

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6953461号  
(P6953461)

(45) 発行日 令和3年10月27日 (2021. 10. 27)

(24) 登録日 令和3年10月1日 (2021. 10. 1)

(51) Int. Cl.	F I
<b>A O 1 G 7/00 (2006. 01)</b>	A O 1 G 7/00 6 O 1 C
<b>F 2 1 S 2/00 (2016. 01)</b>	A O 1 G 7/00 6 O 1 B
<b>F 2 1 V 19/00 (2006. 01)</b>	F 2 1 S 2/00 2 5 O
<b>H O 1 L 33/00 (2010. 01)</b>	F 2 1 S 2/00 6 O O
<b>H O 1 L 33/54 (2010. 01)</b>	F 2 1 V 19/00 1 5 O
請求項の数 7 (全 24 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2019-17453 (P2019-17453)	(73) 特許権者	000002897
(22) 出願日	平成31年2月1日 (2019. 2. 1)		大日本印刷株式会社
(65) 公開番号	特開2020-124132 (P2020-124132A)		東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
(43) 公開日	令和2年8月20日 (2020. 8. 20)	(74) 代理人	100091487
審査請求日	令和2年7月2日 (2020. 7. 2)		弁理士 中村 行孝
審判番号	不服2020-16086 (P2020-16086/J1)	(74) 代理人	100105153
審判請求日	令和2年11月20日 (2020. 11. 20)		弁理士 朝倉 悟
早期審査対象出願		(74) 代理人	100127465
			弁理士 堀田 幸裕
		(74) 代理人	100141830
			弁理士 村田 卓久
		(72) 発明者	塚田 大
			東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
			大日本印刷株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 動植物育成用のLED照明シート、動植物育成用のLED照明モジュール、動植物の育成棚用の棚板、動植物の育成棚、及び動植物育成工場

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のLEDチップが配列された、動植物育成用のLED照明シートであって、  
基板フィルムと、  
前記基板フィルムの表面に形成された金属配線部と、  
前記金属配線部上に形成された光反射性絶縁保護膜と、  
前記光反射性絶縁保護膜及び前記複数のLEDチップを覆うように形成された透明保護膜と、を備え、

前記複数のLEDチップは、前記金属配線部に実装され、  
前記動植物育成用のLED照明シートの下方領域のうち前記LEDチップから50mm  
離れた任意の位置において、光合成光量子束密度を投入電力換算し、下方領域の平均値で  
規格化した値が0.2以上であり、

前記動植物育成用のLED照明シートの下方領域のうち前記LEDチップから50mm  
離れた位置において測定された光合成光量子束密度のばらつきが、平均値で規格化した際  
の標準偏差で0.5以下であり、

前記LEDチップは、37mm以上50mm以下の間隔で10個以上直列に配置され、  
このLEDチップの列が37mm以上100mm以下の間隔で4列以上並列に配置されて  
おり、

前記光反射性絶縁保護膜は、白色顔料を含むとともに、波長400nm以上780nm  
以下における光線平均反射率が、いずれも65%以上であり、

10

20

前記金属配線部の厚さは、10 μm以上50 μm以下であり、  
前記透明保護膜の厚さは、10 μm以上40 μm以下である、動植物育成用のLED照明シート。

【請求項2】

最も厚い部分における厚みが5 mm以下であり、前記基板フィルムが最裏面側に位置する、請求項1記載の動植物育成用のLED照明シート。

【請求項3】

動植物育成用のLED照明モジュールであって、  
請求項1又は2記載の動植物育成用のLED照明シートと、  
前記動植物育成用のLED照明シートに電氣的に接続された制御部と、を備えた、動植物育成用のLED照明モジュール。

10

【請求項4】

動植物の育成棚用の棚板であって、  
基板と、  
前記基板に取り付けられた、請求項1又は2記載の動植物育成用のLED照明シートまたは請求項3記載の動植物育成用のLED照明モジュールと、を備えた、動植物の育成棚用の棚板。

【請求項5】

動植物の育成棚であって、  
棚板を備え、  
前記棚板は、基板の下面側に取り付けられた、請求項1又は2記載の動植物育成用のLED照明シートまたは請求項3記載の動植物育成用のLED照明モジュールを備えた、動植物の育成棚。

20

【請求項6】

前記棚板の側面側に、光反射シートが配置されている、請求項5記載の動植物の育成棚。

【請求項7】

建物と、  
前記建物の内部に配置された、請求項5又は6記載の動植物の育成棚と、を備えた、動植物育成工場。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、動植物育成用のLED照明シート、動植物育成用のLED照明モジュール、動植物の育成棚用の棚板、動植物の育成棚、及び動植物育成工場に関する。

【背景技術】

【0002】

植物育成工場において用いる照明装置として、従来の蛍光灯や高圧ナトリウムランプ等に替えて、近年、消費電力が少ないLEDを光源とする照明装置の需要が拡大している。

【0003】

40

LEDを光源とする照明装置を用いた植物栽培工場の一例として、植物の栽培棚の棚板に、LEDを光源とする直管型の植物育成灯を複数配置した植物栽培装置が知られている（例えば特許文献1参照）。

【0004】

フレキシブルタイプの回路基板に複数のLEDチップを配置して面状の光源を形成した動植物育成用のLED照明装置も提案されている（例えば特許文献2参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2008-118957号公報

50

【特許文献2】特開2013-251230号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本開示は、動植物の育成スピードを面内で均一化し、動植物を良好な収量で得ることが可能な、動植物育成用のLED照明シート、動植物育成用のLED照明モジュール、動植物の育成棚用の棚板、動植物の育成棚、及び動植物育成工場を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本実施の形態による動植物育成用のLED照明シートは、複数のLEDチップが配列された、動植物育成用のLED照明シートであって、前記動植物育成用のLED照明シートの下方領域のうち前記LEDチップから50mm離れた任意の位置において、光合成光量子束密度を投入電力換算し、下方領域の平均値で規格化した値が0.2以上であり、前記動植物育成用のLED照明シートの下方領域のうち前記LEDチップから50mm離れた位置において測定された光合成光量子束密度のばらつきが、平均値で規格化した際の標準偏差で0.5以下である。

【0008】

本実施の形態による動植物育成用のLED照明シートにおいて、前記LEDチップは、10個以上直列に配置され、このLEDチップの列が4列以上並列に配置されていてもよい。

【0009】

本実施の形態による動植物育成用のLED照明シートにおいて、前記LEDチップは、透明保護膜によって覆われていてもよい。

【0010】

本実施の形態による動植物育成用のLED照明シートにおいて、基板フィルムと、前記基板フィルムの表面に形成された金属配線部とを備え、前記複数のLEDチップは、前記金属配線部に実装されていてもよい。

【0011】

本実施の形態による動植物育成用のLED照明シートにおいて、最も厚い部分における厚みが5mm以下であってもよい。

【0012】

本実施の形態による動植物育成用のLED照明モジュールは、動植物育成用のLED照明モジュールであって、本実施の形態による前記動植物育成用のLED照明シートと、前記動植物育成用のLED照明シートに電氣的に接続された制御部と、を備えている。

【0013】

本実施の形態による動植物の育成棚用の棚板は、基板と、前記基板に取り付けられた、本実施の形態による前記動植物育成用のLED照明シートまたは本実施の形態による前記動植物育成用のLED照明モジュールと、を備えている。

【0014】

本実施の形態による動植物の育成棚は、動植物の育成棚であって、棚板を備え、前記棚板は、基板の下面側に取り付けられた、本実施の形態による前記動植物育成用のLED照明シートまたは本実施の形態による前記動植物育成用のLED照明モジュールを備えている。

【0015】

本実施の形態による動植物の育成棚において、前記棚板の側面側に、光反射シートが配置されていてもよい。

【0016】

本実施の形態による動植物育成工場は、建物と、前記建物の内部に配置された、本実施の形態による前記動植物の育成棚と、を備えている。

【発明の効果】

## 【 0 0 1 7 】

本実施の形態によれば、動植物の育成スピードを面内で均一化し、動植物を良好な収量で得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 8 】

【図 1】図 1 は、一実施の形態による L E D 照明モジュールを示す概略図である。

【図 2】図 2 は、一実施の形態による L E D 照明シートを示す平面図である。

【図 3】図 3 は、L E D 照明シートの変形例を示す平面図である。

【図 4】図 4 は、L E D 照明シートから下方に向けて光が照射されている状態を示す概略斜視図である。

10

【図 5】図 5 ( a ) は、制御部から L E D 照明シートに定電圧が印加される場合における時間と電圧の関係を示すグラフであり、図 5 ( b ) は、比較例として L E D 照明シートにパルスが印加される場合における時間と電圧の関係を示すグラフである。

【図 6】図 6 は、一実施の形態による L E D 照明シートを示す断面図 ( 図 2 の V - V 線断面図 ) である。

【図 7】図 7 ( a ) - ( h ) は、一実施の形態による L E D 照明シートの製造方法を示す断面図である。

【図 8】図 8 は、一実施の形態による植物育成工場を示す概略斜視図である。

【図 9】図 9 は、一実施の形態による植物の育成棚を示す概略斜視図である。

【図 1 0】図 1 0 ( a ) ( b ) は、植物の育成棚の変形例を示す図である。

20

【図 1 1】図 1 1 は、植物の育成棚の変形例を示す図である。

【図 1 2】図 1 2 ( a ) は、一実施の形態による L E D 照明シートから下方に向けて光が照射されている状態を示す概略図であり、図 1 2 ( b ) は、比較例としての複数の直管型 L E D が配列された L E D パーライトから下方に光が照射されている状態を示す概略図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 9 】

本実施の形態による動植物育成用の L E D 照明シートは、複数の L E D チップが配列された、動植物育成用の L E D 照明シートであって、前記動植物育成用の L E D 照明シートの下方領域のうち前記 L E D チップから 5 0 m m 離れた任意の位置において、光合成光量子束密度を投入電力換算し、下方領域の平均値で規格化した値が 0 . 2 以上であり、前記動植物育成用の L E D 照明シートの下方領域のうち前記 L E D チップから 5 0 m m 離れた位置において測定された光合成光量子束密度のばらつきが、平均値で規格化した際の標準偏差で 0 . 5 以下である。

30

## 【 0 0 2 0 】

本実施の形態による動植物育成用の L E D 照明シートは、シート状の L E D 照明装置なので、複数の直管型 L E D が配列された L E D パーライトに比べて全体の厚みを薄くできる。そのため、動植物育成棚の棚板の上下方向の間隔を狭くして、育成される動植物の動植物育成工場の床面積当たりの収量を向上させることができる。また、L E D チップの厚みが L E D 直管の厚みよりも小さいので、L E D 照明シートは、L E D チップが配置されている箇所と L E D チップが配置されていない箇所との間の高低差を L E D 直管が配置されている箇所と L E D 直管が配置されていない箇所との間の高低差よりも小さくできる。そのため、L E D チップの側部側の影が発生しにくくなるので、動植物が成長して L E D 照明シートに近接した場合であっても動植物に照射する光のばらつきを抑制できる。動植物育成用の L E D 照明装置において、動植物に照射する光のばらつきを抑制することは、育成される動植物の大きさや品質を一定の規格の範囲に収めて不適合品を減らすことになるので、重要である。動植物の育成では、動植物が成長して光合成が活発になる育成後期に動植物に照射される光や熱の制御が重要である。本実施の形態による動植物育成用の L E D 照明シートは、動植物と L E D 照明シートが近接しているときに動植物に照射される比較的強い光のばらつきを抑制できる。

