

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

紫外光又は短波長可視光を発光する半導体発光素子と、
前記半導体発光素子へ駆動電流を供給する電源と、
前記半導体発光素子からの光を励起光として発光する蛍光体と、
を備える発光モジュールにおいて、
前記電源から半導体発光素子へ供給される電流が、電流密度 700 mA/mm^2 以上であり、
前記蛍光体は、下記一般式で表される蛍光体であることを特徴とする発光モジュール。

$\text{Ca}_{x-y-z} \text{Mg}_y (\text{PO}_4)_3 \text{Cl} : \text{Eu}^{2+}_z$
(x は $4.95 < x < 5.50$ 、 y は $0 < y < 1.50$ 、 z は $0.02 < z < 0.20$ 、
 $y+z$ は $0.02 < y+z < 1.7$ を満足する数である)

10

【請求項 2】

前記電源から半導体発光素子へ供給される電流が、電流密度 1000 mA/mm^2 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の発光モジュール。

【請求項 3】

前記蛍光体は青色発光することを特徴とする請求項 1 及び 2 に記載の発光モジュール。

【請求項 4】

前記半導体発光素子は、発光ピーク波長が $350 \sim 420 \text{ nm}$ の範囲にある InGaN 系であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 に記載の発光モジュール。

20

【請求項 5】

前記蛍光体と異なる発光色の蛍光体をさらに備えていることを特徴とする請求項 1 ~ 4 に記載の発光モジュール。

【請求項 6】

前記異なる発光色の蛍光体は、前記蛍光体を補色し、全ての蛍光体の光を混合して白色発光することを特徴とする請求項 4 及び 5 に記載の発光モジュール。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 5 に記載の発光モジュールを光源とした車両用灯具。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、LED 照明などの発光モジュール及びこれを用いた車両用灯具に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、発光ダイオード (LED) を用いた白色発光モジュールが盛んに開発されている。これらの白色発光モジュールでは白色光を実現するため、例えば、青色光 LED チップに青色系の発光の一部を吸収する黄色発光蛍光体を組み合わせる 2 色混合白色発光モジュールや、紫外または短波長可視光 LED チップに赤・緑・青色の発光蛍光体を組み合わせる 3 色混合白色発光モジュールなどが提案されている。

40

【0003】

2 色混合白色発光モジュールに使用する黄色発光する蛍光体としては、Ce 付活希土類アルミン酸塩蛍光体等が代表的なものとして知られている (特許文献 1)。

【0004】

また、3 色混合白色発光モジュールに使用する青色発光蛍光体としては、 $\text{BaMgAl}_{10} \text{O}_{17} : \text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{Sr}_5 (\text{PO}_4)_3 \text{Cl} : \text{Eu}^{2+}$ 等が代表的なものとして知られている (特許文献 2、特許文献 3)。

【0005】

これらの白色発光モジュールの用途として、車両用灯具などの照明用光源として用いることが期待されており、さらなる光束及び輝度の向上が求められている。発光モジュールの光束及び輝度を向上させる方法としては、蛍光体へより多くの励起光を照射して、それに

50

応じて蛍光体の発光出力を増大させる方法が考えられ、そのためには、励起光源であるLEDチップへの駆動電流を大電流化し、電流密度を増大させる方法などが考えられる。

【0006】

【特許文献1】特許2927279号公報

【特許文献2】特開2003-160785号公報

【特許文献3】特開2004-127988号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、従来、蛍光体によっては励起光源の光出力増大に伴い、変換効率が低下し、輝度飽和が発生するおそれがあり、結果として効率の悪い発光モジュールになってしまうという問題点があり、大光量、高輝度の白色発光モジュールの実現は困難であった。

10

【0008】

励起光源からの光出力が一定以上になると、蛍光体の発光出力は、励起光源からの光出力の増大と比較して増大率が低くなる。特に励起光源への供給電流の電流密度が700mA/mm²以上になると発光出力は急激に減少する。つまり、照明に必要な高光束、高輝度な発光が実現できないという問題があった。

【0009】

そこで、本発明の目的は、上記問題点の少なくとも1つを解決することであり、発光強度が高く、光出力密度が大きな励起光源によって励起されても安定して発光する蛍光体を用いて大光量、高輝度の光モジュールを提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明者らは、鋭意検討を重ねた結果、以下の構成を採用することによって、上記目的が達成され、本発明を成すに至った。

