

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5694692号
(P5694692)

(45) 発行日 平成27年4月1日(2015.4.1)

(24) 登録日 平成27年2月13日(2015.2.13)

(51) Int.Cl.		F I	
GO2B	3/00	(2006.01)	GO2B 3/00 A
AO1G	13/02	(2006.01)	AO1G 13/02 E
AO1G	9/14	(2006.01)	AO1G 9/14 S

請求項の数 19 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2010-144769 (P2010-144769)	(73) 特許権者	507386807
(22) 出願日	平成22年6月25日 (2010.6.25)		きそミクロ株式会社
(65) 公開番号	特開2011-28253 (P2011-28253A)		長野県木曽郡木曽町福島 1652番
(43) 公開日	平成23年2月10日 (2011.2.10)	(73) 特許権者	000125370
審査請求日	平成25年6月11日 (2013.6.11)		学校法人東京理科大学
(31) 優先権主張番号	特願2009-154552 (P2009-154552)		東京都新宿区神楽坂 1-3
(32) 優先日	平成21年6月30日 (2009.6.30)	(74) 代理人	100090170
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 横沢 志郎
		(72) 発明者	道下 昌紀
			長野県木曽郡木曽町福島 1652番 きそ
			ミクロ株式会社内
		(72) 発明者	今井 義之
			長野県木曽郡木曽町福島 1652番 きそ
			ミクロ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光改質用光学部材およびその製造方法、植物の育成方法、ならびに植物育成用装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フィルム状あるいは平板状に延在する透光性部位と、
当該透光性部位の表面である受光面に沿って離散配置された複数の突起状光学素子部位
と、を有し、

前記透光性部位は、蛍光染料を含有していない素材で形成されており、
各突起状光学素子部位は、
一方の面が前記受光面から突出する凸曲面であり、他方の面が前記受光面と接する平坦
面であり、

少なくとも前記凸曲面に沿った部分が蛍光染料を含有する樹脂素材により形成されてお
 り、

各突起状光学素子部位は、前記凸曲面から自然光が入射した場合における前記他方の面
 からの出射光の R / B 比が、 1 . 5 から 5 . 0 までの範囲内の値となるように形成されて
 いることを特徴とする光改質用光学部材。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の光改質用光学部材であって、

前記蛍光染料が、紫外線から緑色光までの波長領域の少なくとも一部分の光を吸収して
、当該吸収した光よりも波長が長い青色光から赤色光までの波長領域の少なくとも一部分
の光を生成するものであることを特徴とする光改質用光学部材。

【請求項 3】

10

20

請求項 1 または 2 に記載の光改質用光学部材であって、
各突起状光学素子部位は、その内部において前記蛍光染料によって生成された蛍光の放射量のうち所定の割合以上が、前記平坦面から出光するように形成されていることを特徴とする光改質用光学部材。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれかの項に記載の光改質用光学部材であって、
各突起状光学素子部位は、前記他方の面全体を平坦面としたときの当該平坦面に対する前記凸曲面の面積比が 140% 以上となるように形成されていることを特徴とする光改質用光学部材。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれかの項に記載の光改質用光学部材であって、
前記受光面と前記凸曲面との接触位置において、前記受光面に対して前記凸曲面が 50 度以上 90 度以下の範囲内の角度で接触していることを特徴とする光改質用光学部材。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれかの項に記載の光改質用光学部材であって、
各突起状光学素子部位は、前記樹脂素材からなる蛍光樹脂層が、少なくとも各突起状光学素子部位の半径の 1/5 以上の厚さで前記凸曲面に沿って形成されていることを特徴とする光改質用光学部材。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれかの項に記載の光改質用光学部材であって、
前記樹脂素材における蛍光染料の含有量が 0.02 重量% 以上 1.0 重量% 以下の範囲内であることを特徴とする光改質用光学部材。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 のいずれかの項に記載の光改質用光学部材であって、
各突起状光学素子部位の径寸法が 0.5 mm 以上 3 mm 以下の範囲内であることを特徴とする光改質用光学部材。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の光改質用光学部材であって、
以下の (1) (2) のいずれかの条件を満たすように前記突起状光学素子部位が形成されていることを特徴とする光改質用光学部材。

(1) 各突起状光学素子部位の径寸法が 0.5 mm であり、且つ、前記樹脂素材における蛍光染料の含有量が 0.3 重量% 以上 1.0 重量% 以下であること

(2) 各突起状光学素子部位の径寸法が 1.0 mm または 2.0 mm であり、且つ、前記樹脂素材における蛍光染料の含有量が 0.02 重量% 以上 0.2 重量% 以下であること

【請求項 10】

請求項 1 ないし 9 のいずれかの項に記載の光改質用光学部材であって、
前記凸曲面は半球面であることを特徴とする光改質用光学部材。

【請求項 11】

請求項 1 ないし 10 のいずれかの項に記載の光改質用光学部材であって、
各突起状光学素子部位と隣接する突起状光学素子部位の間隔を D とし、各突起状光学素子部位の半径を R としたときに、以下の (1) ~ (3) のいずれかの条件を満たすように前記突起状光学素子部位が配置されていることを特徴とする光改質用光学部材。

(1) 前記突起状光学素子部位が格子状に配置され、且つ、 $D \geq R$ であること

(2) 前記突起状光学素子部位が面心格子状に配置され、且つ、 $D \geq 2R$ であること

(3) 前記突起状光学素子部位が六方晶細密充填構造状に配置され、且つ、 $D \geq 3R$ であること

【請求項 12】

請求項 1 ないし 11 のいずれかの項に記載の光改質用光学部材であって、
前記透光性部位の前記受光面における前記突起状光学素子部位の隙間の少なくとも一部に、遮光材が設けられていることを特徴とする光改質用光学部材。

【請求項 13】

請求項 1 ないし 11 のいずれかの項に記載の光改質用光学部材であって、
前記突起状光学素子部位の内部に、反射材または光散乱材が埋め込まれていることを特徴とする光改質用光学部材。

【請求項 14】

請求項 1 ないし 13 のいずれかの項に記載の光改質用光学部材を用意し、
育成対象の植物に供給される光が、各突起状光学素子部位の前記凸曲面から入射して前記平坦面から出射した後、前記植物に到達するように前記光改質用光学部材を設置して、前記植物を育成することを特徴とする植物の育成方法。

【請求項 15】

複数の可動板と、
当該複数の可動板の角度を連動させて調整するための角度調整機構とを有し、
前記複数の可動板の少なくとも一部が、請求項 1 ないし 13 のいずれかの項に記載の光改質用光学部材により形成されていることを特徴とする植物育成用装置。

【請求項 16】

硬化型樹脂に蛍光染料および溶剤を配合した樹脂溶液を、複数の凸曲面を平面上に所定間隔で並べた凹凸パターンの反転形状を有する金型内に導入し、前記樹脂溶液を硬化させつつフィルム状あるいは板状の透光性部位の表面に転写することにより、請求項 1 ないし 13 のいずれかの項に記載の光改質用光学部材を形成することを特徴とする光改質用光学部材の製造方法。

【請求項 17】

蛍光染料を含有するフィルム状あるいは板状の熱可塑性樹脂材を加熱金型により変形させることにより、当該熱可塑性樹脂材の表面に複数の凸曲面を平面上に所定間隔で並べた凹凸パターンを転写して、請求項 1 ないし 13 のいずれかの項に記載の光改質用光学部材を形成することを特徴とする光改質用光学部材の製造方法。

【請求項 18】

請求項 17 に記載の光改質用光学部材の製造方法において、
フィルム状あるいは板状の前記透光性部位の表面に、前記フィルム状あるいは板状の前記熱可塑性樹脂材を設けた積層体を用意し、
当該積層体における前記蛍光染料を含有する前記熱可塑性樹脂材の層を、前記加熱金型により変形させることを特徴とする光改質用光学部材の製造方法。

【請求項 19】

フィルム状あるいは板状の前記透光性部位の表面に複数の突起を所定間隔で形成しておき、
各突起の表面に蛍光染料を配合した樹脂素材の層を印刷により形成して、請求項 1 ないし 13 のいずれかの項に記載の光改質用光学部材を形成することを特徴とする光改質用光学部材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自然光などの光を有効利用して植物の育成に適した光を供給するなどの各種用途に適用可能な光改質用光学部材およびその製造方法に関する。また、この光改質用光学部材を用いた植物の育成方法、ならびに植物育成用装置に関する。

【背景技術】

【0002】

植物の育成のために、寒冷紗や遮光ネットなどの各種の遮光用の資材を用いて自然光の光量を制御することが行われている。寒冷紗や遮光ネットは、有害な紫外線や熱線を遮蔽することができるが、その一方で、光合成や花芽分化等に必要な光も遮蔽してしまう。また、寒冷紗や遮光ネットは、日焼けや過度な温度上昇による育成障害を確実に防止するために、常に安全側の遮光量となるように利用されることが多い。そのため、植物の育成に

10

20

30

40

50

有効な光が少なくなりがちな状態で植物が育成されることとなり、自然光を十分に有効に活用できない。また、遮蔽された光は熱として植物の近傍に放射されるので、この熱を冷却するエネルギーが別途必要になってしまう。

【0003】

植物の育成に關与する光環境について、 R/B 比（赤色光波長帯域に対する青色光波長帯域の光量子密度の比）を指標として評価することが行われている。 R/B 比は、植物の育成光における各波長別の光量子数を示す光量子束密度分布（ $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{nm}$ ）に基づき、赤色の波長域（ $620 \sim 635 \text{ nm}$ ）の光量子数を、青色の波長域（ $465 \sim 480 \text{ nm}$ ）の光量子数で除した値である。

