

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5320993号  
(P5320993)

(45) 発行日 平成25年10月23日 (2013. 10. 23)

(24) 登録日 平成25年7月26日 (2013. 7. 26)

(51) Int. Cl.

F I

F 2 1 S 2/00 (2006. 01)

F 2 1 S 2/00 1 0 0

H 0 1 L 33/00 (2010. 01)

H 0 1 L 33/00 L

F 2 1 S 8/04 (2006. 01)

F 2 1 S 8/04 4 0 0

H 0 5 B 37/02 (2006. 01)

H 0 5 B 37/02 L

F 2 1 Y 101/02 (2006. 01)

F 2 1 Y 101:02

請求項の数 23 (全 55 頁)

(21) 出願番号 特願2008-290198 (P2008-290198)  
 (22) 出願日 平成20年11月12日 (2008. 11. 12)  
 (65) 公開番号 特開2009-238729 (P2009-238729A)  
 (43) 公開日 平成21年10月15日 (2009. 10. 15)  
 審査請求日 平成23年11月8日 (2011. 11. 8)  
 (31) 優先権主張番号 特願2007-293602 (P2007-293602)  
 (32) 優先日 平成19年11月12日 (2007. 11. 12)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)  
 (31) 優先権主張番号 特願2008-56336 (P2008-56336)  
 (32) 優先日 平成20年3月6日 (2008. 3. 6)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000005968  
 三菱化学株式会社  
 東京都千代田区丸の内一丁目1番1号  
 (74) 代理人 100100549  
 弁理士 川口 嘉之  
 (74) 代理人 100089244  
 弁理士 遠山 勉  
 (74) 代理人 100123098  
 弁理士 今堀 克彦  
 (72) 発明者 笠倉 暁夫  
 東京都港区芝四丁目14番1号 三菱化学  
 株式会社内  
 (72) 発明者 佐藤 義人  
 茨城県牛久市東端穴町1000番地 株式  
 会社三菱化学科学技術研究センター内  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数種の固体発光装置を備える照明装置であって、

前記複数種の固体発光装置は、発光色が異なり、かつ、それぞれの発光ピーク波長が350nm以上430nm以下の範囲にある半導体発光素子、及び蛍光体を備え、前記半導体発光素子からの発光及び前記発光で励起し蛍光する前記蛍光体からの発光により、もしくは前記半導体発光素子からの発光で励起し蛍光する前記蛍光体からの発光により一次光を出射するものであり、

前記複数種の固体発光装置のそれぞれの発光色は、UCS (u、v) 表色系 (CIE 1960) のuv色度図において、黒体輻射軌跡からの偏差d<sub>uv</sub>が、-0.02 ≤ d<sub>uv</sub> ≤ 0.02の範囲内に収まり、前記複数種の固体発光装置が発する一次光が合成されてなる合成光が外部に出射され、

前記複数種の固体発光装置は、前記蛍光体として、前記半導体発光素子からの発光により励起されて青色の蛍光を発する青色蛍光体、前記半導体発光素子からの発光により励起されて緑色の蛍光を発する緑色蛍光体、および前記半導体発光素子からの発光により励起されて赤色の蛍光を発する赤色蛍光体を含む、

照明装置。

【請求項 2】

前記複数種の固体発光装置のうち少なくとも1つの固体発光装置は、発光色の偏差d<sub>uv</sub>の値が正である請求項1に記載の照明装置。

10

20

## 【請求項 3】

前記複数種の固体発光装置への供給電力をそれぞれ制御することで、前記合成光の色を制御する発光強度制御部を備える、

請求項 1 又は 2 に記載の照明装置。

## 【請求項 4】

前記発光強度制御部は、前記合成光の逆数相関色温度の変化が所定量となるように、複数種の固体発光装置への供給電力をそれぞれ制御することで、前記合成光の相関色温度を制御する、

請求項 3 に記載の照明装置。

## 【請求項 5】

前記発光強度制御部は、前記合成光の逆数相関色温度に基づいて、前記複数種の固体発光装置への供給電力を制御する、

請求項 3 又は 4 に記載の照明装置。

## 【請求項 6】

ユーザからの、前記合成光の相関色温度の調整要求を、前記相関色温度に関連した所定のパラメータ量の変化を介して受け付ける要求受付部を備え、

前記要求受付部によって受け付けられた調整要求に関する前記所定のパラメータが、前記合成光の相関色温度の変化に対して比例的に変化するように、前記発光強度制御部は、逆数相関色温度に基づいて、前記複数種の固体発光装置への供給電力を制御する、

請求項 5 に記載の照明装置。

## 【請求項 7】

前記発光強度制御部は、前記複数種の固体発光装置の各々を制御することで、前記複数種の固体発光装置からの各々の発光色に対応する複数の色度点間を結ぶ直線上にある、又は前記直線によって形成される多角形内にある色度点となるように、前記合成光の色を調整する、

請求項 3 から請求項 6 の何れか一項に記載の照明装置。

## 【請求項 8】

前記発光強度制御部は、前記複数種の固体発光装置への電力を P W M 制御によって供給することにより、前記合成光の相関色温度を制御することを特徴とする請求項 3 から請求項 7 の何れか一項に記載の照明装置。

## 【請求項 9】

発光色の相関色温度が異なる 2 種類の前記固体発光装置が、順バイアス方向が互いに逆向きになるように並列接続された回路を備え、

前記発光強度制御部は、前記回路に矩形波状の交流電圧を印加し、且つ前記矩形波状の交流電圧のデューティ比を制御する、ことを特徴とする請求項 3 から請求項 7 の何れか一項に記載の照明装置。

## 【請求項 10】

前記複数種の固体発光装置は、前記半導体発光素子および前記蛍光体を封止する透光性材料をさらに有する請求項 1 から請求項 9 の何れか一項に記載の照明装置。

## 【請求項 11】

前記透光性材料は珪素含有化合物である請求項 10 に記載の照明装置。

## 【請求項 12】

前記複数種の固体発光装置の発光色は、相関色温度が 2 0 0 0 K 以上 5 0 0 0 0 K 以下の範囲にある請求項 1 から請求項 11 の何れか一項に記載の照明装置。

## 【請求項 13】

少なくともパッケージ、発光ピーク波長が 3 5 0 n m 以上 4 3 0 n m 以下の範囲にある半導体発光素子、及び蛍光体を備え、前記半導体発光素子からの発光及び前記発光で励起し蛍光する前記蛍光体からの発光により、もしくは前記半導体発光素子からの発光で励起し蛍光する前記蛍光体からの発光により、外部に対して光を出射する発光モジュールを有する照明装置であって、

10

20

30

40

50

前記パッケージは、前記発光モジュールの出射方向に開口する開口部と、前記パッケージ内部を分割して画定される複数の分割領域部とを有し、前記分割領域部の各々は前記開口部の一部である分割開口部において開口しており、

前記複数の分割領域部の各々は、

一又は複数の前記半導体発光素子と、

前記半導体発光素子に電力を供給する電力供給部と、

前記蛍光体と、前記分割領域部を封止する透光性材料とを含む蛍光部と、を有し、

前記複数の分割領域部のうち少なくとも一の分割領域部と他の分割領域部において、前記蛍光部から出射される一次光のスペクトルが互いに異なり、且つそれぞれの一次光の発光色は、 $UCS(u, v)$ 表色系(CIE 1960)の $uv$ 色度図において、黒体輻射軌跡からの偏差 $duv$ が、 $-0.02 \leq duv \leq 0.02$ の範囲内に収まり、前記一の分割領域部と前記他の分割領域部からのそれぞれの一次光が合成されてなる合成光が外部に出射され、

10

前記蛍光体は、前記半導体発光素子からの発光により励起されて青色の蛍光を発する青色蛍光体、前記半導体発光素子からの発光により励起されて緑色の蛍光を発する緑色蛍光体、および前記半導体発光素子からの発光により励起されて赤色の蛍光を発する赤色蛍光体を含む、

照明装置。

【請求項 14】

前記電力供給部を介して、前記複数の分割領域部の各々における前記半導体発光素子への供給電力を制御することで、各分割領域部からの一次光の発光強度を独立して制御する発光強度制御部を、更に備える請求項 13 に記載の照明装置。

20

【請求項 15】

前記発光強度制御部は、前記合成光の逆数相関色温度の変化が所定量となるように、前記複数の分割領域部の各々における前記半導体発光素子への供給電力を制御することで、前記合成光の相関色温度を制御する、

請求項 14 に記載の照明装置。

【請求項 16】

ユーザからの、前記合成光の相関色温度の調整要求を、前記相関色温度に関連した所定のパラメータ量の変化を介して受け付ける要求受付部を備え、

30

前記要求受付部によって受け付けられた調整要求に関する前記所定のパラメータが、前記合成光の相関色温度の変化に対して比例的に変化するように、前記発光強度制御部は、逆数相関色温度に基づいて、前記複数の分割領域部の各々における前記半導体発光素子への供給電力を制御する、

請求項 14 又は 15 に記載の照明装置。

【請求項 17】

前記電力供給部は、前記複数の分割領域部が有する前記半導体発光素子に対して電力を供給する複数の配線を有し、

前記発光強度制御部は、前記複数の配線を介して前記半導体発光素子への供給電力を前記分割領域部ごとに独立して制御する、

40

請求項 14 から請求項 16 の何れか一項に記載の照明装置。

【請求項 18】

前記半導体発光素子は、供給電力に関する極性を有する対の入力電極を含み、

前記電力供給部は、前記対の入力電極がそれぞれ接続されることで電力供給を行う一對の配線を有し、

前記複数の分割領域部のうち前記一の分割領域部を含む一部分の分割領域部内の前記半導体発光素子の、前記配線への接続は、前記他の分割領域部を含む残り部分の分割領域部内の前記半導体発光素子の、前記配線への接続における極性と反転状態とされ、

前記発光強度制御部は、前記一對の配線に交流電力を供給する、

請求項 14 から請求項 16 の何れか一項に記載の照明装置。

50

## 【請求項 19】

前記発光強度制御部は、前記一対の配線に矩形波状の交流電圧を印加し、且つ前記矩形波状の交流電圧のデューティ比を制御する、

請求項 18 に記載の照明装置。

## 【請求項 20】

前記発光強度制御部は、前記複数の分割領域部の各々を制御することで、前記複数の分割領域部からの各々の発光色に対応する複数の色度点間を結ぶ直線上にある、又は前記直線によって形成される多角形内にある色度点となるように、前記合成光の色を調整する、

請求項 14 から請求項 19 の何れか一項に記載の照明装置。

## 【請求項 21】

前記透光性材料は、珪素含有化合物である、

請求項 13 から請求項 20 の何れか一項に記載の照明装置。

## 【請求項 22】

前記分割領域の発光色は、相関色温度が 2000 K 以上 5000 K 以下の範囲にある請求項 13 から請求項 21 の何れか一項に記載の照明装置。

## 【請求項 23】

前記合成光の相関色温度が 3000 K から 6500 K の範囲で可変であり、前記相関色温度が 3000 K から 6500 K に変化するとき、その合成光のスペクトルの波長の 540 ~ 560 nm の波長範囲において、発光強度の変化率の絶対値が 10 % 以下である、

請求項 1 から請求項 22 の何れか一項に記載の照明装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、半導体発光素子からの発光により外部に対して発光する半導体発光装置を有する照明装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、白色系の照明装置としては、蛍光体等種々のものが用いられてきたが、近年、無機 EL (Electro Luminescence)、有機 EL (OLED (Organic Light Emitting Diode))、および発光ダイオード等の半導体発光素子といった新たな光源が開発されており、これらを用いた照明装置の開発も行なわれている。

## 【0003】

例えば特許文献 1 には、それぞれ青色、緑色、赤色の光を発する 3 種類の発光ダイオードを発光装置として備え、これら 3 種類の発光ダイオードから発せられた光の混色によって白色光を得る照明装置が開示されている。特許文献 1 に開示された照明装置は、さらに、3 種類の発光ダイオードに供給する駆動電流の電流値を 3 種類の発光ダイオードの順方向電圧に応じて変更する電流調整回路をも有し、各発光ダイオードの特性に応じてホワイトバランスを調整できるようになっている。

## 【0004】

しかし、発光ダイオードは発光スペクトル幅が比較的細いため、発光ダイオードを発光装置として用いた照明装置は、一般照明では重要となる演色性が低くなってしまう。

## 【0005】

そこで、特許文献 2 には、発光ダイオードからの光を蛍光体によって波長変換する発光装置を利用した照明装置が開示されている。具体的には、(a) 青色発光ダイオードからなる青色発光装置、(b) 青色発光ダイオードと、青色ダイオードからの青色光によって励起されて緑色光を発する緑色蛍光体とを組み合わせた緑色発光装置、および(c) 青色発光ダイオードと、青色発光ダイオードからの青色光によって励起されて赤色光を発する赤色蛍光体とを組み合わせた赤色発光装置を備えた照明装置の例が特許文献 2 に示されている。このように、発光ダイオードからの発光を蛍光体によって波長変換することで、演色性が改善される。さらに、特許文献 2 には、これら各色の発光装置の出力を調整するこ

10

20

30

40

50

とにより、発光色を変化させることも記載されている。

【0006】

ここで、LEDは、従来の光源では実現困難であった色調可変照明の光源としても期待されている。その一例として、赤色LED、緑色LED、青色LEDを一つのパッケージにすることで白色光を出力する照明装置が開示されている（例えば、特許文献3等を参照。）。この技術においては、上記三種類のLEDに供給される駆動電流を各LEDの順方向電圧に応じて調整することで、各LEDの発光効率を一定にし、白色光の輝度の安定化を図るために、また様々な色調の光を出射するように工夫されている。

【0007】

また、LEDを利用した照明技術として、青色LEDと赤色および緑色発色のための蛍光体を用いて赤色、青色、緑色の光を発光する半導体発光装置を組み合わせ、LEDの出力を制御することで、黒体輻射軌跡をトレースし、自然光に近い白色光を出射する技術が開示されている（例えば、特許文献3～5、非特許文献1等を参照。）。また、特許文献6～10にもLEDを用いた種々の照明装置が開示されている。

【特許文献1】特開2006-4839号公報

【特許文献2】特開2007-122950号公報

【特許文献3】特開2007-59260号公報

【特許文献4】特開2007-265818号公報

【特許文献5】特開2007-299590号公報

【特許文献6】特開2007-27310号公報

【特許文献7】特開2005-57272号公報

【特許文献8】特開2006-310613号公報

【特許文献9】特開2007-80880号公報

【特許文献10】特開2007-266314号公報

【非特許文献1】<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20070704/135373/>（日経BPnetのTech-onの記事報道）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述のように、特許文献1、2に開示された照明装置は3色の発光装置を有しており、これら3色を混色することで白色光を得ている。そのため、混色された照明光は白色であるが、照明装置の発光部を直接見ると、混色される前の青色、緑色および赤色3色の光が見え、観察者にとって違和感がある。また、当該照明装置においては、各半導体発光素子からの出力光が合成されることで白色光等の光が出射されることになるが、一般的に半導体発光素子はその配向角が狭いため、各半導体発光素子の出力光の合成が難しく、また合成光の照射面では光の分離が生じる場合がある。したがって、物体を照明することによって生じる影も、その周辺では、各色発光素子の位置に起因して青色、緑色および赤色の影が生じてしまい、やはり単一の白色光源で照明した場合と比較して違和感がある。

【0009】

さらに、特許文献1、2に開示された照明装置は、各色発光装置の出力を調整して発光色を変化させるが、青色光、緑色光および赤色光を混色して所望の発光色になるように変化させるためには複雑な制御が必要となる。例えば、赤色半導体発光素子、緑色半導体発光素子、青色半導体発光素子をそのまま光源として用いた照明装置においては、各半導体発光素子の駆動電圧がそれぞれ異なるため、要求される出力光を得るために各半導体発光素子に供給される電圧及び電流を、各半導体発光素子の特性毎に細かく制御する必要がある。

【0010】

また、照明装置の光の色温度を制御しようとする場合、従来技術によれば色温度に対する発光効率の変動が比較的大きいため、安定した出力光を得るためにも複雑な半導体発光素子の駆動制御が要求されることになる。

## 【 0 0 1 1 】

本発明では、上記した問題に鑑み、半導体発光素子を用いた半導体発光装置を有する照明装置であって、出力光の合成を安定に行い光の分離を抑制し且つ色調可変となし、また、発光装置駆動のための制御を可及的に簡潔なものとする半導体発光装置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】

## 【 0 0 1 2 】

上記課題を解決するために、第一に、本発明は、半導体発光素子、及び蛍光体を備え、該半導体発光素子からの発光及び該発光で励起し蛍光する該蛍光体からの発光により、もしくは該半導体発光素子からの発光で励起し蛍光する該蛍光体からの発光により、外部に対して光を出射する半導体発光装置を、発光色が異なる複数種、集積配置した発光部を有する照明装置であって、前記各半導体発光装置の発光色は、UCS (u、v) 表色系 (CIE 1960) のuv色度図において、黒体輻射軌跡からの偏差d u vが、 $-0.02 \leq d u v \leq 0.02$ の範囲内に収まり、複数種の半導体発光装置が集積配置された発光部からのそれぞれの出力光が混合して外部に出射される。

10

## 【 0 0 1 3 】

本発明における黒体輻射軌跡からの偏差d u vは、JIS Z 8725 (光源の分布温度及び色温度・相関色温度の測定方法) の5.4項の備考の定義に従う。そして、上記複数種の半導体発光装置では発光色が互いに異なることにより、換言すると、各半導体発光装置においては出力光の色温度が互いに異なる。このように偏差d u vが各半導体発光装置において設定され、且つ複数種の半導体発光装置が集積配置された発光部による発光が行われることで、本発明に係る照明装置において、白色光の色温度を安定的に、且つ容易な電力供給制御によって調整することが可能となる。

20

## 【 0 0 1 4 】

ここで、上記照明装置において、前記半導体発光素子は、発光ピーク波長が350nm以上430nm以下の範囲にあってもよい。すなわち、半導体発光素子の発光領域がいわゆる近紫外領域又は紫外領域に属するものであってもよい。近紫外領域又は紫外領域に発光領域を有する半導体発光素子は、物理的性質として、蛍光体を介した出力光の色温度に対する輝度が安定している傾向があるため、半導体発光装置の出力光の輝度を安定させながらその色調を調整しようとするときの各半導体発光素子への供給電力の制御が容易となる。

30

## 【 0 0 1 5 】

また、上述までの照明装置において、前記複数種の半導体発光装置のうち少なくとも1種の半導体発光装置は前記黒体輻射軌跡からの偏差d u vの値が正であってもよい。これは、偏差d u vの値の一例であり、限定する意図はない。

## 【 0 0 1 6 】

また、上述までの照明装置を、前記複数種の半導体発光装置への供給電力をそれぞれ制御することで、前記発光部からの出力光の発光色を制御する発光強度制御部を備えるように構成してもよい。すなわち、発光強度制御部が、発光色の異なる半導体発光装置への供給電力をそれぞれ制御することで、照明装置としての出力光の発光色が制御されることになる。この構成により、照明装置からの発光色の制御が容易となる。

