

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7185126号
(P7185126)

(45)発行日 令和4年12月7日(2022.12.7)

(24)登録日 令和4年11月29日(2022.11.29)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 33/50 (2010.01)

H 0 1 L 33/50

A 0 1 G 7/00 (2006.01)

A 0 1 G 7/00 6 0 1 C

C 0 9 K 11/08 (2006.01)

C 0 9 K 11/08 J

C 0 9 K 11/64 (2006.01)

C 0 9 K 11/64

C 0 9 K 11/66 (2006.01)

C 0 9 K 11/66

請求項の数 14 (全22頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2018-47254(P2018-47254)

(22)出願日 平成30年3月14日(2018.3.14)

(65)公開番号 特開2019-161076(P2019-161076
A)

(43)公開日 令和1年9月19日(2019.9.19)

審査請求日 令和3年2月4日(2021.2.4)

(73)特許権者 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(74)代理人 110000707

弁理士法人市澤・川田国際特許事務所

(72)発明者 阿宮 美佳

徳島県阿南市上中町岡491番地100

日亜化学工業株式会社内

(72)発明者 藤尾 多茂

徳島県阿南市上中町岡491番地100

日亜化学工業株式会社内

(72)発明者 涌井 貞一

徳島県阿南市上中町岡491番地100

日亜化学工業株式会社内

審査官 大西 孝宣

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 照明装置及び植物栽培方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

380nm以上490nm以下の範囲内に発光ピーク波長を有する発光素子と、

発光装置の発光スペクトルにおいて、580nm以上680nm以下の範囲内に少なくとも一つの発光ピーク波長を有し、発光ピークの半値幅が40nm以上である光を発する、下記式(I)乃至(III)で表される組成を有する蛍光体からなる群から選択される少なくとも一種の蛍光体を含む、赤色蛍光体を備え、

400nm以上490nm以下の範囲における青色光の光量子束Bに対する620nm以上700nm以下の範囲における赤色光の光量子束Rの光量子束の比(R/B)が80以上200以下である、発光装置を、赤色補光用発光装置とし、

前記赤色補光用発光装置と、380nm以上490nm以下の範囲内に発光ピーク波長を有する発光素子と、黄色蛍光体と、赤色蛍光体と、を含む第1白色LED発光装置とを組み合わせ、

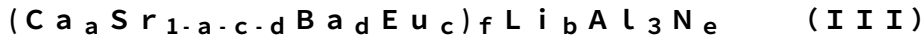
前記第1白色LED発光装置単独から発せられる光の400nm以上490nm以下の範囲における青色光の光量子束Bと、490nmを超えて570nm以下の範囲における緑色光の光量子束Gの比(G/B)に対する、前記第1白色LED発光装置及び赤色補光用発光装置の組み合わせから発せられる混色光の400nm以上490nm以下の範囲における青色光の光量子束Bと、490nmを超えて570nm以下の範囲における緑色光の光量子束Gの比(G/B)の比率であるG/B維持率が90%を超える、照明装置。

(Ca_{1-s-t}Sr_sEu_t)_xAluSi_vN_w (I)

(式 (I) 中、 s 、 t 、 u 、 v 、 w 及び x は、それぞれ $0 \leq s \leq 1$ 、 $0 < t < 1$ 、 $0 < s + t < 1$ 、 $0.8 \leq x \leq 1$ 、 $0.8 \leq u \leq 1.2$ 、 $0.8 \leq v \leq 1.2$ 、 $1.9 \leq u + v \leq 2.1$ 、 $2.5 \leq w \leq 3.5$ を満たす数である。)



(式 (II) 中、 p 、 q 及び r は、 $0 \leq p \leq 1$ 、 $0 \leq q \leq 1$ 、 $0 < r < 1$ 、 0 及び $p + q + r \leq 1$ を満たす数である。)



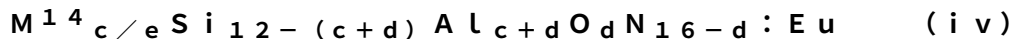
(式 (III) 中、 a 、 b 、 c 、 d 、 e 及び f は、それぞれ $0 \leq a < 1$ 、 $0.8 \leq b \leq 1.05$ 、 $0.001 < c \leq 0.1$ 、 $0 \leq d \leq 0.2$ 、 $3.0 \leq e \leq 5.0$ 、 $0.8 \leq f \leq 1.05$ を満たす数である。)

【請求項 2】

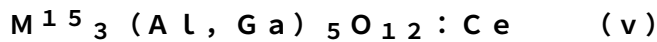
前記赤色補光用発光装置が、前記赤色蛍光体と、封止材料と、を含む蛍光部材を備え、前記蛍光部材中の前記赤色蛍光体の含有量は、前記封止材料 100 質量部に対して、5 質量部以上 150 質量部以下の範囲内である、請求項 1 に記載の照明装置。

【請求項 3】

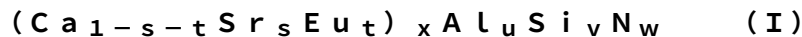
前記第 1 白色 LED 発光装置に含まれる黄色蛍光体が、下記式 (iv) 乃至 (v) で表される組成を有する蛍光体からなる群から選択される少なくとも一種の蛍光体を含み、前記第 1 白色 LED 発光装置に含まれる赤色蛍光体が下記式 (I) 乃至 (III) で表される組成を有する蛍光体からなる群から選択される少なくとも一種の蛍光体を含む、請求項 1 又は 2 に記載の照明装置。



(式 (iv) 中、 M^{14} は、 Sr 、 Ca 、 Li 及び Y からなる群から選ばれる少なくとも 1 種を含み、 c は 0.5 から 5 であり、 d は 0 から 2.5 であり、 e は M^{14} の電荷である。)



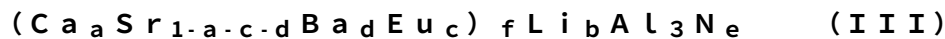
(式 (v) 中、 M^{15} は、 Y または Lu 、 Gd 、 Tb からなる群から選ばれる少なくとも 1 種を含む。)



(式 (I) 中、 s 、 t 、 u 、 v 、 w 及び x は、それぞれ $0 \leq s \leq 1$ 、 $0 < t < 1$ 、 $0 < s + t < 1$ 、 $0.8 \leq x \leq 1$ 、 $0.8 \leq u \leq 1.2$ 、 $0.8 \leq v \leq 1.2$ 、 $1.9 \leq u + v \leq 2.1$ 、 $2.5 \leq w \leq 3.5$ を満たす数である。)



(式 (II) 中、 p 、 q 及び r は、 $0 \leq p \leq 1$ 、 $0 \leq q \leq 1$ 、 $0 < r < 1$ 、 0 及び $p + q + r \leq 1$ を満たす数である。)



(式 (III) 中、 a 、 b 、 c 、 d 、 e 及び f は、それぞれ $0 \leq a < 1$ 、 $0.8 \leq b \leq 1.05$ 、 $0.001 < c \leq 0.1$ 、 $0 \leq d \leq 0.2$ 、 $3.0 \leq e \leq 5.0$ 、 $0.8 \leq f \leq 1.05$ を満たす数である。)

【請求項 4】

前記第 1 白色 LED 発光装置が、400 nm 以上 490 nm 以下の範囲における光量子束を積算した青色光の光量子束を 1 としたとき、490 nm を超えて 570 nm 以下の範囲における光量子束を積算した緑色光の光量子束 G が 1.7 である、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の照明装置。

【請求項 5】

前記第 1 白色 LED 発光装置から発せられる光と、前記赤色補光用発光装置から発せられる光との混色光の 400 nm 以上 490 nm 以下の範囲における青色光の光量子束 B_{mix} に対する 620 nm 以上 700 nm 以下の範囲における赤色光の光量子束 R_{mix} の比 R_{mix}/B_{mix} が 3.5 である、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の照明装置。

【請求項 6】

前記第 1 白色 LED 発光装置と前記赤色補光用発光装置の合計の個数 100% に対する

10

20

30

40

50

前記第1白色LED発光装置の個数比率が60%以下である、請求項1から5のいずれか一項に記載の照明装置。

【請求項7】

380nm以上490nm以下の範囲内に発光ピーク波長を有する発光素子と、
発光装置の発光スペクトルにおいて、580nm以上680nm以下の範囲内に少なくとも一つの発光ピーク波長を有し、発光ピークの半値幅が40nm以上である光を発する、
下記式(I)乃至(III)で表される組成を有する蛍光体からなる群から選択される少なくとも一種の蛍光体を含む、赤色蛍光体を備え、
400nm以上490nm以下の範囲における青色光の光量子束Bに対する620nm以上700nm以下の範囲における赤色光の光量子束Rの光量子束の比(R/B)が80以上200以下である、発光装置を、赤色補光用発光装置とし、

10

前記赤色補光用発光装置と、

380nm以上490nm以下の範囲内に発光ピーク波長を有する発光素子と、緑色蛍光体と、黄色蛍光体と、赤色蛍光体と、を含む第2白色LED発光装置とを組み合わせ、
前記第2白色LED発光装置単独から発せられる光の400nm以上490nm以下の範囲における青色光の光量子束Bと、490nmを超えて570nm以下の範囲における緑色光の光量子束Gの比(G/B)に対する、前記第2白色LED発光装置及び赤色補光用発光装置の組み合わせから発せられる混色光の400nm以上490nm以下の範囲における青色光の光量子束Bと、490nmを超えて570nm以下の範囲における緑色光の光量子束Gの比(G/B)の比率であるG/B維持率が90%を超える、照明装置。

20

$(Ca_{1-s-t}Sr_sEu_t)_xAl_uSi_vN_w$ (I)