【0011】

本発明に係る発光モジュールは、紫外光又は短波長可視光を発光する半導体発光素子と、前記半導体発光素子へ駆動電流を供給する電源と、前記半導体発光素子からの光を励起光として発光する蛍光体とを備える発光モジュールであって、前記電源から半導体発光素子へ供給される電流が、電流密度700mA/mm²で以上あり、前記半導体発光素子からの励起光により発光を実現することができる下記一般式で表される蛍光体を用いる発光モジュールである。

30

【0012】

$$\text{Ca}_{x-y-z} \text{Mg}_y (\text{PO}_4)_3 \text{Cl} : \text{Eu}^{2+}_z$$
 (xは4.95 < x < 5.50、yは0 < y < 1.50、zは0.02 < z < 0.20、y+zは0.02 < y+z < 1.7を満足する数である)

【0013】

また、本発明に係る発光モジュールは、さらに、前記半導体発光素子へ1000mA/mm²以上の電流を供給した時にも高効率な発光を実現することができる。

【0014】

また本発明で用いられる蛍光体の励起光源である半導体発光素子としては、350~420nmの範囲に発光ピークを持ち、400nm付近に最も量子効率の高いInGaIn系を用いる。具体的には発光層にInとGaを含む窒化物を有している半導体発光素子を用いることが好ましく、これにより効率の良い光変換が実現できる。また、人間の目に視認しにくい紫外光を励起光源として用いることにより励起光源の色ズレを感じる事が無く、色ズレの無い発光モジュールを実現することができる。

40

【0015】

また本発明の発光モジュールにおいて、他色を発光する蛍光体を構成物として用いることにより、2種類以上の発光色を混合して様々な波長範囲の光を発光可能とする発光モジュールを実現することができる。

50

【 0 0 1 6 】

また本発明の発光モジュールへ、補色する蛍光体を加えることにより全ての蛍光体からの光を混合して白色発光モジュールを実現することができる。補色する蛍光体は特に限定されないが、公知公用の蛍光体も適時利用できる。

【 0 0 1 7 】

また本発明の発光モジュールは、車両用灯具へも適宜利用できる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明の発光モジュールは、電源から駆動電流を注入することにより紫外光又は短波長可視光を発光する半導体発光素子と、この半導体発光素子からの光を励起光として効率よく励起され発光する蛍光体を備えていて、電源から大電流を供給した場合であっても発光効率が高く、優れた発光特性を有する。

10

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 9 】

本発明に係る発光モジュールは、紫外光又は短波長可視光を発光する半導体発光素子と、前記半導体発光素子へ駆動電流を供給する電源と、前記半導体発光素子からの光を励起光として発光する蛍光体を備える発光モジュールであって、前記電源から半導体発光素子へ供給される電流が、電流密度 700 mA/mm^2 で以上あり、前記半導体発光素子からの励起光により発光を実現することができる下記一般式で表される蛍光体を用いる発光モジュールである。

20

【 0 0 2 0 】

$\text{Ca}_{x-y-z} \text{Mg}_y (\text{PO}_4)_3 \text{Cl} : \text{Eu}^{2+}_z$
 (x は $4.95 < x < 5.50$ 、 y は $0 < y < 1.50$ 、 z は $0.02 < z < 0.20$ 、 $y+z$ は $0.02 < y+z < 1.7$ を満足する数である)

【 0 0 2 1 】

このような上記一般式で表される蛍光体は、励起ピーク波長が $350 \sim 420 \text{ nm}$ の範囲にあり、その中でも $380 \sim 410 \text{ nm}$ であることが好ましい。励起光源には上記蛍光体の励起ピーク波長の光を発光できる LED 発光装置を用いることができる。

【 0 0 2 2 】

本発明に用いられる青色発光蛍光体は、半導体発光素子からの励起光によって励起され、波長 460 nm 近傍に発光ピークを有し、発光ピークから長波長側へブロードな範囲で発光することを特徴とする。

30

【 0 0 2 3 】

また、本発明の発光モジュールは、他色発光蛍光体と組み合わせて発光モジュールとすることができる。例えば、本発明で用いられる青色発光蛍光体を紫外線半導体発光素子及び赤、緑発光蛍光体と組み合わせて白色発光モジュールとすることができる。赤色発光蛍光体、緑色発光蛍光体としては、特に限定されないが、公知公用の蛍光体も適時利用できる。

