけＬＥＤの数を減らすことが望まれていた。ＬＥＤ数を減少させることができれば、ＬＥＤを冷却するための冷媒の量も少なく済み、また、ＬＥＤへ供給する電力も少なく済みからである。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、上記課題に鑑み、複数の光源と、複数の光源を収納し、複数の光源が発した光を放出させるための透明な窓部を備える筐体と、筐体外部からの光を反射させるために窓部を覆うように取り付けられ、該各光源が発した光をそれぞれ放出させるための複数の穴が形成された反射部材とを含む、照明装置が提供される。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、光源から光が放出される部分を除き、反射部材により窓部が覆われるので、栽培トレイ表面で反射した光を高効率で再度、栽培トレイに植栽された植物へ向けて照射することができる。これにより、光源の数を減らしつつ所定光量の光を照射することができ、設備費用を削減することができる。また、ランニングコストも削減することができる。さらに、筐体内に複数の光源が収納されるので、光源の劣化を防止し、寿命を延ばすことができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の照明装置の構成例を示した図。

[図2]反射シートでの反射回数と、ＬＥＤが発した光量を１００％とした場合の植物へ向けて照射する光の光量との関係を示した図。

[図3]本発明の植物栽培装置の１つの構成例を示した図。

[図4]本発明の植物栽培装置の別の構成例を拡大して示した図。

[図5]植物栽培装置に用いることができる照明装置の別の構成例を示した図。

[図6]熱を取り除く手段を備えた照明装置の例として、水冷管を備えた照明装置の幅方向に沿って切断したところを示した断面図。

[図7]図6に示した照明装置の長手方向に沿って切断したところを示した断面図。

[図8]図6に示した照明装置が備えるLEDチップの取り付け部分を拡大して示した断面図。

[図9]図6に示した照明装置が備えるスペーサの組み合わせを説明するための分解平面図。

[図10]図6に示した照明装置の端部蓋材の正面図および側面図。

[図11]水冷管を備えた照明装置の別の構成例を示した断面図。

[図12]熱を取り除く手段を備えた照明装置の例として、放熱フィンを備えた照明装置の幅方向に沿って切断したところを示した断面図。

発明を実施するための形態

[0010] 図1を参照して、本発明の照明装置について詳細に説明するが、本発明は、図1に示した構成に限定されるものではない。照明装置10は、複数の光源11と、複数の光源11を収納し、複数の光源11が発した光を放出させるための透明な窓部を備える筐体12と、筐体12外部からの光を反射させるために窓部を覆うように取り付けられ、各光源11が発した光をそれぞれ放出させるための複数の穴13が形成された反射部材としての反射シート14とを含んで構成される。

[0011] 光源11としては、蛍光灯やLED等を用いることができる。なお、光源11としては、消費電力が少ないLEDが好ましい。光源11は、例えば、各々が赤、緑、青のいずれかの色の光を発する4つのLEDチップから構成することができる。光源11を構成する4つのLEDチップの色は、任意に選択することができる。この4つのLEDチップから構成された光源11は、1つの基板上に、図1(a)に示すように6つ配設することができる。なお、本発明は、これらの数に限定されるものではなく、LEDチップは4つ未満であってもよいし、5つ以上であってもよい。また、1つの基板上に、

5つ以下の光源11が配設されていてもよいし、7つ以上の光源11が配設されていてもよい。

[0012] なお、図1には示していないが、各色のLEDチップの照度を調節するための調光制御ボックスをさらに備えることができる。調光制御ボックスは、各色につき個別に照度を調節することもできるし、すべての色のLEDチップの照度を一律に調節することも可能である。

[0013] 光源11は、光を発する際、熱も同時に発生する。この熱は、植物へ伝導すると、植物の体内に蓄積され、熱障害を引き起こす。このため、発生した熱を取り除く必要がある。この照明装置10では、各光源11が放熱基板として機能する上記基板に実装され、この基板に冷却するための冷媒導管が接続されることにより熱を取り除いている。冷媒導管内には、冷媒が流され、基板を通して冷媒導管へ伝導した熱が冷媒に吸収される。基板としては、アルミニウム板や銅板等を採用することができる。冷媒としては、アンモニア、イソブタン、二酸化炭素、水等を用いることができる。これは熱を取り除く一例として挙げたものであり、筐体12内に送風する等、これ以外の構成を採用することができる。

[0014] また、光源11の周囲には、光源11が発した光を所定の方向へ放出することを可能にする反射器15が設けられる。反射器15は、光源11から離れるにつれて拡径する反射面を有している。反射面は、パラボラアンテナのように放物曲面を有するものであってもよい。反射器15は、反射面となる開口を設けたアクリル樹脂等に、アルミニウムや銀等の金属膜を蒸着したものをを用いることができる。

[0015] 図1(a)に示す実施形態では、6個の光源11が1つの基板に配設され、その基板の表面を覆うように反射器15が設けられており、この6つの光源11が配設された基板が筐体12内に16個収納されている。