(式(I)中、s、t、u、v、w及びxは、それぞれ $0 \leq s \leq 1$ 、 $0 < t < 1$ 、 $0 < s+t < 1$ 、 $0.8 \leq x \leq 1$ 、 $0.8 \leq u \leq 1.2$ 、 $0.8 \leq v \leq 1.2$ 、 $1.9 \leq u+v \leq 2.1$ 、 $2.5 \leq w \leq 3.5$ を満たす数である。)

$(Ca_{1-p-q-r}Sr_pBa_qEu_r)_2Si_5N_8$ (II)

(式(II)中、p、q及びrは、 $0 \leq p \leq 1$ 、 $0 \leq q \leq 1$ 、 $0 < r < 1$ 、 0 及び $p+q+r \leq 1$ を満たす数である。)

$(Ca_aSr_{1-a-c-d}Ba_dEu_c)_fLi_bAl_3Ne$ (III)

(式(III)中、a、b、c、d、e及びfは、それぞれ $0 \leq a < 1$ 、 $0.8 \leq b \leq 1.05$ 、 $0.001 < c \leq 0.1$ 、 $0 \leq d \leq 0.2$ 、 $3.0 \leq e \leq 5.0$ 、 $0.8 \leq f \leq 1.05$ を満たす数である。)

30

【請求項8】

前記赤色補光用発光装置が、前記赤色蛍光体と、封止材料と、を含む蛍光部材を備え、前記蛍光部材中の前記赤色蛍光体の含有量は、前記封止材料100質量部に対して、5質量部以上150質量部以下の範囲内である、請求項7に記載の照明装置。

【請求項9】

前記第2白色LED発光装置に含まれる緑色蛍光体が、下記式(i)乃至(iii)で表される組成を有する蛍光体からなる群から選択される少なくとも一種の蛍光体を含み、
前記第2白色LED発光装置に含まれる黄色蛍光体が、下記式(iv)乃至(v)で表される組成を有する蛍光体からなる群から選択される少なくとも一種の蛍光体を含み、
前記第2白色LED発光装置に含まれる赤色蛍光体が下記式(I)乃至(III)で表される組成を有する蛍光体からなる群から選択される少なくとも一種の蛍光体を含む、請求項7又は8に記載の照明装置。

40

$M^{11}MgSi_4O_{16}X^{11}_2:Eu$ (i)

(式(i)中、 M^{11} はCa、Sr、Ba及びZnからなる群から選択される少なくとも1種を含み、 X^{11} はF、Cl、Br及びIからなる群から選択される少なくとも1種を含む。)

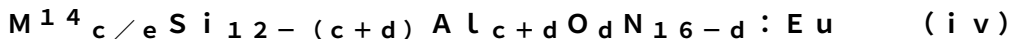
$Si_{6-b}Al_bO_bN_{8-b}:Eu$ (ii)

(式(ii)中、bは $0 < b < 4.2$ を満たす。)

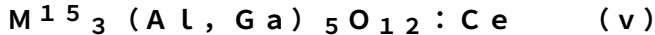
$M^{13}Ga_2S_4:Eu$ (iii)

50

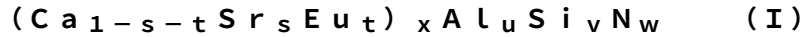
(式 (i i i) 中、 M^{13} は、Mg, Ca, Sr 及び Ba からなる群から選ばれる少なくとも 1 種を含む。)



(式 (i v) 中、 M^{14} は、Sr、Ca、Li 及び Y からなる群から選ばれる少なくとも 1 種を含み、c は 0.5 から 5 であり、d は 0 から 2.5 であり、e は M^{14} の電荷である。)



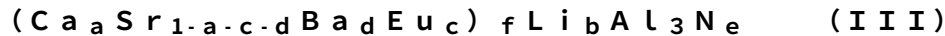
(式 (v) 中、 M^{15} は、Y または Lu, Gd, Tb からなる群から選ばれる少なくとも 1 種を含む。)



(式 (I) 中、s、t、u、v、w 及び x は、それぞれ $0 \leq s \leq 1$ 、 $0 < t < 1$ 、 $0 < s + t < 1$ 、 $0.8 \leq x \leq 1$ 、 $0.8 \leq u \leq 1.2$ 、 $0.8 \leq v \leq 1.2$ 、 $1.9 \leq u + v \leq 2.1$ 、 $2.5 \leq w \leq 3.5$ を満たす数である。)



(式 (II) 中、p、q 及び r は、 $0 \leq p \leq 1$ 、 $0 \leq q \leq 1$ 、 $0 < r < 1$ 及び $p + q + r \leq 1$ を満たす数である。)



(式 (III) 中、a、b、c、d、e 及び f は、それぞれ $0 \leq a < 1$ 、 $0.8 \leq b \leq 1.05$ 、 $0.001 < c \leq 0.1$ 、 $0 \leq d \leq 0.2$ 、 $3.0 \leq e \leq 5.0$ 、 $0.8 \leq f \leq 1.05$ を満たす数である。)

【請求項 10】

前記第 2 白色 LED 発光装置が、400 nm 以上 490 nm 以下の範囲における光量子束を積算した青色光の光量子束を 1 としたとき、490 nm を超えて 570 nm 以下の範囲における光量子束を積算した緑色光の光量子束 G が 1.7 である、請求項 7 から 9 のいずれか一項に記載の照明装置。

【請求項 11】

前記第 2 白色 LED 発光装置から発せられる光と、前記赤色補光用発光装置から発せられる光との混色光の 400 nm 以上 490 nm 以下の範囲における青色光の光量子束 B_{mix} に対する 620 nm 以上 700 nm 以下の範囲における赤色光の光量子束 R_{mix} の比 R_{mix}/B_{mix} が 3.5 である、請求項 7 から 10 のいずれか一項に記載の照明装置。

【請求項 12】

前記第 2 白色 LED 発光装置と前記赤色補光用発光装置の合計の個数 100% に対する前記第 2 白色 LED 発光装置の個数比率が 60% 以下である、請求項 7 から 11 のいずれか一項に記載の照明装置。

【請求項 13】

植物栽培に用いる、請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載の照明装置。

【請求項 14】

前記請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載の照明装置から発する光を植物に照射する植物栽培方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光装置及び植物栽培方法に関する。

【背景技術】

【0002】

気候変動・人為的環境破壊による環境変化が起こる中で、野菜などの植物を安定的に供給し、植物の生産効率を高めることが望まれている。例えば、人為的な管理が可能な植物工場は、清浄で安全な野菜を市場に安定的に供給することが可能であるため、次世代の産業として期待されている。植物工場においては、消費電力を削減し、効率的に植物を育成するために、発光ダイオード (Light Emitting Diode: 以下、「LED」という。) を

10

20

30

40

50

用いた発光装置が採用されている。LEDは、光波長の組み合わせと強度の制御が可能であり、植物の成長速度や形態形成に合わせた光を照射することが可能であるため、植物の成長を促進させ、豊富な機能性栄養成分を有する付加価値の高い植物育成用の光源として期待されている。

【0003】

植物の光に対する反応は、光合成と光形態形成に分けられる。光合成は、光エネルギーを利用して水を分解し、酸素を発生して二酸化炭素を有機物に固定する反応である。光合成の結果、生成される炭水化物は植物の細胞構築の原料となり、植物の成長のためのエネルギー源となる。光形態形成は、光を信号として利用し、種子の発芽、分化（発芽形成、葉の形成など）、運動（気孔開閉、葉緑体運動）、光屈折などを行う形態的な反応である。植物には、光を認識する光受容体（色素）が複数存在し、光合成反応の場合は、クロロフィルa、クロロフィルb、カロテノイドが光をエネルギーとして捕捉する。光形態形成の場合は、フィトクロム、クリプトクロム、フォトトロピンが光を信号（シグナル）として受容する。

【0004】

植物が光受容体を使用して、光合成や光形態形成に利用できる光の波長域は300nm以上800nm以下である。この波長域の放射を、生理的有効放射（Physiologically Active Radiation）といい、その中でも植物育成のエネルギー源となる400nm以上700nm以下の波長域の放射を、光合成有効放射（Photosynthetically Active Radiation）という。植物の光合成に必要な光の強度は、光合成光子束密度（Photosynthetic Photon Flux Density）又は光合成光子束（Photosynthetic Photon Flux、以下、「PPF」と表す場合もある。）と表される場合もある。

【0005】

植物等に照射される光の強度は、光子束密度（Photon Flux Density）又は光子束（Photon Flux、以下「PF」と表す場合もある。）で表される。光子束密度（ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ）とは、単位時間あたりに単位面積に到達する光子の数である。光子束（ $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ ）とは、単位時間あたりの光子の数である。植物の成長に応じて、光受容体が認識する青色領域の光子束Bと、赤色領域の光子束Rとの比（ R/B ）を制御する必要がある。そこで、青色光を発光するLEDチップと、LEDチップが発光する青色光を吸収して青色よりも赤色の光を発する蛍光体とを組み合わせた発光装置が提案されている（特許文献1を参照。）。また、赤色の光を発する蛍光体と、白色光を発光する既存の光源と組み合わせ、赤色の光の補光を行う方法も提案されている（特許文献2を参照。）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開2013-099254号公報

特開2008-181771号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献1に開示されている発光装置では、白色光を発光する既存の光源と組み合わせ補光用として使用した場合に、詳細は後述するが、既存の光源が発する光のスペクトルバランスが崩れ、既存の光源から発せられる光のスペクトルにおいて490nmを超えて570nm以下の範囲の緑色光や570nmを超えて620nm未満の範囲の黄色から橙色の光が減少する傾向があった。そこで、本発明の一態様は、既存の光源とともに利用した場合に、既存の光源が発する光のスペクトルバランスを崩すことなく赤色光を補光することが可能な発光装置及び植物栽培方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記課題を解決するための手段は、以下の通りであり、本発明は、以下の態様を包含する。