【0004】

植物の育成に有効な光とは、成長の度合いにつれて光の成分の割合が異なっているが、 R/B 比がおおよそ2～4の割合の光である。すなわち、植物の葉の光成分吸収実験によれば、植物の新芽は、紫外線は吸収せず、可視光は R/B 比が4の割合で吸収する。これが、数ヶ月の幼芽になると、紫外線を若干吸収するようになり、可視光は R/B 比が約2の割合で吸収するようになり、成熟葉の吸収に近くなる。成熟葉では、更に紫外線、近赤外線の吸収量が多くなる。一方、自然光の R/B 比は0.6であり、圧倒的に青色光成分が多く、常に過剰な青色光、緑色光が含まれている。過剰な青色光、緑色光は光阻害の原因となるため、この過剰な青色光、緑色光を常に遮光できるように安全側の設定で寒冷紗や遮光ネットを設置すると、育成に有効な赤色光の供給量は必要量よりもかなり少なくなってしまう。

【0005】

特許文献1には、蛍光染料入りの繊維を用いた光合成ネットが記載されている。この光合成ネットは、自然光を植物育成に適する R/B 比に改質することを目的とするものであり、この繊維に光が照射されると繊維内部で蛍光が励起され、励起された光が繊維表面から散乱されて植物に供給される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2007-135583号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記のように、植物の育成に最も適した光の R/B 比は2～4の割合である。しかしながら、特許文献1の光合成ネットは、三重にして用いたとしても、改質後の光の R/B 比は1.2未満にしかない。したがって、特許文献1の光合成ネットは、植物の良好な育成のためには光改質効果が十分であるとはいえない。

【0008】

また、特許文献1の光合成ネットは1cm程度の隙間を持つ網目状に形成されているので、自然光の直射光成分がこの隙間を通過して植物に直達する。よって、露地栽培に適さない植物や直射日光に弱い植物に対して、直達光が供給されてしまい、光阻害による育成障害を十分に防止できないという問題点がある。

【0009】

一方、従来の寒冷紗や遮光ネットを用いる方法でも、育成環境の変化に応じて遮光量を適宜調整すれば、常に最も安全側の遮光量となるように設置しておく必要がなくなり、植物に対して育成に必要な光をより多く供給することができる可能性がある。しかしながら、遮光量を調整するには寒冷紗や遮光ネットを手操り上げたり再度張りなおす操作が必要となる。よって、遮光量の調整に多くの労力が必要となり、簡単に行うことができないという問題点がある。

【0010】

本発明の課題は、上記の問題点に鑑みて、自然光（太陽光、天空光など）を植物育成に

10

20

30

40

50

最適な R / B 比となるように改質して植物に供給できるようにして、光阻害を防止し、且つ、自然光の有効利用を図ることが可能な光改質用光学部材およびその製造方法、植物の育成方法、ならびに植物育成用装置を提案することにある。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の課題は、通気量の確保や光量調整を簡単に行うことが可能な光改質用光学部材、もしくは植物育成用装置を提案することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

上記の課題を解決するために、本発明の光改質用光学部材は、
フィルム状あるいは平板状に延在する透光性部位と、
当該透光性部位の表面である受光面に沿って離散配置された複数の突起状光学素子部位と、を有し、

前記透光性部位は、蛍光染料を含有していない素材で形成されており、
各突起状光学素子部位は、
一方の面が前記受光面から突出する凸曲面であり、他方の面が前記受光面と接する平坦面であり、

少なくとも前記凸曲面に沿った部分が蛍光染料を含有する樹脂素材により形成されており、

各突起状光学素子部位は、前記凸曲面から自然光が入射した場合における前記他方の面からの出射光の R / B 比が、1 . 5 から 5 . 0 までの範囲内の値となるように形成されていることを特徴としている。

【 0 0 1 3 】

本発明は、このように、透光性部位の受光面に沿って離散配置された複数の突起状光学素子部位を備えているので、自然光などの光をこれらの突起状光学素子部位を通過させた後に、植物に供給することができる。このとき、樹脂素材に含まれる蛍光染料により、突起状光学素子部位に入射した光を励起光として吸収して、吸収した光よりも波長が長い光を生成することができる。よって、受光面に入射した光を、入射前よりも長波長成分の割合が増大した光に改質することができる。特に、突起状光学素子部位を、前記凸曲面から自然光が入射した場合における前記他方の面からの出射光の R / B 比が、1 . 5 から 5 . 0 までの範囲内の値となるように形成しているため、自然光などの光を植物の育成に最も望ましい R / B 比の光に改質して供給できる。

【 0 0 1 4 】

また、本発明では、複数の突起状光学素子部位の凸曲面が受光面から突出しており、凸曲面を受光面と同じ側に向けて透光性部位に保持させている。樹脂素材の表裏の面をいずれも平坦にすると、表面（受光面）から入射して蛍光染料によって改質された光が、出光面積の最も小さい面、すなわち厚さ方向に切断したときに形成される端面側から 70 % 程度が出射されてしまい、裏面（出光面）側に出射されるのは 15 % 程度となってしまう。よって、このような形状では、蛍光染料によって改質された光を効率良く利用することができない。これに対し、本発明では、蛍光染料を含有する樹脂素材を用いて形成された突起状光学素子部位の受光側の面を凸曲面状に形成したことにより、この面から入射した光を集光して他方の面から出射させ、あるいは、他方の面から凸曲面側に反射された光を凸曲面に沿って誘導して、他方の面の平坦面部分から選択的に出射させることができる。

【 0 0 1 5 】

さらに、本発明では、透光性部位は蛍光染料を含有しておらず、突起状光学素子部位が蛍光染料を含有していればよい。よって、改質した光を高い効率で利用することができ、自然光のエネルギーを有効に利用することができる。

【 0 0 1 6 】

このとき、前記蛍光染料が、紫外線から緑色光までの波長領域の少なくとも一部分の光を吸収して、当該吸収した光よりも波長が長い青色光から赤色光までの波長領域の少なくとも一部分の光を生成するものであることが望ましい。このようにすれば、各突起状光学

10

20

30

40

50

素子部位は、受光面に入射する光を、より R / B 比（赤色光波長帯域に対する青色光波長帯域の光量子密度の比）が大きい光に改質できる。すなわち、光阻害の阻害作用が強く自然光に過剰に含まれている波長成分を吸収し、植物の育成に必要で、自然光には不足がちな波長成分を生成することができる。従って、自然光に含まれる成分のうち、植物の育成に不要あるいは過剰とされている成分を植物の育成に有効に利用でき、かつ、光阻害による育成障害を抑制できる。

【 0 0 1 7 】

本発明において、各突起状光学素子部位は、その内部において前記蛍光染料によって生成された蛍光の放射量のうち所定の割合以上を、前記平坦面から出光させるように形成されていることが望ましい。このように、生成した蛍光の平坦面からの出光比率に着目して、この出光比率が低くならないように突起状光学素子部位を形成することにより、生成された蛍光を有効利用して所望の R / B 比の改質光を得ることができる。

10

【 0 0 1 8 】

このとき、前記他方の面全体を平坦面としたときの当該平坦面に対する前記凸曲面の面積比が 1 4 0 % 以上となるように各突起状光学素子部位を形成することが望ましい。本願出願人は、本発明の構成において、受光面の出光面に対する面積比に着目して光学素子形状およびその配置を検討し、光の改質効果を検討した結果、受光面（凸曲面）の出光面（平坦面）に対する面積比が増加するにつれて出射される光の R / B 比が上昇し、面積比を 1 4 0 % 以上にすれば、R / B 比を 1 . 5 以上にすることができるという知見を得た。よって、本発明の構成により、自然光を、植物の育成にとって実用上十分有効な R / B 比の光に改質することができる。

20

【 0 0 1 9 】

また、本発明において、前記受光面と前記凸曲面との接触位置において、前記受光面に対して前記凸曲面が 5 0 度以上 9 0 度以下の範囲内の角度で接触していることが望ましい。このようにすると、突起状光学素子部位内で発生した蛍光のうち、凸曲面に沿って誘導された成分が、透光性部位の受光面に、9 0 度を中心とする所定の角度範囲内の入射角度で入射するので、透光性部位の内面で全反射されずに出光面から出射する蛍光の比率が大きくなる。よって、生成された蛍光を逃がさずに有効利用することができ、自然光をより R / B 比の大きい光に改質できる。

【 0 0 2 0 】

30

ここで、前記樹脂素材からなる蛍光樹脂層を、少なくとも各突起状光学素子部位の半径の 1 / 5 以上の厚さで前記凸曲面に沿って形成するとよい。凸曲面から入射する光を改質して平坦面から出光させる場合には、凸曲面に近い表面層の部分で生成される蛍光の利用率が高い。よって、凸曲面に近い表面層の部分に蛍光樹脂層を設けることにより、蛍光樹脂を光改質材として有効に機能させることができる。

【 0 0 2 1 】

また、前記樹脂素材における蛍光染料の含有量を、0 . 0 2 重量%以上 1 . 0 重量%以下に設定することが望ましい。本願出願人は、樹脂素材における蛍光染料の配合を検討して、光の改質効果を検討した。その結果、このような含有量の範囲が、自然光をより R / B 比の大きい光に改質でき、且つ、改質した光を高い効率で利用できる最適な設定であることを確認している。よって、このような構成により、自然光を高い効率で利用することができる。

40

【 0 0 2 2 】

本発明において、前記突起状光学素子部位の径寸法を 0 . 5 mm 以上 3 mm 以下にすることが望ましい。また、突起状光学素子部位の寸法に応じて蛍光染料の含有量（濃度）の最適な範囲が異なっていることを考慮して、以下の（ 1 ）（ 2 ）のいずれかの条件を満たすように前記突起状光学素子部位が形成されていることが望ましい。

（ 1 ）各突起状光学素子部位の径寸法が 0 . 5 mm であり、且つ、前記樹脂素材における蛍光染料の含有量が 0 . 3 重量%以上 1 . 0 重量%以下であること