[0016] 筐体12は、図1(b)に示すように、矩形の上板16と、上板16の各辺に連続する4枚の側板17と、窓部を構成する透明な下板18とから構成される箱状物である。6つの光源11が配設された基板は、上板16と下板

１８との間に挟まれるようにして配設され、上板１６上には、各色のＬＥＤチップの照度を調節するための調光制御ボックスが接続される端子台１９が設けられている。

[0017] 上板１６および側板１７は、照明装置１０に剛性を与えて変形を防止することができるものであれば、いずれの材質であってもよい。例えば、アルミニウム、ステンレス鋼、銅、チタン等の金属材料や、ＡＢＳ樹脂等のプラスチック材料を用いることができる。軽量で、コストの面で優れるアルミニウムやその合金が好ましく、腐食を防止するために表面にアルマイト加工したものがより好ましい。また、光の反射率を高め、光を有効利用する観点から、白色アルマイトでアルマイト加工したり、アルマイト加工した上にクリア塗装することが望ましい。

[0018] 下板１８は、光源１１が発した光を、効率良く透過するものであれば、いかなる材質のものであってもよい。例えば、ガラスを挙げることができ、そのほか、アクリル樹脂、ポリカーボネート、ポリエチレンテレフタレート等を挙げることができる。また、この下板１８の光源１１側には、光の反射を防止する反射防止膜が設けられていてもよい。

[0019] 下板１８の光源１１側を上側面とした場合、その反対側の下側面には、反射シート１４が貼付される。反射シート１４は、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ウレタン樹脂、アクリル樹脂等を主成分とする接着剤を使用して貼付することができる。この反射シート１４は、筐体１２外部から内部へ入射しようとする光を反射させる。その一方で、この反射シート１４は、各光源１１が発した光を、窓部を通して外部へ放出することができるように、基板と同じ矩形で、かつほぼ同じ面積にくり抜かれた穴１３が形成されている。

[0020] この穴１３は、図１（ａ）では、反射器１５が高い反射率をもっており、その面積もそれほど大きくないことから、２枚の連続する基板の表面が見えるように、反射シート１４をくり抜いて形成されている。しかしながら、本発明はこれに限られるものではなく、各光源１１とその周囲にある反射面のみが露出するように、個々に円形にくり抜いて形成されていてもよい。

- [0021] 照明装置 10 は、各光源 11 が発した光を、反射器 15 によって窓部を構成する下板 18 に対して垂直な方向へ放出し、その窓部の先にある植物へ向けて照射する。照射された光は、植物が光合成を行うためにその一部が使用される。その残りの光は、栽培トレイ表面に反射して照明装置 10 へ向けて戻る。なお、光源 11 からの光は、反射器 15 によって放出する方向が設定されるので、その残りの光の多くは、栽培トレイ表面に反射して照明装置 10 へ向けて戻る。
- [0022] 照明装置 10 へ向けて戻る光は、下板 18 に貼付された反射シート 14 により再度反射して、植物に照射される。これが繰り返されることにより、光を有効に利用することができる。これにより、光源の数を減らしつつ所定光量の光を照射することができ、設備費用を削減することができる。また、光源 11 の数が減れば、供給する電力量も減少し、供給する冷媒の量を減少させることができるので、ランニングコストも削減することができる。さらに、筐体 12 内に複数の光源 11 が収納されるので、光源の劣化を防止し、寿命を延ばすことができる。
- [0023] 反射シート 14 は、反射率が高いほうが好ましく、反射率が約 98% 以上のものを採用することができる。したがって、反射シートの材質は、一般に使用されている反射率約 98% の白 PET（ポリエチレンテレフタレート）とすることができる。また、反射シートの材質は、白 PET より軽量で、耐加水分解性が高く、耐候性に優れる主原料をポリプロピレンとしたものを採用することもできる。このポリプロピレン製の反射シートは、光の反射率が、白 PET より高い約 99% である点で好ましい。
- [0024] この反射シート 14 は、透明な下板 18 の下側面のみならず、栽培トレイ表面にも貼付されていることが好ましい。下板 18 に貼付された反射シート 14 に向けて適切に光を反射させることができ、光をより有効利用できるからである。また、光の一部は、側方の周囲に向けて漏れ出してしまう。そこで、側方には、反射板を設け、周囲へ光が漏れるのを防止することができる。

[0025] 筐体 1 2 内には、複数の光源 1 1 が収納されるが、筐体 1 2 内の湿度が上昇すると、光源 1 1 の劣化が激しく、寿命が短くなることから、出来るだけ筐体 1 2 内の湿度は低く保つことが望ましい。このため、筐体 1 2 内には、乾燥剤等の吸湿性を有する物質（吸湿剤）が封入されることが好ましい。吸湿剤としては、活性炭やシリカゲルを挙げることができるが、吸湿性を有する物質であればいかなる物質でも使用することができる。吸湿剤は、適宜取り替えることができ、加熱する等して再生することができる。