本発明の第一の態様は、380 nm以上490 nm以下の範囲に発光ピーク波長を有する発光素子と、

前記発光素子からの光により励起されて580 nm以上680 nm以下の範囲に少なくとも一つの発光ピーク波長を有する光を発する赤色蛍光体を備え、400 nm以上490 nm以下の範囲における青色光の光量子束Bに対する620 nm以上700 nm以下の範囲における赤色光の光量子束Rの比(R/B) (以下、400 nm以上490 nm以下の範囲における青色光の光量子束Bに対する620 nm以上700 nm以下の範囲における赤色光の光量子束Rの比を、「比 R/B 」と称する場合もある。)が20を超えて200以下である、発光装置である。

10

【0009】

本発明の第二の態様は、前記発光装置と、その発光装置とは別の光エネルギーを発する光源とを組み合わせた照明装置である。

【0010】

本発明の第三の態様は、前記発光装置から発する光を植物に照射する植物栽培方法である。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、既存の光源とともに利用した場合に、既存の光源が発する光のスペクトルバランスを崩すことなく赤色光を補光し、植物の成長を促進することが可能な発光装置及び植物栽培方法を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、発光装置の一例を示す概略断面図である。

【図2】図2は、各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置の比 R/B に対する、青色光の光量子束B (Blue PF)、赤色光の光量子束R (Red PF)、及び光合成光量子束PPFの関係を示す図である。

【図3】図3は、白色LED発光装置1と各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置とを組み合わせた混色光の光合成光量子束PPFと、白色LED発光装置と各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置を組み合わせた場合の白色LED発光装置1の個数比率(%)の関係を示す図である。

30

【図4】図4は、白色LED発光装置1単独から発する光の相対光量子束のスペクトルと、白色LED発光装置1と実施例1の赤色補光用発光装置を組み合わせた混色光の相対光量子束のスペクトルと、白色LED発光装置1と比較例2の赤色補光用発光装置を組み合わせた混色光の相対光量子束のスペクトルを示す。

【図5】図5は、白色LED発光装置1単独から発する光の相対光量子束のスペクトルと、白色LED発光装置1と実施例2の赤色補光用発光装置を組み合わせた混色光の相対光量子束のスペクトルと、白色LED発光装置1と比較例2の赤色補光用発光装置を組み合わせた混色光の相対光量子束のスペクトルを示す。

40

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本開示に係る発光装置及び植物栽培方法の一実施態様に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施の一態様は、本発明の技術思想を具体化するための例示であって、本発明は、以下の発光装置及び植物栽培方法に限定されない。なお、色名と色度座標との関係、光の波長範囲と単色光の色名との関係等は、JIS Z 8110に従う。また、組成物中の各成分の含有量は、組成物中に各成分に該当する物質が複数存在する場合、特に断らない限り、組成物中に存在する当該複数の物質の合計量を意味する。

【0014】

発光装置

50

本発明の一実施態様は、380 nm以上490 nm以下の範囲（以下、「近紫外から青色領域」とも称する場合もある。）に発光ピーク波長を有する発光素子と、前記発光素子からの光により励起されて580 nm以上680 nm以下の範囲に少なくとも一つの発光ピーク波長を有する光を発する赤色蛍光体を備え、400 nm以上490 nm以下の範囲における青色光の光量子束Bに対する620 nm以上700 nm以下の範囲における赤色光の光量子束Rの比 R/B が20を超えて200以下である、発光装置である。本明細書において、400 nm以上490 nm以下の範囲における青色光の光量子束Bを「青色光の光量子束B」と称する場合がある。また、本明細書において、620 nm以上700 nm以下の範囲における赤色光の光量子束Rを「赤色光の光量子束R」と称する場合がある。

【0015】

10

本発明の一実施態様の発光装置の一例を図面に基づいて説明する。図1は、本発明の一実施態様の発光装置100を示す概略断面図である。

【0016】

発光装置100は、図1に示されるように、発光装置100は、380 nm以上490 nm以下の範囲に発光ピーク波長を有する発光素子10と、発光素子からの光により励起されて580 nm以上680 nm以下の範囲内に少なくとも一つの発光ピーク波長を有する光を発する赤色蛍光体70を備える。

【0017】

発光装置100は、例えば、成形体40と、発光素子10と、蛍光部材50とを備える。成形体40は、第1のリード20及び第2のリード30と、熱可塑性樹脂又は熱硬化性樹脂を含む樹脂部42とが一体的に成形されてなるものである。成形体40は底面と側面を持つ凹部を形成しており、凹部の底面に発光素子10が載置されている。発光素子10は一对の正負の電極を有しており、その一对の正負の電極はそれぞれ第1のリード20及び第2のリード30とそれぞれワイヤ60を介して電氣的に接続されている。発光素子10は蛍光部材50により被覆されている。蛍光部材50は、例えば、発光素子10からの光を波長変換する蛍光体70と封止材料を含む。蛍光体70は、発光素子10から発光される380 nm以上490 nm以下の範囲に発光ピーク波長を有する発光素子10からの光により赤色光を発する赤色蛍光体70である。発光素子10の正負一对の電極に接続された第1のリード20及び第2のリード30は、発光装置100を構成するパッケージの外方に向けて、第1のリード20及び第2のリード30の一部が露出されている。これらの第1のリード20及び第2のリード30を介して、外部から電力の供給を受けて発光装置100を発光させることができる。

20

30

【0018】

蛍光部材50は、発光素子10が発する光を波長変換するだけではなく、外部環境から発光素子10を保護するための部材としても機能する。図1において、赤色蛍光体70は、蛍光部材50中に存在し、発光素子10に近接して配置されている。これにより、発光素子10からの光を赤色蛍光体70で効率よく波長変換することができ、発光効率の優れた発光装置を提供できる。赤色蛍光体70を含む蛍光部材50と、発光素子10の配置は、図1に示すように、赤色蛍光体70を発光素子10に近接して配置する態様に限定されることなく、発光素子10から発生される熱の影響も考慮して、蛍光部材50中で発光素子10と間隙を設けて赤色蛍光体70を配置することもできる。また、蛍光部材50中にほぼ均等に赤色蛍光体70を配置することによって、発光装置100から色ムラが抑制された光を発することができる。

40

【0019】

植物は、その葉緑体の中に存在する色素（クロロフィルa、クロロフィルb及びカロテノイド）が光を吸収するとともに、炭酸ガス及び水を取り込み、これらを光合成によって炭水化物（糖類）に変換することで、成長する。植物の育成促進に使用されるクロロフィルa及びクロロフィルbは、特に625 nm以上675 nm以下の赤色領域の光に対する吸収ピークと、425 nm以上475 nm以下の青色領域の光に対する吸収ピークとを有する。植物の光受容体のうち、クロロフィルaは、400 nm以上450 nm以下の青色

50

領域の光エネルギーと、660nm以上700nm以下の赤色領域の光エネルギーを捕捉して、光合成が行われる。クロロフィルbは、430nm以上500nm以下の青色領域の光エネルギーと、640nm以上670nm以下の赤色領域の光エネルギーを捕捉して光合成が行なわれる。カロテノイドは、400nm以上530nm以下の青色から緑色領域の光エネルギーを捕捉して光合成を行う。また、光形態形成を行う光受容体のうち、例えばフィトクロムAは、360nm以上480nm以下の青色領域の光を信号として、種子発芽の誘導が行われる。また、フィトクロムBは、540nm以上690nm以下の赤色領域の光を信号として種子発芽等の誘導が行われる。

【0020】

植物は、その成長段階において、光合成を行うだけではなく、種子から発芽の誘導、胚軸伸長、花芽形成、光屈折等の光形態形成が行われている。植物の種類や成長段階に応じて、太陽光に代表される白色光のみならず、赤色光を補光することが植物の成長促進や、植物の機能性栄養成分の増強に有効である。さらに、従来は植物の成長にはそれほど影響を及ぼさないとされていた490nmを超えて570nm以下の緑色光も植物の種類によって植物の成長促進や植物の機能性栄養成分の増強に寄与し、気孔の開閉や黄化実生の胚軸伸長に影響を及ぼすことが分かっている。また、人の作業環境としても、490nmを超えて570nm以下の範囲の緑色光の成分や、570nmを超えて620nm未満の範囲の黄色から橙色の発光成分を含む光が必要である。赤色光を補光する場合においても、既存の例えば白色光を発光する光源の発光スペクトルが有する青色領域のスペクトルや緑色領域から黄色から橙色領域のスペクトルのバランスを大きく崩すことがなく、少ない数の発光装置を使用して、効率的に赤色光を補光することができれば、消費電力や設備投資に係る費用を削減しつつ、効率的に植物の成長を促進し、豊富な機能性栄養成分を有する植物を栽培することが可能となる。