40

50

## 【 0 0 2 1 】

本実施の形態による動植物育成用のＬＥＤ照明シートは、動植物育成用のＬＥＤ照明シートの方下領域のうちＬＥＤチップから５０ｍｍ離れた任意の位置において、光合成光量子束密度ＰＰＦＤ（photosynthetic photon flux density）を投入電力換算し、下方領域の平均値で規格化した値が０．２以上であるので、育成される動植物の収率の低下を抑制しつつ育成される動植物の育成量を増やすことができ、動植物を良好な収量で得られる。動植物育成用のＬＥＤ照明装置において、単に光量を増やして動植物の育成量を増やそうとしても、その光のばらつきを抑制することができなければ、ばらつきがより大きくなり不適合品が多くなって、かえって収量が低下するおそれがある。本実施の形態によるシート状のＬＥＤ照明装置によれば、ＰＰＦＤを投入電力換算し、下方領域の平均値で規格化した値が０．２の光であってもばらつきを抑制して良好な収量が得られる。

10

## 【 0 0 2 2 】

一般に、動植物育成工場においては、動植物をより迅速に育成するために、ＬＥＤチップから照射される光の光合成光量子束密度ＰＰＦＤを高めることが好ましいと考えられる。しかしながら、単にＬＥＤチップから照射される光のＰＰＦＤを増加した場合、面内に複数配置された動植物の育成スピードにばらつきが生じてしまうことが判明した。とりわけ動植物の育成後期の段階で育成のスピードがばらついてしまい、一部の動植物が十分に育成されなかったり、一部の動植物にチップバーンとよばれる育成障害が発生したりする等、かえって生育不良が増加することが判明した。これは、動植物の育成後期の段階では、動植物が上方のＬＥＤ照明シートに接近するので、ＬＥＤチップに近い動植物には光が多量に供給される一方、ＬＥＤチップから遠い動植物には光が十分に供給されず、これらの動植物の間で育成スピードに差が生じてしまうためであると考えられる。本実施の形態によれば、動植物育成用のＬＥＤ照明シートの方下領域のうちＬＥＤチップから５０ｍｍ離れた位置において測定された光合成光量子束密度のばらつきが、平均値で規格化した際の標準偏差で０．５以下である。このように、ＬＥＤチップから近い位置（すなわちＬＥＤチップから５０ｍｍ離れた位置）におけるＰＰＦＤのばらつきを低減することにより、ＬＥＤ照明シートの方下かつＬＥＤチップから近い位置における光量を均一にしている。この結果、ＬＥＤチップから近い位置において、ＬＥＤチップからの光の照射量が面内で均等となり、ＬＥＤ照明シートの方下領域で光の照射量が不足する場所をなくすることができる。とりわけ動植物の育成後期における動植物の育成スピードを面内で均一にすることができる。また、ＬＥＤチップからの光の照射量が過剰になる場所もなくなるので、動植物にチップバーンとよばれる成長障害が発生することも抑制することができる。

20

30

## 【 0 0 2 3 】

また、本実施の形態による動植物育成用のＬＥＤ照明モジュールは、上記の本実施の形態による動植物育成用のＬＥＤ照明シートと、ＬＥＤ照明シートに電氣的に接続された制御部と、を備えているので、動植物の育成スピードを面内で均一化し、動植物を良好な収量で得ることができる。本実施の形態による動植物の育成棚用の棚板、動植物の育成棚、及び動植物育成工場は、上記の本実施の形態による動植物育成用のＬＥＤ照明シートまたはモジュールを備えるので、動植物の育成スピードを面内で均一化し、動植物を良好な収量で得ることができる。

40

## 【 0 0 2 4 】

以下、図面を参照しながら一実施の形態について具体的に説明する。以下に示す各図は、模式的に示したものである。そのため、各部の大きさ、形状は理解を容易にするために、適宜誇張している。また、技術思想を逸脱しない範囲において適宜変更して実施することが可能である。なお、以下に示す各図において、同一部分には同一の符号を付しており、一部詳細な説明を省略する場合がある。また、本明細書中に記載する各部材の寸法等の数値および材料名は、実施の形態としての一例であり、これに限定されるものではなく、適宜選択して使用することができる。本明細書において、形状や幾何学的条件を特定する用語、例えば平行や直交、垂直等の用語については、厳密に意味するところに加え、実質的に同じ状態も含むものとする。本明細書において、動植物とは、動物及び／又は植物を

50

意味する。なお、以下においては、便宜上、ＬＥＤ照明モジュールによって植物を育成（栽培）する場合を例にとって説明するが、矛盾の生じない範囲で、動物を育成する場合にも適用することができる。

#### 【００２５】

（植物育成用のＬＥＤ照明モジュール）

図１に示す、本実施の形態による植物育成用のＬＥＤ照明モジュール１０（以下、ＬＥＤ照明モジュール１０ともいう）は、後述するように、人工光を用いた植物育成工場９０（図８）内に設置され、植物を育成するものである。このようなＬＥＤ照明モジュール１０は、植物育成用のＬＥＤ照明シート２０（以下、ＬＥＤ照明シート２０ともいう）と、ＬＥＤ照明シート２０に電氣的に接続された制御部４０とを備えている。

10

#### 【００２６】

図２に示すように、ＬＥＤ照明シート２０は、そのシート面の発光面側（使用時に植物方向を向く側）に複数のＬＥＤチップ２１が配列されたものである。このような直下型のＬＥＤ照明シート２０を用いることで、ＬＥＤチップ２１からの照射光がそのまま発光面を通過して直接直下の植物に到達するので、光量を強くして植物の育成の促進を図ることができる。また、シート全体の厚さを薄くしてＬＥＤチップ２１の側部側の影を発生しにくくすることができる。なお、図２では、直下型のＬＥＤ照明シート２０の例を示しているが、これに限定されず、導光板等を介在させたエッジ型のＬＥＤ照明シートを用いてもよい。エッジ型のＬＥＤ照明シートは、発光面からの光量のばらつきを抑制しやすい。図２のＬＥＤ照明シート２０は、フレキシブル配線基板３０と、フレキシブル配線基板３０上に規則的に配置された複数のＬＥＤチップ２１とを備えている。このようなフレキシブル配線基板３０を用いることで、シート面の面積が比較的大きいＬＥＤ照明シート２０を得ることができる。一般に、植物育成工場や植物の育成棚では、ＬＥＤ照明シート２０は、複数を配列して使用されるが、隣り合うＬＥＤ照明シート２０どうしの位置がばらつくと光量のばらつきが生じて植物の収率が低下するおそれがある。シート面の面積が比較的大きいＬＥＤ照明シート２０は、使用するＬＥＤ照明シート２０の数を減らすことができるので、複数のＬＥＤ照明シート２０の配置による光量のばらつきを抑制することができる。なお、図２では、フレキシブル配線基板３０を備えたＬＥＤ照明シート２０の例を示しているが、これに限定されず、リジット配線基板を備えたＬＥＤ照明シートを用いてもよい。リジット配線基板を備えたＬＥＤ照明シートは、応力による耐性が高く、破損しにくい。なお、図２において、後述する光反射性絶縁保護膜３４及び透明保護膜３５の表示を省略している。

20

30

#### 【００２７】

この場合、ＬＥＤチップ２１は、フレキシブル配線基板３０内で平面視で格子点状に配置されている。すなわちＬＥＤチップ２１は、マトリックス状に多段多列に配置されており、直列にＭ個接続されたＬＥＤチップ２１の列ＲがＮ列配置されている。例えば図２において、ＬＥＤチップ２１は、ＬＥＤチップ２１の第１の配列方向（Ｘ方向）に沿って、１４個（ $M = 14$ ）直列に接続されている。さらに、この１４個のＬＥＤチップ２１をもつ列Ｒが、ＬＥＤチップ２１の第２の配列方向（Ｙ方向）に沿って、１０列（ $N = 10$ ）並列に配置されている。なお、ＬＥＤチップ２１の配置数はこれに限られるものではない。具体的には、ＬＥＤチップ２１を、第１の配列方向（Ｘ方向）に１０個以上１４個以下（ $14 \geq M \geq 10$ ）直列に配置し、この列ＲをＬＥＤチップ２１の第２の配列方向（Ｙ方向）に４列以上１０列以下（ $10 \geq N \geq 4$ ）並列に配置することが好ましい。ＬＥＤチップ２１を１０個以上直列に配置することにより、ＬＥＤチップ２１を第１の配列方向（Ｘ方向）に沿って短い間隔で配置することができ、ＬＥＤ照明シート２０の照度の面内ばらつきを抑えることができ、植物に照射する光のばらつきを抑制することができる。ＬＥＤチップ２１を１４個以下直列に配置することにより、消費電力を削減することができ、植物育成工場９０における光熱費等のランニングコストを低減することができる。また、ＬＥＤチップ２１の列をＬＥＤチップ２１の第２の配列方向（Ｙ方向）に４列以上並列に配置することにより、特定のＬＥＤチップ２１が破損した場合でも、他の列のＬＥＤチップ

40

50

21に波及しないようにし、LED照明シート20全体の照度が極端に低下することを抑止することができる。また、LED照明シート20の照度が低下した範囲を限定することで、不適合品が発生するおそれがある範囲を限定し、収率の低下を抑制することができる。全光束量が3000lm以上の光を照射するLED照明シート20とするためには、LEDチップ21の性能を向上させる必要がある。そのため、特定のLEDチップ21が破損した場合の影響を可能な限り限定的にすることは、リスク管理の観点で重要である。また、LED照明シート20が直下型の場合には、設置や清掃のときにLEDチップ21に誤って強く接触して破損するおそれが高まるため、破損時の対策を行っておくことは、リスク管理の観点で重要である。さらに、LEDチップ21の列を10列以下並列に配置することにより、消費電力を削減することができ、植物育成工場90における光熱費等のランニングコストを低減することができる。

10

#### 【0028】

LED照明シート20は、複数の金属配線部22を有し、複数の金属配線部22は、第1の配列方向(X方向)に沿って配列されている。第1の配列方向(X方向)に沿って配列された複数の金属配線部22は、それぞれLEDチップ21の各列Rに対応している。LEDチップ21は、それぞれX方向に互いに隣接する一対の金属配線部22同士を跨ぐように配置されている。またLEDチップ21の図示しない各端子は、一対の金属配線部22にそれぞれ電氣的に接続されている。複数の金属配線部22は、LEDチップ21への給電部を構成しており、複数の金属配線部22に電力が供給されることにより、当該列Rに配置されたLEDチップ21が全て点灯する。なお、複数の金属配線部22は、後述する金属配線部32の一部を構成する。