[0026] ここに、この反射シート 1 4 を貼付することで、どの程度光を有効利用できているかについて、シミュレーションを行った結果を示す。図 2 は、反射シート 1 4 を貼付したケースと、貼付しないケース場合における反射回数と光量（％）との関係を示した図である。反射シート 1 4 を貼付したケースは、下板 1 8 と栽培トレイ表面の両方に反射シート 1 4 を貼付したケース（caseA）と、下板 1 8 にのみ反射シート 1 4 を貼付したケース（caseB）の 2 つのケースでシミュレーションを行った。反射シートを貼付しないケースは、いずれにも反射シート 1 4 を貼付しないケース（caseC）でシミュレーションを行った。

[0027] 反射回数は、下板 1 8 に貼付された反射シート 1 4 で反射した回数を示し、光量（％）は、光源 1 1 が発した光の光量を 1 0 0％とした場合の各反射回数における光量を百分率で表した値である。すなわち、光源 1 1 が発した光の光量 1 0 0％と、反射光の光量％とを加えた値である。

[0028] なお、このシミュレーションでは、植物が吸収する光量の割合を 2 0％、反射シート 1 4 の反射率を 9 9％、栽培トレイ表面の反射率を 8 0％、反射シート 1 4 を貼付しない場合に反射器 1 5 等により光が反射する際の反射率を 5 0％とした。栽培トレイは、光沢のある白色の塩化ビニル製のトレイであり、筐体 1 2 は、上板 1 6 および側板 1 7 がアルミニウム板で、下板 1 8 が透明なガラス板である。

[0029] caseCでは、図 2 のバツ印で示されるように、反射回数が 5 回程度で、光量がほぼ一定の約 1 5 0％となり、平衡状態となった。光源 1 1 が発し

た光の光量が100%であるから、残りの約50%が栽培トレイ表面で反射した光に基づく光量である。現実には、周囲への光の漏れがあるので、150%より低くなると考えられる。この周囲への光の漏れがあることは、その他のケースでも同様である。

[0030] case Bでは、図2の三角印で示されるように、反射回数がcase Cの約2倍の10回程度で、光量がほぼ一定の約270%となり、平衡状態に達した。このcase Bの光量約270%は、case Cの光量約150%の約2倍であることから、下板18にのみ反射シート14を貼付するのみで、約2倍の光量を得ることができ、case Cと同じ光量であればよいものとする、光源11の数を約半分に削減することができる。

[0031] case Aでは、反射回数が14回でも平衡状態には達しない。また、その反射回数が14回における光量は約450%で、case Cの約3倍である。このことから、反射シート14を栽培トレイ表面にも貼付することにより、大幅に光量を増加させることができ、その結果、同じ光量を得るために必要とされる光源11の数を大幅に削減することができる。すなわち、case Cと同じ光量であればよいものとする、光源11の数を約1/3の数に削減することができる。

[0032] これまで、水耕栽培用の照明装置10について説明してきたが、本発明は、この照明装置10を備える植物栽培装置20を提供することも可能である。植物栽培装置20は、図1に示した照明装置10のほか、養液が流される1以上の樋状部材21、1以上の樋状部材21上に互いに隣接して載置される栽培トレイ22、1以上の樋状部材21を長手方向に傾斜させて設置するとともに、照明装置10が取り付けられる栽培棚23を備える。また、植物栽培装置20は、各樋状部材21内へ養液を供給する養液供給手段としての循環ポンプ24、養液を貯留する貯留槽としての養液タンク25、養液内へ空気を送り込むガス供給手段としてのエアープンプ26を備える。

[0033] 樋状部材21は、例えば、市販の雨樋とされ、約1%の勾配を有するように設置される。このため、樋状部材21の一端の高い側へ循環ポンプ24に

より養液を供給すると、その養液は、樋状部材 21 の内側面に沿って他端の低い側へ向けて流れる。樋状部材 21 の他端には、余剰の養液を排出するための排出口が設けられていて、その排出口の下方には、集液器が設けられ、その集液器に集められた養液は、養液タンク 25 に戻される。また、樋状部材 21 は、複数が平行に並ぶように設置される。

[0034] 栽培トレイ 22 は、平行に並ぶ複数の樋状部材 21 上に、これら複数の樋状部材 21 に跨るように載置される。また、栽培トレイ 22 は、一定の間隔で植物を植栽するための穴が設けられ、種が時かれたスポンジがその穴に嵌め込まれる。栽培トレイ 22 上には、植物の葉が拡がり、栽培トレイ 22 の下側には、植物の根が拡がる。この根は、樋状部材 21 内に収容され、根の先端は、樋状部材 21 の内側面に沿って流れる養液に浸漬される。

[0035] 植物は、根の先端から養液中の養分および水分を吸収し、体内に取り込み、葉が光を吸収して光合成を行い、成長する。養液は、水、酸素のほか、植物の成長に必要なとされる窒素、リン酸、カリウム、カルシウム等が含まれる。