【0021】

本発明の一実施形態に係る発光装置は、400nm以上490nm以下の範囲における青色光の光量子束Bに対する620nm以上700nm以下の範囲における赤色光の光量子束Rの比 R/B が20を超えて200以下である。本発明の一実施形態に係る発光装置は、青色光の光量子束Bに対する赤色光の光量子束Rの比 R/B が20を超えて200以下の範囲であれば、植物の種類、又は、植物の成長段階に応じて比 R/B の範囲は適宜選択できる。本発明の一実施形態に係る発光装置において、青色光の光量子束Bに対する赤色光の光量子束Rの比 R/B は、好ましくは30以上180以下、さらに好ましくは35以上150以下、よりさらに好ましくは40以上140以下、50以上120以下、80以上120以下である。本発明の一実施形態に係る発光装置において、青色光の光量子束Bに対する赤色光の光量子束Rの比 R/B が20を超えて200以下であれば、既存の白色光を発光する光源を利用しつつ、少ない数の赤色光を補光可能な発光装置で、植物の種類、又は、植物の成長段階に応じて、既存の例えば白色光を発する光源のスペクトルバランスを崩すことなく、効率的に赤色光を補光することができる。

【0022】

近紫外から青色領域に発光ピーク波長を有する発光素子と、赤色蛍光体とを備えた発光装置において、青色光の光量子束Bに対する赤色光の光量子束Rの比 R/B が20以下であると、発光素子から放出される励起光が赤色蛍光体で波長変換されずに発光装置から抜ける青色光の成分が多くなり、所望の赤色光を効率的に補光し難い場合がある。また、前記発光装置において、青色光の光量子束Bに対する赤色光の光量子束Rの比 R/B が20以下であると、発光素子からの励起光である青色光が抜けて、赤色光とともに青色光の成分も供給されるため、既存の例えば白色光を発光する光源と赤色光を補光する発光装置を組み合わせた用いた場合に、既存の光源が発する光のスペクトルにおいて、赤色補光用の発光装置から抜けた青色光の成分が足されたことによって相対的に緑色光から黄色光の成分が減少し、既存の光源から発する光のスペクトルバランスが崩れ、純粋に赤色光のみを補光できない場合がある。また、前記発光装置において、青色光の光量子束Bに対する赤色光の光量子束Rに対する比 R/B が200を超えると、前記発光装置に含まれる赤色蛍

光体の量が多くなりすぎて蛍光体の自己吸収により、赤色光が減衰する場合がある。

【0023】

本発明の一実施形態に係る発光装置は、前記発光装置から発する光のスペクトルにおいて、580nm以上680nm以下の範囲内に少なくとも一つの発光ピークを有し、発光ピークの半値幅が40nm以上であることが好ましい。前記発光装置は、前記発光装置から発する光のスペクトルにおいて、580nm以上680nm以下の範囲内に存在する発光ピークの半値幅が、より好ましくは40nm以上120nm以下であり、さらに好ましくは50nm以上120nm以下であり、よりさらに好ましくは60nm以上110nm以下である。前記発光装置は、前記発光装置から発する光のスペクトルにおいて、580nm以上680nm以下の赤色領域に存在する発光ピークの半値幅が好ましくは40nm以上と比較的ブロードな形状の発光ピークを有する。発光装置から発する光のスペクトルにおいて、580nm以上680nm以下の赤色領域に存在する発光ピークの半値幅が広いと、より多くの種類の植物の光受容体が、補光された赤色光を光エネルギーとして吸収でき、または、光信号として感知することができる。本発明の一実施形態に係る発光装置は、前記発光装置から発する光のスペクトルにおいて、比較的ブロードな形状の発光ピークを有する赤色光を供給することができ、前記発光装置から発せられた赤色光を数多くの光受容体が吸収又は感知しやすいため、安定した状態で植物の成長が促進され、安定した状態で植物の機能性栄養成分を増強することが可能となる。発光装置の半値幅は、発光装置が発する光のスペクトルにおいて、発光ピークの半値全幅（Full Width at Half Maximum: FWHM）をいう。発光装置の半値幅は、発光装置が発する光のスペクトルにおいて、580nm以上680nm以下の範囲に存在する発光ピークの最大値の50%の値を示す発光ピークの波長幅をいう。

【0024】

例えば赤色光を発光するLEDチップを備えた発光装置の場合、580nm以上680nm以下の範囲内に存在する発光ピークの半値幅は、一般的に30nm未満であり、通常は15nm以上25nm以下である。赤色光を発するLEDチップを備えた発光装置から発する光のスペクトルにおいて、580nm以上680nm以下の赤色領域に存在する発光ピークの半値幅が30nm未満とシャープな形状であると、前記発光装置によって補光された赤色光を吸収又は感知する植物の光受容体の種類が限定されてしまい、植物の成長が不安定になる場合がある。

【0025】

植物の光合成又は光形態形成に作用する光の強度は光子数の数に依存する。光子は、その波長に反比例してエネルギー量に変化する。プランク定数（ $6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ ）を h 、光速を c （ $3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ）、波長を λ （m）とすると、光子エネルギー e は、 $e = hc / \lambda$ の式で表される。光合成作用を活性化する波長依存性は光合成色素などの光受容体の種類によって異なる。

【0026】

光子束（ $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ ）は、照射される光の放射束（W）から換算することができる。放射束と、光子束との関係は、以下の式（1）により表される。

放射束（W）＝光子束（ $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ ）×アボガドロ数（ mol^{-1} ）×プランク定数 h （J s）×光速度（ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ）÷波長 λ （m）（1）

発光装置から得られる放射束（W）から、前記式（1）に基づき、光子束に換算することができる。換算後、400nm以上490nm以下の範囲における光子束を積算して、青色光の光子束Bを算出することができる。同様に、620nm以上700nm以下の範囲における光子束を積算して、赤色光の光子束Rを算出することができる。

【0027】

発光素子

発光素子10は、励起光源として用いられており、380nm以上490nm以下の範囲に発光ピーク波長を有する光を発する発光素子である。これにより、高効率で入力に対する出力のリニアリティが高く、機械的衝撃にも強い安定した発光装置を得ることができ

る。発光素子の発光ピーク波長の範囲は、より好ましくは390nm以上480nm以下であり、さらに好ましくは420nm以上470nm以下であり、よりさらに好ましくは440nm以上460nm以下であり、特に好ましくは445nm以上455nm以下である。このような発光素子としては、窒化物半導体 ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 、 $0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x+y \leq 1$) からなる発光素子を用いることが好ましい。発光素子の発光スペクトルの半値幅は、例えば、30nm以下とすることができる。

【0028】

蛍光部材

発光装置100に用いられる蛍光部材50は、赤色蛍光体70及び封止材料を含むものであることが好ましい。封止材料は、熱可塑性樹脂及び熱硬化性樹脂から選ばれる樹脂を用いることができる。製造のし易さを考慮すると、封止材料として用いられる樹脂は、例えば、シリコン樹脂、エポキシ樹脂が挙げられる。蛍光部材は、赤色蛍光体及び封止材料の他に、フィラー、光安定剤、着色剤等のその他の成分を含んでいてもよい。フィラーとしては、例えばシリカ、チタン酸バリウム、酸化チタン、酸化アルミニウム等を挙げることができる。蛍光部材中の、赤色蛍光体及び封止材料以外のその他の成分の含有量は、封止材料100質量部に対して、好ましくは0.01質量部以上20質量部以下である。蛍光部材を構成する蛍光部材用組成物においても、封止材料となる樹脂100質量部に対して、赤色蛍光体及び封止材料となる樹脂以外のその他の成分となる物質の含有量は、好ましくは0.01質量部以上20質量部以下である。

【0029】

蛍光部材中の赤色蛍光体70の含有量は、400nm以上490nm以下の範囲における青色光の光子束Bに対する620nm以上700nm以下の範囲における赤色光の光子束Rの比 R/B が20を超えて200以下の範囲となる量であれば、特に限定されない。蛍光部材50中の赤色蛍光体の含有量は、封止材料100質量部に対して、例えば5質量部以上150質量部以下とすることができ、好ましくは8質量部以上130質量部以下、より好ましくは10質量部以上120質量部以下、さらに好ましくは12質量部以上100質量部以下である。蛍光部材50中の赤色蛍光体70の含有量が前記範囲内であると、発光素子10から発せられた光を赤色蛍光体で効率よく波長変換することができ、発光素子からの励起光である青色光が抜けることなく、赤色光を補光することができる。また、蛍光部材50中の赤色蛍光体70の含有量が前記範囲内であると、赤色蛍光体の自己吸収により赤色光が減衰することなく、赤色光を補光することができる。さらに、蛍光部材50中の赤色蛍光体70の含有量が前記範囲内であると、赤色光を補光する前記発光装置と既存の白色光を発する光源とを組み合わせた場合に、既存の白色光を発光する光源から発する光のスペクトルバランスを崩すことなく、効率的に赤色光を補光することができる。

【0030】

赤色蛍光体

赤色蛍光体70は、発光素子10からの光により励起されて580nm以上680nm以下の範囲に一以上の発光ピーク波長を有する光を発する蛍光体である。赤色蛍光体は、 Eu^{2+} 賦活窒化物蛍光体、 Mn^{4+} 賦活フルオロジーマネート蛍光体、 Eu^{2+} 賦活アルカリ土類硫化物蛍光体、及び Mn^{4+} 賦活ハロゲン化物蛍光体等が挙げられる。赤色蛍光体は、これらの蛍光体から選択された一種を単独で用いてもよく、二種以上を併用してもよい。

【0031】

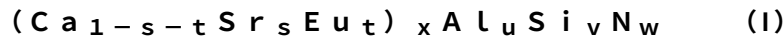
赤色蛍光体は、Sr及びCaから選択される少なくとも一種の元素と、Alとを組成に有し、 Eu^{2+} で賦活されるシリコンナイトライドを含む蛍光体（以下、「CASN蛍光体」と記載する場合がある。）を含むことが好ましい。赤色蛍光体は、アルカリ土類金属元素からなる群より選択される少なくとも一種の元素と、アルカリ金属元素からなる群より選択される少なくとも一種の元素とを組成に有し、 Eu^{2+} で賦活されるアルミナイトライドを含む蛍光体、 Mn^{4+} で賦活されるフルオロジーマネート蛍光体、 Eu^{2+} で賦