20

#### 【0029】

第1の配列方向(X方向)におけるLEDチップ21同士の間隔Pxは、37mm以上50mm以下とすることが好ましい。また、第2の配列方向(Y方向)におけるLEDチップ21同士の間隔Pyは、37mm以上100mm以下とすることが好ましい。LEDチップ21同士の間隔を上記範囲とすることにより、LED照明シート20の輝度を面内で均一にして、植物に照射する光のばらつきを抑制するとともに、LED照明シート20の消費電力を抑えることができる。

#### 【0030】

LED照明シート20のうち最も厚い部分における厚みは、5mm以下とすることが好ましい。このようにLED照明シート20の厚みを薄くすることにより、LED照明シート20を設置する基板81(図9)同士の上下方向の間隔を狭くすることができ、これにより各植物の育成棚80(図9)あたりの基板81の数を増やすことができる。この結果、単位面積あたりの植物の収穫量を増やすことができる。また、植物とLED照明シート20が近接しているときに植物に照射される比較的強い光のばらつきをより抑制できる。

30

#### 【0031】

LEDチップ21の配列は、平面視格子点状に限られるものではなく、図3(a)に示すように、平面視で千鳥状に配置されていても良い。また、LEDチップ21は、LED照明シート20の面内で均一に配置されていなくても良い。例えば、LED照明シート20の周縁部において、LEDチップ21の密度をより高めても良い。具体的には、図3(b)に示すように、LED照明シート20の中央部(図3(b)の下部)でLEDチップ21を格子点状に配置し、LED照明シート20の周縁部(図3(b)の上部)でLEDチップ21を千鳥状に配置しても良い。これにより、LED照明シート20の周縁部におけるLED照明シート20の輝度の低下を抑制し、LED照明シート20の輝度を面内で均一にして、植物に照射する光のばらつきを抑制することができる。

40

#### 【0032】

LED照明シート20の全体形状は、平面視長方形形状となっているが、LED照明シート20のサイズや平面形状については特に限定されるものではない。LED照明シート20は、サイズや形状の加工の自由度が高いため、この点に関する様々な需要に対しても柔軟に対応することが可能である。また、その可撓性を活かして、フラットな設置面に限

50

らず様々な形状の設置面への取付けが可能である。

#### 【0033】

図2において、LED照明シート20の第1の配列方向(X方向)の長さ $L_x$ は、500mm以上700mm以下とすることが好ましく、550mm以上650mm以下とすることが更に好ましい。LED照明シート20の第2の配列方向(Y方向)の長さ $L_y$ は、300mm以上500mm以下とすることが好ましく、350mm以上450mm以下とすることが更に好ましい。LED照明シート20の大きさを上記範囲とすることにより、LED照明シート20を一般的な植物栽培用の基板81(図9)に適合させることができ、基板81のデッドスペースを減らすことができる。また、個々のLED照明シート20の大きさが過度に大きすぎないことにより、特定のLEDチップ21が破損した場合には、他のLEDチップ21に影響が及ぶことを最低限に抑え、棚板全体の照度が極端に低下することを防止しかつ照度が低下する範囲を限定することができる。

10

#### 【0034】

本実施の形態において、LED照明シート20の下方領域のうち、LEDチップ21から200mm離れた任意の位置において、LED照明シート20からの光合成光量子束密度PPFD(photosynthetic photon flux density)を投入電力換算し、下方領域の平均値で規格化した値が0.3以上となることが好ましく、0.4以上となることがさらに好ましい。本実施の形態において、LED照明シート20の下方領域とは、図4に示すように、LED照明シート20の鉛直方向上方から見たとき、LED照明シート20の内側に含まれる領域A1をいう。ここで、投入電力換算したPPFDとは、LED照明シート20からの光合成光量子束密度PPFDの各実測値( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )を、LED照明シート20に投入した電力(W)で除した値をいう。また、下方領域の平均値で規格化した値とは、下方領域の各箇所における投入電力換算されたPPFDの値を、下方領域の複数箇所における投入電力換算されたPPFDの平均値で除した値をいう。

20

#### 【0035】

LEDチップ21から200mm離れた任意の位置におけるPPFDを上記範囲とすることにより、植物育成工場90で植物の育成に必要なとされる光量を十分に提供し、植物の生育を促進することができる。とりわけ、植物の生育の後期段階における植物の育成に必要なとされる光量を十分に提供することができる。なお、PPFDは、光量子計等の測定装置(例えば米国LI-COR社製、光量子センサーLI-190RおよびライトメーターLI-250A)により測定することができる。光量子センサーLI-190Rを栽培面(もしくは光源)に対し水平になるように配置し、栽培面積に応じて、離散的にマトリックス状に配置し、光量を示す数字が安定する状態で数値を読み取る。数値の読み取りは、ライトメーターにてセンサーの固有値にキャリブレーションした状態で行う。本実施の形態において、PPFDの数値は上記マトリックス状に計測された数値で表現する。

30

#### 【0036】

また、LED照明シート20の下方領域のうち、LEDチップ21から50mm離れた任意の位置において、LED照明シート20からの光合成光量子束密度PPFD(photosynthetic photon flux density)を投入電力換算し、下方領域の平均値で規格化した値が0.2以上となることが好ましい。

40

#### 【0037】

このように、LEDチップ21から50mm離れた任意の位置におけるPPFDを上記範囲とすることにより、とりわけ植物の生育の後期段階における植物の育成に必要なとされる光量を十分に提供し、植物の生育を促進することができる。

#### 【0038】

また、本実施の形態において、LED照明シート20の下方領域のうち、LEDチップ21から50mm離れた複数の位置において測定された光合成光量子束密度(PPFD)のばらつきが、平均値で規格化した際の標準偏差で0.5以下であることが好ましく、0.4以下であることがさらに好ましい。ここで、PPFDのばらつきとは、その範囲で測定したPPFD(投入電力換算後)の平均値で商をとることにより規格化し、標準偏差で

50



表記したものをいう。

【0039】

なお、通常LED照明シート20のチップ配列領域においては、PPFDはLEDチップ21の直下において最大値をとり、隣接するLEDチップ21同士の間の中間位置において最小値をとる。本実施の形態において、LED照明シート20のチップ配列領域とは、図4に示すように、LED照明シート20の鉛直方向上方から見たとき、最も外側のLEDチップ21によって取り囲まれた領域A2をいう。

【0040】

このようにLEDチップ21から近い位置（すなわちLEDチップ21から50mm離れた位置）におけるPPFDのばらつきを低減することにより、LED照明シート20の下方におけるLEDチップ21からの光量を均一にすることができる。このように、PPFDのばらつきを低減することにより、LEDチップ21からの光の照射量が面内で均等となり、LED照明シート20の下方領域で光の照射量が不足する場所をなくすることができる。これにより、植物の育成スピードを面内で均一にすることができる。また、LEDチップ21からの光の照射量が過多になる場所もなくなるので、植物にチップバーンとよばれる成長障害が発生することも抑制することができる。この結果、植物の育成のばらつきが発生しにくくなり、植物の収量の低下を抑制することができる。

【0041】

次に、制御部40について説明する。図1に示すように、制御部40は、LED照明シート20に電力を供給するとともに、LED照明シート20の発光等を制御するものである。この制御部40は、LED照明シート20上に対して設けられた第1コネクタ44Aを介してLED照明シート20に対して着脱自在に接続される。すなわち制御部40は、LED照明シート20と別体に構成され、LED照明シート20に対して外付けで接続されるようになっている。すなわち制御部40は、LED照明シート20と一体化されていない。これにより、熱源となる制御部40をLED照明シート20から分離することができ、制御部40からの熱によって植物の生育に影響を及ぼさないようにすることができる。

【0042】

また制御部40は、電力入力部41と、AC/DCコンバーター（ドライバー）42と、PWM制御部43とを有している。このうち電力入力部41には、例えば100V乃至240Vの任意の電圧をもつ交流の電圧が供給される。AC/DCコンバーター42は、100V乃至240Vの交流電圧を定圧（例えば44V）の直流電圧に変換する。PWM制御部43は、AC/DCコンバーター42からの定電圧波形のパルス幅を任意に変化させることにより、LED照明シート20のLEDチップ21の調光を行うものである。すなわちPWM制御部43は、LED照明シート20の調光を制御する調光制御部としての役割も果たす。PWM制御部43から出力される定電圧は、第1コネクタ44Aを介してLED照明シート20に印加される。

【0043】

制御部40のPWM制御部43からLED照明シート20に定電圧が印加されることにより、LED照明シート20に直接整流化されたパルス電圧が印加される場合と異なり、LEDチップ21の調光を行うことが可能となる。すなわち、PWM制御部43は、AC/DCコンバーター42からの直流電圧のデューティ比を適宜変化させることにより、LEDチップ21の照度を任意に制御することができる。例えば、図5(a)に示すように、PWM制御部43は、AC/DCコンバーター42からの定電圧のデューティ比を100%（実線）から50%（点線）に抑えることにより、LEDチップ21の照度を低下させることができる。

【0044】

このようにLEDチップ21の照度を適宜調節することにより、植物の生育ステージに応じてLED照明シート20の照度を調節し、植物の生育の度合いを調整することができる。例えば、植物の葉の小さい生育初期には、LED照明シート20の照度を低くし、植

10

20

30

40

50

物の葉の大きい生育後期には、LED照明シート20の照度を高くしても良い。あるいは、植物の背丈の低い生育初期には、植物とLEDチップ21との距離が離れているため、LED照明シート20の照度を高くし、植物の背丈の大きい生育後期には、植物とLEDチップ21との距離が近づくため、LED照明シート20の照度を低くしても良い。LED照明シート20の照度調整の他の例としては、高い照度が必要な種類の植物のときは照度を高くし、低い照度でも育成できる種類の植物のときは照度を低くても良い。出荷の時期を早めたいときは照度を高くし、出荷の時期を遅らせたいときは照度を低くしても良い。全光束量が3000lm以上の光を照射するLED照明シート20は、照度の調整可能な範囲が広がるので、LEDチップ21の調光を制御可能とする利点が多い。光量が低いLED照明シート20の場合は、調光機能を付けても結局、最大付近の照度で使用する  
10

#### 【0045】

また、PWM制御部43からLED照明シート20に定電圧が印加されることにより、LED照明シート20からの光の単位時間あたりの積算光量を増加することができる。すなわち、例えば、LED照明シート20に定電圧が印加された場合における積算光量(図5(a)の網掛け部分の面積)を、比較例としてパルスで電圧が印加される場合における積算光量(図5(b)の網掛け部分の面積)よりも大きくすることができる。これにより、LED照明シート20からの光の発光効率を高め、植物の育成効率を向上させることができる。