[0036] 照明装置 10 は、栽培トレイ 22 の上部に取り付けられる。照明装置 10 は、窓部を構成する下板に反射シート 14 が貼付されていて、栽培トレイ 22 の表面にも反射シートが貼付されていることが望ましい。また、栽培棚 23 の側方は、図 3 では開放されているが、光を有効利用する点において、反射板で閉鎖するほうが望ましい。

[0037] 反射板は、樋状部材 21 の長手方向に向けて互いに隣接して載置される複数の栽培トレイ 22 の各々に植栽された複数の植物の側方を閉鎖して、上部の照明装置 10 からの光や複数の栽培トレイ 22 の表面で反射した光が周囲に漏れ出ないようにするとともに、植物へ向けて再び照射することができるように反射させる反射面を有する。

[0038] 例えば、図 4 に示すように、照明装置 10 の下板 18 に貼付される反射シート 14 の反射面に対向する栽培トレイ 22 の表面に反射シート 27 を貼付し、栽培トレイ 22 に植栽された植物の側方を閉鎖するように反射板 28 を

配設することができる。反射板 28 は、木、プラスチック樹脂、セラミック等の板状物に、反射シート 14 を貼付したものをを用いることができ、栽培棚 23 にボルトやナット等の締結手段を用いて配設することができる。

[0039] 植物栽培装置 20 は、室内に設置され、室内の温度を一定に保持するために空気を循環する空気循環手段としての循環ファンを備えることができる。また、養液の蒸発や植物の呼吸等により室内の湿度が高くなるので、湿度を一定に調整するべく、湿度調整手段としての除湿装置を備えることができる。さらに、外気を取り入れ、室外へ内部の空気を排出するために換気手段としての換気扇や、外気を取り入れる際、空気中を浮遊する菌やゴミ等を除去する浮遊物除去手段としてのフイルタ等をさらに備えることができる。

[0040] また、植物栽培装置 20 は、樋状部材 21 上に載置する複数の栽培トレイ 22 を、植物の成長に応じ、収穫時期が近いものから順に並べて配置することができる。これにより、一方の側の収穫時期が到来した栽培トレイを収穫場所へ移送し、他方の側に新たな栽培トレイを追加することができる、連続した収穫を実現することができる。

[0041] このように並べて載置する場合、植物の成長に応じて光源 11 の数を変えることが望ましい。植物は、成長段階によって必要とする光量が異なるからである。すなわち、葉が生い茂り、収穫時期に近い植物は、光量を多く、芽が出たで、まだ葉が小さい植物は、光量を少なくすることが望ましい。このように適切な光量にすることで、結果的に光源 11 の数を減らし、装置コストおよび運転コストを下げることができる。

[0042] 例えば、樋状部材 21 の長手方向に 3 つの領域に分け、まだ葉が小さい植物を植栽した栽培トレイが載置される一方の側の領域については、図 1 (a) に示すような光源 11 の数が少ない照明装置 10 を、ある程度成長した植物を植栽した栽培トレイが載置される中央の領域には、図 5 (a) に示すような光源 11 の数が、図 1 (a) よりも多い照明装置 10 を取り付けることができる。

[0043] また、収穫時期が近い、葉が生い茂った植物を植栽した栽培トレイが載置

される他方の側の領域については、図5（b）に示すような、図5（a）よりも光源11が多い照明装置10を取り付けることができる。図5に示す光源11の配置は、一例を示したものであり、これ以外の配置であってもよい。また、光源11の数は、図1（a）、図5（a）、図5（b）の順に多くなっていけば、これらに示した数より多くても、少なくてもよい。さらに、光源11の数を増減するのではなく、すべてを同じ光源11の数とし、1つの光源11が発する光量を調節してもよい。

[0044] 樋状部材21の長手方向に分ける領域数は、上記の3つに限られるものではなく、2つであってもよいし、4つ以上であってもよい。なお、4つ以上に細かく分けることで、植物に対して細かな光量制御が可能となる。

[0045] 本発明の照明装置は、上述したように、光源11により発生した熱を取り除くための放熱基板や冷媒導管等の手段を備えることができる。このような熱を取り除くための手段を備えた照明装置の例として、水冷管を備えた照明装置、放熱フィンを備えた照明装置を挙げることができる。図6～図12を参照して、これらの照明装置の詳細な構成について説明する。まず、図6～図10を参照して、冷却管を備えた照明装置について説明する。

[0046] 図6は、冷却管を備えた照明装置の幅方向に沿って切断したところを示した断面図である。図7は、その照明装置の幅方向に対して垂直な長手方向に沿って切断したところを示した断面図である。この照明装置は、略矩形の冷却パネル30を備える。この冷却パネル30は、平板状の放熱基板31と、放熱基板31の幅方向中央部の上面に、その長手方向に延びるように一体に設けられた中空部32とから構成される。