活されるCa又はSrの硫化物を含む蛍光体、及びアルカリ金属元素及びアンモニウムイオン(NH₄⁺)からなる群から選択される少なくとも一種の元素又はイオンと、第4族元素及び第14族元素からなる群から選択される少なくとも一種の元素を組成に有し、Mn⁴⁺で賦活されるフッ化物を含む蛍光体からなる群より選択される少なくとも一種の蛍光体を含むことが好ましい。

【0032】

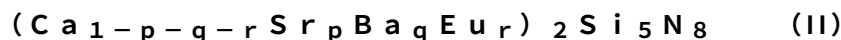
赤色蛍光体70は、具体的には、下記式(I)乃至(VI)で表される、いずれかの組成を含む蛍光体が挙げられる。中でも、赤色蛍光体は、下記式(I)で表される組成のシリコンナイトライドを含む蛍光体を含むことが好ましい。下記式(I)乃至(VI)で表される、いずれかの組成を含む蛍光体は、発光素子からの励起光により赤色に発光し、発光装置の発光スペクトルにおいて、580nm以上680nm以下の範囲内に存在する発光ピークの半値幅が40nm以上と、発光ピークが比較的ブロードな形状である。赤色蛍光体70の580nm以上680nm以下の範囲内に存在する発光ピークが、その半値幅が40nm以上と、比較的ブロードな形状であるため、より多くの種類の植物の光受容体が、補光された赤色光を光エネルギーとして吸収でき、又は、補光された赤色光を光信号として感知でき、安定して植物の成長を促進することができ、又は、植物の機能的栄養成分を増強できる、赤色光を供給することができる。

【0033】



(式(I)中、s、t、u、v、w及びxは、それぞれ $0 \leq s \leq 1$ 、 $0 < t < 1$ 、 $0 < s + t < 1$ 、 $0.8 \leq x \leq 1$ 、 $0.8 \leq u \leq 1.2$ 、 $0.8 \leq v \leq 1.2$ 、 $1.9 \leq u + v \leq 2.1$ 、 $2.5 \leq w \leq 3.5$ を満たす数である。)。式(I)で表される組成を含む蛍光体を、CaAlSiN₃:Eu蛍光体や(Sr,Ca)AlSiN₃:Eu蛍光体と表す場合もある。前記式(I)中、変数tは、前記式(I)で表される組成における賦活元素Euのモル比である。変数tは、好ましくは $0.0001 \leq t \leq 0.2$ 、より好ましくは $0.0001 \leq t \leq 0.1$ 、さらに好ましくは $0.0002 \leq t \leq 0.05$ である。前記式(I)中、変数sは、前記式(I)で表される組成におけるSrのモル比である。変数sは、好ましくは $0 \leq s \leq 0.98$ 、より好ましくは $0 \leq s \leq 0.95$ 、さらに好ましくは $0 \leq s \leq 0.9$ である。

【0034】



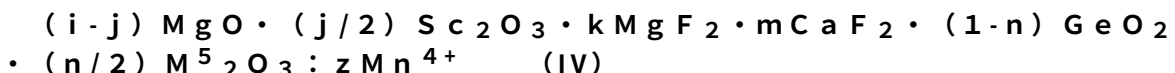
式(II)中、p、q及びrは、 $0 \leq p \leq 1$ 、 $0 \leq q \leq 1$ 、 $0 < r < 1$ 及び $p + q + r \leq 1$ を満たす数である。

【0035】



式(III)中、a、b、c、d、e及びfは、それぞれ $0 \leq a < 1$ 、 $0.8 \leq b \leq 1.05$ 、 $0.001 < c \leq 0.1$ 、 $0 \leq d \leq 0.2$ 、 $3.0 \leq e \leq 5.0$ 、 $0.8 \leq f \leq 1.05$ を満たす数である。

【0036】



式(IV)中、M⁵⁺はAl、Ga及Inからなる群から選択される少なくとも1種であり、i、j、k、m、n及びzはそれぞれ、 $2 \leq i \leq 4$ 、 $0 \leq j < 0.5$ 、 $0 < k < 1.5$ 、 $0 \leq m < 1.5$ 、 $0 < n < 0.5$ 、及び $0 < z < 0.05$ を満たす数である。

【0037】



本明細書において、蛍光体の組成を表す式中、カンマ(,)で区切られて記載されている複数の元素は、これら複数の元素のうち少なくとも一種の元素を組成中に含有していることを意味する。組成式中のカンマ(,)で区切られて記載されている複数の元素は、組成中にカンマで区切られた複数の元素から選ばれる少なくとも一種の元素を含み、前記複

10

20

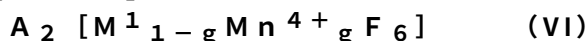
30

40

50

数の元素から二種以上を組み合わせて含んでいてもよい。また、本明細書において、蛍光体の組成を表す式中、コロン（：）の前は母体結晶を表し、コロン（：）の後は賦活元素を表す。

【0038】



式(VI)中、Aは、K、Li、Na、Rb、Cs及びNH₄⁺からなる群から選択される少なくとも1種であり、M¹⁺は、第4族元素及び第14族元素からなる群から選ばれる少なくとも1種の元素であり、gは0<g<0.2を満たす数である。

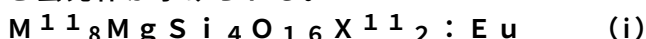
【0039】

赤色蛍光体以外の蛍光体

発光装置100は、400nm以上490nm以下の範囲における青色光の光量子束Bに対する620nm以上700nm以下の範囲における赤色光の光量子束Rの比R/Bが20を超えて200以下の範囲となるのであれば、赤色蛍光体70に加えて、赤色光の波長領域以外の波長領域の光を発する他の種類の蛍光体を含んでいても良い。他の種類の蛍光体としては、発光素子10から出射された光の一部を吸収して、緑色に発光する緑色蛍光体や、黄色に発光する黄色蛍光体、680nmを超える範囲に発光ピーク波長を有する遠赤色蛍光体等が挙げられる。

【0040】

緑色蛍光体としては、具体的には、下記式(i)乃至(iii)で表される、いずれかの組成を含む蛍光体が挙げられる。



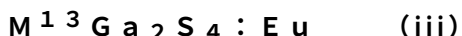
式(i)中、M¹⁺はCa、Sr、Ba及びZnからなる群から選択される少なくとも1種であり、X¹⁺はF、Cl、Br及びIからなる群から選択される少なくとも1種である。

【0041】



式(ii)中、bは0<b<4.2を満たす。

【0042】



式(iii)中、M¹⁺は、Mg、Ca、Sr及びBaからなる群から選ばれる少なくとも1種である。

さらに、緑色蛍光体として、例えば、(Ca, Sr, Ba)₂SiO₄:Eu、Ca₃Sc₂Si₃O₁₂:Ce等のケイ酸塩蛍光体も挙げることができる。

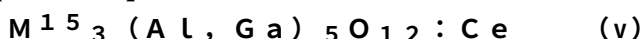
【0043】

黄色蛍光体としては、具体的には、下記式(iv)乃至(v)で表される、いずれかの組成を含む蛍光体が挙げられる。



式(iv)中、M¹⁺は、Sr、Ca、Li及びYからなる群から選ばれる少なくとも1種である。cは0.5から5であり、dは0から2.5であり、eはM¹⁺の電荷である。

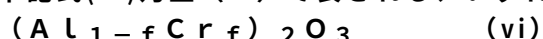
【0044】



式(v)中、M¹⁺は、YまたはLu、Gd、Tbからなる群から選ばれる少なくとも1種である。

【0045】

680nmを超える範囲に発光ピーク波長を有する遠赤色蛍光体としては、具体的には、下記式(vi)乃至(xi)で表される、いずれかの組成を含む蛍光体が挙げられる。



式(vi)中、fは、0<f<1を満たす数である。

【0046】



10

20

30

40

50

式 (vii) 中、 L_n は、 Ce を除く希土類元素からなる群より選択される少なくとも一種の希土類元素であり、 M^{16} は、 Ga 及び In からなる群より選択される少なくとも一種の元素であり、 x 、 y 及び z は、 $0.0002 < x < 0.50$ 、 $0.0001 < y < 0.05$ 、 $0 \leq z \leq 0.8$ を満たす数である。

【0047】

$CaYAlO_4 : Mn$ (viii)

$LiAlO_2 : Fe$ (ix)

$CdS : Ag$ (x)

$GdAlO_3 : Cr$ (xi)

【0048】

白色光を発光する光源

本発明の第一の実施形態に係る発光装置は、既存の光源と組み合わせて用いることができる。本発明の第一の実施形態に係る発光装置は、白色光を発光する光源と組み合わせて用いることが好ましい。前記発光装置は、既存の例えば白色光を発光する光源と組み合わせて用いた場合であっても、既存の光源から発せられる光のスペクトルバランスを崩すことなく、既存の光源に対して少ない個数の発光装置によって、植物の種類や植物の成長段階によって必要な赤色光を効率よく補光することができる。白色光としては、例えば太陽光、各種ランプから照射される光が挙げられる。白色光を発光する光源としては、例えば太陽、蛍光灯、白熱電球、メタルハライドランプ、高圧ナトリウムランプ及びLEDランプからなる群から選ばれる少なくとも一種の光源を用いることができる。

本発明の第一の実施形態に係る発光装置は、白色光を発光する光源と組み合わせて用いることによって、植物の成長を促進させ、又は、植物の機能性栄養成分を増強できる、赤色光の補光用の発光装置として用いることができる。