#### 【0046】

再度図1を参照すると、LED照明シート20には、レギュレータ45が設けられている。この場合、レギュレータ45は、LEDチップ21の各列に対応してそれぞれ設けられており、具体的には、10列のLEDチップ21の列に対応して10個のレギュレータ45が設けられている。このレギュレータ45は、各列の複数のLEDチップ21に流れる電流を一定に保持する役割を果たす。これにより、1つのLEDチップ21が破損した場合でも、他の列のLEDチップ21に過大な電流が流れることを抑え、他の列のLEDチップ21が破損しないようにすることができる。この結果、LED照明シート20全体の照度が極端に低下することを防止することができ、植物に照射する光のばらつきを抑制することができる。また、レギュレータ45は接続する抵抗値により制御する電流量を列ごとに制御可能であり、たとえば、最初の列と最後の列の制御用抵抗値を変化させること  
20  
30

#### 【0047】

さらに、LED照明シート20には、第1コネクタ44Aから分岐して電力供給ライン46が設けられている。また、LED照明シート20上には第2コネクタ44Bが設けられている。電力供給ライン46は、当該LED照明シート20のLEDチップ21には電氣的に接続されることなく、LED照明シート20と同一の構成をもつ他のLED照明シート200の配線に対して電氣的に接続される。すなわち電力供給ライン46は、第2コネクタ44B及び他のLED照明シート200上に設けられた他の第1コネクタ44Aを介して、LED照明シート200の配線に着脱自在に接続される。他のコネクタ44Aは、他の同一構成のLED照明シート20に接続されている。電力供給ライン46からの電流は、第2コネクタ44B及び他の第1コネクタ44Aを介して、他のLED照明シート20に供給される。これにより、2つのLED照明シート20を連結し、これら2つのLED照明シート20、200を1つの制御部40によって同時に制御することができる。1つの制御部40によって複数のLED照明シート20、200を同時に制御することができることによって、熱の発生源である制御部40の数を減らすことができるので、制御部40からの熱による植物の育成のばらつきが発生しにくくなって収量の低下を抑制することができる。  
40  
50

## 【 0 0 4 8 】

( L E D 照明シート の 各部材 )

次に、 L E D 照明シート 2 0 を構成する各部材について説明する。図 6 に示すように、 L E D 照明シート 2 0 は、フレキシブル配線基板 3 0 と、フレキシブル配線基板 3 0 上に配置された複数の L E D チップ 2 1 とを備えている。このうちフレキシブル配線基板 3 0 は、可撓性を有する基板フィルム 3 1 と、基板フィルム 3 1 の表面 ( 発光面側の面 ) に形成された金属配線部 3 2 とを有している。金属配線部 3 2 は、接着剤層 3 3 を介して基板フィルム 3 1 に積層されている。

## 【 0 0 4 9 】

各 L E D チップ 2 1 は、金属配線部 3 2 に導通可能な態様で実装されている。この L E D 照明シート 2 0 においては、 L E D チップ 2 1 がフレキシブル配線基板 3 0 に実装されていることにより、複数の L E D チップ 2 1 を、所望の高い密度で配置することが可能である。

10

## 【 0 0 5 0 】

L E D 照明シート 2 0 のうち、 L E D チップ 2 1 、レギュレータ 4 5 、およびコネクタ 4 4 A 、 4 4 B が設けられている領域及びその周辺領域を除く領域を覆って、光反射性絶縁保護膜 3 4 が形成されている。この光反射性絶縁保護膜 3 4 は、金属配線部 3 2 を覆うように配置されている。光反射性絶縁保護膜 3 4 は、 L E D 照明シート 2 0 の耐マイグレーション特性の向上に寄与する絶縁機能と、 L E D 照明シート 2 0 により作られる光環境の向上に寄与する光反射機能とを兼ね備える層である。この層は、白色顔料を含む絶縁性の樹脂組成物により形成される。前述の金属配線部 3 2 と後述の透明保護膜 3 5 のみで、耐マイグレーション特性および光反射機能が得られる場合には、光反射性絶縁保護膜 3 4 がない構造も可能である。

20

## 【 0 0 5 1 】

また、光反射性絶縁保護膜 3 4 及び L E D チップ 2 1 を覆うように、透明保護膜 3 5 が形成されている。透明保護膜 3 5 は、主として L E D 照明シート 2 0 の防水性を確保するためにその最表面 ( 最も発光面側に位置する面 ) に形成される樹脂性の膜である。

## 【 0 0 5 2 】

金属配線部 3 2 上には、ハンダ部 3 6 が設けられている。各 L E D チップ 2 1 は、それぞれハンダ部 3 6 を介して、金属配線部 3 2 に電氣的に接続されている。

30

## 【 0 0 5 3 】

( 基板フィルム )

基板フィルム 3 1 は、可撓性を有する樹脂フィルムを用いることができる。なお、本明細書中、「可撓性を有する」とは、「曲率半径を少なくとも 1 m 以下、好ましくは 5 0 c m 、より好ましくは 3 0 c m 、更に好ましくは 1 0 c m 、特に好ましくは 5 c m に曲げることが可能であること」をいう。

## 【 0 0 5 4 】

基板フィルム 3 1 の材料としては、耐熱性及び絶縁性が高い熱可塑性樹脂が用いられても良い。このような樹脂として、耐熱性と加熱時の寸法安定性、機械的強度、及び耐久性に優れるポリイミド樹脂 ( P I ) や、ポリエチレンナフタレート ( P E N ) を用いることができる。中でも、アニール処理等の耐熱性向上処理を施すことによって耐熱性と寸法安定性を向上させたポリエチレンナフタレート ( P E N ) を好ましく用いることもできる。また、難燃性の無機フィラー等を添加することによって難燃性を向上させたポリエチレンテレフタレート ( P E T ) を用いても良い。

40

## 【 0 0 5 5 】

基板フィルム 3 1 の厚さは、特に限定されないが、放熱経路としてボトルネックとはならないこと、耐熱性及び絶縁性を有するものであること、及び、製造コストのバランスとの観点から、概ね 1 0  $\mu$  m 以上 5 0 0  $\mu$  m 以下、好ましくは、 5 0  $\mu$  m 以上 2 5 0  $\mu$  m 以下であることが好ましい。また、ロール・トゥ・ロール方式による製造を行う場合の生産性を良好に維持する観点からも上記厚さ範囲内であることが好ましい。

50

## 【 0 0 5 6 】

## ( 接着剤層 )

接着剤層 3 3 を形成する接着剤は、公知の樹脂系接着剤を適宜用いることができる。これらの樹脂接着剤のうち、ウレタン系、ポリカーボネート系、シリコン系、エステル系またはエポキシ系の接着剤等を特に好ましく用いることができる。また、接着剤層 3 3 を形成する接着剤として、アクリル系粘着剤を用いても良い。

## 【 0 0 5 7 】

## ( 金属配線部 )

金属配線部 3 2 は、基板フィルム 3 1 の表面 ( 発光面側の面 ) に金属箔等の導電性基材によって形成される配線パターンである。この金属配線部 3 2 は、基板フィルム 3 1 の表面へ接着剤層 3 3 を介してドライラミネート法によって形成されることが好ましい。金属配線部 3 2 は、上述した複数の金属配線部 2 2 を含む。複数の金属配線部 2 2 は、第 1 の金属配線部 2 2 A と、第 1 の金属配線部 2 2 A から離間して配置された第 2 の金属配線部 2 2 B とを含む。第 1 の金属配線部 2 2 A 及び第 2 の金属配線部 2 2 B には、LED チップ 2 1 が搭載され、LED チップ 2 1 は、第 1 の金属配線部 2 2 A 及び第 2 の金属配線部 2 2 B に電氣的に接続されている。第 1 の金属配線部 2 2 A 及び第 2 の金属配線部 2 2 B に供給される電力により LED チップ 2 1 が点灯するようになっている。

## 【 0 0 5 8 】

金属配線部 3 2 は、放熱性と電気伝導性を高い水準で両立させるものであることが好ましく、例えば銅箔を用いることができる。この場合、LED チップ 2 1 からの放熱性が安定し、電気抵抗の増加を防げるので、LED チップ 2 1 間の発光バラツキが小さくなって安定した発光が可能となる。また、LED チップ 2 1 の寿命も延長される。更に、熱による基板フィルム 3 1 等の周辺部材の劣化も防止できるので、LED 照明シート 2 0 の製品寿命も延長することができる。金属配線部 3 2 を形成する金属の例としては、上記の銅の他、アルミニウム、金、銀等の金属を挙げることができる。

## 【 0 0 5 9 】

金属配線部 3 2 の厚さは、フレキシブル配線基板 3 0 に要求される耐電流の大きさ等に応じて適宜設定すればよい。但し、リフロー方式等によるハンダ加工処理時の基板フィルム 3 1 の熱収縮による反りを抑制するためには、金属配線部 3 2 の厚さが  $10\ \mu\text{m}$  以上であることが好ましい。一方、金属配線部 3 2 の厚さは、 $50\ \mu\text{m}$  以下であることが好ましく、これにより、フレキシブル配線基板 3 0 の十分な可撓性を維持することができ、重量増大によるハンドリング性の低下等も抑止することができる。

## 【 0 0 6 0 】

## ( ハンダ部 )

ハンダ部 3 6 は、金属配線部 3 2 と LED チップ 2 1 との接合を行うものである。このハンダによる接合は、リフロー方式、あるいは、レーザー方式の 2 方式のいずれかによることができる。

## 【 0 0 6 1 】

## ( LED チップ )

LED チップ 2 1 は、P 型半導体と N 型半導体が接合された PN 接合部での発光を利用した発光素子である。LED チップ 2 1 としては、P 型電極及び N 型電極をそれぞれ素子の上面及び下面に設けた構造であっても良く、素子の片面に P 型電極及び N 型電極の双方が設けられた構造であっても良い。

## 【 0 0 6 2 】

本実施の形態において、各 LED チップ 2 1 としては、光束量の大きいものを用いることが好ましい。具体的には、LED チップ 2 1 として、 $30\ \text{l m}$  以上の光束量を有しているものを用いるが好ましく、 $35\ \text{l m}$  以上の光束量を有しているものを用いることが更に好ましい。また、LED チップ 2 1 としては、発光効率が高いものを選択することが好ましい。具体的には、LED チップ 2 1 として、 $150\ \text{l m / W}$  以上の発光効率を有しているものを用いることが好ましく、 $180\ \text{l m / W}$  以上の発光効率を有しているものを用い

ることが更に好ましい。LEDチップ21の発光効率を150lm/W以上に高めることにより、LEDチップ21の実装数(密度)を下げ、LEDチップ21からのジュール熱による発熱を少なくすることができ、LEDチップ21からの熱による植物の育成のばらつきが発生しにくくなって収量の低下を抑制することができる。