40

## 【 0 0 1 7 】

ここで、前記発光強度制御部は、前記発光部からの発光色の相関色温度を、半導体発光装置の発光色の逆数相関色温度で所定量を変化させることにより制御してもよい。当該逆数相関色温度は、本発明においては、半導体発光装置の出力光の相関色温度の逆数と定義される。半導体発光装置の出力光の相関色温度の変動は、人間の視覚に対しては比例的に反映されない点に、出願人は着目し、そこで逆数相関色温度を発光強度制御部による制御のパラメータとして利用したものである。これにより、人間の視覚を基準とした色温度の制御、換言すると人間の感覚に応じた色温度の制御を容易に行うことが可能となる。

## 【 0 0 1 8 】

50

また、前記複数種の半導体発光装置のうち少なくとも一つの半導体発光装置は、該半導体発光装置の発光色の逆数相関色温度が、該半導体発光装置への供給電力の変化に対する該半導体発光装置の相関色温度変化が所定量以上となる所定の範囲に属するように設定されてもよい。人間の視覚においては、逆数相関色温度の変化量が小さい場合、すなわち上記所定量より低い値である場合には、当該人間は発光色の相関色温度の変化を認識することが困難となる点に、出願人は着目し、そこで半導体発光装置の発光色の逆数相関色温度を上記所定量以上の所定の範囲に属するように設定することで、効果的な照明装置としての発光色の相関色温度の制御が可能となる。

【0019】

上述までの照明装置において、前記発光強度制御部は、前記半導体発光装置の発光色の逆数相関色温度に基づいて、前記複数種の半導体発光装置への供給電力を制御してもよい。そして、ユーザからの、前記半導体発光装置の発光色の相関色温度の調整要求を、該相関色温度に関連した所定のパラメータ量の変化を介して受け付ける要求受付部を備える場合、前記要求受付部によって受け付けられた調整要求に関する前記所定のパラメータが、前記半導体発光装置の発光色の相関色温度の変化に対して比例的に変化するように、前記発光強度制御部は、逆数相関色温度に基づいて、該半導体発光装置への供給電力を制御してもよい。すなわち、ユーザからの相関色温度に関する要求と半導体発光装置の発光色の相関色温度とが比例的に変動するように、発光強度制御部は、相関色温度の特性、すなわち相関色温度の変動が人間の視覚に対しては比例的に反映されない点を踏まえて逆数相関色温度に基づいた供給電力の制御を行う。この結果、ユーザ自身は、上記相関色温度の特性を認識しなくても、照明装置としての発光色の相関色温度の制御を容易に行える。

【0020】

上述までの照明装置において、前記発光強度制御部は、前記複数種の半導体発光装置の各々を制御することで、該複数種の半導体発光装置からの各々の発光色に対応する複数の色度点間を結ぶ直線上にある、又は該直線によって形成される多角形内にある色度点となるように、前記発光部からの出力光の発光色を調整してもよい。即ち、本発明に係る照明装置では、それぞれの半導体発光装置が発光強度制御部によって電力供給が制御可能であるので、上記色温度点間を結ぶ直線上又はその直線で形成される多角形の内部にある色度点となるように、半導体発光装置の出力光を容易に制御することが可能である。

【0021】

上述までの照明装置において、前記発光強度制御部は、前記複数種の半導体発光装置への電力をPWM制御によって供給することにより、前記発光部から発せられる発光色の相関色温度を制御してもよい。PWM(Pulse Width Modulation)制御を行うことで、それぞれの半導体発光装置からの単位時間当たりの出力光量の比率を調整し、以て半導体発光装置の出力光の色温度が調整される。

【0022】

また、別の半導体発光装置への供給電力の制御として、発光色の相関色温度が異なる2種類の前記半導体発光装置が、順バイアス方向が互いに逆向きになるように並列接続された回路を備える場合、前記発光強度制御部は、前記回路に矩形波状の交流電圧を印加し、且つ該矩形波状の交流電圧のデューティ比を制御してもよい。上記回路によって、各半導体発光装置への電力供給の制御が極めて簡潔なものとなる。

【0023】

ここで、上述までの照明装置において、前記半導体発光装置は、前記蛍光体として、前記半導体発光素子からの発光により励起されて青色の蛍光を発する青色蛍光体、前記半導体発光素子からの発光により励起されて緑色の蛍光を発する緑色蛍光体、および前記半導体発光素子からの発光により励起されて赤色の蛍光を発する赤色蛍光体を含んでもよい。

【0024】

また、前記半導体発光装置は、前記半導体発光素子および前記蛍光体を封止する透光性材料をさらに有するものであってもよく、一例として、該透光性材料は珪素含有化合物でもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 5 】

また、上述までの前記半導体発光装置の発光色は、相関色温度が 2 0 0 0 K 以上 5 0 0 0 K 以下の範囲にあるものが採用できる。

## 【 0 0 2 6 】

また、上述までの照明装置を別の側面から捉えて、次のように構成してもよい。発光色が異なる複数種の固体発光装置を集積配置した発光部を有する照明装置であって、前記各固体発光装置の発光色は、X Y Z 表色系 ( C I E 1 9 3 1 ) の x y 色度図において黒体輻射軌跡からの偏差  $u v$  が、 $-0.02$   $u v$   $0.02$  の範囲内にある。そして、この照明装置に対しても、上述までに開示された技術的特徴は適用できる。なお、固体発光装置の発光色が、「X Y Z 表色系 ( C I E 1 9 3 1 ) の x y 色度図において黒体輻射軌跡からの偏差  $u v$  が、 $-0.02$   $u v$   $0.02$  の範囲内にある」とは、固体発光装置の発光色が、「U C S ( u , v ) 表色系 ( C I E 1 9 6 0 ) の u v 色度図において、黒体輻射軌跡からの偏差  $d u v$  が、 $-0.02$   $d u v$   $0.02$  の範囲内に収まる」とことと同義である。

10

## 【 0 0 2 7 】

次に、上記課題を解決するために、本発明を別の側面から捉える。そこでは、半導体発光素子が実装されているパッケージからの発光により外部に対して発光する半導体発光装置において、パッケージからの光の出力面を複数に分割し、それぞれに半導体発光素子と蛍光部とを対応させて配置させ、二つ以上の蛍光部によって出力された光のスペクトルが互いに異なるようにした。つまり、1つのパッケージにおいてそれぞれに蛍光部が配されることで、出力光の合成が安定して行われることになり、また発光装置の発光はスペクトルの異なる二つの蛍光部によって主に調整されるため、当該半導体発光素子の駆動も簡潔となる。

20

## 【 0 0 2 8 】

詳細には、本発明は、少なくともパッケージ、半導体発光素子、及び蛍光体を備え、該半導体発光素子からの発光及び該発光で励起し蛍光する該蛍光体からの発光により、もしくは該半導体発光素子からの発光で励起し蛍光する該蛍光体からの発光により、外部に対して光を出射する半導体発光装置である。そして、当該半導体発光装置において、前記パッケージは、前記半導体発光装置の出射方向に開口する開口部と、該パッケージ内部を分割して画定される複数の分割領域部とを有し、該分割領域部の各々は前記開口部の一部である分割開口部において開口している。また、前記複数の分割領域部の各々は、一又は複数の前記半導体発光素子と、前記半導体発光素子に電力を供給する電力供給部と、前記蛍光体と、前記分割領域部を封止する透光性材料とを含む蛍光部と、を有し、前記複数の分割領域部のうち少なくとも一の分割領域部と他の分割領域部において、前記蛍光部から出力される光のスペクトルが互いに異なる。

30

## 【 0 0 2 9 】

上記半導体発光装置においては、装置からの出力光を出射するための開口部を複数に分割するように、パッケージ内部に分割領域部が画定される。この分割領域部における開口部分は上記分割開口部として定義され、この分割開口部は上記発光装置本体の開口部の一部を占めることになる。ここで、各分割領域部には、半導体発光素子とそれに対応する電力供給部、及び蛍光体と透光性材料を含む蛍光部とが備えられる。従って、各半導体発光素子からの出力光は蛍光体を励起し蛍光させた後、蛍光体による発光とともに透光性材料を経て、対応する分割領域部の分割開口部から外部へ至ることになる。

40

## 【 0 0 3 0 】

このように上記半導体発光装置では、一つのパッケージに一又は複数の半導体発光素子とそれに対応する電力供給部と蛍光部とが組合せになって、その複数組合せがパッケージ化された状態となっている。そして、各蛍光部から出力される光がそれぞれの分割開口部から出射方向に沿って出力されるため、出力光が適度に散乱しやすくなり出力光同士の合成が安定して行われることになる。その結果、半導体発光装置の外部の照射面においては、その分割開口部から出射された出力光の合成光における光の分離が抑制される。

50



## 【 0 0 3 1 】

また、上記半導体発光装置では、一の分割領域部からの出力光と他の分割領域部からの出力光とについて、それぞれの出力光のスペクトルが異なる。従って、半導体発光装置外の照射面においては、少なくとも二種類のスペクトルを有する光の合成光が到達することになるので、この少なくとも二種類のスペクトルの光を利用して、半導体発光装置からの出力光を調整することが可能である。

## 【 0 0 3 2 】

ここで、上述までの半導体発光装置の前記複数の分割領域部の各々において、前記半導体発光素子は、近紫外領域又は紫外領域に発光領域を有するようにしてもよい。例えば、半導体発光素子の発光ピーク波長が350nm以上430nm以下の範囲に収まればよい。近紫外領域又は紫外領域に発光領域を有する半導体発光素子は、物理的性質として、蛍光体を介した出力光の色温度に対する輝度が安定している傾向があるため、半導体発光装置の出力光の輝度を安定させながらその色調を調整しようとするときの各半導体発光素子への供給電力の制御が容易となる。

10

## 【 0 0 3 3 】

また、上記半導体発光装置の複数の分割領域部の各々において、前記蛍光部から出力される光の発光色は、UCS(u、v)表色系(CIE1960)のuv色度図において、黒体輻射軌跡からの偏差d<sub>uv</sub>が、-0.02 d<sub>uv</sub> 0.02の範囲内に収まるようにしてもよい。尚、本発明における黒体輻射軌跡からの偏差d<sub>uv</sub>は、JIS Z 8725(光源の分布温度及び色温度・相関色温度の測定方法)の5.4項の備考の定義に従う。このようにすることで、本発明に係る半導体発光装置において、白色光の色温度を安定的に、且つ容易な電力供給制御によって調整することが可能となる。

20

## 【 0 0 3 4 】

ここで、上記半導体発光装置において、前記電力供給部を介して、前記複数の分割領域部の各々における前記半導体発光素子への供給電力を制御することで、各分割領域部からの出力光の発光強度を独立して制御する発光強度制御部を、更に備えるようにしてもよい。上記半導体発光装置においては、分割領域部の各々には、半導体発光素子とそれに対応する蛍光部とが組合せになって備えられている。従って、発光強度制御部は、電力供給部を介して各分割領域部の半導体発光素子に供給する電力を様々な目的で独立して制御することで、各分割領域部からの出力光を調整することができ、以て半導体発光装置の出力光を制御できる。

30

## 【 0 0 3 5 】

特に、上記一の分割領域部の半導体発光素子と他の分割領域部の半導体発光素子への電力供給を制御することで、異なるスペクトルの出力光の発光強度を調整することが可能となる。その結果、半導体発光装置の出力光のスペクトルを、上記少なくとも二種類のスペクトルによって決定されるスペクトルの範囲で調整することが可能となる。

## 【 0 0 3 6 】

また、各分割領域部からの出力光の発光強度の制御をより容易にするために、各分割領域部内の半導体発光素子を全て同一種にすることが好ましい。これにより各半導体発光素子の物理特性、特に供給電力と発光強度との相関が同一となるので、上記制御の容易化に貢献することになる。このとき、各分割領域部からの出力光のスペクトルについては、それぞれの蛍光部の種類を選択することで、各分割領域部からの出力光のスペクトルを調整することが可能であるので、これにより供給電力の制御をより容易としながら安定した光の合成を可能とする出力光を得ることができる。尚、上記したことは、本発明に係る半導体発光装置において、種類の異なる半導体発光素子の採用を阻害するものではない。

40

## 【 0 0 3 7 】

ここで、前記発光強度制御部は、前記発光部からの発光色の相関色温度を、半導体発光装置の発光色の逆数相関色温度で所定量を変化させることにより制御してもよい。また、前記発光強度制御部は、前記複数の分割領域部からの発光色の逆数相関色温度に基づいて、該複数の分割領域部の各々における前記半導体発光素子への供給電力を制御してもよい

50

。さらに、ユーザからの、前記複数の分割領域部からの発光色の相関色温度の調整要求を、該相関色温度に関連した所定のパラメータ量の変化を介して受け付ける要求受付部を備える場合、前記要求受付部によって受け付けられた調整要求に関する前記所定のパラメータが、前記複数の分割領域部からの発光色の相関色温度の変化に対して比例的に変化するように、前記発光強度制御部は、逆数相関色温度に基づいて、該複数の分割領域部の各々における前記半導体発光素子への供給電力を制御してもよい。このような逆数相関色温度に基づいた発光強度制御部による制御については、上述の通りである。

#### 【0038】

ここで、上述までの半導体発光装置において、各半導体発光素子への電力供給について言及する。まず、前記電力供給部は、前記複数の分割領域部が有する前記半導体発光素子に対して電力を供給する複数の配線を有し、前記発光強度制御部は、前記複数の配線を介して前記半導体発光素子への供給電力を前記分割領域部ごとに独立して制御するようにしてもよい。即ち、各半導体発光素子に対応する配線を利用して、発光強度制御部は各半導体発光素子への電力供給を独立して制御する。

10

#### 【0039】

また、上記半導体発光装置において、前記半導体発光素子は、供給電力に関する極性を有する対の入力電極（例えば、p電極とn電極）を含み、前記電力供給部は、前記対の入力電極がそれぞれ接続されることで電力供給を行う一対の配線を有し、前記複数の分割領域部のうち前記一の分割領域部を含む一部分の分割領域部内の前記半導体発光素子の、前記配線への接続は、前記他の分割領域部を含む残り部分の分割領域部内の前記半導体発光素子の、前記配線への接続における極性と反転状態とされ、前記発光強度制御部は、前記一対の配線に交流電力を供給するようにしてもよい。

20

#### 【0040】

上記半導体発光素子は、極性を有する対の入力電極を有しているため、その入力電極に印加される電圧の方向が順方向（半導体発光素子のp電極に+、n電極に-）時は発光し、逆方向時には非発光となる。そして、上記一部分の分割領域部内の半導体発光素子と、上記残り部分の分割領域部内の半導体発光素子とでは極性が反転状態で接続されている。その結果、発光強度制御部が、一対の電力供給線に交流電力を供給すると、一部分の発光領域内の半導体発光素子と、残り部分の発光領域内の半導体発光素子とが交互に発光するので、該発光強度制御部が、その交流電力を制御するだけで半導体発光装置の出力光の発光強度を容易に調整し色調を可変とすることが可能となる。

30

#### 【0041】

その発光強度制御部による交流電力の制御の一例として、前記発光強度制御部は、前記一対の配線に矩形波状の交流電圧を印加し、且つ該矩形波状の交流電圧のデューティ比を制御するようにしてもよい。即ち、発光強度制御部が、一対の配線に対して印加する矩形波電圧のいわゆるPWM(Pulse Width Modulation)制御を行うことで、上記一部分の分割領域部からの単位時間当たりの出力光量と残り部分の分割領域部からの単位時間当たりの出力光量の比率を調整し、以て半導体発光装置の出力光の色調が調整される。特に、一部分の分割領域部には上記一の分割領域部が含まれ、残り部分の分割領域部には上記他の分割領域部が含まれるため、異なるスペクトルの単位時間当たりの出力光の光量の比率が容易に調整でき、色調可変となることになる。

40

#### 【0042】

ここで、上述までの半導体発光装置の前記複数の分割領域部の各々において、前記発光強度制御部は、前記複数の分割領域部の各々を制御することで、該複数の分割領域部からの各々の発光色に対応する複数の色度点間を結ぶ直線上にある、又は該直線によって形成される多角形内にある色度点となるように、前記半導体発光装置からの出力光の発光色を調整するようにしてもよい。即ち、本発明に係る半導体発光装置では、各分割領域部の半導体発光素子を独立して制御可能であるので、上記色温度点間を結ぶ直線上又はその直線で形成される多角形の内部にある色度点となるように、半導体発光装置の出力光を容易に制御することが可能である。

50

## 【 0 0 4 3 】

また、上述までの照明装置において、前記透光性材料は、珪素含有化合物であってもよい。また、上述までの前記分割領域の発光色は、相関色温度が 2 0 0 0 K 以上 5 0 0 0 K 以下の範囲にあってもよい。

## 【 0 0 4 4 】

また、上述までの照明装置において、出射される光の相関色温度が 3 0 0 0 K から 6 5 0 0 K に変化するとき、その発光スペクトルの波長の 5 4 0 ~ 5 6 0 nm の波長範囲において、発光強度の変化率の絶対値が 1 0 % 以下であってもよい。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 4 5 】

半導体発光素子を用いた半導体発光装置を有する照明装置において、出力光の合成を安定に行い光の分離を抑制し且つ色調可変となし、また、発光装置駆動のための制御を可及的に簡潔なものとするのが可能となる。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 4 6 】

ここで、本発明に係る照明装置の実施例について、明細書添付の図面に基づいて説明する。尚、当該実施例は本発明に係る半導体発光装置の一例を示すものであり、本発明の権利範囲をそれに限定するものではない。

## 【 0 0 4 7 】

## &lt; 第一の実施形態 &gt;

本発明の照明装置は、発光色、特に相関色温度が異なる複数種の固体発光装置を集積配置した発光部を有する照明装置であって、各固体発光装置の発光色は、XYZ表色系(CIE 1931)のxy色度図において黒体輻射軌跡からの偏差uvが、 $-0.02 \leq u \leq 0.02$ 、 $-0.02 \leq v \leq 0.02$ の範囲内、好ましくは $-0.01 \leq u \leq 0.01$ 、 $-0.01 \leq v \leq 0.01$ の範囲内、より好ましくは $0 \leq u \leq 0.01$ の範囲内であることが特徴である。以下、各構成要件について詳述する。

## 【 0 0 4 8 】

## [ 1 ] 固体発光装置

本発明の照明装置に用いられる固体発光装置は、照明装置の合成光の成分となる一次光を発する。固体発光装置は、固体発光素子および蛍光体を含有することが好ましく、必要に応じて、その他任意の成分を含有していてもよい。

## 【 0 0 4 9 】

以下、固体発光装置の構成要素について詳述する。

## 【 0 0 5 0 】

## [ 1 - 1 ] 固体発光素子

固体発光素子は、後述する[ 1 - 2 ]項の蛍光体を励起する光を発光する。固体発光素子の発光波長は、蛍光体の吸収波長と重複するものであれば特に制限されず、幅広い発光波長領域の発光素子を使用することができる。