[0047] 冷却パネル30は、例えば、アルミニウムや銅等の熱伝導率が高い金属材料を用い、押出成形により製造される。中空部32内には、アルミニウムや銅等の熱伝導率が高い金属材料により製造された通水管33が挿通され、その通水管33は、拡管することにより中空部32内に固定される。通水管33内には、水等の冷却用流体が流通される。冷却用流体としては、水のほか、空気や二酸化炭素等のガス、エチレングリコールやプロピレングリコール

等を主成分としたブライン等を用いることができる。

[0048] また、この照明装置は、冷却パネル30の下面に、2列に配列するように取り付けられた複数のLED発光ユニット34を備える。以下、下面は、中空部32が突出していない側の面で、上面は、その下面の裏側の面として説明する。LED発光ユニット34は、光源11としての複数のLEDチップ35と、各LEDチップ35を取り囲むように取り付けられた鏡面反射部36aを有する二次リフレクタ36とを備える。LED発光ユニット34は、2列に限定されるものではなく、1列であってもよいし、3列以上であってもよい。

[0049] 複数のLEDチップ35は、絶縁層を介することなく、冷却パネル30の下面、すなわち放熱基板31の下面に直接接合される。接合には、熱伝導率が高いシリコン系接着剤や銀ペースト等を用いることができる。放熱基板31は、通水管33内を流れる冷却水により吸熱されて冷却される。このため、LEDチップ35から発生した熱は、速やかに放熱基板31へ吸熱され、LEDチップ35の発熱は抑制される。

[0050] LEDチップ35としては、例えば、サファイヤ基板上に窒化ガリウム系の発光部を形成したLEDチップを用いることができる。本発明では、LEDチップ35は、植物の光合成反応に最も利用効率が高い、ピーク波長が660nmの赤色光のものが好ましい。

[0051] また、この照明装置は、冷却パネル30の周縁寄り部分、すなわち冷却パネル30の平板状の放熱基板31の幅方向の両側縁寄り部分および長手方向の両側縁寄り部分の下面に、一次シール材37を介して接合されるスペーサ38を備える。スペーサ38は、例えば、熱伝導率が高いアルミニウムや銅等の金属材料を押出成形により製造される。一次シール材37は、例えば、接着シールテープ等とされる。

[0052] この照明装置は、冷却パネル30のLEDチップが取り付けられるLEDチップ取付面に対向するように配置される透明な透光板39を備える。透光板39は、その周縁寄り部分、すなわち透光板39の幅方向の両側縁寄り部

分および長手方向の両側縁寄り部分の上面に、一次シール材 37 を介してスペーサ 38 に接合される。透光板 39 は、透明な矩形の板状物であればいかなるものであってもよく、例えば、ガラス板、ポリカーボネート樹脂等からなる合成樹脂板を用いることができる。

[0053] また、この照明装置は、透光板 39 等の下面に、反射部材としての反射シート 40 が貼付される。反射シート 40 は、上記と同様、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ウレタン樹脂、アクリル樹脂等を主成分とする接着剤を使用して貼付することができる。反射シート 40 は、照明装置の外部から内部へ入射しようとする光を反射させる。その一方で、この反射シート 40 は、各 LED チップ 35 が発した光を、透光板 39 を通して外部へ放出することができるように、透光板 39 と同じ矩形で、二次リフレクタ 36 により形成された光を出射するための拡径された光出射口の面積とほぼ同じ面積にくり抜かれた穴 41 が形成されている。

[0054] 反射シート 40 は、反射率が高いほうが好ましく、反射率が約 98% 以上のものを採用することができ、反射シートの材質としては、一般に使用されている反射率約 98% の白 PET とすることができる。また、反射シート 40 は、白 PET より軽量で、耐加水分解性が高く、耐候性に優れる主原料をポリプロピレンとしたものを採用することもできる。このポリプロピレン製の反射シートは、光の反射率が、白 PET より高い約 99% である点で好ましい。

[0055] したがって、この実施形態では、筐体 12 は、複数の光源 11 が取り付けられる冷却パネル 30 と、複数の光源 11 の周囲を取り囲むように設けられ、冷却パネル 30 に一次シール材 37 を介して接合されるスペーサ 38 と、冷却パネル 30 に取り付けられる複数の光源 11 の取り付け面、すなわち放熱基板 31 の下面に対向して配置され、スペーサ 38 に一次シール材 37 を介して接合される透明な透光板 39 とを含み、複数の光源 11 を密閉する構造とされる。

[0056] 図 8 に示す断面図を参照して、LED チップ 35 の取り付け部分の詳細に

ついて説明する。LEDチップ35は、放熱基板31上に直接実装するチップオンボード(COB)を用いて、発生した熱を背面に効率的に伝える構造とされる。

[0057] LED発光ユニット34は、以下のように形成される。放熱基板31の表面に絶縁層50が、接着層51を介して積層される。その絶縁層50上に配線パターンに形成された銅箔からなる配線部52を積層して配線板53が形成される。この配線板53に、逆テーパ状のLED取付孔54が所定間隔で所定数穿設され、各LED取付孔54の内周面に、白色高反射面を有する環状の一次リフレクタ55が設けられる。