#### 【0063】

LED照明シート20は、上述の通り、高い放熱性を発揮することができる金属配線部32に、LEDチップ21を直接実装するものである。これにより、LEDチップ21を高密度で配置した場合においても、LEDチップ21の点灯時に発生する過剰な熱を金属配線部32を通して速やかに拡散し、基板フィルム31を介してLED照明シート20の外部へ十分放熱することができ、LEDチップ21からの熱による植物の育成のばらつき

10

#### 【0064】

(光反射性絶縁保護膜)

光反射性絶縁保護膜34は、LEDチップ21が設けられている領域及びその周辺領域を除く領域に形成される層である。この光反射性絶縁保護膜34は、十分な絶縁性を有することにより、フレキシブル配線基板30の耐マイグレーション特性を向上させる所謂レジスト層であり、かつLED照明シート20により作られる光環境の向上に寄与する光反射性を備えた光反射層である。

#### 【0065】

光反射性絶縁保護膜34は、ウレタン系樹脂等をベース樹脂とし、酸化チタン等の無機フィラーからなる白色顔料を更に含有する各種の樹脂組成物により形成することができる。光反射性絶縁保護膜34を形成するために用いる樹脂組成物のベース樹脂としては、ウレタン系樹脂の他、アクリルウレタン系樹脂、ポリエステル系樹脂、フェノール系樹脂等を適宜用いることができる。光反射性絶縁保護膜34を形成する樹脂組成物のベース樹脂としては、透明保護膜35を形成する樹脂組成物と同一または同系の樹脂をベース樹脂とすることがより好ましい。透明保護膜35については、後述するように、アクリルウレタン系樹脂を主たる材料樹脂として用いることが好ましい。これより、透明保護膜35を形成する樹脂組成物のベース樹脂がアクリルウレタン系樹脂である場合には、光反射性絶縁保護膜34を形成するための樹脂組成物のベース樹脂はウレタン系樹脂またはアクリルウレタン系樹脂とすることがより好ましい。

20

30

#### 【0066】

光反射性絶縁保護膜34を形成する樹脂組成物に白色顔料として含有させる無機フィラーとしては、酸化チタンの他、アルミナ、硫酸バリウム、マグネシア、チッ化アルミニウム、チッ化ホウ素、チタン酸バリウム、カオリン、タルク、炭酸カルシウム、酸化亜鉛、シリカ、マイカ粉、粉末ガラス、粉末ニッケル及び粉末アルミニウムから選ばれる少なくとも1種を用いることができる。

#### 【0067】

光反射性絶縁保護膜34の厚さは、5 $\mu$ m以上50 $\mu$ m以下であって、より好ましくは、7 $\mu$ m以上20 $\mu$ m以下である。光反射性絶縁保護膜34の厚さが、5 $\mu$ m未満であると、特に金属配線部32のエッジ部分において、光反射性絶縁保護膜が薄くなり、この金属配線を被覆できずに露出する場合は絶縁性が維持できなくなるリスクが大きくなる。一方、取扱い及び搬送等の際の基板湾曲から光反射性絶縁保護膜34を保持する観点から、光反射性絶縁保護膜34の厚さは、50 $\mu$ m以下であることが好ましい。

40

#### 【0068】

また、光反射性絶縁保護膜34は、波長400nm以上780nm以下における光線平均反射率が、いずれも65%以上であることが好ましく、70%以上であることがより好ましく、80%以上であることが更に好ましい。LED照明シート20は、例えば、酸化チタンを、ウレタン系またはアクリルウレタン系のベース樹脂100質量部に対して20質量部以上含有させることで、光反射性絶縁保護膜34の厚さを8 $\mu$ mとする場合における同層の上記光線反射率を75%以上とすることが可能である。

50

## 【 0 0 6 9 】

## ( 透明保護膜 )

透明保護膜 3 5 は、LEDチップ 2 1 を覆うように、LED照明シート 2 0 の最表面に形成されている。透明保護膜 3 5 は、防水性と透明性とを有する。透明保護膜 3 5 の防水性により、LED照明シート 2 0 を植物育成用光源として使用する場合は装置内部への水の侵入を防ぐことができる。全光束量が 3 0 0 0 l m 以上の光を照射する LED 照明シート 2 0 では、LEDチップ 2 1 の性能を向上させる必要があり、特定の LED チップ 2 1 が破損した場合の影響が大きくなる。そのため LED チップ 2 1 が可能な限り破損しにくいようにすることは、リスク管理の観点で重要である。

## 【 0 0 7 0 】

透明保護膜 3 5 は、アクリルウレタン系樹脂等をベース樹脂とする各種の樹脂組成物により形成することができる。透明保護膜 3 5 を形成するために用いる樹脂組成物のベース樹脂としては、アクリルウレタン系樹脂の他、ウレタン系樹脂、ポリエステル系樹脂、フェノール系樹脂等を適宜用いることができる。透明保護膜 3 5 を形成する樹脂組成物のベース樹脂としては、光反射性絶縁保護膜 3 4 を形成する樹脂組成物と同一または同系の樹脂をベース樹脂とすることがより好ましい。好ましい具体的な組合せとして、光反射性絶縁保護膜 3 4 を形成する樹脂組成物のベース樹脂をウレタン系樹脂とし、透明保護膜 3 5 を形成する樹脂組成物をアクリルウレタン系樹脂とする組合せを挙げることができる。

## 【 0 0 7 1 】

透明保護膜 3 5 の厚さは、1 0 μ m 以上 4 0 μ m 以下であり、好ましくは 1 5 μ m 以上 3 0 μ m 以下であり、より好ましくは 2 0 μ m 以上 2 5 μ m 以下である。透明保護膜 3 5 の厚さを上記範囲とすることにより、LED照明シート 2 0 の良好な可撓性や薄さ、軽量性、及び植物育成用途において求められる良好な光学特性を維持することができる。また、LED照明シート 2 0 に対して植物育成用途に求められる十分な防水性をもたすことができる。

## 【 0 0 7 2 】

透明保護膜 3 5 による LED 照明シート 2 0 の耐水性としては、LED照明シート 2 0 に対して植物育成用の水を散布した際に、LEDチップ 2 1 の劣化を抑制することが可能となる程度であれば特に限定されない。このような耐水性としては、IEC ( 国際電気標準会議 ) によって定められている防水・防塵の保護規格で IP X 4 以上を示すことが好ましい。IP X 4 以上の防水性は、あらゆる方向からの水の飛沫によって LED チップ 2 1 に対して有害な影響が及ぼされない程度である。具体的には、LED照明シート 2 0 の法線方向に対して ± 1 8 0 ° の全範囲に 5 分間、1 0 L / 分の水量で散水ノズルから散水した際、LEDチップ 2 1 に対して有害な影響が及ぼされない程度とされる。

## 【 0 0 7 3 】

## ( LED 照明シートの製造方法 )

次に、本実施の形態による LED 照明シート 2 0 の製造方法について、図 7 ( a ) - ( h ) を参照して説明する。

## 【 0 0 7 4 】

まず、基板フィルム 3 1 を準備する ( 図 7 ( a ) ) 。次に、基板フィルム 3 1 の表面に、金属配線部 3 2 の材料となる銅箔等の金属箔 3 2 A を積層する ( 図 7 ( b ) ( b ) ) 。金属箔 3 2 A は、金属箔 3 2 A を例えばウレタン系接着剤等の接着剤層 3 3 によって、基板フィルム 3 1 の表面に接着される。あるいは、金属箔 3 2 A は、基板フィルム 3 1 の表面に電解メッキ方法や気相製膜法 ( スパッタリング、イオンプレーティング、電子ビーム蒸着、真空蒸着、化学蒸着等 ) により、直接形成しても良い。もしくは、金属箔 3 2 A に基板フィルム 3 1 を直接溶着して形成しても良い。

## 【 0 0 7 5 】

次に、金属箔 3 2 A の表面に、金属配線部 3 2 に要求される形状にパターンニングされたエッチングマスク 3 7 を形成する ( 図 7 ( c ) ) 。このエッチングマスク 3 7 は、金属配線部 3 2 となる金属箔 3 2 A の配線パターンに対応する部分がエッチング液によって腐食

10

20

30

40

50

しないように設けられる。エッチングマスク 37 を形成する方法は特に限定されず、例えば、フォトレジストまたはドライフィルムを、フォトマスクを通して感光させた後に現像することによって形成しても良く、インクジェットプリンター等の印刷技術により金属箔 32A の表面にエッチングマスクを形成してもよい。

【0076】

次に、エッチングマスク 37 に覆われていない箇所位置する金属箔 32A を浸漬液により除去する（図 7（d））。これにより、金属箔 32A のうち、金属配線部 32 となる箇所以外の部分が除去される。

【0077】

その後、アルカリ性の剥離液を使用して、エッチングマスク 37 を除去する。これにより、エッチングマスク 37 が金属配線部 32 の表面から除去される（図 7（e））。

【0078】

続いて、金属配線部 32 上に光反射性絶縁保護膜 34 を積層形成する（図 7（f））。光反射性絶縁保護膜 34 の形成は、光反射性絶縁保護膜 34 を構成する材料樹脂組成物を均一に塗工できる塗工手段であれば特に限定されず、例えば、スクリーン印刷、オフセット印刷、ディップコート、刷毛塗り等の方法を使用することができる。または、光感光性を有する絶縁保護膜材料を全面に塗工し、必要な箇所のみフォトマスクを通して感光させた後に現像することによって光反射性絶縁保護膜 34 を形成しても良い。

【0079】

次に、金属配線部 32 上に LED チップ 21、レギュレータ 45 及びコネクタ 44A、44B を実装する（図 7（g））。この場合、LED チップ 21 は、金属配線部 32 にハンダ部 36 を介するハンダ加工によって接合される。このハンダ加工による接合は、リフロー方式、あるいは、レーザー方式によることができ、または導電性樹脂による接合でも良い。

【0080】

次いで、光反射性絶縁保護膜 34、LED チップ 21、レギュレータ 45 及びコネクタ 44A、44B を覆うように透明保護膜 35 を形成する（図 7（h））。この透明保護膜 35 は、透明樹脂組成物をスプレー処理により吹付けて形成する方法（以下、「スプレーコート法」という）、またはカーテンコート法により形成する方法により行うことが好ましい。スプレーコート法による透明保護膜 35 の形成は、例えば、アクリル系ポリウレタン樹脂を含むスプレーコート処理用の塗工液を、スプレー塗装機によってフレキシブル配線基板 30 上の所望の領域に噴霧して塗工膜を形成することにより行うことができる。カーテンコート法による透明保護膜 35 の形成は、例えば、アクリル系ポリウレタン樹脂を含むカーテンコート処理用の塗工液を、カーテン塗装機によってフレキシブル配線基板 30 上の所望の領域に滴下して塗工膜を形成することにより行うことができる。

【0081】

なお、本実施の形態による LED 照明シート 20 は、上述した方法に限らず、従来公知の LED チップ用のフレキシブル配線基板や、これに LED チップを実装してなる各種の LED モジュールを製造する公知の方法により製造することもできる。