（ 2 ）各突起状光学素子部位の径寸法が 1 . 0 mm または 2 . 0 mm であり、且つ、前記

50

樹脂素材における蛍光染料の含有量が 0.02 重量%以上 0.2 重量%以下であること

【0023】

このとき、前記凸曲面は半球面であることが望ましい。また、各突起状光学素子部位と隣接する突起状光学素子部位の間隔を D とし、各突起状光学素子部位の半径を R としたときに、以下の (1) ~ (3) のいずれかの条件を満たすように前記突起状光学素子部位が配置されていることが望ましい。

(1) 前記突起状光学素子部位が格子状に配置され、且つ、 $D = R$ であること

(2) 前記突起状光学素子部位が面心格子状に配置され、且つ、 $D = 2R$ であること

(3) 前記突起状光学素子部位が六方晶細密充填構造状に配置され、且つ、 $D = 3R$ であること

【0024】

本願出願人は、突起状光学素子部位の形状、寸法、配置、蛍光染料の含有量などに着目して光の改質効果を検討した。その結果、このような形状、寸法、配置、および含有量の設定が、自然光をより R/B 比の大きい光に改質でき、且つ、改質した光を高い効率で利用できる最適な設定であることを確認している。よって、このような構成により、自然光を高い効率で利用することができる。

【0025】

本発明において、前記突起状光学素子部位の隙間の少なくとも一部に遮光材を設けてもよい。このようにすれば、過剰な光を遮蔽して光障害を確実に防止しつつ、遮光しない部分から入射した光については植物の育成に適した光に改質することができる。なお、遮光材に代えて反射材や光散乱材を設ければ、入射する光を遮蔽しつつ、反射あるいは散乱された光の少なくとも一部を集光用の凸曲面に誘導して、効率良く光を改質することができる。あるいは、前記突起状光学素子部位の内部に反射材または光散乱材を埋め込んでもよい。このようにすれば、入射した自然光を凸曲面の内部で効率よく散乱させて効率良く蛍光励起させることができる。

【0026】

また、本発明において、前記透光性部位における前記突起状光学素子部位の隙間に通気孔を形成してもよい。このようにすれば、通気を行って温度環境などの育成環境を良好にすることができ、光放射などによる植物の周囲の温度上昇を防止できる。

【0027】

なお、本発明に含まれる構成ではないが、前記透光性部位の一方の面に、複数の窪みを離散配置して形成しておき、各窪みに前記突起状光学素子部位を埋め込む構成にすることもできる。このようにすれば、各突起状光学素子部位の平坦面と、透光性部位の出光面とを面一にすることができ、受光面と出光面に凹凸のない植物育成資材を形成することが可能である。

【0028】

次に、本発明の植物の育成方法は、

上記の光改質用光学部材を用意し、

育成対象の植物に供給される光が、各突起状光学素子部位の前記凸曲面から入射して前記平坦面から出射した後、前記植物に到達するように前記光改質用光学部材を設置して、前記植物を育成することを特徴としている。

【0029】

また、本発明の植物育成用装置は、

複数の可動板と、

当該複数の可動板の角度を連動させて調整するための角度調整機構とを有し、

前記複数の可動板の少なくとも一部が、上記の光改質用光学部材により形成されていることを特徴としている。

【0030】

このような構成により、通気量、光改質量、あるいは遮光量を必要に応じて適宜簡単に調整できる植物育成用装置が得られる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

次に、本発明の光改質用光学部材の製造方法は、硬化型樹脂に蛍光染料および溶剤を配合した樹脂溶液を、複数の凸曲面を平面上に所定間隔で並べた凹凸パターンの反転形状を有する金型内に導入し、前記樹脂溶液を硬化させつつフィルム状あるいは板状の透光性部位の表面に転写することを特徴としている。そして、この方法において、前記硬化型樹脂として、エポキシ樹脂またはアクリル樹脂を用意し、当該エポキシ樹脂または当該アクリル樹脂に蛍光染料および溶剤を配合した前記樹脂溶液を、紫外線硬化あるいは熱硬化させつつ前記透光性部位の表面に転写することができる。

【 0 0 3 2 】

本発明におけるもう一つの光改質用光学部材の製造方法は、蛍光染料を含有するフィルム状あるいは板状の熱可塑性樹脂材を加熱金型により変形させることにより、当該熱可塑性樹脂材の表面に複数の凸曲面を平面上に所定間隔で並べた凹凸パターンを転写して、上記の光改質用光学部材を形成することを特徴としている。そして、この方法において、フィルム状あるいは板状の前記透光性部位の表面に、前記フィルム状あるいは板状の前記熱可塑性樹脂材を設けた積層体を用意し、当該積層体における前記蛍光染料を含有する前記熱可塑性樹脂材の層を、前記加熱金型により変形させるようにすることができる。

【 0 0 3 3 】

また、本発明に含まれる構成ではないが、フィルム状あるいは板状の透光性部位の表面に、複数の窪みを所定間隔で形成しておき、各窪みに、蛍光染料を配合した樹脂素材を充填して表面を平坦に形成し、前記樹脂素材を硬化させることにより、上記の光改質用光学部材を形成することもできる。

【 0 0 3 4 】

更に、本発明における別の光改質用光学部材の製造方法は、フィルム状あるいは板状の前記透光性部位の表面に複数の突起を所定間隔で形成しておき、各突起の表面に、蛍光染料を配合した樹脂素材の層を印刷により形成して、上記の光改質用光学部材を形成することを特徴としている。

【発明の効果】

【 0 0 3 5 】

本発明によれば、透光性部位に保持されている複数の突起状光学素子部位が、この突起状光学素子部位を形成している樹脂素材に含まれる蛍光染料により、入射した光を励起光として吸収して、吸収した光よりも波長が長い光を生成する。よって、受光面に入射した光を、入射前よりも長波長成分の割合が増大した光に改質することができる。

【 0 0 3 6 】

また、本発明では、蛍光染料を含有する樹脂素材を用いて形成された突起状光学素子部位の受光側の面を凸曲面状に形成したことにより、この面から入射した光を集光して他方の面から出射させ、あるいは、他方の面から凸曲面側に反射されてきた光を凸曲面に沿って誘導して、他方の面の平坦面部分から選択的に出射させることができる。また、本発明では、透光性部位は蛍光染料を含有しておらず、突起状光学素子部位が蛍光染料を含有していればよい。よって、改質した光を高い効率で利用することができ、自然光のエネルギーを有効に利用することができる。特に、突起状光学素子部位を、前記凸曲面から自然光が入射した場合における前記他方の面からの出射光の R / B 比が、1 . 5 から 5 . 0 までの範囲内の値となるように形成しているため、自然光などの光を植物の育成に最も望ましい R / B 比の光に改質して供給できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 7 】

【図 1】実施形態 1 の植物育成フィルムの平面図および断面図である。

【図 2】凸レンズ状突起の配列パターンの説明図である。

【図 3】植物育成フィルムの設置形態の説明図である。

【図 4】受光面の出光面に対する面積比と、改質光の R / B 比との関係を示すグラフである。

10

20

30

40

50

【図 5】蛍光染料の含有率と、緑色光の吸収率および赤色光の透過率との関係を示すグラフである。

【図 6】半球型の凸レンズ状突起（直径 0.5 mm）における蛍光染料濃度と R / B 比との関係を示すグラフである。

【図 7】凸レンズ状突起間の間隔および凸レンズ状突起の半径と、面積率との関係を示すグラフである。

【図 8】晴天日における改質光のスペクトル分布図である。

【図 9】曇天日における改質光のスペクトル分布図である。

【図 10】参考例 1 の植物育成フィルムの平面図および断面図である。

【図 11】改変例 1 の植物育成フィルムの平面図および断面図である。

【図 12】改変例 2 の植物育成フィルムの平面図および断面図である。

【図 13】改変例 3 の植物育成フィルムの平面図である。

【図 14】光透過性フィルムの表面に対する凸曲面の接触角度の説明図である。

【図 15】改変例 6 の植物育成フィルムと、参考例 2 の植物育成フィルムの断面図である。

。

【図 16】参考例 3 の植物育成フィルムの断面図である。

【図 17】植物育成フィルムを用いたブラインドの説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0038】

以下、本発明を適用した植物育成方法および植物育成資材の実施の形態について説明する。

【0039】

（実施形態 1）

図 1（a）は実施形態 1 の植物育成フィルム（光改質用光学部材）の平面図であり、図 1（b）はその断面図である。植物育成フィルム 1 は、可撓性の光透過性フィルム 2（透光性部位）と、光透過性フィルム 2 の一方の表面 2 a（受光面）に沿って一定間隔で配列された多数の凸レンズ状突起 3（突起状光学素子部位）を有している。光透過性フィルム 2 は、ポリエチレンテレフタレートなどの透明な樹脂素材を一定の厚さのフィルム状に成形したものである。なお、可撓性のフィルム材に代えて透明樹脂板や硝子板などの板材を用いて、その表面に凸レンズ状突起 3 を配列した構成にしてもよい。この場合には、剛性のある板状の光改質用光学部材が形成される。

【0040】

各凸レンズ状突起 3 は、その上部表面がほぼ半球形の凸曲面 3 a となっており、その底部が円形の平坦面 3 b となっている。各凸レンズ状突起 3 は、平坦面 3 b を光透過性フィルム 2 の表面 2 a に密着させ、各凸レンズ状突起 3 の中心軸が光透過性フィルム 2 の表面 2 a に対して垂直になるように取り付けられている。また、凸曲面 3 a の形状は、その面積が、平坦面 3 b の面積に対して 140 % 以上の面積比となるように設定されている。