[0058] 次に、各LED取付孔54の底部、すなわち放熱基板31上にLEDチップ35が接合される。そして、LEDチップ35と配線部52とを電氣的に接続するためにボンディングワイヤ56が設けられる。ボンディングワイヤ56は、金、アルミニウムや銅等により形成された導線である。最後に、LED取付孔54内には、LEDチップ35およびボンディングワイヤ56を覆うように、透明な封止樹脂57が充填され、これらが封止される。なお、透明な封止樹脂57としては、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、シリコン樹脂等を用いることができる。

[0059] このようにして形成されたLED発光ユニット34は、放熱基板31の平坦面を何ら加工することなく配線板53を形成することができるため、製造工程が簡単で、生産性が良い。また、放熱基板31に凹所や突出部を形成するための加工が不要であるため、既存の各種金属板を利用することができ、LEDチップ35の接合性も良い。なお、配線板53の厚さをLEDチップ35の厚さよりも薄くすることにより、光を効率良く下方へ取り出すことができるので好ましい。

[0060] 再び図7を参照して、LED発光ユニット34は、冷却パネル30の下面、すなわち放熱基板31の下面に、例えばビス58を用いて取り付けられる。

[0061] スペーサ38は、図9に示すような8つの部材から構成され、これらの部

材を用いて組み立てられる。8つの部材は、断面が略矩形に形成された中空の2本の縦材38aと2本の横材38bと4つのコーナー部材38cとから構成される。スペーサ38は、2本の縦材38aと2本の横材38bとが矩形となるように組み、4つの合成樹脂製のコーナー部材38cによりコーナー部分で接続される。各コーナー部材38cは、2本の縦材38aの一方が差し込まれる第1差し込み部と、2本の横材38bの一方が差し込まれる第2差し込み部と、第1差し込み部と第2差し込み部とを連結する略90°に曲がる中間連結部とから構成される。

[0062] 4つのコーナー部材38cの各差し込み部に各縦材38aおよび各横材38bが差し込まれて形成されたスペーサ38は、その上面に一次シール材37を介して冷却パネル30が、その下面に一次シール材37を介して透光板39が接合される。照明装置内にスペーサ38を配置した場合にLED発光ユニット34に対向するそのスペーサ38の内側壁部には、複数の通気用貫通孔が設けられる。スペーサ38内の中空部分には、活性炭、シリカゲル、モレキュラーシーブ等の吸湿材が充填される。

[0063] 再び図6および図7を参照して、スペーサ38の外側には、冷却パネル30と透光板39との間に形成された空隙部に二次シール材60がスペーサ38の全周にわたって充填される。スペーサ38の外側壁部の上下縁部には、面取り凹部38dが全長にわたって設けられていて、二次シール材60の上下縁部の内方凸部60aと嵌合するようになっている。

[0064] 冷却パネル30と透光板39の幅方向の両側縁部、およびこれらの間に充填された二次シール材60には、被せて嵌めるための溝形状の枠部材61が取り付けられる。枠部材61は、上壁部61aと、下壁部61bと、これらを繋ぐ垂直壁部61cとから構成され、その断面形状が略コの字形とされている。垂直壁部61cの鉛直方向中央部には、断面形状が略C字形のビスねじ込み用内方凸条61dが枠部材61の全長にわたって設けられている。

[0065] 枠部材61の上壁部61aの内側縁部には、断面形状が円弧状の下方係合凸部61eが枠部材61の全長にわたって設けられている。これに対応して

、冷却パネル３０の放熱基板３１の幅方向両側縁部が薄肉とされ、これらの薄肉の両側縁部の各上面に、断面形状が円弧状の嵌合凹部３１ａが設けられていて、これらの嵌合凹部３１ａに下方係合凸部６１ｅが嵌め込まれることにより、枠部材６１によって冷却パネル３０と透光板３９と二次シール材６０とが固定される。

[0066] 枠部材６１を被せるように嵌め込むためには、二次シール材６０が軟らかい状態であることが望ましい。このとき、枠部材６１の垂直壁部６１ｃに設けられているビスねじ込み用内方凸条６１ｄが、軟らかい状態の二次シール材６０に押し込まれ、これによって二次シール材６０が、垂直壁部６１ｃとスペーサ３８とで挟圧されて、二次シール材６０の鉛直方向の中央部分が変形する。また、二次シール材６０の鉛直方向両側縁部に内方凸部６０ａが形成され、これら内方凸部６０ａがスペーサ３８の面取り凹部３８ｄに入り込む。その後、二次シール材６０が硬化することにより、より一層確実なシールが実現される。

[0067] この照明装置は、図７および図１０（ａ）、（ｂ）に示すように、冷却パネル３０および透光板３９の長手方向の両端部に、二次シール材６０を覆うように配置される断面形状が略Ｌ字形の蓋材６２を備える。蓋材６２は、垂直壁部６２ａと、この下端部に連続する水平部６２ｂとから構成される。垂直壁部６２ａの両端寄り部分には、タッピンねじ挿通用貫通孔６２ｃが設けられる。