【 0 0 2 4 】

蛍光体として、赤色発光蛍光体 (R) と緑色発光蛍光体 (G) と本発明の青色発光蛍光体 (B) のみを用いる場合には、それらの配合比率は、スペクトル分率比で (R) $35 \sim 75$ 、(G) $15 \sim 50$ 、(B) $2 \sim 30$ であることが好ましく、より好ましくは、(R) $45 \sim 74$ 、(G) $20 \sim 45$ 、(B) $5 \sim 15$ である。

40

【 0 0 2 5 】

また、本発明の発光モジュールは、車両用灯具に適宜利用できる。特に、本発明の白色発光する発光モジュールを車両用前照灯へ適用することができる。車両用前照灯は、高光束、高輝度光源が必要であり、本発明の発光モジュールを利用することによって、効率のよい車両用前照灯を実現することができる。

【 0 0 2 6 】

図 1、2 は、本発明の発光モジュールの実施形態を示す概略断面図である。

50

図 1 に示す発光モジュール 1 は、基板 2 上に電極 3 a 及び 3 b が形成されている。電極 3 a 上には半導体発光素子 4 がマウント部材 5 により固定されている。半導体発光素子 4 と電極 3 a は前記マウント部材 5 により通電されており、半導体発光素子 4 と電極 3 b はワイヤー 6 により通電されている。半導体発光素子 4 の上には蛍光層 7 が形成されている。

【 0 0 2 7 】

基板 2 は、導電性を有しないが熱伝導性は高い材料によって形成されることが好ましく、例えば、セラミック基板（窒化アルミニウム基板、アルミナ基板、ムライト基板、ガラスセラミック基板）やガラスエポキシ基板等を用いることができる。

【 0 0 2 8 】

電極 3 a 及び 3 b は、金や銅等の金属材料によって形成された導電層である。電極 3 a 及び 3 b には、図 2 の回路図の発光モジュール 1 0 に示すとおり、電源 8 から駆動電流が半導体発光素子 9 へ供給される。

10

【 0 0 2 9 】

半導体発光素子 4 は、本発明の発光装置に用いられる発光素子の一例であり、例えば、紫外線又は短波長可視光を発光する LED や LD 等を用いることができる。具体例として、InGaN 系の化合物半導体を挙げることができる。InGaN 系の化合物半導体は、In の含有量によって発光波長域が変化する。In の含有量が多いと発光波長が長波長となり、少ない場合は短波長となる傾向を示す。

【 0 0 3 0 】

マウント部材 5 は、例えば銀ペースト等の導電性接着材であり、半導体発光素子 4 の下面を電極 3 a に固定し、半導体発光素子 4 の下面側電極と基板 2 上の電極 3 a を電氣的に接続する。

20

【 0 0 3 1 】

ワイヤー 6 は、金ワイヤー等の導電部材であり、例えば超音波熱圧着等により半導体発光素子 4 の上面側電極及び電極 3 b に接合され、両者を電氣的に接続する。

【 0 0 3 2 】

蛍光層 7 には、前述した蛍光体がバインダー部材によって半導体発光素子 4 の上面を覆う膜状に封止されている。このような蛍光層 7 は、例えば、液状又はゲル状のバインダー部材に蛍光体を混入した蛍光体ペーストを作成した後、当該蛍光体ペーストを半導体発光素子 4 の上面に塗布し、その後塗布した蛍光体ペーストのバインダー部材を硬化することにより形成することができる。

30

バインダー部材としては、例えば、シリコン樹脂やフッ素樹脂等を用いることができる。特に、本発明の発光装置は、励起光源として紫外線又は短波長可視光を用いることから、耐紫外線性能に優れたバインダー部材が好ましい。

【 0 0 3 3 】

蛍光層 7 には、上記蛍光体とは異なる発光特性を有する 1 種又は複数種類の蛍光体を混入することができる。これにより、種々の波長域の光を合成して種々の色の光を得ることができる。