## 【 0 0 5 1 】

本発明の照明装置に用いられる固体発光素子の種類は特に限定されず、例えば半導体発光素子、無機ELおよび有機ELなどを挙げることができる。これらの中でも、長寿命、省エネルギー、低発熱量、高速応答性、耐衝撃性、小型・軽量性、耐環境性の観点から半導体発光素子を用いるのが好ましい。

## 【 0 0 5 2 】

半導体発光素子としては、具体的には発光ダイオード(LED)や半導体レーザーダイオード(LD)等が使用できる。半導体発光素子の発光ピーク波長は、蛍光体の励起効率、延いては蛍光体の励起光から蛍光への変換効率と関係する重要な要素であり、通常は、紫外領域から青色領域までの発光波長を有する発光素子を使用でき、具体的数値としては、通常300nm以上、好ましくは330nm以上、より好ましくは350nm以上、また、通常500nm以下、好ましくは480nm以下、より好ましくは430nm以下の

10

20

30

40

50

ピーク発光波長を有する発光素子が使用される。

【0053】

中でも、GaN系化合物半導体を使用したGaN系LEDやLDが好ましい。なぜなら、GaN系LEDやLDは、この領域の光を発するSiC系LED等に比し、発光出力や外部量子効率が格段に大きく、後述の蛍光体と組み合わせることによって、非常に低電力で非常に明るい発光が得られるからである。例えば、同じ電流負荷に対し、通常GaN系LEDやLDはSiC系の100倍以上の発光強度を有する。GaN系LEDやLDにおいては、 $Al_xGa_yN$ 発光層、GaN発光層、または $In_xGa_yN$ 発光層を有しているものが好ましい。GaN系LEDにおいては、それらの中で $In_xGa_yN$ 発光層を有するものが、発光強度が非常に強いので、特に好ましく、GaN系LDにおいては、 $In_xGa_yN$ 層とGaN層の多重量子井戸構造のものが、発光強度が非常に強いので、特に好ましい。

10

【0054】

なお、上記組成式において $x + y$ の値は通常 $0.8 \sim 1.2$ の範囲の値である。GaN系LEDにおいて、これら発光層にZnやSiをドーブしたものやドーパント無しのもので発光特性を調節する上で好ましいものである。

【0055】

GaN系LEDはこれら発光層、p層、n層、電極、及び基板を基本構成要素としたものであり、発光層をn型とp型の $Al_xGa_yN$ 層、GaN層、または $In_xGa_yN$ 層などでサンドイッチにしたヘテロ構造を有しているものが、発光効率が高く、好ましく、さらにヘテロ構造を量子井戸構造にしたものが、発光効率がさらに高く、より好ましい。

20

【0056】

GaN系半導体発光素子を形成するためのGaN系結晶層の成長方法としては、HVPE法、MOVPE法、MBE法などが挙げられる。厚膜を形成する場合はHVPE法が好ましいが、薄膜を形成する場合はMOVPE法やMBE法が好ましい。

【0057】

[1-2] 蛍光体

本発明の照明装置に用いられる蛍光体は、[1-1]項で上述した固体発光素子からの発光で励起されて、固体発光素子からの光を異なる波長の光に変換する。

【0058】

かかる蛍光体の組成には特に制限はないが、酸化物蛍光体又は窒化物蛍光体が化学的に安定であるため、半導体発光素子および照明装置の寿命が長くなるので好ましい。中でも、結晶母体である $Y_2O_3$ 、 $Zn_2SiO_4$ 等に代表される金属酸化物、 $Sr_2Si_5N_8$ 等に代表される金属窒化物、 $Ca_5(PO_4)_3Cl$ 等に代表されるリン酸塩及びZnS、SrS、CaS等に代表される硫化物に、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb等の希土類金属のイオンやAg、Cu、Au、Al、Mn、Sb等の金属のイオンを付活元素又は共付活元素として組み合わせたものが好ましい。

30

【0059】

結晶母体の好ましい例としては、例えば、 $(Zn, Cd)S$ 、 $SrGa_2S_4$ 、 $SrS$ 、 $ZnS$ 等の硫化物、 $Y_2O_2S$ 等の酸硫化物、 $(Y, Gd)_3Al_5O_{12}$ 、 $YAlO_3$ 、 $BaMgAl_{10}O_{17}$ 、 $(Ba, Sr)(Mg, Mn)Al_{10}O_{17}$ 、 $(Ba, Sr, Ca)(Mg, Zn, Mn)Al_{10}O_{17}$ 、 $BaAl_{12}O_{19}$ 、 $CeMgAl_{11}O_{19}$ 、 $(Ba, Sr, Mg)O \cdot Al_2O_3$ 、 $BaAl_2Si_2O_8$ 、 $SrAl_2O_4$ 、 $Sr_4Al_{14}O_{25}$ 、 $Y_3Al_5O_{12}$ 等のアルミン酸塩、 $Y_2SiO_5$ 、 $Zn_2SiO_4$ 等の珪酸塩、 $SnO_2$ 、 $Y_2O_3$ 等の酸化物、 $GdMgB_5O_{10}$ 、 $(Y, Gd)BO_3$ 等の硼酸塩、 $Ca_{10}(PO_4)_6(F, Cl)_2$ 、 $(Sr, Ca, Ba, Mg)_{10}(PO_4)_6Cl_2$ 等のハロリン酸塩、 $Sr_2P_2O_7$ 、 $(La, Ce)PO_4$ 等のリン酸塩等を挙げることができる。

40

【0060】

ただし、上記の結晶母体及び付活元素または共付活元素は、元素組成には特に制限はなく、同族の元素と一部置き換えることもでき、得られた蛍光体は近紫外から可視領域の光

50

を吸収して可視光を発するものであれば用いることが可能である。

#### 【0061】

具体的には、蛍光体として以下に挙げるものを用いることが可能であるが、これらはあくまでも例示であり、本発明で使用する蛍光体はこれらに限られるものではない。なお、以下の例示では、構造の一部のみが異なる蛍光体を、適宜省略して示している。例えば、「 $Y_2SiO_5:Ce^{3+}$ 」、「 $Y_2SiO_5:Tb^{3+}$ 」及び「 $Y_2SiO_5:Ce^{3+}, Tb^{3+}$ 」を「 $Y_2SiO_5:Ce^{3+}, Tb^{3+}$ 」と、「 $La_2O_2S:Eu$ 」、「 $Y_2O_2S:Eu$ 」及び「 $(La, Y)_2O_2S:Eu$ 」を「 $(La, Y)_2O_2S:Eu$ 」とまとめて示している。省略箇所はカンマ(,)で区切って示す。また、( )内の元素の合計は1モルである。

#### 【0062】

本発明で使用する蛍光体の蛍光色は、固体発光装置の発光色が、XYZ表色系(CIE 1931)のxy色度図において $-0.02 \leq u \leq 0.02$ を満たすように、1種または複数種を選択することができ、具体的には以下に挙げられるものを使用することができる。

#### 【0063】

##### [1-2-1] 橙色ないし赤色蛍光体

橙色ないし赤色の蛍光を発する基体蛍光体(以下適宜、橙色の蛍光を発する基体蛍光体を「橙色蛍光体」といい、赤色の蛍光を発する基体蛍光体を「赤色蛍光体」といい、橙色ないし赤色の蛍光を発する基体蛍光体を「橙色ないし赤色蛍光体」という。)としては、以下のものが挙げられる。

#### 【0064】

本発明に好適な赤色蛍光体が発する蛍光の具体的な波長の範囲を例示すると、主発光ピーク波長が通常570nm以上、好ましくは580nm以上、特に好ましくは610nm以上であり、また、通常700nm以下、好ましくは680nm以下、特に好ましくは660nm以下である。

#### 【0065】

また、主発光ピークの半値幅は、通常1nm以上、好ましくは10nm以上、特に好ましくは30nm以上であり、また通常120nm以下、好ましくは110nm以下、特に好ましくは100nm以下である。

#### 【0066】

主発光ピーク波長は、長すぎると視感度が低下するため照明装置の照度が低下する(暗くなる)虞があり、また、短すぎると照明装置とした場合の演色性が低下する虞がある。また、主発光ピークの半値幅が上記範囲外の場合は、照明装置とした場合の演色性が低下する虞がある。

#### 【0067】

橙色ないし赤色蛍光体としては、例えば、赤色破断面を有する破断粒子から構成され、赤色領域の発光を行なう $(Mg, Ca, Sr, Ba)_2Si_5N_8:Eu$ で表されるユウロピウム付活アルカリ土類シリコンナイトライド系蛍光体、規則的な結晶成長形状としてほぼ球形状を有する成長粒子から構成され、赤色領域の発光を行なう $(Y, La, Gd, Lu)_2O_2S:Eu$ で表されるユウロピウム付活希土類オキシカルコゲナイド系蛍光体等が挙げられる。

#### 【0068】

さらに、特開2004-300247号公報に記載された、Ti、Zr、Hf、Nb、Ta、W、及びMoよりなる群から選ばれる少なくとも1種の元素を含有する酸窒化物および/または酸硫化物を含有する蛍光体であって、Al元素の一部または全てがGa元素で置換されたアルファサイアロン構造をもつ酸窒化物を含有する蛍光体も用いることができる。なお、これらは酸窒化物および/または酸硫化物を含有する蛍光体である。

また、赤色蛍光体としては、下記式で表されるような化学組成を有する結晶相を含有する蛍光体を用いることが、半導体発光装置から出射される光の相間色温度が3000Kから6500Kの間で変化するとき、出射光の発光強度の変化率の絶対値は、10%の範囲

10

20

30

40

50

に収まる半導体発光装置を得る上で好ましい。

この蛍光体は、近紫外光による励起下で用いると、白色発光装置に用いた場合の演色性、及び発光効率の点で特に優れたものである。

$$(1 - a - b)(EuyLn'wMII'1-y-wMIII'MIV'N3)$$

$$\cdot a(MIV'(3n+2)/4NnO) \cdot b(AMIV'2N3)$$

(なお、上記式において、

$Ln'$  は  $Eu$  を除いたランタノイド、 $Mn$  及び  $Ti$  からなる群から選ばれる少なくとも 1 種の金属元素であり、

$MII'$  は  $Eu$  及び  $Ln'$  元素以外の 2 価の金属元素からなる群から選ばれる 1 種又は 2 種以上の元素であり、

$MIII'$  は 3 価の金属元素からなる群から選ばれる 1 種又は 2 種以上の元素であり、

$MIV'$  は 4 価の金属元素からなる群から選ばれる 1 種又は 2 種以上の元素であり、

$A$  は  $Li$ 、 $Na$ 、及び  $K$  からなる群から選ばれる 1 種類以上の 1 価の金属元素であり、

$y$  は  $0 < y \leq 0.2$  を満足する数であり、

$w$  は  $0 \leq w < 0.2$  を満足する数であり、

$a$ 、 $b$  及び  $n$  は、 $0 \leq a$ 、 $0 \leq b$ 、 $a + b > 0$ 、 $0 \leq n$ 、及び  $0 \leq 0.002 - (3n + 2)a/4 \leq 0.9$  を満足する数である。)

上記式において、 $Ln'$  としては、 $Ce$ 、 $Tb$ 、 $Sm$ 、 $Mn$ 、 $Dy$ 、 $Yb$  から選ばれる少なくとも 1 種の金属元素が輝度の点から好ましい。

$MII'$  としては、 $Mg$ 、 $Ca$ 、 $Sr$ 、 $Ba$ 、および  $Zn$  よりなる群から選ばれる 1 種または 2 種以上を合計で 90 mol% 以上含むことが好ましい。蛍光体の輝度の点から、 $MII'$  中の  $Mg$ 、 $Ca$ 、 $Sr$ 、 $Ba$ 、 $Zn$  以外の元素としては、 $Mn$ 、 $Sm$ 、 $Eu$ 、 $Tm$ 、 $Yb$ 、 $Pb$ 、 $Sn$  等が挙げられる。蛍光体の輝度の点から、 $MII'$  は、特に、 $Ca$  および / または  $Sr$  を合計で 80 mol% 以上を含むことが好ましく、90 mol% 以上含むことが更に好ましく、100 mol% であることが最も好ましい。また、 $MII'$  中の  $Ca$  と  $Sr$  の合計に対する  $Ca$  の割合が 10 mol% を超えることが好ましく、100 mol% であること、すなわち  $MII'$  は  $Ca$  のみからなることが最も好ましい。

$MIII'$  としては、 $Al$  が 80 mol% 以上を占めることが好ましい。蛍光体の輝度の点から、 $MIII'$  中の  $Al$  以外の元素としては、 $Ga$ 、 $In$ 、 $B$ 、 $Sc$ 、 $Y$ 、 $Bi$ 、 $Sb$ 、 $La$ 、 $Ce$ 、 $Pr$ 、 $Nd$ 、 $Sm$ 、 $Gd$ 、 $Tb$ 、 $Dy$ 、 $Ho$ 、 $Er$ 、 $Tm$ 、 $Yb$ 、 $Lu$  等が挙げられるが、この中でも、 $Ga$ 、 $In$ 、 $B$ 、 $Bi$ 、 $Sc$ 、 $Y$ 、 $La$ 、 $Ce$ 、 $Gd$ 、 $Lu$  が好ましい。蛍光体の輝度の点から、 $MIII'$  は、 $Al$  を 90 mol% 以上含むことが好ましく、100 mol% であること、すなわち  $MIII'$  は  $Al$  のみからなることが最も好ましい。

$MIV'$  としては、 $Si$  が 90 mol% 以上を占めることが好ましい。蛍光体の輝度の点から、 $MIV'$  中の  $Si$  以外の元素としては、 $Ge$ 、 $Sn$ 、 $Ti$ 、 $Zr$ 、 $Hf$  等が挙げられ、この中でも  $Ge$  が好ましい。蛍光体の輝度の点から、 $MIV'$  は  $Si$  のみからなることが最も好ましい。

上記蛍光体は、前記結晶相の結晶構造が空間群  $Cmc21$  又は  $P21$  に属するものである。

【0069】

また、そのほか、赤色蛍光体としては、 $(La, Y)_2O_2S : Eu$  等の  $Eu$  付活酸硫化物蛍光体、 $Y(V, P)O_4 : Eu$ 、 $Y_2O_3 : Eu$  等の  $Eu$  付活酸化物蛍光体、 $(Ba, Sr, Ca, Mg)_2SiO_4 : Eu, Mn$ 、 $(Ba, Mg)_2SiO_4 : Eu, Mn$  等の  $Eu, Mn$  付活珪酸塩蛍光体、 $(Ca, Sr)S : Eu$  等の  $Eu$  付活硫化物蛍光体、 $YAlO_3 : Eu$  等の  $Eu$  付活アルミン酸塩蛍光体、 $LiY_9(SiO_4)_6O_2 : Eu$ 、 $Ca_2Y_8(SiO_4)_6O_2 : Eu$ 、 $(Sr, Ba, Ca)_3SiO_5 : Eu$ 、 $Sr_2BaSiO_5 : Eu$  等の  $Eu$  付活珪酸塩蛍光体、 $(Y, Gd)_3Al_5O_{12} : Ce$ 、 $(Tb, Gd)_3Al_5O_{12} : Ce$  等の  $Ce$  付活アルミン酸塩蛍光体、 $(Ca, Sr, Ba)_2Si_5N_8 : Eu$ 、 $(Mg, Ca, Sr, Ba)SiN_2 : Eu$ 、 $(Mg, Ca, Sr, Ba)AlSiN_3 : Eu$  等の  $Eu$  付活窒化物蛍光体、 $(Mg, Ca, Sr, Ba)AlSiN_3 : Ce$  等の  $Ce$  付活窒化物蛍光体、 $(Sr, Ca$

、 $\text{Ba, Mg}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$  : Eu, Mn 等の Eu, Mn 付活ハロリン酸塩蛍光体、 $\text{Ba}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8$  : Eu, Mn、 $(\text{Ba, Sr, Ca, Mg})_3(\text{Zn, Mg})\text{Si}_2\text{O}_8$  : Eu, Mn 等の Eu, Mn 付活珪酸塩蛍光体、 $3.5\text{MgO} \cdot 0.5\text{MgF}_2 \cdot \text{GeO}_2$  : Mn 等の Mn 付活ゲルマン酸塩蛍光体、Eu 付活 サイアロン等の Eu 付活酸窒化物蛍光体、 $(\text{Gd, Y, Lu, La})_2\text{O}_3$  : Eu, Bi 等の Eu, Bi 付活酸化物蛍光体、 $(\text{Gd, Y, Lu, La})_2\text{O}_2\text{S}$  : Eu, Bi 等の Eu, Bi 付活酸硫化物蛍光体、 $(\text{Gd, Y, Lu, La})\text{VO}_4$  : Eu, Bi 等の Eu, Bi 付活バナジン酸塩蛍光体、 $\text{SrY}_2\text{S}_4$  : Eu, Ce 等の Eu, Ce 付活硫化物蛍光体、 $\text{CaLa}_2\text{S}_4$  : Ce 等の Ce 付活硫化物蛍光体、 $(\text{Ba, Sr, Ca})\text{MgP}_2\text{O}_7$  : Eu, Mn、 $(\text{Sr, Ca, Ba, Mg, Zn})_2\text{P}_2\text{O}_7$  : Eu, Mn 等の Eu, Mn 付活リン酸塩蛍光体、 $(\text{Y, Lu})_2\text{WO}_6$  : Eu, Mo 等の Eu, Mo 付活タングステン酸塩蛍光体、 $(\text{Ba, Sr, Ca})_x\text{Si}_y\text{N}_z$  : Eu, Ce (但し、 $x, y, z$  は、1 以上の整数) 等の Eu, Ce 付活窒化物蛍光体、 $(\text{Ca, Sr, Ba, Mg})_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F, Cl, Br, OH})_2$  : Eu, Mn 等の Eu, Mn 付活ハロリン酸塩蛍光体、 $((\text{Y, Lu, Gd, Tb})_{1-x}\text{Sc}_x\text{Ce}_y)_2(\text{Ca, Mg})_{1-r}(\text{Mg, Zn})_{2+r}\text{Si}_{z-q}\text{Ge}_q\text{O}_{12+}$  等の Ce 付活珪酸塩蛍光体等を用いることも可能である。

10

#### 【0070】

赤色蛍光体としては、 $\alpha$ -ジケトネート、 $\alpha$ -ジケトン、芳香族カルボン酸、または、ブレンステッド酸等のアニオンを配位子とする希土類元素イオン錯体からなる赤色有機蛍光体、ペリレン系顔料(例えば、ジベンゾ{[f, f']-4, 4', 7, 7'-テトラフェニル}ジインデノ[1, 2, 3-cd:1', 2', 3'-lm]ペリレン)、アントラキノ

20

ン系顔料、レーキ系顔料、アゾ系顔料、キナクリドン系顔料、アントラセン系顔料、イソインドリン系顔料、イソインドリノン系顔料、フタロシアニン系顔料、トリフェニルメタン系塩基性染料、インダンスロン系顔料、インドフェノール系顔料、シアニン系顔料、ジオキサジン系顔料を用いることも可能である。