[0068] 蓋材６２は、水平部６２ｂを外側にして、長手方向の両端部の二次シール材６０を覆うように配置され、タッピンねじ挿通用貫通孔６２ｃにタッピンねじを挿入し、枠部材６１に設けられた断面形状が略Ｃ字形のビスねじ込み用内方凸条６１ｄにねじ込まれることにより、蓋材６２が連結される。

[0069] この蓋材６２の取り付けも、二次シール材６０が軟らかい状態で行うことが望ましい。すなわち、蓋材６２とスペーサ３８とによって、二次シール材６０が挟圧されることにより、二次シール材６０が変形して、二次シール材６０の上下両側縁部に内方凸部６０ａが形成され、これら内方凸部６０ａが

スパーサ 38 の面取り凹部 38 d に入り込み、その後、二次シール材 60 が硬化することにより、より一層確実なシールを実現することができる。

[0070] 水冷管を備えた照明装置としては、図 11 に示すように、冷却パネル 30 の上面に、断面形状が略 C 字形の嵌合部 70 を一体に設け、その嵌合部 70 に通水管 33 を圧入することにより取り付けられた構成のものを採用してもよい。

[0071] 図 6 や図 11 に示した照明装置では、放熱基板 31 と一体に設けられた中空部 32 や嵌合部 70 に通水管 33 を固定した水冷式の装置としたが、熱を取り除くためには空冷式の装置であってもよい。図 12 は、空冷式の装置として、放熱基板 31 と一体に設けられた放熱フィン 80 を備える照明装置の幅方向に沿って切断したところを示した断面図である。

[0072] 放熱フィン 80 を備えた照明装置は、冷却パネル 30 が、平板状の放熱基板 31 と、放熱基板 31 の片側の面、ここでは上面に対して垂直に延びる平板状の複数のフィン 80 a とにより構成される。複数のフィン 80 a は、一定間隔で配列するように設けられる。フィン 80 a は、放熱基板 31 に接合する部分を末端とした場合に、先端から末端まで同じ厚さであってもよいし、所定のフィン強度を得るために先端から末端にいくにつれてその厚さが厚くなるように形成することもできる。複数のフィン 80 a を備えた冷却パネル 30 は、熱伝導率が高いアルミニウムや銅等の金属材料を用い、押出成形により製造される。

[0073] 空気は、一定間隔で配列する複数のフィン 80 a 間の通風間隙内を通過し、この空気に接触する複数のフィン 80 a が冷却され、これに伴い、複数のフィン 80 a に連続する放熱基板 31 が冷却される。このため、LED チップ 35 により発生した熱は、速やかに放熱基板 31 へ吸熱され、LED チップ 35 の発熱は抑制される。

[0074] ここでは、フィン 80 a を平板状のものとしているが、フィン 80 a は、棒状のものであってもよい。なお、フィン 80 a は、適切に空気が流れるように、適切な間隔で設けられ、適切に LED チップ 35 の発熱を抑制できる

ように、適切な厚さや長さとされる。

[0075] この照明装置は、複数のフィン80aを覆うカバー81をさらに備えることができる。カバー81は、複数のフィン80aへの塵や汚れ等の付着を抑制するために設けられる。このカバー81は、図示しないねじ等により冷却パネル30に固定される。このカバー81も、熱伝導率が高いアルミニウムや銅等の金属材料を用い、押出成形により製造することができる。

[0076] なお、その他の構成については、図6～図10に例示した水冷管を備えた照明装置と同様の構成とすることができる。

[0077] 図6～図12に例示した熱を取り除くための手段を備えた照明装置は、LED発光ユニット34を、冷却パネル30、スペーサ38、透光板39等により密閉した構造であるため、LED発光ユニット34が備えるLED素子や電子回路を守り、植物栽培装置等の高湿度の使用環境に対しても高い耐久性を有する。また、反射シート40が貼付されているので、栽培トレイ表面で反射した光を高効率で再度、栽培トレイに植栽された植物へ向けて多重反射させることができる。さらに、植物に向けて多重反射させる際に発生する栽培空間の温度上昇を、上記手段によって熱を取り除くことにより抑制することができる。

[0078] その結果、光源の劣化を防止してその寿命を延ばすことができ、光源の数を減らすことができ、光源と植物との間に余分な離隔が不要となって栽培空間をコンパクトにすることができる。また、設備費用やランニングコストを削減することができる。特に、光源の耐久性を高め、栽培空間をコンパクトにすることができるため、植物工場の経済的な適用範囲を広げることが可能となる。

[0079] これまで本発明の照明装置およびその照明装置を備えた植物栽培装置を上記した実施形態をもって詳細に説明してきたが、本発明は、上記した実施形態に限定されるものではなく、他の実施形態や、追加、変更、削除など、当業者が想到することができる範囲内で変更することができ、いずれの態様においても本発明の作用・効果を奏する限り、本発明の範囲に含まれるもので