【0049】

本発明の第一の実施形態に係る発光装置は、植物の光合成作用を活性化して植物の成長を促進でき、植物の機能性栄養成分を増強できるように、植物に必要な赤色光を補光することができる。本発明の第一の実施形態に係る発光装置は、植物栽培用の発光装置として利用できる。

【0050】

照明装置

本発明の第一の実施形態に係る発光装置は、前記発光装置とは別の光エネルギーを発する光源と組み合わせた照明装置としてもよい。前記発光装置とは別の光エネルギーを発する光源は、白色光を発する光源に限定されず、例えば、青色光を発光する光源等が挙げられる。本発明の第一の実施形態に係る発光装置と、前記発光装置とは別の光エネルギーを発する光源とを組み合わせた照明装置は、植物の種類又は植物の成長段階に応じて、最適な光エネルギーを植物に照射することができ、最適な光信号を植物に伝達することができる。

【0051】

植物栽培方法

本発明の一実施形態の植物栽培方法は、発光装置100から発する光を植物に照射することにより、植物を栽培する方法である。植物栽培方法において、例えば、人為的に光照射の制御可能な植物工場において、発光装置100からの光を植物に照射することができる。植物の種類は特に限定されず、植物の光合成作用を活性化し、植物の茎、葉、根又は果実等を良好な形態又は重量を有し、植物の機能性栄養成分が増強するように植物の育成を促進することができる。

【実施例】

【0052】

以下、本発明を実施例により具体的に説明する。本発明は、これらの実施例に限定されるものではない。

【0053】

10

20

30

40

50

実施例 1 から 2 及び比較例 1 から 5

赤色蛍光体

赤色蛍光体として、450nmに発光ピーク波長を有する発光素子からの光により励起されて660nmに発光ピーク波長を有するCaAlSiN₃:Eu蛍光体を用いた。

【0054】

発光装置

発光装置100は、発光ピーク波長が450nmである窒化物半導体を発光素子10として用いた。

蛍光部材50を構成する封止材料としてシリコン樹脂を用い、シリコン樹脂100質量部に、赤色蛍光体70を表1に示す配合比（質量部）で添加し、混合分散した後、脱泡して蛍光部材を構成する蛍光部材用組成物を得た。実施例1から2及び比較例1から5の発光装置に用いる蛍光部材用樹脂組成物において、表1に示すように、400nm以上490nm以下の範囲における青色光の光量子束B、620nm以上700nm以下の範囲における赤色光の光量子束R、青色光の光量子束Bに対する赤色光の光量子束Rの比R/Bのそれぞれが表1に示す値となるように赤色蛍光体を配合した。これらの蛍光部材用組成物を成形体40の凹部の発光素子10上に注入して、前記凹部に充填し、さらに150℃で3時間加熱し、蛍光部材用組成物を硬化させ、蛍光部材50を形成し、実施例1から2及び比較例1から5について図1に示されるような発光装置100を製造した。以下、実施例1から2及び比較例1から5の発光装置100は、赤色補光用発光装置とも称する。

【0055】

光量子束

実施例1から2及び比較例1から5の発光装置から発する光を、分光器（浜松ホトニクス株式会社製、PMA-12）を用いて測定した。得られた放射束（W）から、下記式（1）に基づいて光量子束に換算し、波長に対する光量子束のスペクトルを作成し、400nm以上490nm以下の範囲における光量子束を積算した青色光の光量子束Bと、620nm以上700nm以下の範囲における光量子束を積算した赤色光の光量子束Rと、400nm以上700nm以下の範囲における光量子束を積算した光合成光量子束PPFとを算出した。結果を表1に示す。また図2に、各実施例及び比較例の発光装置から発する光の400nm以上490nm以下の範囲における青色光の光量子束B、620nm以下700nm以下の範囲における赤色光の光量子束R、400nm以上700nm以下の範囲における光合成光量子束PPFを示す。図2において、横軸は、各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置の比R/Bを示す。図2において、左側から比較例1の発光装置、比較例2の発光装置、実施例1の発光装置、実施例2の発光装置、比較例3の発光装置、比較例4の発光装置、比較例5の発光装置の各発光装置について、下側から順に青色光の光量子束B（Blue PF）、赤色光の光量子束R（Red PF）、光合成光量子束PPFを示す。放射束（W）＝光量子束（ $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ ）×アボガドロ数（ mol^{-1} ）×プランク定数（Js）×光速（ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ）÷波長（m）（1）

【0056】

半値幅

各実施例及び比較例の発光装置から発する光の波長に対する光量子束のスペクトルから、580nm以上680nm以下の範囲に存在する発光ピークの半値幅（FWHM）を求めた。各実施例及び比較例の発光装置の半値幅は、発光スペクトルにおいて、580nm以上680nm以下に存在する発光ピークの最大光量子束の50%の光量子束を示す発光ピークの波長幅である。結果を表1に示す。

【0057】

10

20

30

40

50

【表 1】

	蛍光部材	光量子束				半値幅 (nm)
	赤色蛍光体 CASN (質量部)	青色光の 光量子束B (Blue PF) ($\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$)	赤色光の 光量子束R (Red PF) ($\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$)	比R/B	光合成 光量子束 PPF ($\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$)	
比較例1	5	6.0	22.3	4	31.7	90.5
比較例2	10	2.4	24.1	10	29.4	88.0
実施例1	15	0.6	23.0	36	25.9	86.0
実施例2	20	0.2	23.0	101	25.1	83.5
比較例3	25	0.1	21.9	273	23.5	83.0
比較例4	30	0.0	21.0	571	22.2	81.0
比較例5	50	0.0	16.8	1247	17.4	78.0

【0058】

表1及び図2に示すように、赤色補光用発光装置から発せられる光の比R/Bが大きくなると、光合成光量子束PPFは小さくなる傾向がある。実施例1及び2の赤色補光用発光装置に示すように、比R/Bが20を超えて200以下であると、光合成光量子束PPFの低下を抑制しつつ、赤色光の光量子束Rを大きくすることができ、植物の種類、又は、植物の成長段階に応じて、効率的に赤色光を補光できる。また、実施例1及び2の赤色補光用発光装置に示すように、比R/Bが20を超えて200以下であると、青色光の光量子束Bも小さく、発光素子の励起光が赤色蛍光体で波長変換されずに発光装置から放出される青色光の抜けが抑制され、例えば既存の白色光を発光する光源と組み合わせた場合も、既存の光源から発せられる光のスペクトルバランスを崩すことなく、効率的に赤色光を補光できる。

【0059】

表1及び図2に示すように、比較例1及び2の発光装置は、光合成光量子束PPFの値は、実施例1及び2の発光装置に比べて大きくなるが、青色光の光量子束Bの値も、実施例1及び2の発光装置に比べて大きく、発光素子の励起光が赤色蛍光体で波長変換されずに発光装置から放出されて青色光が抜けてしまっていた。比較例1及び2の発光装置は、例えば白色光を発光する光源と組み合わせて用いた場合に、前記光源から発せられる光のスペクトルにおいて、青色光成分が足されたことによって相対的に緑色光から黄色光の成分が減少し、前記光源から発せられる白色光のスペクトルバランスが崩れ、効率的に赤色光のみを補光できない。また、比較例3から5の発光装置は、光合成光量子束PPFの値が、実施例1及び2の発光装置に比べて小さくなるとともに、赤色光の光量子束Rも小さくなり、前記発光装置に含まれる赤色蛍光体の量が多くなりすぎて自己吸収により、赤色光が減衰し、効率的に赤色光を補光することができない。

【0060】

白色LED発光装置1と赤色補光用発光装置の組み合わせ

白色光を発光する光源として、380nm以上490nm以下の範囲内に発光ピーク波長を有する発光素子と黄色蛍光体と赤色蛍光体とを含む白色LED発光装置1（以下、「白色LED1」と称する場合もある。）を用いた。白色LED発光装置1から発せられる光を、前記分光器（浜松ホトニクス株式会社製、PMA-12）を用いて測定した。白色LED発光装置1は、400nm以上490nm以下の範囲における光量子束を積算した青色光の光量子束Bを1としたとき、490nmを超えて570nm以下の範囲における光量子束を積算した緑色光の光量子束Gが1.7である。

【0061】

前記分光器を用いて測定した前記白色LED発光装置1のスペクトルと、実施例1から

2 及び比較例 1 から 5 の赤色補光用発光装置のスペクトルとを測定した。前記白色 LED 発光装置 1 のスペクトルと、各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置のスペクトルから、白色 LED 発光装置 1 から発せられる光と各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置から発せられる光との混色光の 400 nm 以上 490 nm 以下の範囲における青色光の光量子束 B_{mix} と 620 nm 以上 700 nm 以下の範囲における赤色光の光量子束 R_{mix} を算出した。混色光における青色光の光量子束 B_{mix} に対する混色光における赤色光の光量子束 R_{mix} の比 R_{mix}/B_{mix} が 3.5 となるように、白色 LED 発光装置 1 と、各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置を組み合わせた。以下、白色光を発する光源からの光のスペクトルと、赤色補光用発光装置から発する光のスペクトルとから算出された、光源から発せられた白色光と赤色補光用発光装置から発する光とを組み合わせた混色光の 400 nm 以上 490 nm 以下の範囲における青色光の光量子束を B_{mix} とし、前記混色光の 620 nm 以上 700 nm 以下の範囲における赤色光の光量子束を R_{mix} と表す。