#### 【0071】

また、赤色蛍光体のうち、ピーク波長が 580 nm 以上、好ましくは 590 nm 以上、また、620 nm 以下、好ましくは 610 nm 以下の範囲内にあるものは、橙色蛍光体として好適に用いることができる。このような橙色蛍光体の例としては、 $(\text{Sr, Ba})_3\text{SiO}_5$  : Eu、 $(\text{Sr, Mg})_3(\text{PO}_4)_2$  : Sn、Eu 付活のサイアロン等の Eu 付活酸窒化物蛍光体等が挙げられる。

30

#### 【0072】

##### [1-2-2] 緑色蛍光体

緑色の蛍光を発する基体蛍光体(以下適宜、「緑色蛍光体」という。)としては、以下のものが挙げられる。

#### 【0073】

本発明に好適な緑色蛍光体が発する蛍光の具体的な波長の範囲を例示すると、主発光ピーク波長が通常 500 nm 以上、好ましくは 510 nm 以上、特に好ましくは 520 nm 以上であり、また、通常 580 nm 以下、好ましくは 570 nm 以下、特に好ましくは 560 nm 以下である。

#### 【0074】

また、主発光ピークの半値幅が通常 1 nm 以上、好ましくは 10 nm 以上、特に好ましくは 30 nm 以上であり、また、通常 120 nm 以下、好ましくは 90 nm 以下、特に好ましくは 60 nm 以下である。

40

#### 【0075】

主発光ピーク波長は、上記範囲より短すぎると視感度が低下するため照明装置の照度が低下する(暗くなる)虞があり、また、長すぎると照明装置とした場合の演色性が低下する虞がある。また、主発光ピークの半値幅は、上記範囲外の場合は照明装置とした場合の演色性が低下する虞がある。

#### 【0076】

このような緑色蛍光体として、例えば、破断面を有する破断粒子から構成され、緑色領

50

域の発光を行なう(Mg, Ca, Sr, Ba)Si<sub>2</sub>O<sub>2</sub>N<sub>2</sub>:Euで表されるユウロピウム付活アルカリ土類シリコンオキシナイトライド系蛍光体、破断面を有する破断粒子から構成され、緑色領域の発光を行なう(Ba, Ca, Sr, Mg)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Euで表されるユウロピウム付活アルカリ土類シリケート系蛍光体等が挙げられる。

#### 【0077】

また、そのほか、緑色蛍光体としては、Sr<sub>4</sub>Al<sub>14</sub>O<sub>25</sub>:Eu、(Ba, Sr, Ca)Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu等のEu付活アルミン酸塩蛍光体、(Sr, Ba)Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>:Eu、(Ba, Mg)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Eu、(Ba, Sr, Ca, Mg)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Eu、(Ba, Sr, Ca)<sub>2</sub>(Mg, Zn)Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Eu等のEu付活珪酸塩蛍光体、Y<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>:Ce, Tb等のCe, Tb付活珪酸塩蛍光体、Sr<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-Sr<sub>2</sub>B<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:Eu等のEu付活硼酸リン酸塩蛍光体、Sr<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>8</sub>-2SrCl<sub>2</sub>:Eu等のEu付活ハ口珪酸塩蛍光体、Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Mn等のMn付活珪酸塩蛍光体、CeMgAl<sub>11</sub>O<sub>19</sub>:Tb、Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Tb等のTb付活アルミン酸塩蛍光体、Ca<sub>2</sub>Y<sub>8</sub>(SiO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>O<sub>2</sub>:Tb、La<sub>3</sub>Ga<sub>5</sub>SiO<sub>14</sub>:Tb等のTb付活珪酸塩蛍光体、(Sr, Ba, Ca)Ga<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu, Tb, Sm等のEu, Tb, Sm付活チオガレート蛍光体、Y<sub>3</sub>(Al, Ga)<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce、(Y, Ga, Tb, La, Sm, Pr, Lu)<sub>3</sub>(Al, Ga)<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce等のCe付活アルミン酸塩蛍光体、Ca<sub>3</sub>Sc<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>:Ce、Ca<sub>3</sub>(Sc, Mg, Na, Li)<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>:Ce等のCe付活珪酸塩蛍光体、CaSc<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Ce等のCe付活酸化物蛍光体、SrSi<sub>2</sub>O<sub>2</sub>N<sub>2</sub>:Eu、(Sr, Ba, Ca)Si<sub>2</sub>O<sub>2</sub>N<sub>2</sub>:Eu、Eu付活サイアロン等のEu付活酸窒化物蛍光体、M<sub>3</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>12</sub>N<sub>2</sub>:Eu(但し、Mは、Ba、Mg等のアルカリ土類金属元素を表す)等のEu付活酸窒化物蛍光体、BaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu, Mn等のEu, Mn付活アルミン酸塩蛍光体、SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu等のEu付活アルミン酸塩蛍光体、(La, Gd, Y)<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb等のTb付活酸硫化物蛍光体、LaPO<sub>4</sub>:Ce, Tb等のCe, Tb付活リン酸塩蛍光体、ZnS:Cu, Al、ZnS:Cu, Au, Al等の硫化物蛍光体、(Y, Ga, Lu, Sc, La)BO<sub>3</sub>:Ce, Tb、Na<sub>2</sub>Gd<sub>2</sub>B<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Ce, Tb、(Ba, Sr)<sub>2</sub>(Ca, Mg, Zn)B<sub>2</sub>O<sub>6</sub>:K, Ce, Tb等のCe, Tb付活硼酸塩蛍光体、Ca<sub>8</sub>Mg(SiO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>:Eu, Mn等のEu, Mn付活ハ口珪酸塩蛍光体、(Sr, Ca, Ba)(Al, Ga, In)<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu等のEu付活チオアルミネート蛍光体やチオガレート蛍光体、(Ca, Sr)<sub>8</sub>(Mg, Zn)(SiO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>:Eu, Mn等のEu, Mn付活ハ口珪酸塩蛍光体等を用いることも可能である。

#### 【0078】

また、緑色蛍光体としては、ピリジン-フタルイミド縮合誘導体、ベンゾオキサジノン系、キナゾリノン系、クマリン系、キノフタロン系、ナルタル酸イミド系等の蛍光色素、テルビウム錯体等の有機蛍光体を用いることも可能である。

#### 【0079】

##### [1-2-3] 青色蛍光体

青色の蛍光を発する基体蛍光体(以下適宜、「青色蛍光体」という。)としては以下のものが挙げられる。

#### 【0080】

本発明に好適な青色蛍光体が発する蛍光の具体的な波長の範囲を例示すると、主発光ピーク波長が通常430nm以上、好ましくは440nm以上であり、また、通常500nm以下、好ましくは480nm以下、特に好ましくは460nm以下である。

#### 【0081】

また、主発光ピークの半値幅が通常1nm以上、好ましくは10nm以上、特に好ましくは30nm以上で有り、また通常100nm以下、好ましくは80nm以下、特に好ましくは70nm以下である。

#### 【0082】

主発光ピーク波長は、短すぎると視感度が低下するため、照明装置の照度が低下する(暗くなる)虞があり、また、長すぎると照明装置とした場合の演色性が低下する虞がある。また、主発光ピークの半値幅が上記範囲外の場合は、照明装置とした場合の演色性が低

10

20

30

40

50



下する虞がある。

#### 【0083】

このような青色蛍光体としては、規則的な結晶成長形状としてほぼ六角形状を有する成長粒子から構成され、青色領域の発光を行なう  $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}$  で表されるユウロピウム付活バリウムマグネシウムアルミネート系蛍光体、規則的な結晶成長形状としてほぼ球形状を有する成長粒子から構成され、青色領域の発光を行なう  $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}$  で表されるユウロピウム付活ハロリン酸カルシウム系蛍光体、規則的な結晶成長形状としてほぼ立方体形状を有する成長粒子から構成され、青色領域の発光を行なう  $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})_2\text{B}_5\text{O}_9\text{Cl}:\text{Eu}$  で表されるユウロピウム付活アルカリ土類クロコボレート系蛍光体、破断面を有する破断粒子から構成され、青緑色領域の発光を行なう  $(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})\text{Al}_2\text{O}_4:\text{Eu}$  または  $(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}:\text{Eu}$  で表されるユウロピウム付活アルカリ土類アルミネート系蛍光体等が挙げられる。

10

#### 【0084】

また、そのほか、青色蛍光体としては、 $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Sn}$  等の Sn 付活リン酸塩蛍光体、 $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}:\text{Eu}$ 、 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}$ 、 $\text{BaAl}_8\text{O}_{13}:\text{Eu}$  等の Eu 付活アルミン酸塩蛍光体、 $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}$ 、 $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}$  等の Ce 付活チオガレート蛍光体、 $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}$ 、 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}$ 、 $\text{Tb}$ 、 $\text{Sm}$  等の Eu、 $\text{Tb}$ 、 $\text{Sm}$  付活アルミン酸塩蛍光体、 $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}$ 、 $\text{Mn}$  等の Eu、 $\text{Mn}$  付活アルミン酸塩蛍光体、 $(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba}, \text{Mg})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2:\text{Eu}$ 、 $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})_5(\text{PO}_4)_3(\text{Cl}, \text{F}, \text{Br}, \text{OH}):\text{Eu}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Sb}$  等の Eu、 $\text{Tb}$ 、 $\text{Sm}$  付活ハロリン酸塩蛍光体、 $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8:\text{Eu}$ 、 $(\text{Sr}, \text{Ba})_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}$  等の Eu 付活珪酸塩蛍光体、 $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}$  等の Eu 付活リン酸塩蛍光体、 $\text{ZnS}:\text{Ag}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Ag}$ 、 $\text{Al}$  等の硫化物蛍光体、 $\text{Y}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}$  等の Ce 付活珪酸塩蛍光体、 $\text{CaWO}_4$  等のタングステン酸塩蛍光体、 $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})\text{BPO}_5:\text{Eu}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $(\text{Sr}, \text{Ca})_{10}(\text{PO}_4)_6 \cdot n\text{B}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 、 $2\text{SrO} \cdot 0.84\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 0.16\text{B}_2\text{O}_3:\text{Eu}$  等の Eu、 $\text{Mn}$  付活硼酸リン酸塩蛍光体、 $\text{Sr}_2\text{Si}_3\text{O}_8 \cdot 2\text{SrCl}_2:\text{Eu}$  等の Eu 付活ハロ珪酸塩蛍光体等を用いることも可能である。

20

#### 【0085】

また、青色蛍光体としては、例えば、ナフタル酸イミド系、ベンゾオキサゾール系、スチリル系、クマリン系、ピラゾリン系、トリアゾール系化合物の蛍光色素、ツリウム錯体等の有機蛍光体等を用いることも可能である。

30

#### 【0086】

なお、上述のような蛍光体は1種類を単独で用いてもよく、2種類以上を任意の組み合わせ及び比率で併用しても良い。

#### 【0087】

##### [1-2-4] 黄色蛍光体

黄色の蛍光を発する蛍光体(以下適宜、「黄色蛍光体」という。)としては、以下のものが挙げられる。

#### 【0088】

黄色蛍光体が発する蛍光の具体的な波長の範囲を例示すると、通常530nm以上、好ましくは540nm以上、より好ましくは550nm以上、また、通常620nm以下、好ましくは600nm以下、より好ましくは580nm以下の波長範囲にあることが好適である。

40

#### 【0089】

黄色蛍光体の発光ピーク波長が短すぎると黄色成分が少なくなり演色性が劣る照明装置となる可能性があり、長すぎると照明装置の輝度が低下する虞がある。

#### 【0090】

このような黄色蛍光体としては、各種の酸化物系、窒化物系、酸窒化物系、硫化物系、酸硫化物系等の蛍光体が挙げられる。

50

## 【0091】

特に、 $RE_3M_5O_{12} : Ce$ （ここで、 $RE$ は、 $Y, Tb, Gd, Lu, Sm$ の少なくとも1種類の元素を表し、 $M$ は、 $Al, Ga, Sc$ の少なくとも1種類の元素を表す。）や $M^2_3M^3_2M^4_3O_{12} : Ce$ （ここで、 $M^2$ は2価の金属元素、 $M^3$ は3価の金属元素、 $M^4$ は4価の金属元素）等で表されるガーネット構造を有するガーネット系蛍光体、 $AE_2M^5O_4 : Eu$ （ここで、 $AE$ は、 $Ba, Sr, Ca, Mg, Zn$ の少なくとも1種類の元素を表し、 $M^5$ は、 $Si, Ge$ の少なくとも1種類の元素を表す。）等で表されるオルソシリケート系蛍光体、これらの系の蛍光体の構成元素の酸素の一部を窒素で置換した酸窒化物系蛍光体、 $AEAlSiN_3 : Ce$ （ここで、 $AE$ は、 $Ba, Sr, Ca, Mg, Zn$ の少なくとも1種類の元素を表す。）等の $CaAlSiN_3$ 構造を有する窒化物系蛍光体等の $Ce$ で付活した蛍光体が挙げられる。

10

## 【0092】

また、そのほか、黄色蛍光体としては、 $CaGa_2S_4 : Eu(Ca, Sr)Ga_2S_4 : Eu$ 、 $(Ca, Sr)(Ga, Al)_2S_4 : Eu$ 等の硫化物系蛍光体、 $Cax(Si, Al)_{12}(O, N)_{16} : Eu$ 等の $SiAlON$ 構造を有する酸窒化物系蛍光体等の $Eu$ で付活した蛍光体を用いることも可能である。

## 【0093】

前述の[1-2-1]～[1-2-4]項に記載の蛍光体は所望の発光スペクトル、色温度、色度座標、演色性、発光効率などに応じて適宜組み合わせることもよい。特定の蛍光体を適宜組み合わせることにより、白色系（昼光色～昼白色～白色～温白色～電球色）だけでなく、パステル色、単色光なども実現可能となる。白色系の発光色を得るために好ましい蛍光体の組み合わせは、固体発光素子が紫外から近紫外領域の光を発するものである場合は、青色蛍光体、緑色蛍光体および赤色蛍光体の組み合わせであり、固体発光素子が青色領域の光を発する物である場合は、黄色蛍光体のみを用いるか、または緑色蛍光体と赤色蛍光体との組み合わせである。

20

## 【0094】

[1-2-5] 蛍光体のその他の物性

本発明に使用する蛍光体の粒径は特に制限はないが、中央粒径( $D_{50}$ )で通常 $0.1 \mu m$ 以上、好ましくは $2 \mu m$ 以上、さらに好ましくは $10 \mu m$ 以上である。また、通常 $100 \mu m$ 以下、好ましくは $50 \mu m$ 以下、さらに好ましくは $20 \mu m$ 以下である。

30

## 【0095】

蛍光体の中央粒径( $D_{50}$ )が上記範囲にある場合は、半導体発光素子から発する光が十分に散乱される。また、半導体発光素子から発する光が十分に蛍光体粒子に吸収されるため、波長変換が高効率に行われると共に、蛍光体から発せられる光が全方向に照射される。これにより、複数種類の蛍光体からの一次光を混色して白色にすることができると共に、均一な白色が得られるため、照明装置が発する合成光において、均一な白色光と照度が得られる。

## 【0096】

蛍光体の中央粒径( $D_{50}$ )が上記範囲より大きい場合は、蛍光体が発光部の空間を十分に埋めることができないため、発光素子からの光が十分に蛍光体に吸収されない虞がある。また、蛍光体の中央粒径( $D_{50}$ )が上記範囲より小さい場合は、蛍光体の発光効率が低下するため、照明装置の照度が低下する虞がある。

40

## 【0097】

蛍光体粒子の粒度分布( $QD$ )は、例えば、後述する蛍光体含有部中での粒子の分散状態をそろえるために小さい方が好ましいが、小さくするためには分級収率が下がってコストアップにつながるため、通常 $0.03$ 以上、好ましくは $0.05$ 以上、更に好ましくは $0.07$ 以上である。また、通常 $0.4$ 以下、好ましくは $0.3$ 以下、更に好ましくは $0.2$ 以下である。また、蛍光体粒子の形状は、蛍光体含有部形成に影響を与えない限り、特に限定されない。

## 【0098】

50

蛍光体の中央粒径 ( $D_{50}$ ) および粒度分布 ( $QD$ ) は、重量基準粒度分布曲線から得ることができる。重量基準粒度分布曲線は、レーザ回折・散乱法により粒度分布を測定して得られるもので、具体的には、例えば以下のように測定することが出来る。

【0099】

温度 25、湿度 70% の環境下において、エチレングリコールなどの溶媒に蛍光体を分散させる。

【0100】

レーザ回折式粒度分布測定装置 (例えば堀場製作所製「LA-300」) により、粒径範囲  $0.1 \mu m \sim 600 \mu m$  にて測定する。

【0101】

この重量基準粒度分布曲線において積算値が 50% のときの粒径値を中央粒径  $D_{50}$  と表記する。また、積算値が 25% 及び 75% の時の粒径値をそれぞれ  $D_{25}$ 、 $D_{75}$  と表記し、 $QD = (D_{75} - D_{25}) / (D_{75} + D_{25})$  と定義する。 $QD$  が小さいことは粒度分布が狭いことを意味する。

【0102】

[1-2-6] 蛍光体の表面処理

本発明に使用する蛍光体は、耐水性を高める目的で、および/または後述の蛍光体含有部中で蛍光体の不要な凝集を防ぐ目的で、表面処理が行われていてもよい。

【0103】

かかる表面処理の例としては、例えば特開 2002-223008 号公報に記載の有機材料、無機材料、ガラス材料などを用いた表面処理、特開 2000-96045 号公報等に記載の金属リン酸塩による被覆処理、金属酸化物による被覆処理、シリカコート等の公知の表面処理が挙げられる。

【0104】

具体的には、例えば蛍光体の表面に上記金属リン酸塩を被覆させるには、次の手順で行うことができる。

(1) 所定量のリン酸カリウム、リン酸ナトリウムなどの水溶性のリン酸塩と塩化カルシウム、硫酸ストロンチウム、塩化マンガン、硝酸亜鉛等のアルカリ土類金属、Zn および Mn の中の少なくとも 1 種の水溶性の金属塩化合物とを蛍光体懸濁液中に添加し、攪拌する。

(2) アルカリ土類金属、Zn および Mn の中の少なくとも 1 種の金属のリン酸塩を懸濁液中で生成させると共に、生成したこれらの金属リン酸塩を蛍光体表面に沈積させる。

(3) 水分を除去する。

【0105】

また、シリカコート処理としては、水ガラスを中和して  $SiO_2$  を析出させる方法、アルコキシシランを加水分解したものを表面処理する方法 (例えば、特開平 3-231987 号公報) 等が挙げられ、分散性を高める点においてはアルコキシシランを加水分解したものを表面処理する方法が好ましい。

【0106】

[1-2-7] 蛍光体の使用量

固体発光装置に用いられるこれらの蛍光体の量は、固体発光装置の所望の特性を満足するよう適宜選択することができるが、蛍光体の総重量と、後述の封止材料である透明樹脂等の重量と、必要に応じて添加される粘度調整剤等の添加剤の重量との総和に対して、5 重量% ~ 90 重量% であることが好ましい。蛍光体を透過型で使用する場合はこの割合が 5 重量% ~ 50 重量% と少なめが好ましく、反射型で使用する場合はこの割合が 50 重量% ~ 90 重量% と多めが好ましい。