ある。

符号の説明

[0080] 10…照明装置、11…光源、12…筐体、13…穴、14…反射シート、15…反射器、16…上板、17…側板、18…下板、19…端子台、20…植物栽培装置、21…樋状部材、22…栽培トレイ、23…栽培棚、24…循環ポンプ、25…養液タンク、26…エアーポンプ、27…反射シート、28…反射板、30…冷却パネル、31…放熱基板、31a…嵌合凸部、32…中空部、33…通水管、34…LED発光ユニット、35…LEDチップ、36…二次リフレクタ、36a…鏡面反射部、37…一次シール材、38…スペーサ、38a…縦材、38b…横材、38c…コーナー部材、38d…面取り凹部、39…透光板、40…反射シート、41…穴、50…絶縁層、51…接着層、52…配線部、53…配線板、54…LED取付孔、55…一次リフレクタ、56…ボンディングワイヤ、57…封止樹脂、58…ビス、60…二次シール材、60a…内方凸部、61…枠部材、61a…上壁部、61b…下壁部、61c…垂直壁部、61d…ビスねじ込み用内方凸条、61e…下方係合凸部、62…蓋材、62a…垂直壁部、62b…水平部、62c…タッピンねじ挿通用貫通孔、70…嵌合部、80…放熱フィン、80a…フィン、81…カバー

請求の範囲

- [請求項1] 複数の光源と、
前記複数の光源を収納し、前記複数の光源が発した光を放出させるための透明な窓部を備える筐体と、
前記筐体外部からの光を反射させるために前記窓部を覆うように取り付けられ、各前記光源が発した光をそれぞれ放出させるための複数の穴が形成された反射部材とを含む、照明装置。
- [請求項2] 前記反射部材は、前記窓部に貼付される反射シートであり、前記反射シートの反射率は、98%以上である、請求項1に記載の照明装置。
- [請求項3] 前記筐体内に吸湿性を有する物質が封入される、請求項1または2に記載の照明装置。
- [請求項4] 前記筐体は、前記複数の光源が取り付けられる冷却パネルと、前記複数の光源の周囲を取り囲むように設けられ、前記冷却パネルにシール材を介して接合されるスペーサと、前記冷却パネルに取り付けられる前記複数の光源の取り付け面に対向して配置され、前記スペーサにシール材を介して接合される透明な透光板とを含み、前記光源を密閉する、請求項1～3のいずれか1項に記載の照明装置。
- [請求項5] 前記冷却パネルは、前記複数の光源の取り付け面の裏側に中空部を備え、前記中空部内を流通する冷却用流体により冷却される、請求項4に記載の照明装置。
- [請求項6] 前記中空部に挿通される前記冷却用流体を流通させるための通水管を備える、請求項5に記載の照明装置。
- [請求項7] 前記冷却パネルは、前記複数の光源の取り付け面の裏側に嵌合部を備え、冷却用流体を流通させるための通水管が、前記嵌合部に圧入することにより取り付けられる、請求項4に記載の照明装置。
- [請求項8] 前記冷却パネルは、前記複数の光源の取り付け面の裏側に一定間隔で配列するように設けられる複数のフィンからなる放熱フィンを備え

る、請求項 4 に記載の照明装置。

[請求項9] 1 以上の樋状部材と、前記 1 以上の樋状部材を長手方向に傾斜させて設置する栽培棚と、前記 1 以上の樋状部材上に互いに隣接して載置される複数の栽培トレイと、各前記樋状部材内に養液を供給する養液供給手段と、前記複数の栽培トレイの上部に配設され、前記複数の栽培トレイに植栽された植物に光を照射する、請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の照明装置とを含む、植物栽培装置。

[請求項10] 前記植物栽培装置は、前記複数の栽培トレイに植栽された複数の前記植物の側方を閉鎖するように配設され、前記照明装置からの光および前記複数の栽培トレイの表面で反射した光を反射させる反射面を有する反射板を備える、請求項 9 に記載の植物栽培装置。

[請求項11] 前記複数の栽培トレイは、前記植物が前記 1 以上の樋状部材の長手方向に向けて成長するように順に載置され、前記樋状部材は、前記長手方向に少なくとも 2 つの領域に分けられ、前記照明装置は、各前記領域につき、前記植物の成長に応じて決定された異なる数の光源を備える少なくとも 2 つの照明装置から構成される、請求項 9 または 10 に記載の植物栽培装置。

[請求項12] 前記養液中に酸素を供給するガス供給手段をさらに含む、請求項 9 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の植物栽培装置。

[請求項13] 前記植物栽培装置は、室内に設置され、前記室内の空気を循環するための空気循環手段と、前記室内の湿度を調整するための湿度調整手段と、前記室内に浮遊する浮遊物を除去するための浮遊物除去手段とをさらに含む、請求項 9 ～ 12 のいずれか 1 項に記載の植物栽培装置。