10

【0062】

白色 LED 発光装置 2 と赤色補光用発光装置の組み合わせ

白色光を発光する光源として、380 nm 以上 490 nm 以下の範囲内に発光ピーク波長を有する発光素子と、緑色蛍光体と、黄色蛍光体と、赤色蛍光体とを含む白色 LED 発光装置 2（以下、「白色 LED 2」と称する場合もある。）を用いた。白色 LED 発光装置 2 から放出される光を、前記分光器を用いて測定した。白色 LED 発光装置 2 は、400 nm 以上 490 nm 以下の範囲における光量子束を積算した青色光の光量子束 B を 1 としたときに、490 nm を超えて 570 nm 以下の範囲における光量子束を積算した緑色光の光量子束 G が 1.7 である。

20

【0063】

前記分光器を用いて測定した前記白色 LED 発光装置 2 のスペクトルと、実施例 1 から 2 及び比較例 1 から 5 の赤色補光用発光装置のスペクトルと測定した。前記白色 LED 発光装置 2 のスペクトルと、各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置のスペクトルから、白色 LED 発光装置 2 から発せられる光と各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置から発せられる光との混色光の 400 nm 以上 490 nm 以下の範囲における青色光の光量子束 B_{mix} と 620 nm 以上 700 nm 以下の範囲における赤色光の光量子束 R_{mix} を算出した。混色光における青色光の光量子束 B_{mix} に対する混色光における赤色光の光量子束 R_{mix} の比 R_{mix}/B_{mix} が 3.5 となるように、白色 LED 発光装置 2 と、各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置を組み合わせた。

30

【0064】

光量子束

白色 LED 発光装置 1 又は 2 から発する光と、各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置から発する光を、前記分光器（浜松ホトニクス株式会社製、PMA-12）を用いて測定した。得られたスペクトル又は放射束のデータを組み合わせることにより、白色 LED 発光装置 1 又は 2 と各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置を組み合わせた混色光のスペクトル又は放射束を得た。これらを前記式（1）に基づいて光量子束に換算し、光量子束のスペクトルを作成し、400 nm 以上 700 nm 以下の範囲における光量子束を積算して、光合成光量子束 PPF を算出した。結果を表 2、表 3 及び図 3 に示す。図 4 に、450 nm における発光ピーク波長の光量子束を 1 とし、白色 LED 発光装置 1 単独から発せられる光の相対光量子束のスペクトルと、白色 LED 発光装置 1 から発せられる光と実施例 1 の赤色補光用発光装置から発せられる光の混色光の相対光量子束のスペクトルと、白色 LED 発光装置 1 から発せられる光と比較例 2 の赤色補光用発光装置から発せられる光の混色光の相対光量子束のスペクトルを示す。図 5 に、450 nm における発光ピーク波長の光量子束を 1 とし、白色 LED 発光装置 1 単独から発せられる光の相対光量子束のスペクトルと、白色 LED 発光装置 1 から発せられる光と実施例 2 の赤色補光用発光装置から発せられる光の混色光の相対光量子束のスペクトルと、白色 LED 発光装置 1 から発せられる光と比較例 2 の赤色補光用発光装置から発せられる光の混色光の相対光量子束のスペクトルを示す。

40

50

【0065】

G／B維持率

白色LED発光装置1又は2単独から発せられる光の400nm以上490nm以下の範囲における青色光の光量子束Bと、490nmを超えて570nm以下の範囲における緑色光の光量子束Gを前述の光量子束と同様にして算出した。前述のとおり、白色LED発光装置1又は2単独から発せられる光の400nm以上490nm以下の範囲における青色光の光量子束Bが1の場合に、490nmを超えて570nm以下の範囲における緑色光の光量子束Gは1.7である（比 $G/B=1.7/1$ ）。

また、青色光の光量子束 B_{mix} に対する赤色光の光量子束 R_{mix} の比 R_{mix}/B_{mix} が3.5となるように組み合わせた白色LED発光装置1から発せられる光と各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置から発せられる光との混色光の400nm以上490nm以下の範囲における青色光の光量子束Bと、490nmを超えて570nm以下の範囲における緑色光の光量子束Gを前述の光量子束と同様にして算出した。白色LED発光装置1又は2単独から発せられる光の比 G/B を100%とし、白色LED発光装置1又は2の単独から発せられる光の比 G/B に対する、白色LED発光装置1又は2と各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置と組み合わせた各混色光の比 G/B の数値の比率を G/B 維持率(%)として表した。 G/B 維持率の数値が100の値に近いほど、赤色補光用発光装置の赤色光が補光された場合であっても、緑色光の成分が減少することなく、白色LED発光装置単独から発せられる光のスペクトルバランスが維持されていることを示す。

【0066】

白色LED発光装置の個数比率(%)

青色光の光量子束 B_{mix} に対する赤色光の光量子束 R_{mix} の比 R_{mix}/B_{mix} が3.5になるように白色LED発光装置1又は2と、各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置とを組み合わせた合計の発光装置の個数を100%とし、白色LED発光装置1又は2と各実施例及び比較例の赤色補光用発光装置の合計の個数に対する白色LED発光装置の個数の割合を個数比率(%)で表した。結果を表2及び3、並びに図3に示す。例えば、比 R_{mix}/B_{mix} が3.5となるように白色LED発光装置と比較例1の発光装置とを組み合わせた場合、白色LED発光装置の個数比率は10%未満であり、比較例1の発光装置の個数比率は90%以上である。この場合、比 R_{mix}/B_{mix} が3.5となる混色光を供給できるように白色LED発光装置1又は2と比較例1の赤色補光用発光装置を組み合わせるためには、白色LED発光装置1又は2が1個に対して、比較例1の赤色補光用発光装置は9個必要になることになる。

【0067】

10

20

30

40

50

【表 2】

	補光用赤色 発光装置の 比R/B	白色LED発光装置1及び赤色補光用発光装置		
		光合成光量束 PPF ($\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$)	白色LED 発光装置1 の個数比率 (%)	G/B維持率 (%)
比較例1	4	32.2	5.7	9.9
比較例2	10	34.0	41.8	72.3
実施例1	36	33.0	48.7	92.9
実施例2	101	32.8	50.4	97.6
比較例3	273	31.9	49.7	99.2
比較例4	571	31.1	48.8	99.7
比較例5	1247	27.4	43.4	99.9

10

20

【0068】

【表 3】

	補光用赤色 発光装置の 比R/B	白色LED発光装置2と補光用赤色発光装置		
		光合成光量束 (PPF) ($\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$)	白色LED 発光装置2 の個数比率 (%)	G/B維持率 (%)
比較例1	4	32.2	8.0	11.5
比較例2	10	34.0	50.8	76.4
実施例1	36	33.2	57.6	94.2
実施例2	101	33.0	59.2	98.1
比較例3	273	32.3	58.7	99.4
比較例4	571	31.6	57.6	99.7
比較例5	1247	28.4	52.4	99.9

30

40

【0069】

表2及び図3に示すように、比R/Bが36の実施例1と、さらに比R/Bが101の実施例2の赤色補光用発光装置は、白色LED発光装置1と組み合わせた場合に、白色LED発光装置1の個数比率が50%に近かった。この結果から、青色光の光量子束 B_{mix} に対する赤色光の光量子束 R_{mix} の比 R_{mix}/B_{mix} が3.5となるように、白色LED発光装置1と実施例1又は2の赤色補光用発光装置とを組み合わせるためには、白色LED発光装置1と、実施例1又は2の赤色補光用発光装置の個数比率が1:1(50%:50%)程度となった。この結果から、既存の白色光を発光する光源に対して少ない個数の赤色補光用発光装置で、効率的に赤色光を補光できることが確認できた。また、実施

50

例 1 及び 2 の赤色補光用発光装置は、光合成光量子束 P P F の低下を抑制しつつ、植物の種類、又は、植物の成長段階に応じて、効率的に赤色光を補光できることが分かった。特に、実施例 2 の赤色補光用発光装置は、実施例 1 の赤色補光装置よりも、白色 L E D 発光装置 1 の個数比率が高いことから、光合成光量子束 P P F の低下を抑制しつつ、より効率的に赤色光を補光できることが分かった。

【 0 0 7 0 】

また、表 3 に示すように、実施例 1 及び 2 の赤色補光用発光装置は、白色 L E D 発光装置 2 と組み合わせた場合に、白色 L E D 発光装置 2 の個数比率が 6 0 % に近かった。この結果から、青色光の光量子束 B_{mix} に対する赤色光の光量子束 R_{mix} の比 R_{mix} / B_{mix} が 3 . 5 となるように、白色 L E D 発光装置 2 と実施例 1 又は 2 の赤色補光用発光装置とを組み合わせるためには、白色 L E D 発光装置 2 と、実施例 1 又は 2 の赤色補光用発光装置との個数比率が 6 : 4 (6 0 % : 4 0 %) 程度となった。この結果から、既存の白色光を発光する光源に対して、より少ない個数の赤色補光用発光装置を用いて、より効率的に赤色光を補光できることが確認できた。実施例 2 の赤色補光用発光装置は、実施例 1 の赤色補光装置よりも、白色 L E D 発光装置 2 の個数比率が高いことから、G / B 維持率も高いことから、光合成光量子束 P P F の低下を抑制しつつ、より効率的に赤色光を補光できることが分かった。

【 0 0 7 1 】

表 2 及び 3 に示すように実施例 1 及び 2 の赤色補光用発光装置は、白色 L E D 発光装置 1 又は 2 と組み合わせた場合に、G / B 維持率が 9 0 % を超えて大きく、白色 L E D 発光装置 1 又は 2 が発する光のスペクトルにおいて、緑色光から黄色光の成分を減少させることなく、白色 L E D 発光装置 1 又は 2 が発する光のスペクトルバランスを維持して、効率的に赤色光を補光できることが確認できた。特に、実施例 2 の赤色補光用発光装置は、白色 L E D 発光装置 1 と組み合わせた場合も、白色 L E D 発光装置 2 と組み合わせた場合も、実施例 1 の赤色補光用発光装置よりも G / B 維持率が大きく、より効率的に赤色光を補光できた。