【0041】

各凸レンズ状突起 3 を形成している樹脂素材は、透明樹脂に、蛍光染料を 0.02 重量 % 以上 1.0 重量 % 以下の範囲内の所定の含有率となるように配合したものである。透明樹脂としては、ポリエチレンテレフタレートなどの熱可塑性樹脂、あるいは、紫外線硬化型樹脂や熱硬化型樹脂などの硬化型樹脂を用いることができる。紫外線硬化型樹脂としては、ウレタンアクリレート、エポキシアクリレートなどの樹脂を用いることができる。また、加熱成形樹脂としては、ビニル系、ポリエステル系、アクリル、PC（ポリカーボネート）系、AS（アクリロニトリルスチレン）系、PS（ポリスチレン）系、ウレタン系、ポリオレフィン系、エポキシ系、アルキッド系などの樹脂を用いることができる。

【0042】

この蛍光染料は、紫外線から緑色光までの波長領域の光を吸収し、これらの波長の光を励起光として、より波長が長い光、すなわち、青色光から赤色光までの波長領域の光を生成するものである。このような構成では、凸レンズ状突起 3 に入射する自然光は、凸レン

10

20

30

40

50

ズ状突起 3 内を通過する際に紫外線から緑色光までの波長成分が減少して、青色光から赤色光までの波長成分が増大する。すなわち、凸レンズ状突起 3 に入射する自然光は、凸レンズ状突起 3 内を通過する際にその波長成分の比率が変化し、 R/B 比（赤色光波長帯域に対する青色光波長帯域の光量子密度の比）が増大した改質光となって凸レンズ状突起 3 から出射される。

【0043】

凸レンズ状突起 3 の半径 R は $0.5\text{ mm} \sim 3.0\text{ mm}$ であり、その配列パターンは、例えば、図 2 (a) ~ (c) に示す配列パターンが用いられる。図 2 (a) は、光透過性フィルム 2 の表面に沿って格子状（正方格子の各格子点）に凸レンズ状突起 3 を並べたものであり、図 2 (b) は、面心格子状（正方格子の各格子点および格子の中心点）に凸レンズ状突起 3 を並べた配列である。また、図 2 (c) は、六方晶細密充填構造状（正三角形格子の各格子点）に凸レンズ状突起 3 を並べた配列である。本実施形態では、各凸レンズ状突起 3 と隣接する凸レンズ状突起 3 との間の間隔 D を、各配列パターンに応じて設定している。すなわち、図 2 (a) の配列では $D = R$ となるように設定し、図 2 (b) の配列では $D = 2R$ となるように設定し、図 2 (c) の配列では $D = 3R$ となるように設定している。このように設定した理由は後述する。

【0044】

植物育成フィルム 1 は、凸レンズ状突起 3 が配列されている光透過性フィルム 2 の表面 2 a に外部からの自然光が入射するように設置され、光透過性フィルム 2 のもう一方の表面 2 b 側から出射した光が育成対象の植物に供給されるように設置される。これにより、各凸レンズ状突起 3 内を通過する際に R/B 比が増大して自然光が改質光となり、この改質光が光透過性フィルム 2 を通過して植物に供給される。このように、植物育成フィルム 1 は、自然光中の過剰な青色光や緑色光を吸収して植物の育成に有効な赤色光を生成して供給できるので、光障害を防止しつつ、自然光を植物の育成に有効利用することができる。自然光の有効利用により、コスト削減を図るとともに、炭酸ガスの発生量削減を図ることができるので、地球温暖化対策にも有効である。

【0045】

図 3 (a) ~ (e) は植物育成フィルム 1 の設置形態の説明図である。図 3 (a) (b) はビニールハウスやガラスハウスなどの植物育成施設 4 の天井面 4 a に植物育成フィルム 1 を張った設置形態であり、図 3 (c) (d) は植物育成施設 4 の外壁の天井部分 4 b の内側に植物育成フィルム 1 を張った設置形態である。また、図 3 (e) は、自然光を有効に取り入れるため、植物育成施設 4 の天井面 4 a と外壁の西側側面 4 c、南側側面 4 d に植物育成フィルムを張った形態である。なお、上述したように光改質用光学部材自体を剛性のある板状に形成した場合、この光改質用光学部材は光改質機能を有する一体型の資材となり、そのまま天井材や壁材として用いることができる。よって、植物育成施設や植物育成装置における構成の簡素化、部材数の削減、コスト削減などを行うことができる。

【0046】

植物育成フィルム 1 を通過した光の R/B 比は、凸レンズ状突起 3 の形状、寸法、配置パターン、あるいは、凸レンズ状突起 3 を形成している蛍光染料の含有率（蛍光染料濃度）などに応じて決まる。そこで、これらのパラメータを適宜設定することにより、目標とする R/B 比の光が得られるように、植物育成フィルム 1 を構成することが可能である。本実施形態では、通常は R/B 比が 0.6 程度である自然光が、植物育成フィルム 1 を通過したことにより、 $1.5 \sim 5$ 程度の R/B 比の光に改質されるように、植物育成フィルム 1 を構成している。植物の種類によって、また生育期によっても異なるが、 $1.5 \sim 5$ 程度の R/B 比の光であれば、植物の育成にとって実用上十分適した光となる。また、植物の育成にとって最適な環境にするためには、 R/B 比を $2 \sim 4$ の範囲にすることが望ましい。

【0047】

なお、本実施形態では、凸レンズ状突起 3 を全て等形状および等寸法にしているが、異なる寸法や形状の凸レンズ状突起 3 を混在させることにより、光改質効果や、得られる改

10

20

30

40

50

質光の光量などを異ならせることも可能である。例えば、時刻や季節による自然光の入射方向、入射強度、および波長成分の変化を考慮して、植物育成施設の壁面や天井面における凸レンズ状突起 3 の分布を決定すれば、時刻や季節に応じて、光改質効果や、得られる改質光の光量などを異ならせることが可能である。

【 0 0 4 8 】

ここで、本願出願人が検討した凸レンズ状突起 3 の形状に関するパラメータのうち、受光面の出光面に対する面積比、すなわち、凸曲面 3 a の平坦面 3 b に対する面積比の設定について説明する。凸レンズ状突起 3 の凸曲面 3 a は、その凸形状により、植物育成フィルム 1 に向かって照射してくる各方位からの光を平坦面よりも多く受光することができ、外部の光を効率的に取り込むことができる。また、受光した光を凸曲面形状によって集光することができ、あるいは、凸レンズ状突起 3 内で反射あるいは放射された光を凸曲面 3 a の内面に沿って反射させつつ平坦面 3 b に向けて誘導して、平坦面 3 b から出射させることができる。このように、受光面側を凸曲面にした構成では、均一な厚さの蛍光樹脂フィルムを通過させる場合に比べて、平坦面 3 b 側への改質光の出光量を増大させることができる。よって、植物育成フィルム 1 に入射する光を効率よく植物の育成に利用することができる。また、凸レンズ状突起 3 内での光の散乱によって改質効果を高めることができると共に、改質された光を平坦面 3 b から拡散させて出射することができるので、植物への光の当たりむらを少なくすることができる。

【 0 0 4 9 】

図 4 は、凸レンズ状突起 3 における凸曲面 3 a (受光面)の平坦面 3 b (出光面)に対する面積比と、改質光の R / B 比との関係を示すグラフである。なお、このグラフは、蛍光染料の含有率を 0 . 0 2 重量%とし、凸レンズ状突起 3 の直径を 2 mm とした場合の計算結果である。この図に示すように、受光面の出光面に対する面積比、すなわち、凸曲面 3 a の平坦面 3 b に対する面積比が増大するにつれて、改質光の R / B 比が増大している。そして、面積比がほぼ 1 4 0 % のときに、改質光の R / B 比が 1 . 5 に到達している。本実施形態では、このような計算結果をふまえて、凸曲面 3 a の平坦面 3 b に対する面積比を 1 4 0 % 以上とするように、凸レンズ状突起 3 の形状を設定している。なお、図 4 によれば、面積比を 2 0 0 % 以上とすれば R / B 比は 2 . 5 に近い値となるので、植物育成により適した光を供給することができる。

【 0 0 5 0 】

次に、凸レンズ状突起 3 における蛍光染料の含有率 (蛍光染料濃度) の設定について説明する。図 5 は、直径 1 mm の半球形の凸レンズ状突起 3 における蛍光染料の含有率 (蛍光染料濃度) と、この凸レンズ状突起 3 における緑色光の吸収率および赤色光の透過率との関係を示すグラフである。この図によれば、蛍光染料濃度が 0 . 2 重量%程度になるまでは緑色光の吸収率が増大している。また、蛍光染料濃度が 0 . 1 重量%を超えるあたりから、赤色光の透過率が低下している。同様に、直径 2 mm の半球形の凸レンズ状突起 3 については、0 . 0 2 重量%程度まで濃度を低下させてもそれほど緑色光の吸収率が変わらないことを確認した。

【 0 0 5 1 】

図 6 は、直径 0 . 5 mm の半球型の凸レンズ状突起 3 における蛍光染料の含有率 (蛍光染料濃度) と、R / B 比との相関関係を示すグラフである。図 6 において、蛍光染料濃度 0 . 1 % から 1 . 0 % までのデータに基づく近似直線を破線で示す。このグラフでは、蛍光染料濃度が概ね 0 . 3 重量%以上のときに R / B 比が 1 . 5 以上となっている。よって、直径が 0 . 5 mm の場合には、蛍光染料濃度が 0 . 3 重量%から 1 . 0 重量%の範囲で R / B 比が 1 . 5 以上となり、この範囲で R / B 比の増大効果があることを確認できる。なお、このグラフには 1 . 0 重量%よりも蛍光染料濃度が大きい場合のデータを示していないが、製造の容易さなどを考慮すると、蛍光染料濃度の上限を 1 . 0 重量%程度にしておくのが望ましい。また、同様に、凸レンズ状突起 3 の直径を 1 . 0 mm、2 . 0 mm、3 . 0 mm の場合について、蛍光染料濃度と R / B 比との相関関係とを検証した結果、R / B 比が植物の育成に適した値となる蛍光染料濃度の範囲は、表 1 に示すような範囲であ