【0107】

[1-3] 封止材料 (透光性材料)

本発明の照明装置に用いられる固体発光装置は、上述の固体発光素子および蛍光体を備えていればよく、そのほかの構成は特に制限されない。固体発光素子および蛍光体は、通

10

20

30

40

50

常、固体発光素子の発光によって蛍光体が励起されて発光を生じ、この発光が、外部に取り出されるように配置されることになる。かかる構造を有する場合、上述の固体発光素子、蛍光体は、通常は封止材料で封止保護される。具体的には、この封止材料は、上述の蛍光体を分散させて発光部分を構成したり、半導体発光素子、蛍光体および基板間を接合したりする目的で採用される。

【0108】

使用される封止材料としては、通常、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、光硬化性樹脂等が挙げられるが、固体発光素子からの励起光（より好ましいピーク波長の範囲は350nm～430nm）に対して十分な透明性と耐久性のある樹脂が好ましい。

【0109】

具体的には、ポリ（メタ）アクリル酸メチル等の（メタ）アクリル樹脂；ポリスチレン、スチレン-アクリロニトリル共重合体等のスチレン樹脂；ポリカーボネート樹脂；ポリエステル樹脂；フェノキシ樹脂；ブチラル樹脂；ポリビニルアルコール；エチルセルロース、セルロースアセテート、セルロースアセテートブチレート等のセルロース系樹脂；エポキシ樹脂；フェノール樹脂；シリコン樹脂等が挙げられる。また、無機系材料、例えば、金属アルコキシド、セラミック前駆体ポリマー若しくは金属アルコキシドを含有する溶液をゾル-ゲル法により加水分解重合して成る溶液又はこれらの組み合わせを固化した無機系材料、例えばシロキサン結合を有する無機系材料やガラスを用いることもできる。

【0110】

これらのうち、耐熱性、耐紫外線（UV）性等の点から、シリコン樹脂や金属アルコキシド、セラミック前駆体ポリマー若しくは金属アルコキシドを含有する溶液をゾル-ゲル法により加水分解重合して成る溶液またはこれらの組み合わせを固化した無機系材料、例えばシロキサン結合を有する無機系材料が好ましい。

【0111】

このような封止材料のうちでは、特に、以下の特徴（1）～（3）のうち1つ以上を有するシリコン系材料やシリコン樹脂（以下「本発明のシリコン系材料」と称す場合がある。）が好ましい。

【0112】

（1）固体 $^{29}\text{Si}$ -核磁気共鳴（NMR）スペクトルにおいて、下記（i）および/または（ii）のピークを少なくとも1つ有する。

（i）ピークトップの位置がケミカルシフト-40ppm以上、0ppm以下の領域にあり、ピークの半値幅が0.3ppm以上、3.0ppm以下であるピーク。

（ii）ピークトップの位置がケミカルシフト-80ppm以上、-40ppm未満の領域にあり、ピークの半値幅が0.3ppm以上5.0ppm以下であるピーク。

（2）ケイ素含有率が20重量%以上である。

（3）シラノール含有率が0.01重量%以上、10重量%以下である。

【0113】

本発明においては、上記の特徴（1）～（3）のうち、特徴（2）を有するシリコン系材料やシリコン樹脂を好ましく用いることができる。より好ましくは、上記の特徴（1）及び（2）を有するシリコン系材料やシリコン樹脂が用いられる。特に好ましくは、上記の特徴（1）～（3）を全て有するシリコン系材料やシリコン樹脂が用いられる。

【0114】

以下、これらの特徴（1）～（3）について説明する。

【0115】

[1-3-1] 固体 $^{29}\text{Si}$ -NMRスペクトル

ケイ素を主成分とする化合物は、 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ の示性式で表されるが、構造的には、ケイ素原子 $\text{Si}$ の四面体の各頂点に酸素原子 $\text{O}$ が結合され、これらの酸素原子 $\text{O}$ に更にケイ素原子 $\text{Si}$ が結合してネット状に広がった構造を有する。そして、以下に示す模式図

10

20

30

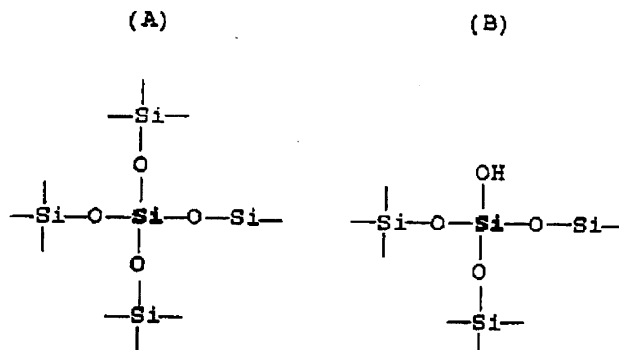
40

50

(A)、(B)は、上記の四面体構造を無視し、Si-Oのネット構造を表したものであるが、Si-O-Si-O-の繰り返し単位において、酸素原子Oの一部が他の成員（例えば-H、-CH<sub>3</sub>など）で置換されているものもあり、一つのケイ素原子Siに注目した場合、模式図の(A)に示す様に4個の-O-Siを有するケイ素原子Si(Q<sup>4</sup>)、模式図の(B)に示す様に3個の-O-Siを有するケイ素原子Si(Q<sup>3</sup>)等が存在する。そして、固体Si-NMR測定において、上記の各ケイ素原子Siに基づくピークは、順次に、Q<sup>4</sup>ピーク、Q<sup>3</sup>ピーク、・・・と呼ばれる。

【0116】

【化1】



10

【0117】

これら酸素原子が4つ結合したケイ素原子は、一般にQサイトと総称される。本発明においては、Qサイトに由来するQ<sup>0</sup>~Q<sup>4</sup>の各ピークをQ<sup>n</sup>ピーク群と呼ぶこととする。有機置換基を含まないシリカ膜のQ<sup>n</sup>ピーク群は、通常ケミカルシフト-80~-130 ppmの領域に連続した多峰性のピークとして観測される。

20

【0118】

これに対し、酸素原子が3つ結合し、それ以外の原子（通常は炭素である。）が1つ結合しているケイ素原子は、一般にTサイトと総称される。Tサイトに由来するピークはQサイトの場合と同様に、T<sup>0</sup>~T<sup>3</sup>の各ピークとして観測される。本発明においてはTサイトに由来する各ピークをT<sup>n</sup>ピーク群と呼ぶこととする。T<sup>n</sup>ピーク群は一般にQ<sup>n</sup>ピーク群より高磁場側（通常ケミカルシフト-80~-40 ppm）の領域に連続した多峰性の

30

【0119】

更に、酸素原子が2つ結合するとともに、それ以外の原子（通常は炭素である。）が2つ結合しているケイ素原子は、一般にDサイトと総称される。Dサイトに由来するピークも、QサイトやTサイトに由来するピーク群と同様に、D<sup>0</sup>~D<sup>n</sup>の各ピーク（D<sup>n</sup>ピーク群と称す。）として観測され、Q<sup>n</sup>やT<sup>n</sup>のピーク群より更に、高磁場側の領域（通常ケミカルシフト0~-40 ppmの領域）に、多峰性のピークとして観測される。これらのD<sup>n</sup>、T<sup>n</sup>、Q<sup>n</sup>の各ピーク群の面積の比は、各ピーク群に対応する環境におかれたケイ素原子のモル比と夫々等しいので、全ピークの面積を全ケイ素原子のモル量とすれば、D<sup>n</sup>ピーク群及びT<sup>n</sup>ピーク群の合計面積は通常これに対する炭素原子と直接結合した全ケイ素

40

【0120】

本発明のシリコン系材料の固体Si-NMRスペクトルを測定すると、有機基の炭素原子が直接結合したケイ素原子に由来するD<sup>n</sup>ピーク群及びT<sup>n</sup>ピーク群と、有機基の炭素原子と結合していないケイ素原子に由来するQ<sup>n</sup>ピーク群とが、各々異なる領域に出現する。これらのピークのうち-80 ppm未満のピークは前述の通りQ<sup>n</sup>ピークに該当し、-80 ppm以上のピークはD<sup>n</sup>、T<sup>n</sup>ピークに該当する。本発明のシリコン系材料においてはQ<sup>n</sup>ピークは必須ではないが、D<sup>n</sup>、T<sup>n</sup>ピーク領域に少なくとも1本、好ましくは複数本のピークが観測される。

【0121】

50

また、本発明のシリコン系材料において、 $-80\text{ ppm}$ 以上の領域に観測されるピークの半値幅は、これまでにゾルゲル法にて知られているシリコン系材料の半値幅範囲より小さい（狭い）ことを特徴とする。

【0122】

ケミカルシフトごとに整理すると、本発明のシリコン系材料において、ピークトップの位置が $-80\text{ ppm}$ 以上 $-40\text{ ppm}$ 未満に観測される $T^n$ ピーク群の半値幅は、通常 $5.0\text{ ppm}$ 以下、好ましくは $4.0\text{ ppm}$ 以下、また、通常 $0.3\text{ ppm}$ 以上、好ましくは $0.4\text{ ppm}$ 以上の範囲である。

【0123】

同様に、ピークトップの位置が $-40\text{ ppm}$ 以上 $0\text{ ppm}$ 以下に観測される $D^n$ ピーク群の半値幅は、分子運動の拘束が小さいために全般に $T^n$ ピーク群の場合より小さく、通常 $3.0\text{ ppm}$ 以下、好ましくは $2.0\text{ ppm}$ 以下、また、通常 $0.3\text{ ppm}$ 以上の範囲である。

【0124】

上記のケミカルシフト領域において観測されるピークの半値幅が上記の範囲より大きいと、分子運動の拘束が大きくひずみの大きな状態となり、クラックが発生しやすく、耐熱・耐候耐久性に劣る部材となる虞がある。例えば、四官能シランを多用した場合や、乾燥工程において急速な乾燥を行ない大きな内部応力を蓄えた状態などにおいて、半値幅範囲が上記の範囲より大きくなる。

【0125】

また、ピークの半値幅が上記の範囲より小さい場合、その環境にある $Si$ 原子はシロキサン架橋に関わらないことになり、三官能シランが未架橋状態で残留する例など、シロキサン結合主体で形成される物質より耐熱・耐候耐久性に劣る部材となる虞がある。

【0126】

なお、本発明のシリコン系材料の組成は、系内の架橋が主としてシリカを始めとする無機成分により形成される場合に限定される。すなわち、大量の有機成分中に少量の $Si$ 成分が含まれるシリコン系材料において $-80\text{ ppm}$ 以上に上述の半値幅範囲のピークが認められても、良好な耐熱・耐光性及び塗布性能は得ることができない。

【0127】

本発明のシリコン系材料のケミカルシフトの値は、例えば以下の方法を用いて固体 $Si-NMR$ 測定を行ない、その結果に基づいて算出することができる。また、測定データの解析（半値幅やシラノール量解析）は、例えばガウス関数やローレンツ関数を使用した波形分離解析等により、各ピークを分割して抽出する方法で行なう。

【0128】

{ 固体 $Si-NMR$ スペクトル測定 }

シリコン系材料について固体 $Si-NMR$ スペクトルを行なう場合、以下の条件で固体 $Si-NMR$ スペクトル測定及び波形分離解析を行なう。また、得られた波形データより、シリコン系材料について、各々のピークの半値幅を求める。

【0129】

< 装置条件 >

装置：Chemagetics社 Infinity CMX-400 核磁気共鳴分光装置

$^{29}Si$ 共鳴周波数： $79.436\text{ MHz}$

プローブ： $7.5\text{ mm}$  CP/MAS用プローブ

測定温度：室温

試料回転数： $4\text{ kHz}$

測定法：シングルパルス法

$^1H$ デカップリング周波数： $50\text{ kHz}$

$^{29}Si$ フリップ角： $90^\circ$

$^{29}Si\ 90^\circ$  パルス幅： $5.0\ \mu s$

くり返し時間：600 s

積算回数：128回

観測幅：30 kHz

ブロードニングファクター：20 Hz

【0130】

<データ処理法>

シリコン系材料については、512ポイントを測定データとして取り込み、8192ポイントにゼロフィリングしてフーリエ変換する。

【0131】

<波形分離解析法>

フーリエ変換後のスペクトルの各ピークについてローレンツ波形およびガウス波形或いは両者の混合により作成したピーク形状の中心位置、高さ、半値幅を可変パラメータとして、非線形最小二乗法により最適化計算を行なう。

【0132】

なお、ピークの同定は、A I C h E J o u r n a l , 44 ( 5 ) , p . 1141 , 1998年等を参考にする。

【0133】

[1-3-2] ケイ素含有率

本発明のシリコン系材料は、ケイ素含有率が20重量%以上であるものが好ましい(特徴(2))。従来のシリコン系材料の基本骨格は炭素-炭素及び炭素-酸素結合を基本骨格としたエポキシ樹脂等の有機樹脂であるが、これに対し本発明のシリコン系材料の基本骨格はガラス(ケイ酸塩ガラス)などと同じ無機質のシロキサン結合である。このシロキサン結合は、下記表1の化学結合の比較表からも明らかなように、シリコン系材料として優れた以下の特徴がある。

【0134】

(I) 結合エネルギーが大きく、熱分解・光分解しにくいため、耐光性が良好である。

(II) 電氣的に若干分極している。

(III) 鎖状構造の自由度は大きく、フレキシブル性に富む構造が可能であり、シロキサンの鎖中心に自由回転可能である。

(IV) 酸化度が大きく、これ以上酸化されない。

(V) 電気絶縁性に富む。

【0135】

【表1】

化学結合比較表

結合	結合距離 (Å)	結合エネルギー (kcal/mol)	結合角 (°)
Si-O-Si	1.64	108	130~160
C-O-C	1.43	86	110
C-C-C	1.54	85	109

【0136】

これらの特徴から、シロキサン結合が3次元的に、しかも高架橋度で結合した骨格で形成されるシリコン系材料は、ガラス或いは岩石などの無機質に近く、耐熱性・耐光性に富む保護皮膜となることが理解できる。特にメチル基を置換基とするシリコン系材料は、紫外領域に吸収を持たないため光分解が起こりにくく、耐光性に優れる。

## 【 0 1 3 7 】

本発明のシリコン系材料のケイ素含有率は、上述の様に 20 重量 % 以上であるが、中でも 25 重量 % 以上が好ましく、30 重量 % 以上がより好ましい。一方、上限としては、 $\text{SiO}_2$ のみからなるガラスのケイ素含有率が 47 重量 % であるという理由から、通常 47 重量 % 以下の範囲である。

## 【 0 1 3 8 】

なお、シリコン系材料のケイ素含有率は、例えば以下の方法を用いて誘導結合高周波プラズマ分光 (inductively coupled plasma spectrometry: 以下適宜「ICP」と略する。) 分析を行ない、その結果に基づいて算出することができる。

## 【 0 1 3 9 】

{ ケイ素含有率の測定 }

シリコン系材料の単独硬化物を粒径が  $100\text{ }\mu\text{m}$  程度になるまで粉碎し、白金るつぼ中にて大気中、450 で 1 時間、次いで 750 で 1 時間、950 で 1.5 時間保持して焼成し、炭素成分を除去した後、得られた残渣少量に 10 倍量以上の炭酸ナトリウムを加えてバーナー加熱し熔融させ、これを冷却して脱塩水を加え、更に塩酸にて pH を中性程度に調整しつつケイ素として数 ppm 程度になるよう定容し、ICP 分析を行なう。

## 【 0 1 4 0 】

[ 1 - 3 - 3 ] シラノール含有率

本発明のシリコン系材料は、シラノール含有率が、通常 0.01 重量 % 以上、好ましくは 0.1 重量 % 以上、さらに好ましくは 0.3 重量 % 以上、また、通常 10 重量 % 以下、好ましくは 8 重量 % 以下、更に好ましくは 5 重量 % 以下の範囲である (特徴 (3))。

## 【 0 1 4 1 】

本発明のシリコン系材料は、シラノール含有率が低いため経時変化が少なく、長期の性能安定性に優れ、吸湿・透湿性何れも低い優れた性能を有する。但し、シラノールが全く含まれない部材は密着性に劣るため、シラノール含有率に上記のごとく最適な範囲が存在する。

## 【 0 1 4 2 】

なお、シリコン系材料のシラノール含有率は、例えば前述の { 固体 Si - NMR スペクトル測定 } の項において説明した方法を用いて固体 Si - NMR スペクトル測定を行ない、全ピーク面積に対するシラノール由来のピーク面積の比率より、全ケイ素原子中のシラノールとなっているケイ素原子の比率 (%) を求め、別に分析したケイ素含有率と比較することにより算出することができる。

## 【 0 1 4 3 】

また、本発明のシリコン系材料は、適当量のシラノールを含有しているため、デバイス表面に存在する極性部分にシラノールが水素結合し、密着性が発現する。極性部分としては、例えば、水酸基やメタロキサン結合の酸素等が挙げられる。

## 【 0 1 4 4 】

また、本発明のシリコン系材料は、適当な触媒の存在下で加熱することにより、デバイス表面の水酸基との間に脱水縮合による共有結合を形成し、さらに強固な密着性を発現することができる。

## 【 0 1 4 5 】

一方、シラノール含有量が多すぎると、系内が増粘して塗布が困難になったり、活性が高くなり加熱により軽沸分が揮発する前に固化したりすることによって、発泡や内部応力の増大が生じ、クラックなどを誘起する虞がある。

## 【 0 1 4 6 】

[ 1 - 3 - 4 ] 硬度測定値

本発明のシリコン系材料は、エラストマー状を呈することが好ましい。具体的には、以下の特徴 (4) を有している。

(4) デュロメータタイプ A による硬度測定値 (ショア A) が、通常 5 以上、好ましくは 7 以上、より好ましくは 10 以上、また、通常 90 以下、好ましくは 80 以下、より好ま

10

20

30

40

50



しくは70以下である。

【0147】

上記範囲の硬度測定値を有することにより、クラックが発生しにくく、耐リフロー性及び耐温度サイクル性に優れるという利点を得ることができる。リフローとは、はんだペーストを基板に印刷し、その上に部品を搭載して加熱、接合するはんだ付け工法のことをいう。そして、耐リフロー性とは、最高温度260、10秒間の熱衝撃に耐え得る性質のことを指す。

【0148】

なお、上記の硬度測定値(ショアA)は、JIS K 6253に記載の方法により測定することができる。具体的には、古里精機製作所製のA型ゴム硬度計を用いて測定を行なうことができる。

10

【0149】

[1-3-5] その他の添加剤

本発明のシリコン系材料は、封止材料の屈折率を調整するために、高い屈折率を有する金属酸化物を与えることのできる金属元素を封止材料中に存在させることができる。高い屈折率を有する金属酸化物を与える金属元素の例としては、Si、Al、Zr、Ti、Y、Nb、B等が挙げられる。これらの金属元素は単独で使用されてもよく、二種以上が任意の組み合わせ及び比率で併用されてもよい。