【 0 0 7 2 】

図 4 に示すように、白色 L E D 発光装置 1 と実施例 1 の赤色補光用発光装置を組み合わせた混色光の光量子束のスペクトルは、4 9 0 n m を超えて 5 7 0 n m 以下の範囲のスペクトルが、白色 L E D 発光装置 1 単独の 4 9 0 n m を超えて 5 7 0 n m 以下の範囲のスペクトルに近い形状を示し、白色 L E D 発光装置 1 が発する光のスペクトルバランスを維持しつつ、6 2 0 n m 以上 7 0 0 n m 以下の範囲の赤色光を効率的に補光できることが確認できた。

【 0 0 7 3 】

図 5 に示すように、白色 L E D 発光装置 1 と実施例 2 の赤色補光用発光装置を組み合わせた混色光の光量子束のスペクトルは、4 9 0 n m を超えて 5 7 0 n m 以下の範囲のスペクトルが、白色 L E D 発光装置 1 単独の 4 9 0 n m を超えて 5 7 0 n m 以下の範囲のスペクトルにより近い形状を示し、白色 L E D 発光装置 1 単独の 4 9 0 n m を超えて 5 7 0 n m 以下の範囲のスペクトルとほぼ重なっていた。図 5 に示した白色 L E D と実施例 2 の赤色補光用発光装置を組み合わせた混色光の光量子束のスペクトルから、実施例 2 の赤色補光用発光装置は、白色 L E D 発光装置 1 と組み合わせた場合に、実施例 1 の赤色補光用発光装置を組み合わせた場合よりも、白色 L E D 発光装置 1 が発する光のスペクトルバランスをより効率的に維持することができ、6 2 0 n m 以上 7 0 0 n m 以下の範囲の赤色光をより効率的に補光できることが確認できた。

【 0 0 7 4 】

表 2、図 4 及び図 5 に示すように、白色 L E D 発光装置 1 と比較例 2 の発光装置を組み合わせた混色光の光量子束のスペクトルは、4 9 0 n m を超えて 5 7 0 n m 以下の範囲のスペクトルが、白色 L E D 発光装置 1 単独の 4 9 0 n m を超えて 5 7 0 n m 以下の範囲のスペクトルよりも減じていた。比較例 2 の発光装置は、青色光の光量子束 B に対する赤色光の光量子束 R の比 R / B が 1 0 と小さいことから、発光素子の励起光が赤色蛍光体で波

10

20

30

40

50

長変換されずに発光装置から発光素子から放出された青色光が抜け出てしまい、青色光成分が足されたことによって相対的に緑色光から黄色光の成分が減少し、既存の光源が発する光のスペクトルバランスが崩れ、効率的に赤色光のみが補光されていなかった。

【0075】

表2及び3に示すように、比 R/B が4の比較例1の発光装置は、白色LED発光装置1又は2と組み合わせた場合に、白色LED発光装置1又は2の個数比率が10%未満であった。この結果から、青色光の光量子束 B_{mix} に対する赤色光の光量子束 R_{mix} の比 R_{mix}/B_{mix} が3.5となるように、白色LED発光装置1又は2と、比較例1の赤色補光用発光装置とを組み合わせるためには、白色LED発光装置1が1個に対して、比較例1の発光装置は9個必要となる。すなわち、白色LED発光装置と、比較例1の赤色補光用発光装置の個数比率が1:9(10%:90%)程度となり、赤色光を補光するためには、白色LED発光装置1又は2に対して多くの個数の比較例1の発光装置を組み合わせる必要があることが分かった。比 R/B が4の比較例1の発光装置は、白色LED発光装置1又は2と組み合わせた場合に、 G/B 維持率が9.9又は11.5と低く、比較例1の発光装置から発光素子から放出される青色光が抜け出てしまい、青色光成分が足されたことによって相対的に緑色光から黄色光の成分が減少し、白色LED発光装置1又は2が発する光のスペクトルバランスが崩れ、効率的に赤色光のみが補光されていなかった。比 R/B が10の比較例2の発光装置も、白色LED発光装置1又は2と組み合わせた場合に、 G/B 維持率が72.3又は76.4と低く、比較例2の発光装置から発光素子から放出される青色光が抜け出てしまい、青色光成分が足されたことによって相対的に緑色光から黄色光の成分が減少し、白色LED発光装置1又は2から発する光のスペクトルバランスが崩れ、効率的に赤色光のみ補光されていなかった。

【0076】

表2及び図3に示すように、比 R/B が200を超える比較例3から5の発光装置は、白色LED発光装置1又は2と組み合わせた場合に、400nm以上700nm以下の範囲の光合成光量子束PPFが、白色LED発光装置1又は2と、実施例1又は2の赤色補光用発光装置とを組み合わせた場合の光合成光量子束PPFよりも小さくなっており、効率的に赤色光を補光できていなかった。

【産業上の利用可能性】

【0077】

本発明の一実施形態の発光装置は、植物の種類や成長段階によって、既存の例えば白色光を発光する光源とともに利用した場合に、既存の光源が発する光のスペクトルバランスを崩すことなく、効率よく赤色光を補光することができ、植物の成長を促進し、植物の機能性栄養成分の増強することが可能な植物栽培用の発光装置及び照明装置として利用できる。また、本発明の一実施形態の発光装置から発する光を植物に照射する植物栽培方法は、既存の例えば白色光を発光する光源から発する光では補えなかった赤色光を効率的に補光して植物を栽培することができ、植物工場で利用できる。

【符号の説明】

【0078】

10:発光素子、40:成形体、50:蛍光部材、70:赤色蛍光体、100:発光装置。

10

20

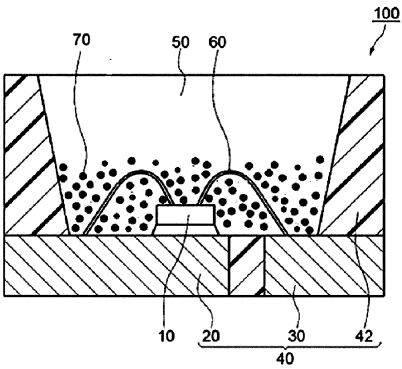
30

40

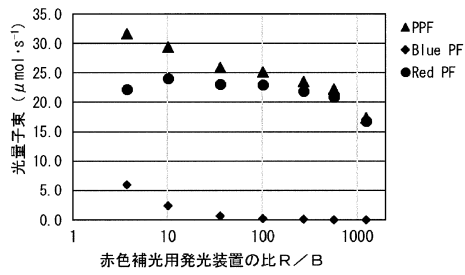
50

【図面】

【図 1】

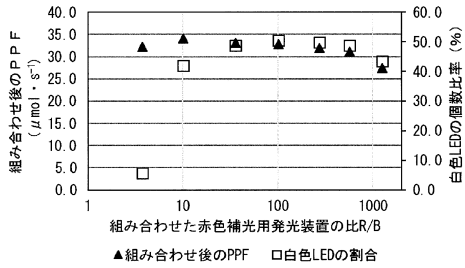


【図 2】

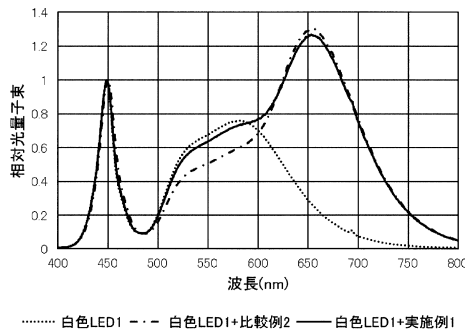


10

【図 3】

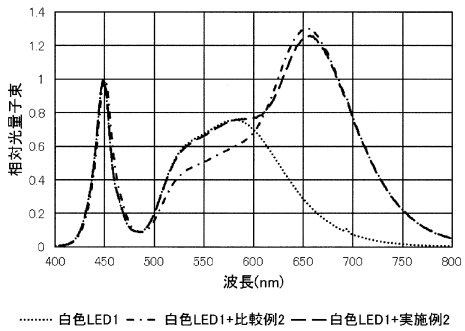


【図 4】



20

【図 5】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

C 0 9 K 11/56 (2006.01)

C 0 9 K 11/56

C 0 9 K 11/61 (2006.01)

C 0 9 K 11/61

(56)参考文献

特開 2 0 1 6 - 0 9 2 4 0 1 (J P, A)

特開 2 0 1 6 - 1 1 1 1 9 0 (J P, A)

国際公開第 2 0 1 4 / 1 2 5 7 1 4 (W O, A 1)

特開 2 0 1 1 - 0 6 6 3 1 4 (J P, A)

特開 2 0 1 1 - 2 0 0 2 0 4 (J P, A)

特開 2 0 1 8 - 0 0 6 4 5 5 (J P, A)

特開 2 0 0 3 - 2 7 3 4 0 9 (J P, A)

特開 2 0 1 5 - 0 3 3 3 6 7 (J P, A)

登録実用新案第 3 1 9 8 2 1 1 (J P, U)

特開 2 0 1 3 - 1 2 1 3 3 1 (J P, A)

特開平 1 0 - 1 7 8 8 9 9 (J P, A)

特表 2 0 1 3 - 5 0 5 0 0 9 (J P, A)

米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 2 5 5 1 5 0 (U S, A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

H 0 1 L 3 3 / 0 0 - 3 3 / 6 4

A 0 1 G 7 / 0 0