ることを確認した。

【 0 0 5 2 】

【表 1】

凸レンズ状突起の 直径 (mm)	植物の育成に適した R / B 比が得られる蛍光染料濃度 (%)		
	最小濃度 (%)	最適濃度 (%)	最高濃度 (%)
0.5	0.32	0.60	1.00
1.0	0.08	0.15	0.25
2.0	0.02	0.04	0.06
3.0	0.01	0.02	0.03

10

【 0 0 5 3 】

このように、蛍光染料の含有率については、凸レンズ状突起 3 の寸法や形状にもよるが、R / B 比の増大効果が高い最適な含有率の範囲を設定することが可能である。本願出願人は、凸レンズ状突起 3 の半径を 0.5 mm 以上 3 mm 以下とした場合の最適な蛍光染料の含有率を検討し、その結果、目標とする R / B 比が 1.5 以上 5 以内である場合には、凸レンズ状突起 3 の寸法や形状にもよるものの、蛍光染料の含有率を 0.02 重量%以上 1.0 重量%以下の範囲内にするのが望ましいという知見を得ている。また、0.02 重量%以上 1.0 重量%以下の濃度範囲内においては、凸レンズ状突起 3 の寸法が小さい場合には、寸法が大きい場合よりも、蛍光染料の含有量をより多くするのが望ましいという知見を得ている。具体的には、上記のような透過率や吸収率の特性などを考慮すれば、凸レンズ状突起 3 が直径 1 mm 程度あるいは直径 2 mm 程度の場合には、蛍光染料の最適濃度範囲を、0.02 重量%以上 0.2 重量%以下の範囲とするのが望ましい。また、凸レンズ状突起 3 が直径 0.5 mm 程度の場合には、蛍光染料の最適濃度範囲を 0.3 重量%以上 1.0 重量%以下とするのが望ましい。

20

【 0 0 5 4 】

続いて、凸レンズ状突起 3 の配置間隔の設定について説明する。図 7 は、図 2 (a) ~ (c) の各配置パターンにおいて、隣接する凸レンズ状突起 3 間の間隔 D と、凸レンズ状突起 3 の半径 R との比率 (D / R) を変数とした場合に、凸レンズ状突起 3 の配置部分の全体面積に対する面積率がどのように変動するかを示すグラフである。この図によれば、凸レンズ状突起 3 の配置部分の面積率を 25 % 以上にするためには、図 2 (a) ~ (c) の各配置パターンにおいて、それぞれ、図 2 (a) の配列では $D \geq R$ 、図 2 (b) の配列では $D \geq 2R$ 、図 2 (c) の配列では $D \geq 3R$ となるように、凸レンズ状突起 3 の半径 R と間隔 D との関係を設定しておくのが望ましい。例えば、図 2 (a) の配列では、凸レンズ状突起 3 の半径を 0.5 mm 以上 3 mm 以下にした場合には、間隔 D についても 0.5 mm 以上 3 mm 以下の範囲内にするのが望ましい。

30

【 0 0 5 5 】

(製造方法)

次に、植物育成フィルム 1 の製造方法について説明する。植物育成フィルム 1 は、蛍光染料を配合した硬化型樹脂に溶剤を配合して樹脂溶液とし、これを金型中で凸レンズ状突起 3 の配列形状に成形しつつ、フィルム状あるいは板状の透光性部位の表面に転写する方法により製造できる。

40

【 0 0 5 6 】

あるいは、蛍光染料を含有した熱可塑性樹脂フィルムに、透明なフィルム材あるいは透明板を積層した 2 層構造のフィルム材あるいは板材を用意する。そして、このフィルム材あるいは板材を加熱金型内に入れて、凸レンズ状突起 3 の配列形状が形成されている型面により、蛍光染料を含有している熱可塑性樹脂フィルム層に凸レンズ状突起 3 の配列形状

50

を転写して、植物育成フィルム1を製造することもできる。この方法では、凸レンズ状突起3間の隙間に蛍光樹脂層が残ってしまうため、凸レンズ状突起3の隙間に残る蛍光樹脂層の厚さを可能な限り薄くするように、元の蛍光樹脂層の厚さを設定しておくことが望ましい。凸レンズ状突起3の隙間に残る蛍光樹脂層を極力薄くすることにより、より効率良く光を改質することができ、自然光の利用効率を高めることができる。

【0057】

(試作品)

次に、植物育成フィルム1の試作品の製造方法およびその光学特性について説明する。

【0058】

(1) アクリル系樹脂タイプ

アクリルウレタン紫外線硬化型樹脂に、BASFアクチングゼルシャフト社製の蛍光染料(Lumogen Fシリーズ/Red 305)を、0.02重量%の含有率となるように配合し、更に溶剤を配合して樹脂溶液としたものを、アルミ板に直径2mmの大きさの半球状の凹部をピッチ0.5mmで一面に掘り込んだ型面を有する金型内に均等に流し込み、その上からPET(ポリエチレンテレフタレート)フィルムを被せた後、紫外線を照射して硬化させる。硬化後、PETフィルムごと型面から外して、表面に微細な凸レンズ状突起3の配列が転写された光透過性の植物育成フィルム1を作製した。

【0059】

(2) エポキシ系樹脂タイプ

エポキシアクリレート紫外線硬化型樹脂に、BASFアクチングゼルシャフト社製の蛍光染料(Lumogen Fシリーズ/Red 305)を、0.02重量%の含有率となるように配合し、更に溶剤を配合して樹脂溶液としたものを、アルミ板に直径2mmの大きさの半球状の凹部をピッチ0.5mmで一面に掘り込んだ型面を有する金型内に均等に流し込み、その上からPET(ポリエチレンテレフタレート)フィルムを被せた後、紫外線を照射して硬化させる。硬化後、PETフィルムごと型面から外して、表面に微細な凸レンズ状突起3の配列が転写された光透過性の植物育成フィルム1を作製した。

【0060】

晴天日と曇天日の自然光を、上記試作品(1)のアクリル系樹脂タイプの植物育成フィルム1の受光面(凸レンズ状突起3が配列された面)に照射し、植物育成フィルム1を透過して出射した改質光の波長特性(スペクトル分布)を、回折格子型分光放射計により測定した。

【0061】

図8は晴天日における改質光のスペクトル分布図であり、図9は曇天日における改質光のスペクトル分布図である。図8、9において、Aは改質前の自然光のスペクトル分布であり、Bは本実施形態の植物育成フィルム1による改質光のスペクトル分布である。一方、C1~C5は比較例であり、C1は蛍光染料を配合していない透明なPETフィルムを透過した光である。また、C2~C5は特開2007-135583に記載された遮光ネットを透過した光のスペクトル分布であり、C2は赤色の蛍光染料を配合した遮光ネットを1重に設置した場合、C3は赤色の蛍光染料を配合した遮光ネットを3重に設置した場合、C4は赤色と橙色の蛍光染料を配合した遮光ネットを1重に設置した場合、C5は赤色と橙色の蛍光染料を配合した遮光ネットを3重に設置した場合のスペクトル分布である。

【0062】

図8に示す晴天日の測定結果によれば、植物育成フィルム1による改質光は、400nm~600nm(紫外線~緑色光)の波長帯の放射量が、元の自然光および他の比較例と比べて格段に少なくなっている。一方、600nm~700nm(赤色光)の波長帯の光の放射量が他の比較例に比べて格段に多く、元の自然光に含まれる放射量を大きく超える量となっている。このような波長特性により、晴天日における改質光のR/B比は1.73となっている。また、上記試作品(2)のエポキシ系樹脂タイプの植物育成フィルム1を用いた場合には、改質光のR/B比は2.5以上の値が得られている。これに対し、比

10

20

30

40

50

較例 C 1 の透明 P E T フィルムを用いた場合の R / B 比は 0 . 7 4 である。また、比較例 C 2 の一重の遮光ネット（赤色蛍光染料）を用いた場合の R / B 比は 0 . 8 3 であり、この遮光ネット（赤色蛍光染料）を三重に用いた比較例 C 3 の場合でも、R / B 比は 1 . 2 程度である。また、図 9 に示す曇天日の測定結果においても、晴天日と同様の改質効果が得られている。

【 0 0 6 3 】

（参考例 1）

図 1 0 (a) は参考例 1 の植物育成フィルムの平面図であり、図 1 0 (b) はその断面図である。以下、参考例 1 について、実施形態 1 と同一の構成の部分については同一の符号で示し、異なる部分についてのみ説明する。植物育成フィルム 1 1 は、可撓性の光透過性フィルム 1 2（透光性部位）と、半球形の多数の凸レンズ状突起 3（突起状光学素子部位）を有している。光透過性フィルム 1 2 の一方の表面 1 2 a には半球形の多数の窪み 1 4 が一定間隔で形成されており、各窪み 1 4 には、窪み 1 4 の内側に凸曲面 3 a を向けた姿勢で凸レンズ状突起 3 が嵌め込まれている。これにより、各凸レンズ状突起 3 は、その中心軸が、光透過性フィルム 1 2 の表面 1 2 a およびもう一方の表面 1 2 b に対して垂直になるように埋め込まれた状態になる。各凸レンズ状突起 3 および各窪み 1 4 は、凸曲面 3 a を窪み 1 4 の内側に密着させたときに平坦面 3 b と光透過性フィルム 1 2 の表面 1 2 a とが面一になるように、対応する形状に形成されている。

【 0 0 6 4 】

参考例 1 の植物育成フィルム 1 1 は、凸レンズ状突起 3 における蛍光染料の含有率、凸レンズ状突起 3 の形状、寸法、配置パターンなどが、実施形態 1 と同様に設定されており、これにより、R / B 比が 0 . 6 程度の自然光が、植物育成フィルム 1 1 を通過することにより 1 . 5 ~ 5 程度の R / B 比の光に改質されるように構成されている。