【0150】

このような金属元素の存在形態は、封止材料の透明度を損なわなければ特に限定されず、例えば、メタロキサン結合として均一なガラス層を形成していても、封止材料中に粒子状で存在していてもよい。粒子状で存在している場合、その粒子内部の構造はアモルファス状であっても結晶構造であってもよいが、高屈折率を与えるためには結晶構造であることが好ましい。また、その粒子径は、封止材料の透明度を損なわないために、通常は、半導体発光素子の発光波長以下、好ましくは100nm以下、更に好ましくは50nm以下、特に好ましくは30nm以下である。例えば、シリコン系材料に、酸化珪素、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム、酸化チタン、酸化イットリウム、酸化ニオブ等の粒子を添加することにより、上記の金属元素を封止材料中に粒子状で存在させることができる。

20

【0151】

また、本発明のシリコン系材料は、さらに、拡散剤、フィラー、粘度調整剤、紫外線吸収剤等公知の添加剤を含有していてもよい。

30

【0152】

本発明のシリコン系材料としては、具体的には、例えば特願2006-176468号明細書に記載のシリコン系材料を挙げることができる。

【0153】

[1-4] その他の成分

本発明の照明装置に用いられる固体発光装置は、上記成分の他に、任意成分として、色素、酸化防止剤、安定化剤(燐系加工安定化剤などの加工安定化剤、酸化安定化剤、熱安定化剤、紫外線吸収剤などの耐光性安定化剤など)、シランカップリング剤、光拡散材、フィラーなど、当該分野で公知の添加物のいずれをも用いることができる。

40

【0154】

[1-5] 固体発光装置の構造

本発明の照明装置に用いられる固体発光装置は、上述の発光素子及び蛍光体を含有するものであれば、その具体的な構造に特に限定はないが、例えば、固体発光素子としてLEDを用いることが望ましい。

【0155】

以下に、LEDを用いた固体発光装置の実施形態の例を詳述するが、本発明は以下の説明に限定されるものではなく、その要旨の範囲内において種々に変更して実施することができる。

【0156】

50

## [ 1 - 5 - 1 ] 実施例 1

図 1 は、本発明の一実施形態に係る固体発光装置である L E D ランプの構成を模式的に示す図である。

## 【 0 1 5 7 】

本実施形態の L E D ランプ 1 は、配線基板 2 と、半導体発光素子である L E D 3 と、L E D 3 から発せられる光の一部を吸収し、それとは異なる波長を有する光を発する蛍光体含有部 4 とを有する。

## 【 0 1 5 8 】

配線基板 2 は、L E D 3 および蛍光体含有部 4 を保持するための基部であり、メタルベース部材 2 A、メタルベース部材 2 A 上に形成された絶縁層 2 D、および絶縁層 2 D 上に形成された一対の導電部 2 B、2 C を有している。L E D 3 は、相対する底面および上面に一対の電極（不図示）を有しており、一方の導電部 2 B の上面に、A u S n の共晶半田 5 を介して L E D 3 の底面側の電極が接合されている。L E D 3 の上面側の電極は、金属製のワイヤ 1 0 6 によって、もう一方の導電部 2 C に接続されている。

## 【 0 1 5 9 】

L E D 3 は、電力が供給されることにより近紫外領域から青色領域までの光を発光するものであり、前述した [ 1 - 1 ] 項に記載したものをを用いることができる。さらに、配線基板 2 上には、L E D 3 から発せられる光の一部を吸収して異なる波長の光を発する蛍光体含有部 4 が、L E D 3 を覆って設けられている。L E D 3 から発せられた光の一部は、蛍光体含有部 4 内の発光物質（蛍光体）に励起光として吸収され、また別の一部は、蛍光体含有部 4 を透過して L E D ランプ 1 から放出されるようになっている。蛍光体含有部 4 は、導電部 2 B、2 C の一部を露出させて設けられており、露出した導電部 2 B、2 C の部分が、L E D ランプ 1 への電力供給用電極となる。

## 【 0 1 6 0 】

L E D 3 と配線基板 2 の一対の導電部 2 B、2 C との電氣的接続は、L E D 3 における電極の組（不図示）の配置に応じて適宜方法で行なうことができる。例えば、L E D 3 の片面のみに電極の組が設けられている場合は、電極が設けられている面を上に向けて L E D 3 を設置し、各組の電極と各導電部 2 B、2 C とを例えば金製のワイヤ 1 0 6 でそれぞれ接続することによって、導電部 2 B、2 C と L E D 3 とを電氣的に接続することができる。また、L E D 3 がフリップチップ（フェースダウン）の場合は、L E D 3 の電極と導電部 2 B、2 C とを金バンプや半田で接合することによって電氣的に接続することができる。

## 【 0 1 6 1 】

蛍光体含有部 4 は、透明樹脂と蛍光体を含有している。蛍光体は、L E D 3 が発する光により励起されて、波長の異なる光を発する物質である。蛍光体含有部 4 に含有される蛍光体の種類は、L E D 3 の発する光と蛍光体含有部 4 が含有する蛍光体の発する光の総和あるいは蛍光体の発する光が、X Y Z 表色系（C I E 1 9 3 1）の x y 色度図において - 0 . 0 2 u v 0 . 0 2 を満たすように選択される。また、透明樹脂は、L E D 3 および蛍光体が発した光を透過させるだけでなく、L E D 3 を封止しかつ蛍光体を分散保持する機能を有している。このような機能を有していれば、透明樹脂としては任意の材料を用いることができ、ここでは、[ 1 - 3 ] 項で述べた封止材料を用いている。

## 【 0 1 6 2 】

以上のように L E D 3 および蛍光体含有部 4 を有する固体発光装置である L E D ランプ 1 は、複数個が例えば基板上に集積配置されて、本発明における発光部を構成する。

## 【 0 1 6 3 】

## [ 1 - 5 - 2 ] 実施例 2

実施形態 1 では L E D 3 を蛍光体含有部 4 で封止することによって固体発光素子および蛍光体を同一のモジュールとして構成した例を示したが、固体発光素子と蛍光体を別モジュールで構成することもできる。以下に、固体発光素子と蛍光体を別モジュールで構成した実施形態 2 の固体発光装置について説明する。

## 【 0 1 6 4 】

図 2 A に示す固体発光装置は、固体発光素子をモジュール化した固体発光素子モジュール 1 0 と、蛍光体含有部をモジュール化した蛍光体モジュール 2 0 とを有する。図 2 B に示すように、蛍光体モジュール 2 0 は、固体発光素子モジュール 1 0 に接合され、これによって固体発光装置が構成される。

## 【 0 1 6 5 】

以下、各モジュールについて説明する。

## 【 0 1 6 6 】

## [ 1 - 5 - 2 - 1 ] 固体発光素子モジュール

図 2 B に示すように、固体発光素子モジュール 1 0 は、基部 1 1 と、基部 1 1 上に配置された少なくとも 1 つの固体発光素子 1 2 とを備える。

10

## 【 0 1 6 7 】

## ( i ) 基部

固体発光素子モジュール 1 0 の基部 1 1 は、固体発光素子 1 2 を固定して支持するものである。図 2 B では円板状の基部 1 1 が示されているが、基部 1 1 は、温度条件などの、本実施形態における固体発光素子モジュールの基部としての使用条件に耐えうるものであれば、本実施形態の効果を著しく損なわない範囲で任意の素材、形状、寸法で構成することができる。また、基部 1 1 の固体発光素子 1 2 が配置された表面は、固体発光素子 1 2 を封止するように基部 1 1 全体を覆ってモールド部 7 が形成されていてもよい。モールド部 7 を構成する樹脂としては、実施形態 1 の蛍光体含有部で用いた透明樹脂と同じ樹脂を用いることができる。

20

## 【 0 1 6 8 】

## ( ii ) 固体発光素子

固体発光素子 1 2 は、固体発光装置が一次光を発するために上述したものと同様のもの、特に LED を好ましく用いることができる。従って、図 2 B に示すように固体発光素子 1 2 と蛍光体含有部 2 2 とを用いて一次光を発する場合には、固体発光素子モジュール 1 0 には少なくとも 1 つの固体発光素子 1 2 を設けるようにする。この場合、固体発光素子 1 2 は 2 以上の蛍光体部 2 2 に共有されうる構成としてもよい。

## 【 0 1 6 9 】

固体発光素子 1 2 の数は、基部 1 1 のサイズ等に応じて適宜の数とすることができる。本形態では基部 1 1 上に複数個、具体的には 9 個の固体発光素子 1 2 が配置されている。

30

## 【 0 1 7 0 】

## ( iii ) その他の部材

また、固体発光素子モジュール 1 0 は、基部 1 1 および固体発光素子 1 2 以外の部材を備えていても良い。例えば、固体発光素子モジュール 1 0 は、固体発光素子 1 2 に電力を供給するための配線 1 3 を有していてもよい。通常、この配線 1 3 は、固体発光素子モジュール 1 0 の基部 1 1 に設けられる。基部 1 1 に複数の固体発光素子 1 2 が設けられている場合は、配線 1 3 は各固体発光素子 1 2 に電力を供給できるように設けられる。

## 【 0 1 7 1 】

## [ 1 - 5 - 2 - 2 ] 蛍光体モジュール

図 2 B に示すように、蛍光体モジュール 2 0 は、固体発光素子モジュール 1 0 の上面に接合されることによって、本実施形態の固体発光装置を、固体発光素子モジュール 1 0 、および、必要に応じてその他の部材とともに構成するものであり、基部 2 1 と、基部 2 1 上に配された蛍光体含有部 2 2 とを備える。固体発光素子モジュール 1 0 からの光を有効に利用するためには、固体発光素子モジュール 1 0 に蛍光体モジュール 2 0 を密着させた方がよいが、固体発光素子モジュール 1 0 の表面の材質や蛍光体モジュール 2 0 の透明樹脂材料によっては、固体発光素子モジュール 1 0 との間に空間を空けて蛍光体モジュール 2 0 を配置してもよい。

40

## 【 0 1 7 2 】

## ( i ) 基部

50

蛍光体モジュール 20 の基部 21 は、蛍光体含有部 22 の支持体であって、例えば透明なフィルムや板（シート）等で構成することができる。

【0173】

蛍光体モジュール 20 の基部 21 は、温度条件などの、本実施形態における蛍光体モジュールの基部としての使用条件に耐えうるものであれば、本実施形態の効果を著しく損なわない範囲で任意の素材、形状、寸法で構成することができる。

【0174】

（ii）蛍光体含有部

蛍光体含有部 22 は、基部 21 の一部の領域に形成されており、実施形態 1 で述べた蛍光体含有部 4 と同様、透明樹脂と、透明樹脂中に分散した蛍光体とを有して構成されている。蛍光体含有部 22 が含有する蛍光体の種類は、図 2A に示す固体発光装置全体からの発光色が、XYZ 表色系（CIE 1931）の xy 色度図において  $-0.02 \leq u \leq 0.02$  を満たしていれば任意の種類を選択できる。例えば、各蛍光体含有部 22 から所望の色温度の発光色が得られるように各蛍光体含有部 22 に複数種類の蛍光体を含有させることもできるし、複数の蛍光体含有部 22 からの発光を混色させることによって所望の色温度の発光色が得られるように、各蛍光体含有部 22 に含有させる少なくとも 1 種類の蛍光体を選択することもできる。

【0175】

蛍光体含有部 22 は、通常は基部 21 の表面に設けられるが、蛍光体含有部 22 の透明樹脂が基部 21 を構成する素材と同じ場合は、蛍光体を基部 21 の一部の領域に含有させることによって蛍光体含有部 22 を構成することもできる。

【0176】

蛍光体含有部 22 を基部 21 の表面に形成する場合、基部 21 に蛍光体含有部 22 を設ける方法としては、例えば蛍光体を透明樹脂（バインダー樹脂）中に分散させた分散液を作製し、これを基部 21 上にパターンニング塗設する方法が挙げられる。

【0177】

基部 21 に蛍光体含有部 22 をパターンニング塗設する具体的な方法としては、スクリーン印刷、グラビア印刷、フレキソ印刷、インクジェット印刷などの印刷法、あるいは、透明樹脂として感光性レジストを用い、これに蛍光体を分散させた分散液を作製し、分散液を基部 21 の表面に塗布した後、マスクを介して露光し、未露光部を現像処理して除去することによってパターンニングする方法などが挙げられる。もちろん、これらの方法以外にも、蛍光体含有部 22 を一括で形成する他の方法として、例えばカラーフィルタを作製する際に用いられる任意のパターンニング方法を利用することができるし、選定する透明樹脂によっては、トランスファー成型法やインジェクション成型法を用いることも可能である。また、蛍光体含有部 22 を必要な部分だけに形成する方法として、一般的なディスペンサーによる方法も可能である。

【0178】

蛍光体含有部 22 の位置は、固体発光素子モジュール 10 の固体発光素子 12 から発せられた光を蛍光体含有部 22 が効率よく受光できるように、蛍光体含有部 22 は、固体発光素子 12 と対向する位置に配置されるのが好ましい。

【0179】

また、蛍光体含有部 22 の数は、基部 21 のサイズ等に応じて 1 つとすることもできるし複数とすることもできる。本実施形態では、固体発光素子モジュール 10 における固体発光素子 12 の数に対応して 9 個の蛍光体含有部 22 を設けている。

【0180】

（iii）その他の部材

また、蛍光体モジュール 20 には、基部 21 及び蛍光体含有部 22 以外の部材を備えていても良い。

【0181】

以上のように構成された蛍光体モジュール 20 は、固体発光素子モジュール 10 と組み

10

20

30

40

50

合わされて、固体発光素子モジュール 10 の固体発光素子 12 から発せられた光（励起光）を蛍光体含有部 22 が受光する。蛍光体含有部 22 が固体発光素子 12 からの光を受光することによって、蛍光体含有部 22 中の蛍光体が励起され、蛍光（即ち、一次光）を発する。

#### 【0182】

##### [2] 発光部

本発明の照明装置は、上述の固体発光装置を集積配置した発光部を有する。発光部では、固体発光装置が発する一次光が発光部の発光面から所定の距離以下で合成され、合成光を発するように複数の固体発光装置が配置される。

#### 【0183】

なお、上述の実施形態 2 で述べたように固体発光素子モジュール 10 および蛍光体モジュール 20 がそれぞれ複数の固体発光素子 12 および蛍光体含有部 22 を有する場合は、図 2A に示した構成全体を固体発光装置とし、それを複数集積配置することで発光部を構成することもできるし、互いに対向する固体発光素子 12 と蛍光体含有部 22 との組をそれぞれ固体発光装置とし、図 2A に示した構成全体を 1 つの発光部として構成することもできる。後者の場合は、色温度が異なる複数種の一次光が発光部から発せられるように、各蛍光体含有部 22 が含有する蛍光体の種類や含有量等が選定される。

#### 【0184】

##### [2-1] 固体発光装置の配列

本発明の照明装置において、集積する固体発光装置の数及び配置は、設計される照明装置の大きさ、要求される照度に応じて適宜選択することができる。

#### 【0185】

固体発光装置が、実施形態 1 で述べたような表面実装型の LED ランプ（以下、「SMD」ともいう）である場合、集積された複数の SMD の構造軸（もしくは光軸）L（図 3 に示す。）が互いに非平行であると、複数の SMD からの発光の合成光が当たる照射面において照度の均一性が得られ難くなる。特に、SMD 間の距離が離れた場合は照度の均一性を得ることが困難となる。そこで、複数の SMD を実装基板上に実装して発光部を構成する場合、SMD 100 の構造軸（もしくは光軸）L が実装基板面に対し垂直になるように配列されていることが好ましい。

#### 【0186】

固体発光装置が上述のような SMD の LED パッケージである場合、本発明における発光部の発光面は、固体発光装置の光出射側の先端を含み、かつ固体発光素子が集積配置される配線基板に平行な面とする。また、上述の実施形態 2 のようにモジュール化された固体発光装置および発光部の場合は、蛍光体モジュールの光出射側の面を発光面とする。

#### 【0187】

##### [2-2] 固体発光装置の組み合わせ

本発明の照明装置は、固体発光装置を複数備える。複数の固体発光装置は、発光色の異なる 2 種以上の光（一次光）を発する。これら発光色の異なる 2 種以上の一次光を混色することによって、合成光とすることができる。

#### 【0188】

固体発光装置が発する一次光の発光色は、適宜設定し組み合わせることができるが、発光色ごとに相関色温度が異なっていることが好ましい。これにより、昼光色～昼白色～白色～温白色～電球色などの照明光源、CIE 標準光源（A、B、C および D65）、太陽光（自然光）スペクトルなど、近紫外光から近赤外光まで広範囲のスペクトルを有するターゲットカラーが再現可能となる。

#### 【0189】

固体発光装置が発する一次光の相関色温度は、好ましくは 2000 K 以上、より好ましくは 2200 K 以上であり、また、好ましくは 5000 K 以下、より好ましくは 10000 K 以下である。照明装置に用いられる複数種の固体発光装置のうち、最も相関色温度が高い固体発光装置と最も相関色温度が低い固体発光装置との間での、相関色温度の範囲が

10

20

30

40

50

広いほど、合成光の相関色温度の設定範囲を広くできる。ただし、この相関色温度の範囲を広くしすぎると、照明装置の発光部を直接見たときや物体を照明することによって生じた影を見たときに、発光色の違いが認識されやすくなるため、照明装置の用途等に応じて適切な範囲とすることが好ましい。

#### 【0190】

また、一次光は、XYZ表色系(CIE 1931)のxy色度図において $-0.02 \leq u \leq 0.02$ を満たすように相関色温度が選択されており、実質的に黒体輻射軌跡上にあるといつてよい。よつて、固体発光装置から発せられる一次光は白色系の色味を有しているので、従来のように青色光、緑色光および赤色光を混色して白色光を得る照明装置と比較して、照明装置の発光部を直接見たときの照明光の色、および物体を照明したときの影の生じ方に対する違和感が大幅に低減される。

10

#### 【0191】

##### [2-3] 固体発光装置の光出射部のエネルギー比

本発明の照明装置は、[2-2]項で前述したように、複数の固体発光装置から相関色温度が異なる2種以上の発光色の一次光を発し、それら一次光を混色することによつて、所望の色の合成光を創出することができる。こゝで、固体発光装置の光出射エネルギーを相関色温度ごとに設定することにより、合成光の相関色温度を、各固体発光装置からの一次光のうち最も低い相関色温度と最も高い相関色温度との間で調整することができる。

#### 【0192】

こゝで、「固体発光装置の光出射部のエネルギー」とは、各色温度の固体発光装置が射出する光をエネルギー量で表したものをいう。また、照明装置が、同じ相関色温度の光を出射する固体発光装置を複数含んでいる場合は、その複数の固体発光装置のエネルギーの総和を表す。エネルギー量を決定する因子としては、例えば、固体発光装置の光射出部の面積、固体発光装置の光射出時間、固体発光装置の駆動電流値、固体発光装置の電力量(駆動電流値×電圧値)などを挙げることができる。