【 0 0 3 4 】

また、蛍光層 7 には、種々の物性を有する蛍光体以外の物質を混入することもできる。例えば、金属酸化物、フッ素化合物、硫化物等のバインダー部材よりも屈折率の高い物質を蛍光層 7 に混入することにより、蛍光層 7 の屈折率を高めることができる。これにより、半導体発光素子 4 から発生する光が蛍光層 7 入射する際に生ずる全反射を低減させ、蛍光層 7 への励起光の取り込み効率を向上させるという効果が得られる。更に、混入する物質の粒子径をナノサイズにすることで、蛍光層 7 の透明度を低下させることなく屈折率を高めることができる。

40

本発明の蛍光体を用いる発光モジュールは、具体的には、半導体発光素子上に該蛍光体の層を設ける構成が挙げられる。

その場合、半導体発光素子上に設ける該蛍光体層は、少なくとも 1 種以上の蛍光体を単層または複数層を層状に積層配置しても良いし、複数の蛍光体を単一の層内に混合して配置

50

しても良い。上記半導体発光素子上に蛍光体層を設ける形態としては、半導体発光素子の表面を被覆するコーティング部材に蛍光体を混合する形態、モールド部材に蛍光体を混合する形態、或いはモールド部材に被せる被覆体に蛍光体を混合する形態、更には半導体発光素子ランプの投光側前方に蛍光体を混合した透光可能なプレートを配置する形態等が挙げられる。モールド部材に混合する場合には、耐UV特性の良好なシリコン樹脂内に分散している事が好ましい。

【0035】

[蛍光体]

以下に本発明に用いられる蛍光体を実施例によって更に具体的に説明するが、もちろん本発明の範囲は、これらによって限定されるものではない。

10

【0036】

[実施例1～6、比較例1～2]

CaCO_3 、 MgCO_3 、 Eu_2O_3 、 CaCl_2 および CaHPO_4 を原料として、表1に示すモル比で計量し、均一混合後フタ付きのアルミナ坩堝に入れ、還元ガス(2～5%の H_2 を含む N_2 雰囲気)の中で、840～1200で3時間焼成した。その後、得られた焼成物を微粉碎し、温純水でよく洗浄し、更にもろ過、乾燥させることにより実施例1～6、比較例1～2の目的組成物の合成した。尚、本八口燐酸塩結晶中に塩素欠陥の発生を防止するために化学量論比より塩素量 CaCl_2 の形態で0.5mol以上過剰に添加してもよい。

20

【0037】

[比較例3]

比較例3として、 $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}$ で表される青色発光蛍光体(化成オプトニクス株式会社製:LP-B3)を用いた。

【0038】

[比較例4]

比較例4として、 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$ で表される青色発光蛍光体(化成オプトニクス株式会社製:LP-B4)を用いた。

【0039】

[比較例5]

比較例5として、 $\text{La}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ で表される赤色発光蛍光体(化成オプトニクス株式会社製:KX-681)を用いた。

30

【0040】

[比較例6]

比較例6として、 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+},\text{Mn}^{2+}$ で表される緑色発光蛍光体(化成オプトニクス株式会社製:LP-G3)を用いた。

【0041】

表1に、実施例1～6及び比較例1、2について、蛍光体原料のモル比を示す。

【表 1】

表 1							
		CaCO ₃	MgCO ₃	CaHPO ₄	CaCl ₂	Eu ₂ O ₃	
実施例 1	(Ca _{4.67} Mg _{0.5}) (PO ₄) Cl : Eu _{0.08}	0.42	0.5	3.0	1.25	0.04	
実施例 2	(Ca _{4.04} Mg _{1.1}) (PO ₄) Cl : Eu _{0.08}	0.50	1.1	3.0	0.54	0.04	
実施例 3	(Ca _{4.77} Mg _{0.25}) (PO ₄) Cl : Eu _{0.08}	0.42	0.25	3.0	1.35	0.04	
実施例 4	(Ca _{4.46} Mg _{0.5}) (PO ₄) Cl : Eu _{0.04}	0.21	0.50	3.0	1.25	0.02	
実施例 5	(Ca _{4.44} Mg _{0.5}) (PO ₄) Cl : Eu _{0.06}	0.19	0.50	3.0	1.25	0.03	
実施例 6	(Ca _{4.40} Mg _{0.5}) (PO ₄) Cl : Eu _{0.1}	0.15	0.50	3.0	1.25	0.05	
比較例 1	(Ca _{4.92}) (PO ₄) Cl : Eu _{0.08}	0.67	0	3.0	1.25	0.04	
比較例 2	(Ca _{3.57} Mg _{1.5}) (PO ₄) Cl : Eu _{0.08}	0	1.50	3.0	1.25	0.04	