【0082】

（植物育成工場及び植物の育成棚）

図 8 は、本実施の形態による LED 照明シート 20 を用いた植物育成工場 90 の構成を模式的に示す図である。植物育成工場 90 は、建物 91 と、建物 91 の内部に配置された複数の植物の育成棚 80 を備えている。

【0083】

図 9 に示すように、植物の育成棚 80 は、複数（4 本）の支柱 82 と、支柱 82 に沿ってそれぞれ上下方向に間隔を空けて配置された複数の基板 81 とを有している。最上段の基板 81 を除く各基板 81 の上面には、植物 PL を栽培するための培地領域が設けられている。最下段の基板 81 を除く各基板 81 の下面は、当該基板 81 の下方に位置する基板 81 に対して天井面を構成しており、LED 照明シート 20 が並列に配置されている。こ

10

20

30

40

50

の場合、制御部 40 は LED 照明シート 20 から十分に離れた場所に配置される。このため、制御部 40 に近い位置にある植物 PL と遠い位置にある植物 PL とで、制御部 40 からの熱によって生育にばらつきが生じるおそれが少ない。また、基板 81 と、基板 81 の下面側に取り付けられた LED 照明シート 20 とにより、植物の育成棚用の棚板 83 が構成される。あるいは、基板 81 と、基板 81 の下面側に取り付けられた LED 照明モジュール 10 とにより、植物の育成棚用の棚板 83 が構成される。本実施の形態において、このような植物の育成棚用の棚板 83 (図 9)、植物の育成棚 80 (図 9)、及び植物の育成棚 80 を備えた植物育成工場 90 (図 8) も提供する。

#### 【0084】

本実施の形態による LED 照明シート 20 が可撓性と軽量性を有することにより、各基板 81 の下面への LED 照明シート 20 の取付けは、従来の直管型の照明装置等による取付けよりも容易に行うことができる。さらに、LED 照明シート 20 が可撓性を有することにより、LED 照明シート 20 を、様々なサイズや形状からなる天井面へ取り付けることができる。この結果、本実施の形態による LED 照明シート 20 は、様々な植物の育成棚 80 や植物育成工場 90 へ適用することができる。

#### 【0085】

また、LED 照明シート 20 は、従来の直管型の照明装置と比較して薄型化されている。これにより、上下方向の基板 81 の間隔を狭めることができ、各植物の育成棚 80 に含まれる基板 81 の数を増やすことができる。この結果、単位面積あたりの植物 PL の収穫量を増加することができる。

#### 【0086】

なお、図 10 (a) (b) に示すように、LED 照明シート 20 は、基板 81 の下面だけでなく、基板 81 の側面側にも配置しても良い。この側面側の LED 照明シート 20 は、上方に位置する基板 81 から、当該基板 81 の下方に位置する基板 81 に向けて垂下されている。この場合、図 10 (a) に示すように、LED 照明シート 20 は、下方に位置する基板 81 まで達していても良い。あるいは、図 10 (b) に示すように、LED 照明シート 20 は、下方に位置する基板 81 まで達することなく、上下の基板 81 間に位置する空間の上部側のみを覆うようにしても良い。このように、LED 照明シート 20 を、基板 81 の側面側にもさらに配置することにより、照度が弱くなりやすい基板 81 の周縁における光量を補い、LED 照明シート 20 の輝度を面内で均一にすることができる。この結果、植物の成長を面内で均一にすることができ、育成する植物の収量の向上を図ることができる。

#### 【0087】

また、図 11 に示すように、光反射シート 84 を棚板 83 の側面側にも配置しても良い。光反射シート 84 は、少なくとも内側 (植物に面する側) にアルミニウムシート等の光反射性の材料を含んでいる。この光反射シート 84 は、上方に位置する棚板 83 から、当該棚板 83 の下方に位置する棚板 83 に向けて垂下されている。このように、光反射シート 84 を、棚板 83 の側面側に配置することにより、照度が弱くなりやすい棚板 83 の周縁における光量を補い、LED 照明シート 20 の輝度を面内でより均一にすることができ、育成する植物の収量の向上を図ることができる。

#### 【0088】

(本実施の形態の作用)

次に、このような構成からなる本実施の形態の作用について述べる。

#### 【0089】

まず、LED 照明モジュール 10 の電力入力部 41 (図 2 参照) を電源に接続し、電力入力部 41 に、例えば 100 V 乃至 240 V の任意の電圧をもつ交流の電流を供給する。次に、電力入力部 41 に入力された電流は、AC / DC コンバーター 42 によって定圧 (例えば 44 V) の直流電圧に変換される。続いて、AC / DC コンバーター 42 からの直流電圧は、PWM 制御部 43 において定電圧波形のパルス幅を調整され、LED チップ 21 が所定の光束量となるように制御される。その後、PWM 制御部 43 からの定電圧は、



ＬＥＤ照明シート２０に供給され、ＬＥＤチップ２１が点灯する。

【００９０】

ＬＥＤ照明シート２０のＬＥＤチップ２１からの光は、棚板８３上に配置された植物に到達し、植物の成長を促進する。本実施の形態において、ＬＥＤ照明シート２０の下方領域のうちＬＥＤチップ２１から５０ｍｍ離れた任意の位置において、光合成光量子束密度（ＰＰＦＤ）を投入電力換算し、下方領域の平均値で規格化した値が０．２以上となっている。このように、ＬＥＤチップ２１から５０ｍｍ離れた任意の位置におけるＰＰＦＤが高められていることにより、ＬＥＤ照明シート２０の輝度を高め、棚板８３上に配置された植物の成長を促進することができる。

【００９１】

一方、本願発明者らは、単にＬＥＤ照明シートの輝度を高めただけでは、とりわけ植物の育成後期の段階で育成のスピードがばらついてしまい、かえって生育不良が増加することを見出した。具体的には、植物の育成後期の段階で、一部の植物が十分に育成されなかったり、一部の植物にチップバーンとよばれる育成障害が発生したりする場合がある。これは、植物の育成後期の段階では、植物の葉が上方のＬＥＤ照明シートに接近するので、ＬＥＤチップに近い植物には光が多量に供給される一方、ＬＥＤチップから遠い植物には光が十分に供給されず、これらの植物の間で育成スピードに差が生じてしまうためであると考えられる。

【００９２】

これに対して本実施の形態においては、ＬＥＤ照明シート２０の下方領域のうちＬＥＤチップ２１から５０ｍｍ離れた複数の位置において測定されたＰＰＦＤのばらつきを、平均値で規格化した際の標準偏差で０．５以下としている。このように、ＬＥＤチップ２１から近い位置（すなわちＬＥＤチップ２１から５０ｍｍ離れた位置）におけるＰＰＦＤのばらつきを低減することにより、ＬＥＤ照明シート２０の下方におけるＬＥＤチップ２１からの光量を均一にしている。

【００９３】

このように、ＬＥＤチップ２１から５０ｍｍ離れた位置でのＰＰＦＤのばらつきを低減することにより、ＬＥＤチップ２１からの光の照射量が面内で均等となり、ＬＥＤ照明シート２０の下方領域で光の照射量が不足する場所をなくすることができる（図１２（ａ）参照）。すなわち本実施の形態においては、ＬＥＤ照明シート２０のＬＥＤチップ２１同士の配置が面内で略均一となっているので、とりわけ植物の育成後期における植物の育成スピードを面内で均一にすることができる。また、ＬＥＤチップ２１からの光の照射量が過剰になる場所もなくなるので、植物にチップバーンとよばれる成長障害が発生することも抑制することができる。

【００９４】

他方、比較例として、直管型ＬＥＤが配列されたＬＥＤバーライト１２０を用いた場合（図１２（ｂ）参照）、ＬＥＤバーライト１２０の下方において輝度が面内でばらつくため、植物の育成スピードも面内でバラつくおそれがある。すなわち直管型ＬＥＤが配列されたＬＥＤバーライト１２０は、ＬＥＤバーライト１２０同士の間が離れているため、光源から植物までの距離が近づくほど、ＰＰＦＤのばらつきが大きくなる傾向がある。例えば、ＬＥＤバーライト１２０同士の間かつＬＥＤバーライト１２０に近い領域には、輝度が不十分な領域Ｄが存在する。この場合、植物の育成後期において、一部の植物は輝度が不十分な領域Ｄに存在する。逆にＬＥＤバーライト１２０に近すぎる植物には、過剰に光が照射されるおそれもある。このような問題に対処するため、ＬＥＤバーライト１２０においては、植物と照明との間の距離を大きく保つ必要があり、この結果上下の棚間距離を広く確保する必要が生じる。

【００９５】

これに対して本実施の形態によれば、ＬＥＤチップ２１から５０ｍｍ離れた位置でのＰＰＦＤのばらつきを低減することにより、光の輝度不足で育成が遅れる植物が発生したり、光の輝度が過剰になることによりチップバーンとなる植物が発生したりすることを抑え

10

20

30

40

50

ることができる。また本実施の形態によれば、植物とＬＥＤチップ２１との間の距離を大きく確保する必要がないため、上下の棚板８３間の距離を近づけることができ、省スペース化を実現することができる。

【００９６】

また本実施の形態によれば、ＬＥＤチップ２１は、１０個以上直列に配置され、このＬＥＤチップ２１の列が４列以上並列に配置されている。これにより、ＬＥＤチップ２１を面内で均一に配置するとともに、ＬＥＤチップ２１の配列を並列化し、ＬＥＤチップ２１が破損した際のリスクを分散することができる。

【００９７】

また本実施の形態によれば、ＬＥＤチップ２１は、透明保護膜３５によって覆われているので、植物の育成時に飛散する水分からＬＥＤチップ２１を保護することができる。

10

【００９８】

また本実施の形態によれば、ＬＥＤ照明シート２０の最も厚い部分における厚みが５ｍｍ以下であるので、植物の育成棚８０の上下の基板８１間の距離を減らし、基板８１の数を増やすことにより、単位面積あたりの植物の収量を増加することができる。

【００９９】

〔実施例〕

次に、本実施の形態における具体的実施例について説明する。

【０１００】

（ＬＥＤ照明シートの作成）

20

実施例１、２の育成棚及び比較例１、２の育成棚をそれぞれ以下の通り準備した。

【０１０１】

（実施例１）

５６０ｍｍ×３９０ｍｍサイズのフィルム基板（ポリエチレンナフタレート、厚さ５０μｍ）の一方の表面に、金属配線部を形成するための銅箔（厚さ３５μｍ）を積層し、その後、金属配線用の銅箔についてエッチング処理をして、全ての実施例及び比較例において同一パターンの金属配線部を構成した。そして、基板フィルム及び金属配線部上に、ウレタン系樹脂をベース樹脂とし、このベース樹脂に対して２０質量％の割合で酸化チタンを添加してなる絶縁性インキを用いてスクリーン印刷により厚さ１０μｍの光反射性絶縁保護膜を形成した。次に、金属配線部に、複数のＬＥＤチップ（「ＮＦＳＷ７５７Ｇ－Ｖ２」（日亜化学工業社製））を、Ｘ方向に４０ｍｍピッチ、Ｙ方向に３５ｍｍピッチで、１４個の列を１０列、ハンダ加工により実装した。更に、上記の絶縁性保護膜及びＬＥＤチップを被覆する透明保護膜を、スプレーコート法により形成した。以上の通り作製したＬＥＤ照明シートは、全光束量が３９５０lmであり、総投入電力が７２Ｗであり、ＬＥＤチップから照射される光の色温度は５０００Ｋであった。このＬＥＤ照明シートを育成棚の基板の下面に２枚配置し、実施例１の育成棚とした。