20

#### 【0193】

##### [2-3-1] 固体発光装置の光射出部の面積

固体発光装置の光射出部の面積とは、固体発光装置1単位の光射出部を面として単位当たりの面積とし、同じ相関色温度ごとに固体発光装置の数で乗じたものをいう。

#### 【0194】

即ち、相関色温度ごとに固体発光装置の個数や単位当たりの面積を調整することにより、光射出部のエネルギー比を調節することができる。

30

#### 【0195】

従つて、各相関色温度において、光射出部の面積以外のエネルギー量を決定する因子が同じであれば、各相関色温度における固体発光装置の光射出部の面積を、固体発光装置の光射出部のエネルギーとして上述のエネルギー比を算出することができる。

#### 【0196】

##### [2-3-2] 固体発光装置の光射出時間

固体発光装置の光射出時間とは、固体発光装置1単位の一定時間内における光射出時間を単位当たりの光射出時間とし、同じ相関色温度ごとに固体発光装置の数で乗じたものをいう。

40

#### 【0197】

即ち、相関色温度ごとに固体発光装置の光射出時間を調整することにより光射出部のエネルギー比を調節することができる。

#### 【0198】

従つて、各相関色温度において、光射出時間以外のエネルギー量を決定する因子が同じであれば、各相関色温度における固体発光装置の光射出時間を、固体発光装置の光射出部のエネルギーとして上述のエネルギー比を算出することができる。

#### 【0199】

##### [2-3-3] 固体発光装置の駆動電流値

50

固体発光装置の駆動電流値とは、固体発光装置1単位の駆動電流値を単位当たりの駆動電流値とし、同じ相関色温度ごとに固体発光装置の数で乗じたものをいう。固体発光装置が同じタイプである場合、駆動電圧値がほぼ同じになる。

【0200】

即ち、相関色温度ごとに固体発光装置の駆動電流値を調整することにより光射出部のエネルギー比を調節することができる。

【0201】

従って、各相関色温度において、駆動電流値以外のエネルギー量を決定する因子が同じであれば、各相関色温度における固体発光装置の駆動電流値を、固体発光装置の光射出部のエネルギーとして上述のエネルギー比を算出することができる。

10

【0202】

[2-3-4] 固体発光装置の電力量（駆動電流値×電圧値）

固体発光装置の電力量とは、固体発光装置1単位の電力量を単位当たりの電力量とし、同じ相関色温度ごとに固体発光装置の数で乗じたものをいう。固体発光装置が違うタイプ（素子構造、素子サイズ、波長、など）である場合、駆動電圧値が異なる。

【0203】

即ち、相関色温度ごとに固体発光装置の電力量を調整することにより光射出部のエネルギー比を調節することができる。

【0204】

従って、各相関色温度において、電力量以外のエネルギー量を決定する因子が同じであれば、各相関色温度における固体発光装置の電力量を、固体発光装置の光射出部のエネルギーとして上述のエネルギー比を算出することができる。

20

【0205】

[2-3-5] 固体発光装置の配置

また、上述のエネルギー比以外に調光に寄与する因子としては、各相関色温度の固体発光装置を適切に配置することが挙げられる。相関色温度ごとの固体発光装置の適切な配置の例として、下記のことを挙げることができる。

【0206】

(i) 異なる相関色温度の固体発光装置が互いに隣り合い、かつ、同じ相関色温度の固体発光装置がなるべく隣り合わないようにすることにより、ムラのない白色を達成することができる。この場合、各相関色温度のエネルギー比を面積比で調整する場合は、各相関色温度がそれぞれ多くなるパターンを組み合わせることによりムラのない白色を達成することができる。

30

【0207】

例えば、照射する光の相関色温度が異なる2種類の固体発光装置を複数個ずつマトリックス状に配置する場合は、相関色温度が異なる固体発光装置が行方向および列方向に交互に並ぶように配置することができる。また、相関色温度が異なる3種類の固体発光装置を複数個ずつマトリックス状に配置する場合において、特定の1種類の相関色温度の面積比を大きくする配置パターンの例を図4(a)~(b)に示す。図4(a)~(d)では、相関色温度の異なる3種類の固体発光装置をW1、W2およびW3で区別しており、W1の面積比が大きくなる例を示している。なお、W1、W2、W3を入れ替えることも可能性である。更に図4(a)~(d)のパターンを適宜組み合わせモジュール化してもよい。

40

【0208】

(ii) 異なる相関色温度の固体発光装置が互いに隣り合い、かつ、同じ相関色温度の固体発光装置が一部だけ隣り合うようにすることもできる。例えば、図5(a)~(d)に、相関色温度が異なる3種類の固体発光装置を複数個ずつマトリックス状に配置する場合において、各相関色温度の面積比を一定にし、エネルギー比を駆動電力量もしくは駆動電流値で調整する4つのパターン例を示す。図5(a)~(d)でも、相関色温度の異なる3種類の固体発光装置をW1、W2およびW3で区別している。図5(c)に示すパター

50

ンは、図4(a)に示すパターンと同じである。なお、W1、W2、W3を入れ替えることも可能性である。更に図5(a)~(d)のパターンを適宜組み合わせてモジュール化してもよい。

#### 【0209】

(iii) 例えば図6に示すように、相関色温度の異なる3種類の固体発光装置(W1、W2、W3)の間隔(ピッチ $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ )を狭めるために、W1、W2、W3を1個ずつ細密充填で組合せた正三角形の最小ユニットの繰り返し単位として配列する。ピッチ $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ を狭くすることにより、各相関色温度の固体発光装置の混色距離を短くする効果が得られる。

#### 【0210】

(iv) 相関色温度の異なる3種類の固体発光装置(W1、W2、W3)の間隔(ピッチ)を狭めて配列する他の例としては、図7(a)のような、固体発光装置を正方形とした配列を45度傾けたハニカム構造を挙げることができる。固体発光装置を正方形とした配列(図7(b))よりも、固体発光装置のピッチを狭めることができるため、各相関色温度の固体発光装置の混色距離を短くする効果を得ることが出来る。

#### 【0211】

##### [2-4] 固体発光装置のエネルギー制御

上述した固体発光装置の光出射部の面積、光出射時間、駆動電流値、電力量および配置のうち、光出射部の面積および配置は、それらが一度設定されると発光色ごとのエネルギー比を変更するのは困難である。しかし、光出射時間、駆動電流値および電力量については、発光色が異なる固体発光装置ごとに固体発光装置の駆動条件を制御する制御装置を照明装置に付加すれば、固体発光装置の電氣的な制御によって発光色ごとのエネルギー比の変更を極めて容易に行なうことができる。制御装置が制御する固体発光装置の駆動条件は、具体的には、上述した光出射時間、駆動電流値、または電力量とすることができる。

#### 【0212】

例えば、図8に示すように、 $x$   $y$  色度図上においてそれぞれ色度点 $W_L$ 、 $W_H$ で表される光を発する2種類の固体発光装置を有する照明装置を考える。ここで、図8の要部拡大図である図9に示すように、色度点 $W_L$ の相関色温度は2600K、色度点 $W_H$ の相関色温度は9000Kとする。また、色度点 $W_L$ は、黒体輻射軌跡BB<sub>L</sub>からの偏差  $uv$  が+0.005であり、色度点 $W_H$ は、黒体輻射軌跡BB<sub>L</sub>からの偏差  $uv$  が+0.01であるとする。

#### 【0213】

上記の場合において、発光色の相関色温度が異なる2種類の固体発光装置の光出射時間、駆動電流値または電力量といった駆動条件を制御することで、発光色ごとに固体発光装置のエネルギー比を自由に变化させ、色度点 $W_L$ と色度点 $W_H$ とを結ぶ直線上で任意に相関色温度を調整することができる。しかも、色度点 $W_L$ 、 $W_H$ は、 $-0.02 \leq uv \leq 0.02$ であり、これらの色度点 $W_L$ 、 $W_H$ を結ぶ直線も、 $-0.02 \leq uv \leq 0.02$ の範囲内に収まっている。よって、照明装置から発せられる光は、実質的に黒体輻射軌跡BB<sub>L</sub>に沿っているといってよく、照明光として適している。

#### 【0214】

なお、図9に示した例では、色度点 $W_L$ 、 $W_H$ のいずれも  $uv$  の値が正である場合を示したが、図10に示すように、色度点 $W_L$ の  $uv$  が正、かつ色度点 $W_H$ の  $uv$  が負であってもよいし、図には示さないが両方とも負であってもよい。さらに、図11に示すように、照明装置は、 $x$   $y$  色度図上においてそれぞれ色度点 $W_L$ 、 $W_M$ 、 $W_H$ で表される光を発する3種類の固体発光装置を有していてもよい。

#### 【0215】

この場合、発光色ごとに固体発光装置の駆動条件を制御することで、3つの色度点 $W_L$ 、 $W_M$ 、 $W_H$ を頂点とする三角形の範囲内で、照明装置からの発光色の相関色温度を变化させることができる。しかも、各色度点 $W_L$ 、 $W_M$ 、 $W_H$ はいずれも黒体輻射軌跡BB<sub>L</sub>からの偏差  $uv$  が  $-0.02 \leq uv \leq 0.02$  を満たしているため、より黒体輻射軌跡BB<sub>L</sub>

10

20

30

40

50



B L に沿った色温度の制御が可能となる。

【 0 2 1 6 】

図 1 1 では、固体発光装置が発する光の色度点が 3 点の場合を例に挙げたが、色度点は 4 点以上、すなわち、照明装置は発光色が異なる 4 種類以上の固体発光装置を有していてもよい。

【 0 2 1 7 】

u v の値は、上述したように正でも負でも構わないが、同じ相関色温度でも u v の値が小さければ輝度が低下する傾向にある。よって、より高輝度で発光させるためには、少なくとも 1 つの発光色は u v の値が正であることが好ましく、全ての発光色で u v の値が正であることがより好ましい。

10

【 0 2 1 8 】

以下に、固体発光装置の駆動条件の制御について、固体発光装置の光出射時間を制御する場合を例に挙げて説明する。

【 0 2 1 9 】

固体発光装置の光出射時間を制御する具体的な制御装置としては、一般交流電源 ( 5 0 / 6 0 H z ) をベースにしたもの、もしくは高周波回路を用いたものがあり、固体発光装置をパルス的に発光させる P W M ( Pulse Width Modulation ) 制御によって行なうことができる。発光色の異なる 2 種類の固体発光装置の P W M 制御においては、2 種類の固体発光装置を例えば 2 0 0 H z の周波数で交互に点灯させ、各々の点灯時間の比を変化させる。

20

【 0 2 2 0 】

この場合、2 種類の固体発光装置を別々に制御してもよいが、より簡単な方法として、固体発光素子として L E D を用いた固体発光装置においては、図 1 2 に示すように、発光色の相関色温度が異なる 2 種類の固体発光装置 3 0<sub>L</sub>、3 0<sub>H</sub> を、順バイアス方向が互いに逆向きになるように並列接続した回路を構成し、この回路に交流電圧をパルス状に印加する方法がある。こうすることによって、1 周期におけるパルスのデューティ比を制御するだけで、各固体発光装置 3 0<sub>L</sub>、3 0<sub>H</sub> はそのデューティ比に従って交互に点灯し、結果的に各固体発光装置 3 0<sub>L</sub>、3 0<sub>H</sub> のデューティ比に応じて、発光部からの発光色の相関色温度を変化させることができる。

【 0 2 2 1 】

30

さらに、この応用として、複数の発光部を備え、各発光部から発せられる光の相関色温度を独立して制御する照明装置が実現できる。そのような照明装置の一例として、図 1 3 に示すように、複数の発光部 3 5 と、各発光部 3 5 に対応した複数の P W M 制御回路 3 6 と、これら P W M 制御回路 3 6 を独立して制御する発光部制御回路 3 7 とを有する照明装置が挙げられる。各発光部 3 5 は、発光色の相関色温度の異なる光を発する複数種の固体発光装置を備えている。各 P W M 制御回路 3 6 は、対応する発光部 3 5 の複数種類の固体発光装置を P W M 制御する。発光部制御回路 3 7 は、P W M 制御回路 3 6 ごとに、パルスのデューティ比を指令する。図 1 2 に示す照明装置では、発光部 3 5 ごとに相関色温度を変化させることができる。図 1 2 に示す照明装置では 3 つの発光部 3 5 を有しているが、発光部 3 5 の数は 2 つでもよいし 4 つ以上でもよい。

40

【 0 2 2 2 】

以上述べたように、固体発光装置の駆動条件を制御することで、極めて簡単な制御で、照明対象や照明する環境など所望に応じて照明品質を任意に調整することができる。

【 0 2 2 3 】

[ 3 ] 照明装置

[ 3 - 1 ] 照度

本発明の照明装置において、発光部の発光面から垂直方向に 3 0 c m 離れた位置における照度は、1 5 0 ルクス以上であることが好ましく、更に好ましくは 3 0 0 ルクス以上、特に好ましくは 5 0 0 ルクス以上である。この照度が低すぎると合成光が弱すぎるため照射面が暗くなりすぎ、その逆に照度が高すぎると合成光が眩しすぎ、いずれの場合でも、

50

照明用途に不向きとなる虞がある。一方、照明の質は照度だけで決まるものでなく、色温度や演色性によっても印象が変わるので、総合的な性能が重要である。

【 0 2 2 4 】

本発明の照明装置が上記の照度を達成するためには、具体的には集積する固体発光装置の構造、数および配置を、照明装置の大きさや必要な照度に応じて適宜選択すればよい。

【 0 2 2 5 】

[ 3 - 2 ] 照明色

本発明の照明装置は、好ましくは発光部の発光面から垂直方向に少なくとも 1 0 c m 離れた位置において観察される合成光の色が白色である。

【 0 2 2 6 】

一般的に照明においては物体の色を正しく観測者が知覚できるように、できるだけ白色でかつ演色性が高いものが求められる。例えば赤色灯や黄色灯、あるいはナトリウムランプ灯下では物体の色が正しくは知覚され得ない。そこで、本発明の照明装置による照明の色としては、白色あるいは白色周辺色であるパステル色が好ましい。

【 0 2 2 7 】

この照明色は、前述した複数種の固体発光装置の光出射部のエネルギー比を調整することにより実現される。例えば、2 0 0 0 K 程度の低い相関色温度の固体発光装置のエネルギー比を高くすれば、赤色味を帯びた照明色が得られる。

【 0 2 2 8 】

本発明の照明装置による合成光の色が白色であることが観察される位置は、発光部の発光面から垂直方向に、好ましくは少なくとも 1 0 c m 以上の位置であり、更に好ましくは少なくとも 5 c m 以上の位置である。白色が観察される位置が短すぎると、照射面で色分離が起こるおそれがある。また、白色を照射された面内において照明側の色が分離してしまうと、物体色を正しく知覚できなくなるおそれがある。

【 0 2 2 9 】

[ 3 - 3 ] 色温度

さらに、本実施形態にかかる合成光の色温度もその用途等に応じて任意に設定することができるが、通常 2 0 0 0 K 以上、好ましくは 2 1 0 0 K 以上、より好ましくは 2 2 0 0 K 以上、また、通常 1 2 0 0 0 K 以下、好ましくは 1 0 0 0 0 K 以下、より好ましくは 9 0 0 0 K 以下である。この範囲の光は、寒色、暖色の見え方が良好であるため、一般に良く使用される。また、この範囲を外れると、通常用途の照明装置に本実施形態の光源を用いることが困難となる。なお、合成光の色温度は、例えば色彩輝度計、放射輝度計などにより測定することができる。

【 0 2 3 0 】

[ 3 - 4 ] 発光効率

また、本実施形態の照明装置において、合成光の発光効率は、通常 3 0 l m / W 以上、好ましくは 4 0 l m / W 以上、より好ましくは 5 0 l m / W 以上である。発光効率が低すぎると、使用の際に要するエネルギーコストが大きくなりすぎる虞があり、エネルギー効率の高い照明装置としての要求特性を満たさない。発光効率が低すぎると、固体発光装置を集積した場合、発熱によって素子破壊が生じる虞がある。なお、固体発光装置の発光効率は、例えば、積分球で測定した合成光の光束を供給電力で割ることにより測定することができる。

【 0 2 3 1 】

ところで、固体発光素子および蛍光体を含有する固体発光装置では、発する光の色温度が高くなるにつれて発光効率も高くなる傾向がある。この傾向は、固体発光素子が発する励起光の波長によって異なっており、発光ピーク波長が 3 5 0 n m 以上 4 3 0 n m 以下の範囲にある近紫外領域の励起光を発する固体発光素子およびその励起光で励起される蛍光体を有する固体発光装置は、より波長の長い青色領域の励起光を発する固体発光素子およびその励起光で励起される蛍光体を有する固体発光装置に比べて、色温度の変化に対する発光効率の変化の割合が小さい。つまり、近紫外領域の励起光を発する固体発光素子を備

10

20

30

40

50

えた固体発光装置は、同じ駆動条件で駆動した場合であっても異なる色温度の光を発する固体発光装置間での輝度の差が小さくなり、その結果、固体発光装置の色温度ごとの輝度バランスの調整を不要とし、または容易に行なうことができる。さらに、異なる色温度の光を発する複数種の固体発光装置間でのエネルギー比を制御装置によって制御する場合は、エネルギー比を変化させることによる合成光の輝度の変化を抑えた制御を容易に行えるようになる。

【 0 2 3 2 】

よって、固体発光装置として、紫外領域の光を発する固体発光素子を備えた固体発光装置を用いることが好ましい。これによって、色温度の異なる複数種の固体発光装置間での輝度のばらつきを抑えることができる。

10

【 0 2 3 3 】

[ 3 - 5 ] 平均演色評価数 R a

また、本発明の照明装置は、平均演色評価数 R a が 8 0 以上、好ましくは 8 5 以上、特に好ましくは 9 0 以上であり、演色性に非常に優れるものである。

【 0 2 3 4 】

なお、上記平均演色評価指数 R a は、J I S Z 8 7 2 6 により算出される。

【 0 2 3 5 】

[ 3 - 6 ] 合成光のスペクトルの特徴

さらに、本実施形態にかかる合成光のスペクトルは、通常、一次光のスペクトルを組み合わせたものになる。また、合成光のスペクトルは、可視光の連続光になることが良好な演色性を示す照明装置が得られるので好ましく、さらに、可能な限りプランク放射に近いほうが好ましい。

20

【 0 2 3 6 】

なお、合成光のスペクトルは、分光光度計により測定することができる。

【 0 2 3 7 】

< 第二の実施形態 >

ここで、図 1 4 A は、本発明に係る半導体発光装置（以下、単に「発光装置」と言う。）1 0 8 に含まれるパッケージ 1 0 1 の概略構成の斜視図であり、図 1 4 B は、パッケージ 1 0 1 に設けられた半導体発光素子 1 0 3 A、1 0 3 B に電力を供給する配線 1 2 0 A、1 2 0 B の実装状態を示す図である。また、図 1 5 は、図 1 4 A に示す発光装置 1 0 8 において、上記配線 1 2 0 A、1 2 0 B を含む面で切断した場合の断面図である。図 1 4 A に示すように、発光装置 1 0 8 はパッケージ 1 0 1 を含んで構成され、該パッケージ 1 0 1 は、基板 1 0 2 上に配置された環状且つ円錐台形状のリフレクタ 1 1 0 を有する。このリフレクタ 1 1 0 は後述する各分割領域部 1 1 2 からの出力光の一部を、発光装置 1 0 8 の出射方向に導く機能を有するとともに、パッケージ 1 0 1 の本体としての機能も果たす。尚、リフレクタ 1 1 0 の円錐台形状の上面側は、発光装置 1 0 8 による光の出射方向となり、開口部 1 1 3 を形成している。一方で、リフレクタ 1 1 0 の円錐台形状の下面側は基板 1 0 2 が配置され、詳細は後述するが各半導体発光素子への電力供給のための配線が敷設等されている（当該配線は図 1 4 A には図示せず）。