10

20

30

40

表 2 に、実施例 1 ~ 6 及び比較例 1 ~ 4 の蛍光体が波長 400 nm の同じ発光強度の励起光で励起された時の積分発光強度比を示す。蛍光体の積分発光強度比は、比較例 3 の積分発光強度を 100 とした時の相対値である。

【表 2】

表 2	蛍光体の積分発光強度比
実施例 1	141
実施例 2	134
実施例 3	121
実施例 4	115
実施例 5	130
実施例 6	130
比較例 1	98
比較例 2	74
比較例 3	100
比較例 4	80

10

20

30

【0043】

表 2 より、実施例 1 ~ 6 の蛍光体の積分発光強度が、比較例 1 ~ 4 全ての蛍光体の積分発光強度よりも大きいことがわかる。

【0044】

図 3 に実施例 1 の蛍光体の発光スペクトル分布を示す。尚、実施例 2 ~ 6 の蛍光体の発光スペクトルは、ほぼ同じ形状を示したため、最も積分発光強度の大きい実施例 1 のみ記載した。図 3 より本発明に用いられる蛍光体の実施例 1 は、発光ピーク波長が 460 nm 近傍にあり、青色発光することが明らかとなった。

40

【0045】

[発光モジュール]

以下に本発明の発光モジュールを実施例によって更に具体的に説明するが、もちろん本発明の範囲は、これらによって限定されるものではない。

【0046】

実施例 1 ~ 5 及び比較例 3 ~ 6 の蛍光体を、図 1、2 に示した形態で半導体発光素子上に搭載し、該半導体発光素子へ高電流を注入した時の発光特性を評価した。

【0047】

評価に用いた半導体発光素子は、405 nm に発光ピークを持つ 1 mm の半導体発光素子 (Semileds 社: MvpLEDTMSL-V-U40AC) である。シリコーン樹脂に実施例 1 ~ 5 及び比較例 3、4 の蛍光体をコンパウンドしたペーストを、この半導

50

体発光素子へ100 μmの厚さで塗布して発光モジュールとした。

【0048】

前記発光モジュールを積分球内で50～3000 mAの電流を注入し発光させ、分光器（Instrument System社製CAS140B-152）において発光出力を計測した。計測した値のうち、430 nm以上の波長で発光している発光出力を測定値（蛍光出力）として算出した。

【0049】

表3に、半導体発光素子へ電流密度10～3000 mA/mm²の電流を供給した時の半導体素子相対出力を示す。

【0050】

半導体発光素子の発光出力は、電源から供給される供給電流（電流密度）の増大に応じて増大するが、供給電流（電流密度）が700 mA/mm²を超えると増大率が小さくなる。これに加えて、この半導体発光素子からの光を励起光にする蛍光体が、励起光の発光出力の増大に応じて増大しなければ、全体として発光効率の低い発光モジュールになってしまう問題がある。

【表3】

表3	
電流密度 (mA/mm ²)	半導体発光素子相対出力
10	1
100	10
700	75
1000	100
3000	230

【0051】

次に、上記評価方法に基づいて、実施例1～5及び比較例3～6の蛍光体を搭載した発光モジュールの評価結果を示す。表4は、各発光モジュールへの供給電流の変化に対する各発光モジュールの発光出力の変化を示したものである。各発光モジュールの発光出力は、比較例5の蛍光体を用いた発光モジュールへ電流密度1 mA/mm²の電流を供給した時の蛍光出力を1とした時の相対値である。

【0052】

表4より、実施例1～5の蛍光体を用いた発光モジュールは、電流密度700 mA/mm²以上の電流を供給した場合においても、比較例3～6に比べ、発光効率が低下することなく、良好な発光出力を維持できていることがわかる。

【表 4】

表 4	電流密度 (mA/mm ²)				
	10	100	700	1000	3000
実施例 1	4.10	40.4	235.4	315.2	670.1
実施例 2	3.86	38.4	223.7	299.6	636.3
実施例 3	3.49	34.7	202	270.4	574.7
実施例 4	3.31	32.9	192.1	257	546.1
実施例 5	3.68	37.3	217.1	290.6	617.4
比較例 3	2.94	30.9	183.8	247.8	537.4
比較例 4	2.3	24.2	141.6	189	375
比較例 5	1	6.5	17.5	18.4	18.4
比較例 6	1.5	8.5	25.1	29.8	48.1