【 0 0 6 5 】

植物育成フィルム 1 1 は、各凸レンズ状突起 3 の凸曲面 3 a が光透過性フィルム 1 2 に埋め込まれているので、窪み 1 4 が形成されている表面 1 2 a を植物の側に向け、もう一方の表面 1 2 b（受光面）に外部からの自然光が入射するように設置される。これにより、光透過性フィルム 1 2 を透過した自然光を凸曲面 3 a に入射させて平坦面 3 b から植物に向かって出射させることができるので、各凸レンズ状突起 3 内を通過する際に R / B 比が増大した改質光を植物に供給することができる。また、植物育成フィルム 1 1 は、凸レンズ状突起 3 の凸曲面 3 a が内部に埋め込まれていて表裏両面が平坦となっている。よって、設置位置や設置方法の自由度が高い光改質用光学部材として利用できる。また、実施形態 1 と同様に、光透過性フィルム 1 2 の代わりに板状の透光性部位を用いた場合には、剛性があり、両面が平坦な植物育成資材となるので、光改質機能を有する一体型の資材となる。よって、植物育成施設や育成キットなどの構成の簡素化、部材数の削減、コスト削減などを図ることができる。

【 0 0 6 6 】

参考例 1 の植物育成フィルム 1 1 を製造するには、光透過性フィルム 1 2 の表面 1 2 a に窪み 1 4 を形成しておき、ここに、蛍光染料を含有する樹脂素材を充填して硬化させ、樹脂素材の表面を平坦にして表面 1 2 a と面一にする。あるいは、可撓性の光透過性フィルム 1 2 に代えて光透過性ガラスからなる透明板を使用して、この透明板にエッチング等により窪み 1 4 を形成し、蛍光染料を含有する樹脂素材を充填することにより、実施形態 1 と同様に、剛性のある板状の光改質用光学部材を形成してもよい。樹脂素材は、実施形態 1 の試作品（ 1 ）（ 2 ）で用いたアクリル系樹脂やエポキシ系樹脂などの紫外線硬化型樹脂を用いることができる。また、熱硬化型樹脂に蛍光染料および溶剤を配合した樹脂溶液を窪み 1 4 に充填した後、加熱硬化させる方法により製造することもできる。

【 0 0 6 7 】

（改変例 1）

図 1 1 (a) は改変例 1 の植物育成フィルムの平面図であり、図 1 1 (b) はその断面図である。改変例 1 の植物育成フィルム 2 1 は、実施形態 1 の植物育成フィルム 1 1 にお

る光透過性フィルム 2 の表面 2 a のうち、凸レンズ状突起 3 が配置されていない隙間部分を、遮光材 5 によって覆ったものである。このようにすると、凸レンズ状突起 3 に入射せずに光透過性フィルム 2 のみを透過して植物育成フィルム 2 1 から出射する光を遮蔽することができる。凸レンズ状突起 3 の隙間部分に入射した光は、そのほとんどが凸レンズ状突起 3 によって改質されずに光透過性フィルム 2 を通り抜けてしまう。そこで、隙間部分を遮蔽することにより、改質されない光の通過割合を減少させて、植物育成フィルム 2 1 を通過した光の R / B 比を増大させることができる。遮光材 5 による遮蔽面積は、達成すべき遮蔽率に応じて、任意の広さに設定することができる。

【 0 0 6 8 】

遮光材 5 としては、アルミ薄膜や、アルミニウム粉あるいはアルミナ粉等によって形成されたものが用いられるが、このような材質に限定されるものではない。また、アルミ薄膜や、アルミニウム粉あるいはアルミナ粉等によって形成された遮光材は、光を反射あるいは散乱するように形成することができるので、凸レンズ状突起 3 の隙間に入射した直達光成分を反射あるいは散乱させて凸レンズ状突起 3 に誘導することができる。このようにすれば、凸レンズ状突起 3 に入射する光の割合を増加させることができるので、自然光の利用効率を高めつつ、更に R / B 比を増大させることができる。

【 0 0 6 9 】

なお、図 1 1 (a) (b) には、上記の実施形態 1 の植物育成フィルム 1 における凸レンズ状突起 3 の隙間を遮光材 5 によって遮蔽した構成を示したが、参考例 1 の植物育成フィルム 1 1 における凸レンズ状突起 3 の隙間を遮光材 5 によって遮蔽した構成にしてもよい。

【 0 0 7 0 】

(改変例 2)

図 1 2 (a) は改変例 2 の植物育成フィルムの平面図であり、図 1 2 (b) はその断面図である。改変例 2 の植物育成フィルム 3 1 は、実施形態 1 の植物育成フィルム 1 における各凸レンズ状突起 3 に、アルミ薄膜、アルミニウム粉、アルミナ粉等によって形成された反射体 6 を埋め込んだものである。反射体 6 は、凸レンズ状突起 3 よりも一回り小さい円板状に形成されており、各凸レンズ状突起 3 の出光面である平坦面 3 b の中央に埋め込まれている。なお、反射体 6 の形状はこのような形状に限定されず、各種の形状にすることができる。

【 0 0 7 1 】

このような構成では、反射体 6 に入射する直達光が反射されて凸レンズ状突起 3 の内部で散乱されるので、直達光を遮蔽しつつ、凸レンズ状突起 3 内の蛍光染料による光の吸収量および蛍光の発生量を増大させることができる。また、反射体 6 を設けることにより、遮光率の調整も可能である。なお、改変例 1 と同様に、実施形態 2 の植物育成フィルム 1 における凸レンズ状突起 3 に反射体 6 を埋め込むことも可能である。

【 0 0 7 2 】

(改変例 3)

図 1 3 は改変例 3 の植物育成フィルムの平面図である。改変例 3 の植物育成フィルム 4 1 は、実施形態 1 の植物育成フィルム 1 において、凸レンズ状突起 3 が配置されていない隙間部分に、光透過性フィルム 2 を貫通する通気孔 7 を形成したものである。このようにすれば、植物育成フィルム 4 1 によって植物に供給する光を改質しつつ、通気孔 7 から通気を行って植物の近傍の育成環境を調整することができる。通気孔 7 の寸法および形成位置は、必要とする通気量などに応じて適宜設定すればよい。

【 0 0 7 3 】

(改変例 4)

上記各構成の植物育成フィルムに、有害な光（例えば、紫外線、赤外線等）をカットする膜を積層した構成にしてもよい。このようにすれば、所望の波長成分の光をカットして、植物に応じて、あるいは、育成段階に応じて、育成に最適な光を供給できる。また、凸レンズ状突起 3 が配列されている面に保護膜をコーティングすることにより、蛍光染料を

10

20

30

40

50

含有する凸レンズ状突起 3 を保護して、光改質機能を保持させることができる。

【0074】

(改変例 5)

上記各構成では、凸曲面 3 a の平面形状を円形にしていたが、楕円形などの長円形であってもよい。このとき、凸曲面 3 a をその平面形状に沿った横長の半長球形にしてもよい。また、凸曲面 3 a を、その突出方向に長い縦長の半長球形にしてもよく、球面や長球面以外の凸曲面にしてもよい。あるいは、中心軸が傾いているアシンメトリーな凸曲面形状にしてもよい。但し、いずれの凸曲面形状においても、凸曲面 (受光面) の平坦面 (出光面) に対する面積比を 140 % 以上にすることが望ましい。また、凸レンズ状突起 3 を、上端面を半球形にした円柱状とし、その下端面を平坦面とした形状にしてもよい。この形状では、円柱部分の上端縁が、円柱の底面中心から見て仰角が 20 度以内の位置になるように円柱部分の高さを設定することが望ましい。

10

【0075】

図 1 4 は光透過性フィルム 2 の表面 2 a に対する凸曲面 3 a の接触角度の説明図である。凸曲面 3 a は上記のように様々な形状にすることができるが、いずれの形状の場合にも、凸曲面 3 a の光透過性フィルム 2 の表面 2 a に対する接触角度 (接触位置における凸曲面 3 a の接線と、表面 2 a とのなす角度) を、 $90 \text{ 度} \pm 40 \text{ 度}$ の範囲内にすることが望ましい。凸曲面 3 a が半球面であり、その中心軸と表面 2 a が直交している場合には、凸曲面 3 a は、表面 2 a に対して 90 度の角度をなすように接触している。本願出願人は、各種の凸曲面形状について検討し、凸レンズ状突起内で発生した蛍光のうち、どの程度の割合を平坦面 3 b を介して表面 2 a に入射させ、光透過性フィルム 2 を透過させることができるかの試算を行った。その結果、凸曲面 3 a 内で発生した蛍光のうち、所定の割合以上 (自然光を 1.5 ~ 5 程度の R / B 比の光に改質できる程度の量) を光透過性フィルム 2 の表面 2 b から出射させるためには、凸曲面 3 a の表面 2 a に対する接触角度 を、 $90 \text{ 度} \pm 40 \text{ 度}$ の範囲内にすることが望ましいという知見を得た。

20

【0076】

すなわち、凸曲面 3 a を有する凸レンズ状突起 3 内では、蛍光染料を含有する樹脂素材の各部分から発生した蛍光は全方位に放射される。凸曲面 3 a 側へ放射された成分のうち、凸曲面 3 a への入射角度が全反射されるか否かの臨界角度よりも小さい成分は、凸曲面 3 a の内面で全反射されながら凸曲面 3 a に沿って誘導されて表面 2 a に入射する。また、平坦面 3 b 側へ放射された成分のうち、平坦面 3 b で全反射されて凸曲面 3 a 側に向かった成分についても、同様に凸曲面 3 a への入射角度が臨界角度よりも小さければ凸曲面 3 a に沿って誘導され、表面 2 a に入射する。つまり、凸レンズ状突起 3 は、内部で発生した蛍光のうち、従来の平坦なフィルム形状であれば端面側に逃げたり受光面側に逃げてしまつて有効利用できなかった成分を、凸曲面 3 a に沿って誘導することにより、凸曲面 3 a と表面 2 a との接触角度 に応じた入射角度で表面 2 a に入射させることができる。そして、このとき、凸曲面 3 a と表面 2 a との接触角度 を大きくする、具体的には、 $90 \text{ 度} \pm 40 \text{ 度}$ の範囲内にすることにより、凸曲面 3 a に沿って表面 2 a に入射する蛍光成分を高い割合で光透過性フィルム 2 内に入射させ、全反射させずに光透過性フィルム 2 を透過させて表面 2 b から出射させることができる。