30

【０１０２】

（実施例２）

光反射シート（図１１参照）を棚板の側面側に設けたこと、以外は、実施例１と同様に作製した育成棚を、実施例２の育成棚とした。

40

【０１０３】

（比較例１）

市販の直管型ＬＥＤが配列されたＬＥＤバーライト（「ＴＥＣＯ－Ｌ４０Ｎ１－５０ＮＨ－Ｔ８」（東神電気株式会社製））を育成棚の基板の下面に２本配置し、比較例１の育成棚とした。この場合、ＬＥＤバーライトは、全光束量が２３００lmであり、投入電力が４６Ｗであり、照射される光の色温度は５０００Ｋであった。

【０１０４】

（比較例２）

光反射シート（図１１参照）を棚板の側面側に設けたこと、以外は、比較例１と同様に作製した育成棚を、比較例２の育成棚とした。

50

## 【 0 1 0 5 】

実施例 1、2 及び比較例 1、2 の育成棚について、光合成光量子束密度 ( P P F D ) をそれぞれ測定した。この場合、実施例 1、2 について、総投入電力を比較例 1、2 と同等になるよう調光装置にて調整し、それぞれ L E D 照明シートの下領域に含まれる複数の箇所 ( 合計 2 4 箇所 ) で P P F D を測定した。また、比較例 1、2 の育成棚についても、実施例 1、2 の場合と同様の領域に含まれる複数の箇所 ( 合計 2 4 箇所 ) で P P F D を測定した。なお、光合成光量子束密度 ( P P F D ) は、光量子計 ( 米国 L I - C O R 社製、光量子センサー L I - 1 9 0 R およびライトメーター L I - 2 5 0 A ) により測定した。この場合、実施例 1、2 及び比較例 1、2 の育成棚について、それぞれ L E D チップから 5 0 m m 離れた箇所と 2 0 0 m m 離れた箇所とについて P P F D を測定し、投入電力換算した後に下方領域の平均値で規格化した値をそれぞれ算出した。また、L E D チップから 5 0 m m 離れた箇所と 2 0 0 m m 離れた箇所とのそれぞれについて、P P F D を測定した値を平均値で規格化し、標準偏差を算出し、P P F D のばらつきとした。

10

## 【 0 1 0 6 】

続いて、実施例 1、2 及び比較例 1、2 の育成棚を用いて、植物 ( 極早生シスコ ) を実際に栽培した。その後、生育した植物の育成量として生体重 (  $g / m^2$  ) を測定し、これを投入電力で除することにより、投入電力あたりの生体重 (  $g / m^2 / W$  ) を算出した。この生体重の測定は、栽培終了後のレタスの外観評価からチップバーン ( 葉先枯れ ) 部を除去した形で、地上部生体重を栽培パネル毎に計測し平米あたりの重量に計算することで算出した。以上の評価結果を表 1 に示す。

20

## 【 0 1 0 7 】

## 【 表 1 】

	実施例 1	実施例 2	比較例 1	比較例 2
光反射シート	なし	あり	なし	あり
全光束量 ( l m )	2 6 0 0	2 6 0 0	2 3 0 0	2 3 0 0
総投入電力 ( W )	4 6	4 6	4 6	4 6
色温度 ( K )	5 0 0 0	5 0 0 0	5 0 0 0	5 0 0 0
投入電力換算した後に 下方領域の平均値で規格 化した値 ( 2 0 0 m m )	0 . 3 1 以上	0 . 4 4 以上	0 . 3 7 以上	0 . 3 6 以上
P P F D のばらつき ( 2 0 0 m m )	0 . 2 4	0 . 2 0	0 . 2 1	0 . 2 1
投入電力換算した後に 下方領域の平均値で規格 化した値 ( 5 0 m m )	0 . 2 3 以上	0 . 2 4 以上	0 . 1 6 以上	0 . 2 4 以上
P P F D のばらつき ( 5 0 m m )	0 . 3 5	0 . 2 3	0 . 8 3	0 . 8 4
投入電力あたりの生体 重 ( $g / m^2 / W$ )	1 . 6 1	1 . 6 7	1 . 4 6	1 . 5 0
チップバーン発生	少	少	多	多

30

40

## 【 0 1 0 8 】

上記表 1 に示すように、実施例 1、2 の育成棚と比較例 1、2 の育成棚とを比較した場合、L E D チップから 2 0 0 m m 離れた箇所における P P F D のばらつきに大きな差は見られなかったが、L E D チップから 5 0 m m 離れた箇所では P P F D のばらつきが大きくなった。このように、L E D 照明シート ( 実施例 1、2 ) を用いた場合、直管型 L E D が配列された L E D パーライト ( 比較例 1、2 ) を用いた場合と比較して、光源に近い位置での P P F D のばらつきを低減することができた。

## 【 0 1 0 9 】

50

また、実施例 1、2 の育成棚を用いた場合、比較例 1、2 の育成棚を用いた場合よりも、投入電力あたりの植物の生体重を増加させることができた。さらに、実施例 1、2 の育成棚を用いた場合、比較例 1、2 の育成棚を用いた場合と異なり、チップバーン発生に差が見られた。このように、実施例 1、2 の育成棚を用いた場合、比較例 1、2 の育成棚を用いた場合と比較して、LEDチップから 50 mm 離れた箇所での PPFD のばらつきが低減されているので、光源直下の光強度ムラが少なく、光強度と正の相関で増えるチップバーンの発生が抑えられ、除去されるはずの不良部が少なくなったため、高い生産性につながったと考えられる。

#### 【0110】

上記実施の形態および変形例に開示されている複数の構成要素を必要に応じて適宜組合せることも可能である。あるいは、上記実施の形態および変形例に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。

10

#### 【符号の説明】

#### 【0111】

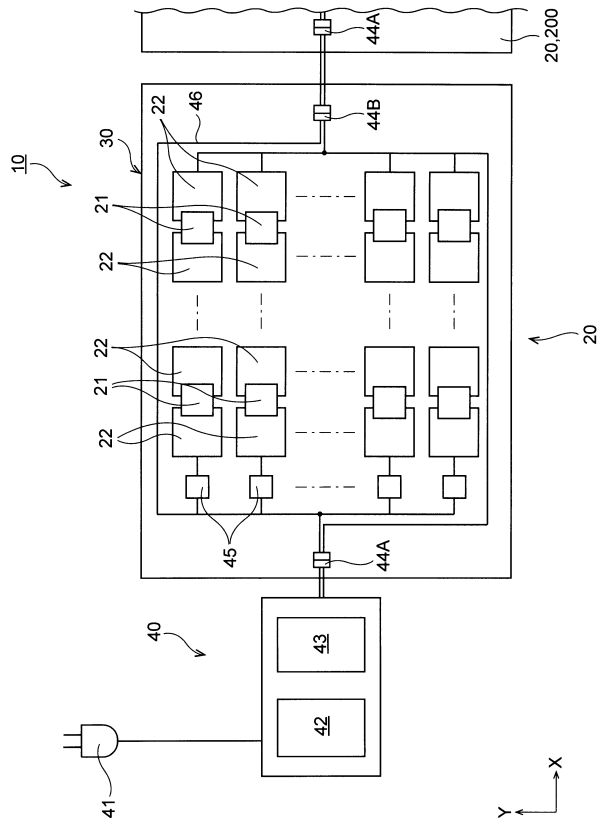
10	LED照明モジュール
20	LED照明シート
21	LEDチップ
22	金属配線部
30	フレキシブル配線基板
31	基板フィルム
32	金属配線部
33	接着剤層
34	光反射性絶縁保護膜
35	透明保護膜
36	ハンダ部
40	制御部
41	電力入力部
42	AC/DCコンバーター
43	PWM制御部
44A	第1コネクタ
44B	第2コネクタ
45	レギュレータ
46	電力供給ライン
80	植物の育成棚
81	基板
82	支柱
83	植物の育成棚用の棚板
84	光反射シート
90	植物育成工場
91	建物