10

20

30

40

【0053】

次に、上記測定結果をグラフ化したものを図 4 に示す。図 4 は、実施例 1 ~ 5 の中で最も

50

発光強度が高かった実施例 1 と比較例 3 ~ 6 について、半導体発光素子から発光される光出力の変化に対する発光モジュールの発光出力強度の関係を表したものである。

【0054】

図 4 より、実施例 1 の蛍光体を用いた発光モジュールの発光出力強度は、半導体発光素子の発光出力の増大に比例して、効率よく上昇していることがわかる。

【0055】

以上、本発明の発光モジュールを実施例に沿って説明したが、本発明はこれらの実施例に限られるものではなく、種々の変更、改良、組み合わせ、利用形態等が考えられることは言うまでもない。

【産業上の利用可能性】

10

【0056】

本発明の発光モジュールは種々の灯具、例えば照明用灯具、ディスプレイ、車両用灯具、信号機等に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図 1】本発明の青色発光蛍光体を用いる発光モジュールの一例を示す縦断面図である。

【図 2】本発明の青色発光蛍光体を用いる発光モジュールの一例を示す回路図である。

【図 3】実施例 1 の青色発光蛍光体の発光スペクトル分布を表す図である。

【図 4】半導体発光素子から発光される光出力に対する発光モジュールの発光強度の関係を表す図である。

20

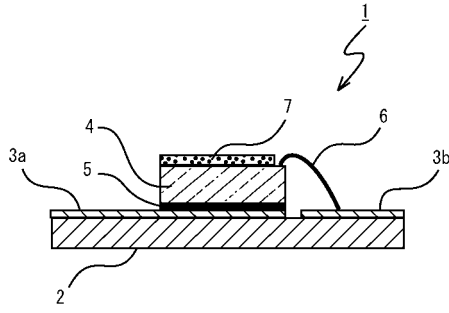
【符号の説明】

【0058】

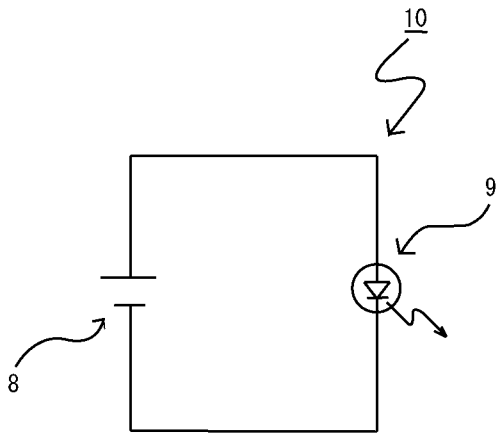
- 1 : 発光モジュール
- 2 : 基板
- 3 a : 電極 (陽極)
- 3 b : 電極 (陰極)
- 4 : 半導体発光素子
- 5 : マウント部材
- 6 : ワイヤ
- 7 : 蛍光層
- 8 : 電源
- 9 : 半導体発光素子

30

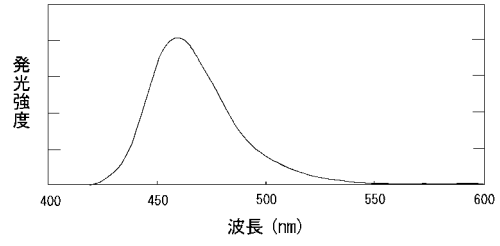
【 図 1 】



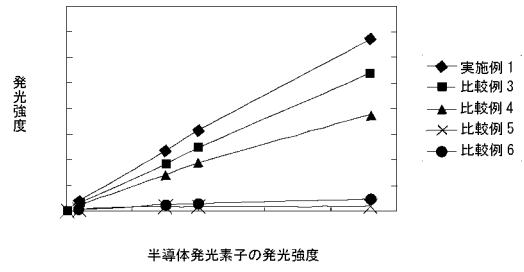
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F041 AA04 AA10 AA11 CA40 DA07 DA12 DA25 DA35 EE25