30

40

【0077】

このように、植物育成フィルム 1 における出光面 (光透過性フィルム 2 の表面 2 b) 側への蛍光の出光比率が、求める改質光の生成に必要な比率よりも小さくならないようにするためには、凸曲面 3 a と表面 2 a との接触角度 を考慮して、凸レンズ状突起 3 の形状、および、その光透過性フィルム 2 への取付姿勢を設定することが望ましい。

【0078】

(改変例 6)

図 1 5 (a) は改変例 6 の植物育成フィルムの断面図である。実施形態 1 では凸レンズ状突起 3 全体を蛍光染料を混入した樹脂素材で形成していたのに対し、改変例 6 の植物育成フィルム 5 1 では、図 1 5 (a) に示すように、凸曲面 3 a に沿った外周部分だけを所

50

定の厚さの蛍光樹脂層 5 2 とし、その内側の半球状の部分を透明樹脂層 5 3 とすることにより、凸レンズ状突起 5 4 (突起状光学素子部位) を形成している。上記改変例 5 で説明したように、半球状や半長球状などの凸曲面 3 a を有する樹脂素材内では、発生した蛍光のうち凸曲面 3 a に沿って誘導される成分については有効利用される割合が高い。すなわち、このような形状では、内部に入射した光や反射光、散乱光などのうち、凸曲面 3 a に近い外周側の部分に届いた光によって発生した蛍光は、凸曲面 3 a に沿って誘導されて有効利用される割合が高い。一方、半球状や半長球状などの樹脂素材の中心部分で蛍光を発生させても、凸曲面 3 a から外部に出射されてしまつて有効利用される割合が低いといえる。改変例 6 は、この点を考慮して、利用される蛍光が多い側だけを蛍光樹脂層 5 2 としたものである。蛍光樹脂層 5 2 の厚さ t については、有効利用できる蛍光の量と厚さ t との相関などを検討した結果、厚さ t を、少なくとも凸レンズ状突起 5 4 の半径の $1/5$ 以上にすることがあるとの知見を得ている。

10

【0079】

改変例 6 の植物育成フィルム 5 1 の製造は、以下のように行うことができる。まず、PET フィルムなどの光透過性フィルムや透明樹脂板や硝子板などの板材の表面に、実施形態 1 において凸レンズ状突起 3 の配列を転写したのと同様の方法によって、微細な半球状の透明樹脂層 5 3 の配列を形成する。その後、蛍光染料および溶剤を配合した樹脂溶液を透明樹脂層 5 3 の表面に厚塗り印刷し、熱硬化あるいは乾燥硬化させて蛍光樹脂層 5 2 を形成する。これにより、光透過性フィルム 2 の表面に、凸レンズ状突起 5 4 が配列される。なお、表面に半球状の透明樹脂層 5 3 が配列された光透過性フィルムや透明樹脂板などを、一体成形により形成するか、あるいは、加熱金型によって透明樹脂層 5 3 の配列形状を転写することにより形成しておき、その後、各透明樹脂層 5 3 の表面に、蛍光樹脂層 5 2 を形成してもよい。

20

【0080】

なお、参考例 1 における光透過性フィルム 1 2 の表面 1 2 a に形成した窪み 1 4 に、改変例 6 の凸レンズ状突起 5 4 を埋め込んだ構造にしてもよい。あるいは、図 1 5 (b) に示す 参考例 2 のように、窪み 1 4 の内面に、蛍光染料および溶剤を配合した樹脂溶液の層を厚塗り印刷によって形成することにより、凸レンズ状突起 5 4 の蛍光樹脂層 5 2 の部分だけを窪み 1 4 に埋め込んだ構成にしてもよい。このように、突起状光学素子部位を蛍光樹脂層 5 2 のみから構成していても、必要な蛍光は、蛍光樹脂層 5 2 の端面 5 2 a (平坦面 3 a の外周部分に相当する部分) から光透過性フィルム 1 2 の表面 1 2 b 側に出射される。よって、必要な改質光が得られる。

30

【0081】

(参考例 3)

図 1 6 は 参考例 3 の植物育成フィルムの断面図である。参考例 3 の植物育成フィルム 6 1 は、薄い PET フィルムなどの光透過性フィルム 6 2 に半球状あるいは半長球状などの凹部 6 3 を 参考例 1 における窪み 1 4 と同様の配列で形成しておき、この凹部 6 3 に蛍光染料を含有する樹脂素材を充填して硬化させ、上記凸レンズ状突起 3 を埋め込んだのと同じ状態にしたものである。参考例 1 との相違点は、参考例 3 では、光透過性フィルムフィルム 6 2 における凹部 6 3 の部分が受光面 6 2 a 側に突出して凹凸形状になっていることである。

40

【0082】

参考例 3 の構成は、薄手の凹凸が形成された PET フィルムなどの既製品の素材に樹脂素材を充填し硬化させるだけで製造できるので、廉価かつ容易に製造することができる。また、光透過性フィルム 6 2 が凸レンズ状突起 3 の表面を覆っており保護膜として機能するので、凸レンズ状突起 3 が露出している構成に比べて耐久性が高い。

【0083】

(応用 1)

図 1 7 は、本実施形態の植物育成フィルムを用いたブラインド (植物育成装置) の説明図である。ブラインド 8 は、多数の細長い可動板 8 a と、これらの可動板 8 a を水平にし

50

て一列に並べた状態に連結している図示しない角度調整機構を有している。この角度調整機構は、これらの可動板 8 a を連動して角度調整可能な状態に保持している。各可動板 8 a は、上記の各実施形態の植物育成フィルムを細長い透明な板材の表面に積層したもの、もしくは、透明な樹脂板あるいは硝子板の表面に凸レンズ状突起 3、あるいは改変例 6 のような凸レンズ状突起 5 4 を配列した剛性のある植物育成資材により形成されている。

【0084】

このように、光改質機能を有する植物育成フィルム、あるいは、板状の光改質用光学部材によりブラインド 8 を形成すれば、自然光を改質して植物に供給するときには可動板 8 a の隙間を閉じた状態にすればよく、また、必要に応じて可動板 8 a の角度を調整して隙間を大きくすることにより、改質光と自然光の割合を適宜調整して植物に供給することができる。また、可動板 8 a の間の隙間を調整することにより通気量を容易に調整することができる。なお、各可動板 8 a の両端に回転軸を設けて枠体などに保持させたルーバー状の植物育成装置を形成してもよい。あるいは、可撓性の植物育成フィルムをロールブラインドのような形態で設置してもよい。

【0085】

(応用 2)

上記各実施形態では、本発明の光改質用光学部材を植物育成用に用いた例を記載しているが、他の用途に用いてもよい。例えば、R / B 比が大きい光環境下での飼育や育成が適している動物や昆虫、水中生物などの各種生物の育成環境を確保するために用いても良い。あるいは、R / B 比が大きい光環境下で扱うことが望ましい物体を用いる作業環境を確保するために用いても良い。また、改質対象の光は自然光に限定されない。例えば、自然光と同様あるいは類似したスペクトル分布を有する人工光を改質することもできる。また、これらの各用途において、ピーク吸光特性およびピーク放射光特性が異なる様々な蛍光染料の中から適切な種類のものを選定することにより、様々な光に対して所望の光改質効果が得られるようにすることもできる。

【符号の説明】

【0086】

- 1、1 1、2 1、3 1、4 1、5 1、6 1 植物育成フィルム
- 2、1 2、6 2 光透過性フィルム
- 2 a、2 b、1 2 a、1 2 b 表面
- 3、5 4 凸レンズ状突起（突起状光学素子部位）
- 3 a 凸曲面
- 3 b 平坦面
- 4 植物育成施設
- 4 a 天井面
- 4 b 天井部分
- 4 c 西側側面
- 4 d 南側側面
- 5 遮光材
- 6 反射体
- 7 通気孔
- 8 ブラインド（植物育成装置）
- 8 a 可動板
- 1 4 窪み
- 5 2 蛍光樹脂層
- 5 2 a 端面
- 5 3 透明樹脂層
- 6 2 a 受光面
- 6 3 凹部
- D 間隔

10

20

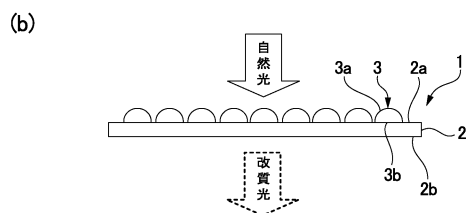
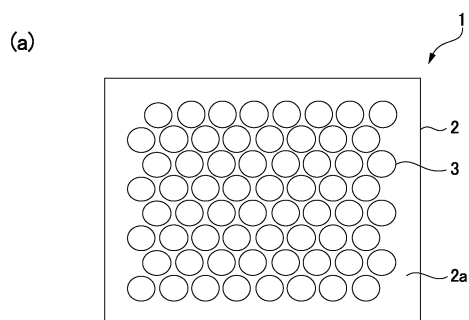
30