20

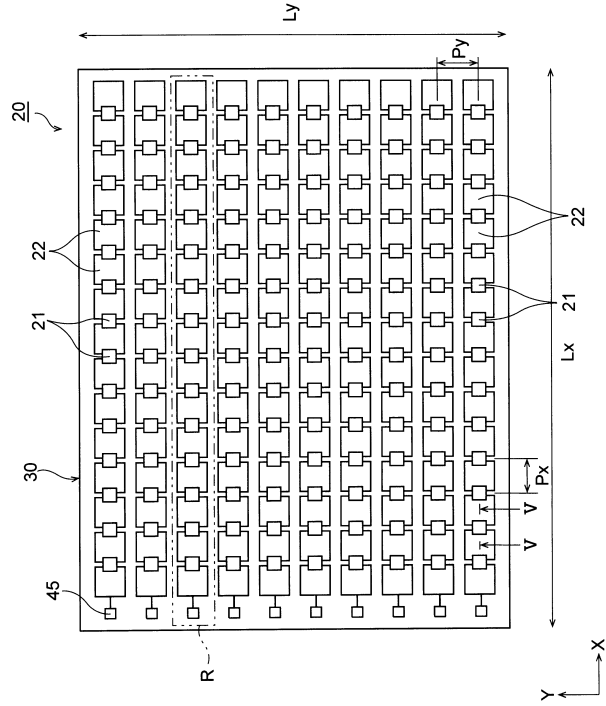
30

40

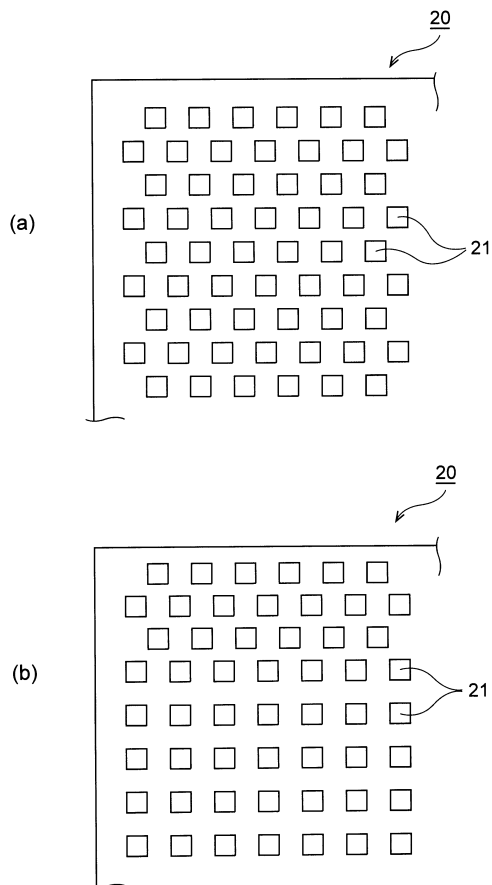
【図 1】



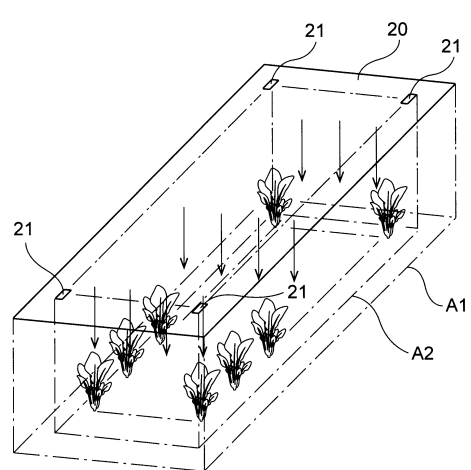
【図 2】



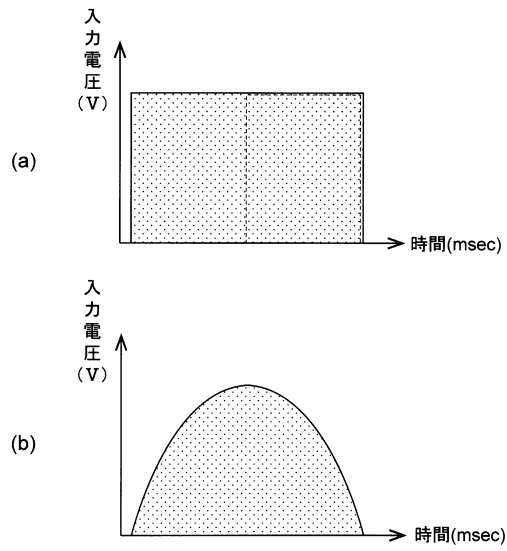
【図 3】



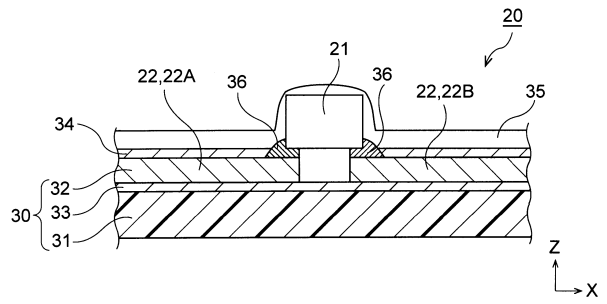
【図 4】



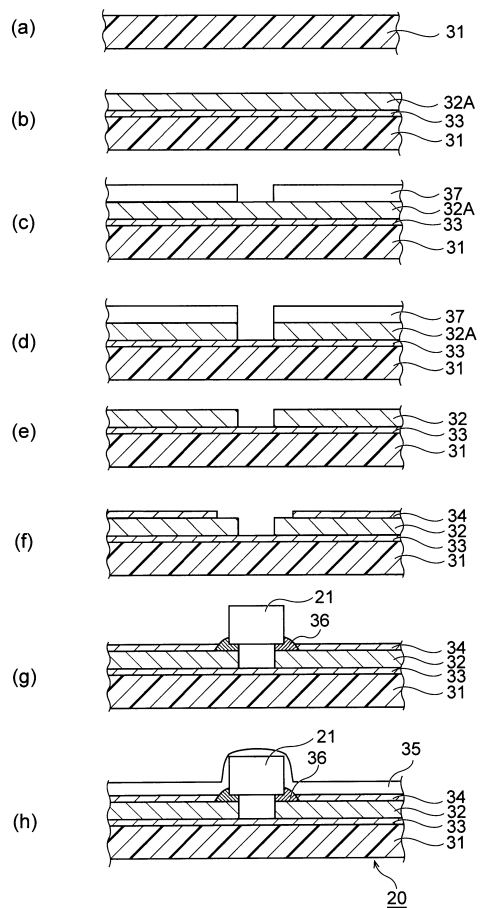
【図 5】



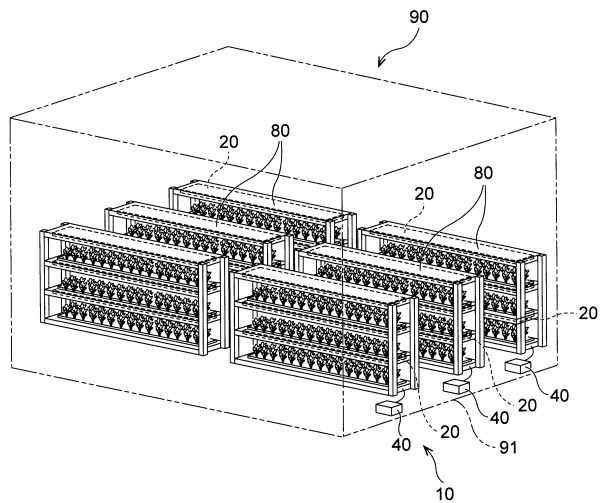
【図 6】



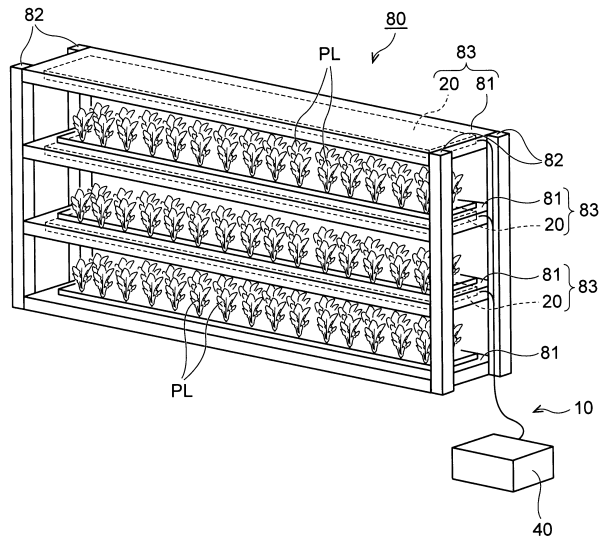
【図 7】



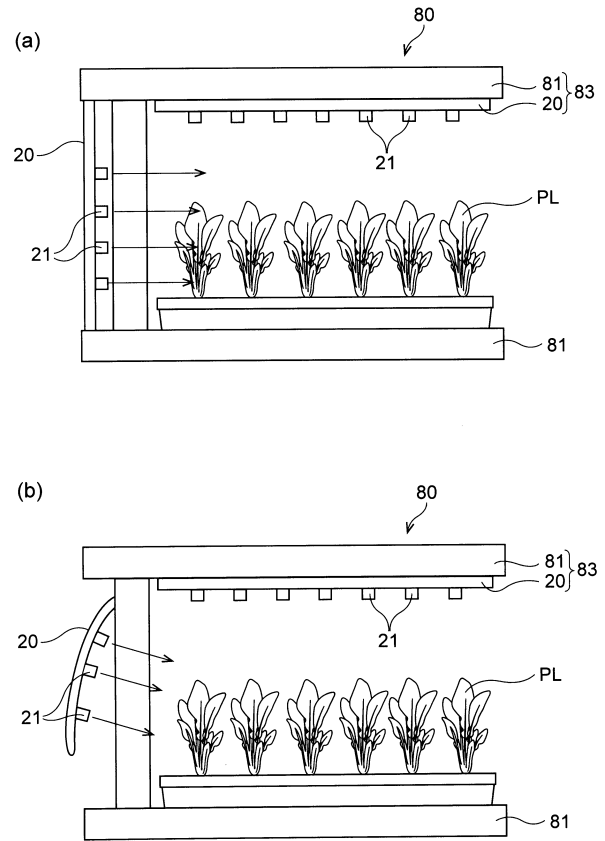
【図 8】



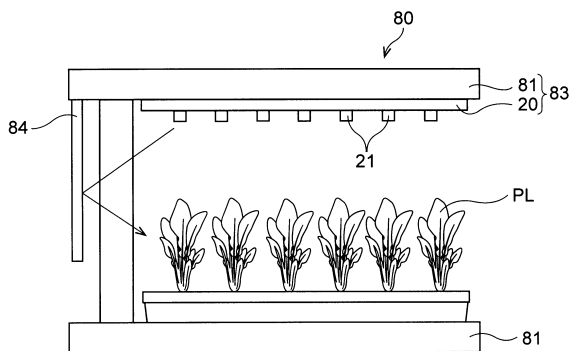
【図 9】



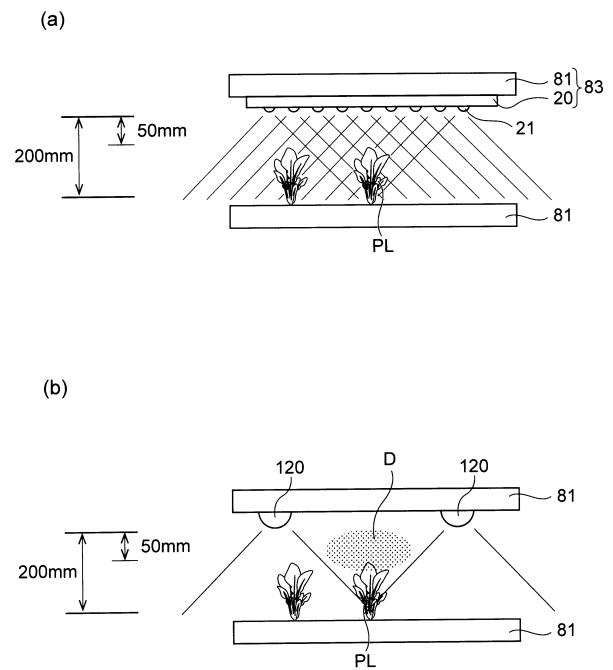
【図 10】



【図 11】



【図 12】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 1 L 33/60 (2010.01) F 2 1 V 19/00 1 7 0  
H 0 1 L 33/62 (2010.01) H 0 1 L 33/00 L  
H 0 1 L 33/54  
H 0 1 L 33/60  
H 0 1 L 33/62

(72)発明者 亀川 直人  
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内

(72)発明者 後藤 大介  
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内

## 合議体

審判長 長井 真一  
審判官 有家 秀郎  
審判官 土屋 真理子

(56)参考文献 特開2019-16631(JP,A)  
特開2013-157441(JP,A)  
特開2014-122296(JP,A)  
植物工場向けに薄くて軽いシート型の面発光LED照明を発売, [オンライン], 2018.12.06 [検索日2020.03.06], インターネット:<URL:https://www.dnp.co.jp/news/detail/1190662\_1587.html>

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A01G7/00  
H01L33/48