40

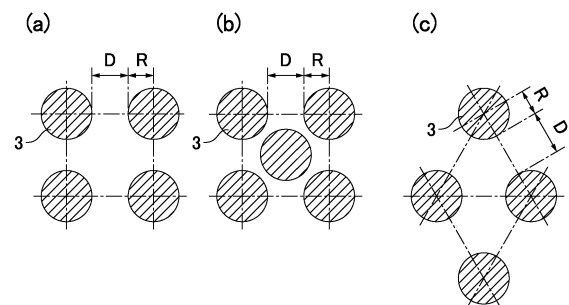
50

R 半径
t 厚さ
 接触角度

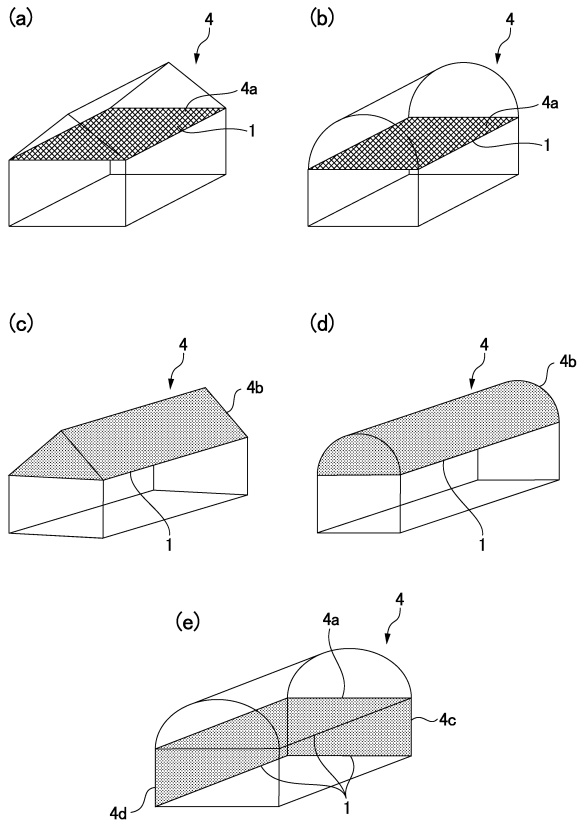
【図 1】



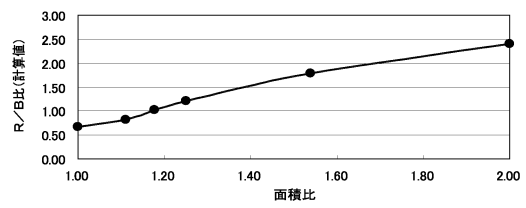
【図 2】



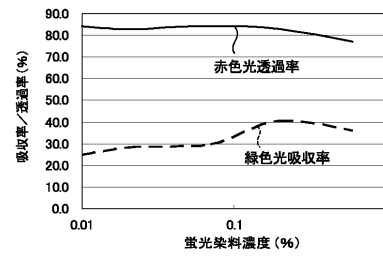
【図 3】



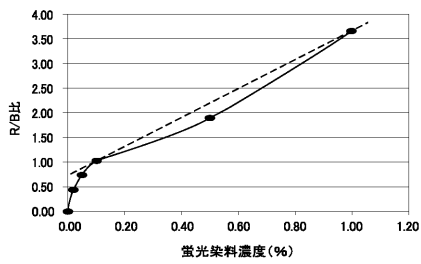
【図 4】



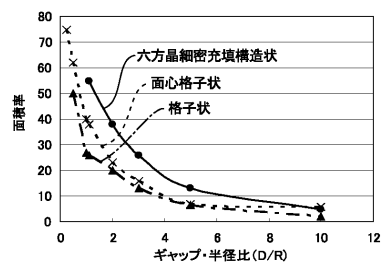
【図 5】



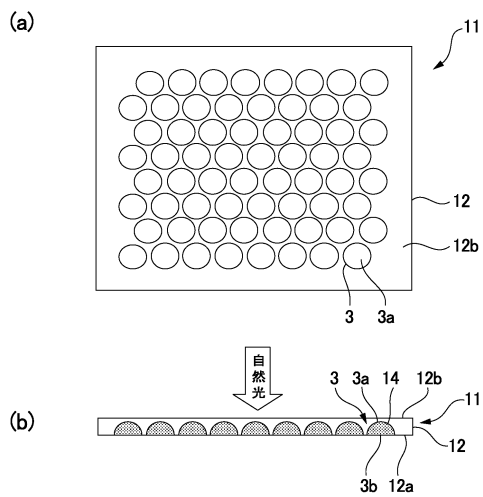
【図 6】



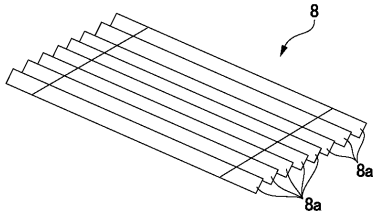
【図 7】



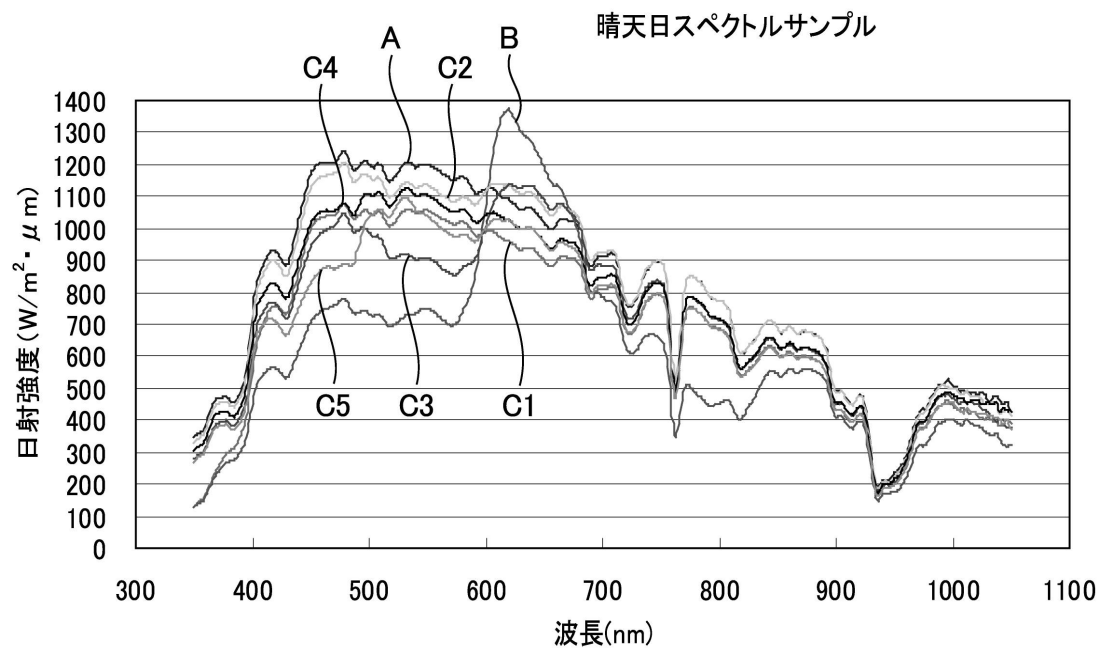
【図 10】



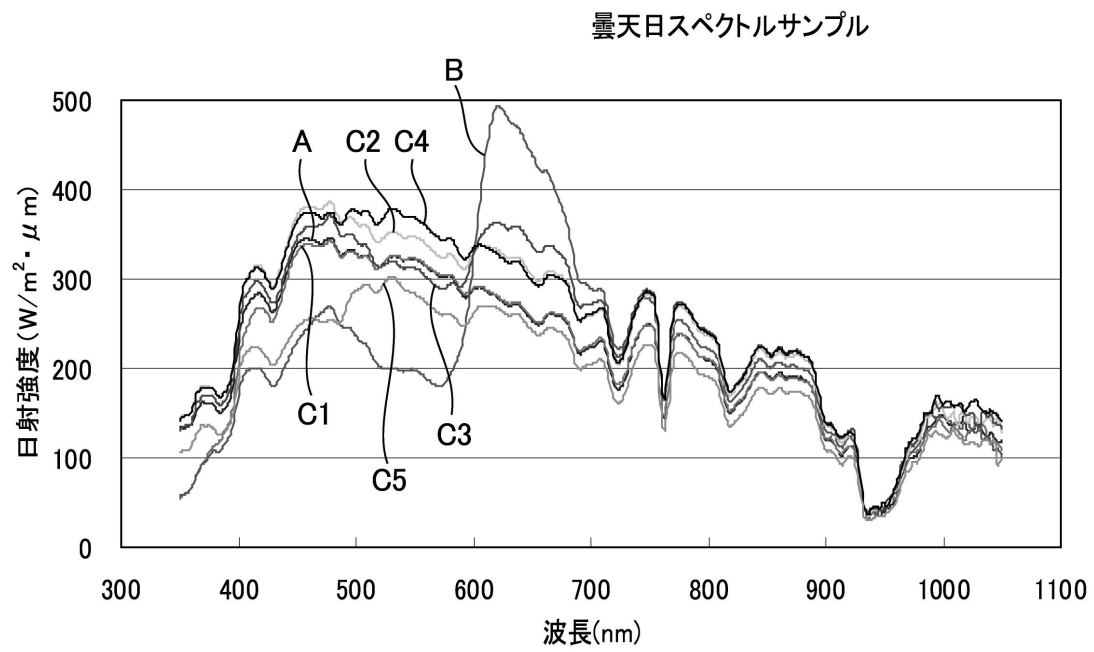
【図 17】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 谷 辰夫

東京都新宿区神楽坂1丁目3番地 学校法人東京理科大学内

審査官 横川 美穂

(56)参考文献 実開平02-023443(JP,U)
特開2008-203324(JP,A)
特開2007-135583(JP,A)
特開2001-231381(JP,A)
特開平09-164601(JP,A)
特開平06-046685(JP,A)
特開2008-181771(JP,A)
特開2006-023683(JP,A)
特開平04-131023(JP,A)
特開昭63-160520(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 3/00

A01G 9/14

A01G 13/02