30

【 0 2 3 8 】

そして、この環状のリフレクタ 1 1 0 の内部の空間を図 1 4 A、図 1 4 B、図 1 5 に示すように均等に二つの領域に分割する間仕切り 1 1 1 が、基板 1 0 2 に対して垂直に設けられている。この間仕切り 1 1 1 によって、リフレクタ 1 1 0 内に 2 つの分割領域部 1 1 2 A、1 1 2 B が画定されるとともに、図 1 4 A、図 1 5 に示すように、分割領域部 1 1 2 A の開口部は、リフレクタ 1 1 0 の開口部 1 1 3 の右半分を占め、分割領域部 1 1 2 B の開口部は、リフレクタ 1 1 0 の開口部 1 1 3 の左半分を占めることになる。本出願においては、分割領域部 1 1 2 A の開口部を、分割開口部 1 1 3 A と称し、分割領域部 1 1 2 B の開口部を、分割開口部 1 1 3 B と称する。即ち、開口部 1 1 3 は、間仕切り 1 1 1 によって分割開口部 1 1 3 A と 1 1 3 B に分割されたことになる。

40

【 0 2 3 9 】

50

この分割領域部 112A、112B には、それぞれ半導体発光素子であり近紫外光を出光とする近紫外半導体発光素子 103A、103B（発光ピーク波長が 350nm 以上 430nm 以下の範囲に属する）がそれぞれ 4 個ずつ設けられている。この近紫外半導体発光素子 103A、103B（これらの近紫外半導体発光素子を包括的に参照する場合は近紫外半導体発光素子 103 と称する。）は、対となる配線 120A、120B（包括的に配線 120 と称する場合もある。）にそれぞれ接続され、電力供給を受けることで発光を行う。尚、各分割領域部での配線 120 への近紫外半導体発光素子 103 の接続は、図 14B に示すように、配線 120A の上に 4 個の近紫外半導体発光素子 103A が実装され、配線 120B の上に 4 個の近紫外半導体発光素子 103B が実装される。そして、各分割領域における 4 個の半導体発光素子 103 は、対応する配線に対して順方向に並列接続されている。

10

#### 【0240】

ここで、近紫外半導体発光素子 103 の基板 102 への実装について、図 16 に基づいて説明する。なお、図 16 に示す近紫外半導体発光素子 103 の実装状態は、第一の実施形態で示した図 1 と実質的に同じ状態であるが、第二の実施形態を説明する上で重要であるので改めて説明する。基板 102 は、近紫外半導体発光素子 103 を含む発光装置 108 を保持するための基部であり、メタルベース部材 102A、メタルベース部材 102A 上に形成された絶縁層 102D、および絶縁層 102D 上に形成された対配線 120C、120D を有している。近紫外半導体発光素子 103 は、相対する底面および上面に一对の電極である p 電極及び n 電極を有しており、対配線 120C の上面に、AuSn の共晶半田 105 を介して近紫外半導体発光素子 103 の底面側の電極が接合されている。近紫外半導体発光素子 103 の上面側の電極は、金属製のワイヤ 106 によって、もう一方の対配線 120D に接続されている。これらの対配線 120C、120D の対で、図 14B に示される一つ対の配線 120A あるいは 120B をなし、各分割領域部の 4 個の近紫外半導体発光素子 103 への電力供給が行われる。

20

#### 【0241】

尚、近紫外半導体発光素子 103 と基板 102 の一对の対配線 120C、120D との電氣的接続は、図 16 に示す形態に限られず、近紫外半導体発光素子 103 における電極の組の配置に応じて適宜方法で行なうことができる。例えば、近紫外半導体発光素子 103 の片面のみに電極の組が設けられている場合は、電極が設けられている面を上に向けて近紫外半導体発光素子 103 を設置し、各組の電極と各対配線 120C、120D とを例えば金製のワイヤ 106 でそれぞれ接続することによって、対配線 120C、120D と近紫外半導体発光素子 103 とを電氣的に接続することができる。また、近紫外半導体発光素子 103 がフリップチップ（フェースダウン）の場合は、近紫外半導体発光素子 103 の電極と対配線 120C、120D とを金バンプや半田で接合することによって電氣的に接続することができる。

30

#### 【0242】

ここで、近紫外半導体発光素子 103 は、電力が供給されることにより近紫外領域（発光ピーク波長 350nm ~ 430nm の領域）の光を発光し、後述する蛍光部 114A、114B（包括的に蛍光部 114 と称する場合もある。）を励起するものである。中でも、GaN 系化合物半導体を使用した GaN 系半導体発光素子が好ましい。なぜなら、GaN 系半導体発光素子は、この領域の光を発するのに、発光出力や外部量子効率が格段に大きく、後述の蛍光体と組み合わせることによって、非常に低電力で非常に明るい発光が得られるからである。GaN 系半導体発光素子においては、Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>N 発光層、GaN 発光層、または In<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>N 発光層を有しているものが好ましい。GaN 系半導体発光素子においては、それらの中で In<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>N 発光層を有するものが、発光強度が非常に強いので、特に好ましく、In<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>N 層と GaN 層の多重量子井戸構造のものが、発光強度が非常に強いので、特に好ましい。

40

#### 【0243】

なお、上記組成式において x + y の値は通常 0.8 ~ 1.2 の範囲の値である。GaN

50

系半導体発光素子において、これら発光層にZnやSiをドーブしたものやドーパント無しのものが発光特性を調節する上で好ましいものである。

【0244】

GaN系半導体発光素子はこれら発光層、p層、n層、電極、及び基板を基本構成要素としたものであり、発光層をn型とp型のAlxGayN層、GaN層、またはInxGayN層などでサンドイッチにしたヘテロ構造を有しているものが、発光効率が高く、好ましく、さらにヘテロ構造を量子井戸構造にしたものが、発光効率がさらに高く、より好ましい。

【0245】

また、GaN系半導体発光素子を形成するためのGaN系結晶層の成長方法としては、HVPE法、MOVPE法、MBE法などが挙げられる。厚膜を形成する場合はHVPE法が好ましいが、薄膜を形成する場合はMOVPE法やMBE法が好ましい。

【0246】

そして、図16に示すように、基板102上には、この近紫外半導体発光素子103から発せられる光の一部を吸収して異なる波長の光を発する複数あるいは単独の蛍光体及び前記蛍光体を封止する透光性材料を含有する蛍光部114が、近紫外半導体発光素子103を覆って設けられている。尚、図16ではリフレクタ110の記載は省略されているが、このような形態もパッケージから構成される半導体発光装置の一形態となり得る。近紫外半導体発光素子103から発せられた光の一部は、蛍光部114内の発光物質（蛍光体）に励起光として一部又は全部が吸収される。より具体的に発光装置108における蛍光部について図15に基づいて説明すると、分割領域部112Aにおいては、蛍光部114Aが近紫外半導体発光素子103Aを覆い、且つその蛍光部114Aは分割開口部113Aにて露出される。また、分割領域部112Bにおいては、蛍光部114Bが近紫外半導体発光素子103Bを覆い、且つその蛍光部114Bは分割開口部113Bにて露出される。従って、各蛍光部からの出力光は、各分割開口部から外部に出射される。

【0247】

次に、蛍光部114について説明する。本実施例に係る発光装置108は、白色光を出力することを目的とし、特に、発光装置108の発光色が、UCS(u、v)表色系(CIE1960)のuv色度図において、黒体輻射軌跡からの偏差d<sub>uv</sub>が、-0.02 < d<sub>uv</sub> < 0.02を満たすように、赤色蛍光体、緑色蛍光体、青色蛍光体の3数種の蛍光体を採用する。具体的には以下に挙げられるものを使用することができる。

【0248】

本発明に好適な赤色蛍光体が発する蛍光の具体的な波長の範囲を例示すると、主発光ピーク波長が通常570nm以上、好ましくは580nm以上、特に好ましくは610nm以上であり、また、通常700nm以下、好ましくは680nm以下、特に好ましくは660nm以下である。また、主発光ピークの半値幅は、通常1nm以上、好ましくは10nm以上、特に好ましくは30nm以上であり、また通常120nm以下、好ましくは110nm以下、特に好ましくは100nm以下である。採用し得る赤色蛍光体については、上述の第一の実施形態に示した通りである。但し、これは一例であり、好ましい特性が得られるのであれば、上記以外の赤色蛍光体も採用可能である。

【0249】

本発明に好適な緑色蛍光体が発する蛍光の具体的な波長の範囲を例示すると、主発光ピーク波長が通常500nm以上、好ましくは510nm以上、特に好ましくは520nm以上であり、また、通常580nm以下、好ましくは570nm以下、特に好ましくは560nm以下である。また、主発光ピークの半値幅が通常1nm以上、好ましくは10nm以上、特に好ましくは30nm以上であり、また、通常120nm以下、好ましくは90nm以下、特に好ましくは60nm以下である。採用し得る緑色蛍光体については、上述の第一の実施形態に示した通りである。但し、これは一例であり、好ましい特性が得られるのであれば、上記以外の緑色蛍光体も採用可能である。

【0250】

10

20

30

40

50

本発明に好適な青色蛍光体が発する蛍光の具体的な波長の範囲を例示すると、主発光ピーク波長が通常430nm以上、好ましくは440nm以上であり、また、通常500nm以下、好ましくは480nm以下、特に好ましくは460nm以下である。また、主発光ピークの半値幅が通常1nm以上、好ましくは10nm以上、特に好ましくは30nm以上で有り、また通常100nm以下、好ましくは80nm以下、特に好ましくは70nm以下である。採用し得る青色蛍光体については、上述の第一の実施形態に示した通りである。但し、これは一例であり、好ましい特性が得られるのであれば、上記以外の青色蛍光体も採用可能である。

#### 【0251】

なお、上述の赤色、緑色、青色蛍光体は、所望の発光スペクトル、色温度、色度座標、演色性、発光効率などに応じて適宜組み合わせて用いてもよい。

10

#### 【0252】

本発明の発光装置108は、上述の近紫外半導体発光素子103および蛍光体を含む蛍光部114を備えていればよく、そのほかの構成は特に制限されない。近紫外半導体発光素子103および蛍光部114は、通常、近紫外半導体発光素子103の発光によって蛍光体が励起されて発光を生じ、この発光が、外部に取り出されるように配置されることになる。このような構造を有する場合、上述の近紫外半導体発光素子103および蛍光体は、通常は透光性材料（封止材料）で封止保護される。具体的には、この封止材料は、上記蛍光部114に含まれることで蛍光体を分散させて発光部分を構成したり、近紫外半導体発光素子103、蛍光体および基板102間を接着したりする目的で採用される。

20

#### 【0253】

そして、使用される透光性材料としては、通常、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、光硬化性樹脂等が挙げられるが、近紫外半導体発光素子103はその出力光のピーク波長が350nm～430nmの近紫外領域にあるため、その出力光に対して十分な透明性と耐久性のある樹脂が封止材料として好ましい。具体的な封止材料については、上述の第一の実施形態で示した通りである。

#### 【0254】

##### <製造方法>

次に、上述した発光装置108の製造方法について、本発明の第三の実施例として図17および図18に基づいて説明する。まず、図17(a)に示すように、リフレクタ110を基板102の上に配置する。尚、リフレクタ110の取り付けられる位置は、後に設置される近紫外半導体発光素子103とリフレクタ110との相対位置関係が適切な状態となるように、即ち近紫外半導体発光素子103による発光が、蛍光部114を励起し、その出力光が外部に適切に出射されるように決定されている。次に、基板102に取り付けられたリフレクタ110に対して、間仕切り111を設置する。この間仕切り111は、リフレクタ110を等分割する位置に設置される。これにより、二つの分割領域部112A、112Bが画定されることになる。

30

#### 【0255】

尚、リフレクタ110に予め間仕切り111が備わっているものを、基板102に取り付けても良い。またリフレクタ110はメタルでも表面をメタライズした樹脂成形体あるいはセラミックでも良い。基板102へのリフレクタ110の取り付けはメタルであれば銀蝋づけ、樹脂等であれば接着剤で固着すればよい。特に、メタルの場合は対の配線120がショートしないように留意する。この場合は、配線120上に絶縁性レジストを設けるのがよい。また銀蝋付け部は配線120とは別に基板102上にメタル部位を設けておくことによる。

40

#### 【0256】

次に、間仕切り111で区切られて形成された分割領域部112A、112Bに、それぞれ近紫外半導体発光素子103A、103Bを、基板102上の配線120に対して上述した接続関係となるように実装し、その後、ディスペンサ140によって各分割領域部に、それぞれに対応した蛍光体と封止材料が混合されたペースト状の発光部用の材料を流

50

し込み、それらを固める。この工程により、発光装置 108 が製造される。

【0257】

また、図 18 には、図 17 とは異なる発光装置 108 の製造方法の概略を記載している。まず、図 18 (a) に示すように、ディスペンサ 140 を用いて、基板上にリフレクタに相当する環状の側壁 200 を描画する。このときディスペンサ 140 から吐出されるのは、ペースト状の熱硬化性または UV 硬化性の樹脂材料である。好適には、無機フィラーを含有させたシリコン樹脂が採用できる。このペースト状の樹脂材料は比較的粘性が高いため、ディスペンサ 140 から吐出された直後の側壁 200 の高さは 0.5 ~ 1 mm 程度になる。尚、環状の側壁 200 の基板上における位置については、上記したとおりである。

10

【0258】

次に、図 18 (b) に示すように環状の側壁 200 を均等に二分割する位置に間仕切りに相当する仕切り部 210 が、ディスペンサ 140 によって描画される。この仕切り部 210 の描画に使用されるのは、上記側壁 200 の描画に用いた樹脂材料と同じ材料である。仕切り部 210 の描画が終了すると、側壁 200 と合わせて加熱されることで、側壁 200 と仕切り部 210 で使用されている樹脂材料が硬化される。これにより、側壁 200 と仕切り部 210 とで囲まれた領域である分割領域部 112 A、112 B が二つ画定されることになる。

【0259】

その後、仕切り部 210 で区切られて形成された分割領域部 112 A、112 B に、それぞれ近紫外半導体発光素子 103 A、103 B を、基板上の配線に対して上述した接続関係となるように実装し、その後、ディスペンサ 140 によって各分割領域部に、それぞれに対応した発光体と封止材料が混合されたペースト状の発光部用の材料を流し込み、それらを固める。この工程により、発光装置 108 が製造される。

20

【0260】

< 電力供給制御 1 >

ここで、発光装置 108 の近紫外半導体発光素子 103 への電力供給の制御について説明する。発光装置 108 において図 14 B に示す配線形態が採用される場合、二つの分割領域部 112 のそれぞれに設置された半導体発光素子 103 A、103 B に対して、配線 120 A と配線 120 B を介して電力供給を行うことで、各分割領域部からの発光色の強度が調整され、最終的に発光装置 108 の照射光の相関色温度が制御されることになる。すなわち、配線 120 A を介して供給される電力と、配線 120 B を介して供給される電力の比率を調整することで、発光装置 108 の照射光の相関色温度を任意に制御可能である。

30

【0261】

次に、発光装置 108 への電力供給の別の形態について、図 19 ~ 図 21 に基づいて説明する。当該電力供給の制御が適用されるパッケージ 101 は、図 19 に示すように構成されるパッケージである。図 19 は、図 14 B と同様に、パッケージ 101 に設けられた半導体発光素子 103 A、103 B に電力を供給する配線 120 A、120 B の実装状態を示す図である。尚、図 19 に示すパッケージ 101 において図 14 A、図 14 B、図 15 に示す構成と同一のものに関しては、同一の参照番号を付すことでその詳細な説明を省略する。ここで、図 19 に示すパッケージ 101 では、図 14 A、図 14 B に示すパッケージ 101 とは異なり、分割領域部 112 A 及び 112 B への電力供給が、各近紫外半導体発光素子 103 の対となる配線 120 E のみ、即ち、一対の配線 120 E のみで行われる点である。

40

【0262】

ここで、図 20 に、図 19 に示すパッケージ 101 での各近紫外半導体発光素子 103 と配線 120 E への接続を模式的に示す。上述のように配線 120 E は、対の配線 120 E 1 と 20 E 2 によって形成され、この対の配線から各近紫外半導体発光素子 103 の p 電極および n 電極に電圧印加が為される。ここで、分割領域部 112 A に備えられる全て

50

の近紫外半導体発光素子 103A (図 20 においては、2 個の半導体発光素子のみ簡略表記されている。)の p 電極は、配線 120E1 に接続され、一方で、全ての近紫外半導体発光素子 103A の n 電極は、配線 120E2 に接続されている。また、分割領域部 112B に備えられる全ての近紫外半導体発光素子 103B (図 20 においては、2 個の半導体発光素子のみ簡略表記されている。)の p 電極は、配線 120E2 に接続され、一方で、全ての近紫外半導体発光素子 103B の n 電極は、配線 120E1 に接続されている。即ち、配線 120E に対する近紫外半導体発光素子 103 の接続状態について、分割領域部 112A に属する近紫外半導体発光素子 103A と、分割領域部 112B に属する近紫外半導体発光素子 103B とでは、半導体発光素子電極の極性が反転状態となっている。

#### 【0263】

このように近紫外半導体発光素子 103A、103B と、配線 120E が接続された場合、電源 30 によって配線 120E に対して交流矩形波電圧を印加すると、近紫外半導体発光素子 103A と近紫外半導体発光素子 103B とが交互に発光することになる。一般に半導体発光素子は素子当たり 10mA ~ 40mA の定電流を順方向に流したとき順方向降下電圧が 3V ~ 4V 程度存在するため、図 21 (a) に示すようなこの順方向降下電圧を超える矩形波電圧を印加するのが好ましい。本実施例では、印加電圧が H1 にあるときは近紫外半導体発光素子 103A の順方向に電圧が印加され、印加電圧が L1 にあるときは近紫外半導体発光素子 103B の順方向に電圧が印加されることになる。

#### 【0264】

ここで、図 21 (a) に示す矩形波形では、印加電圧 H1 時間と印加電圧 L1 時間の比 (デューティ) が 50 : 50 とされているため、近紫外半導体発光素子 103A と近紫外半導体発光素子 103B の発光時間は同程度となる。従って、分割領域部 112A と 112B のそれぞれからの出力光の光量が同程度となり、結果的に発光装置 108 の出力光を、その色温度が図 18 に示す 2600K と 9000K の中間の色温度 (約 5800K) であって、黒体輻射軌跡 BBL からの偏差  $duv$  が上述の範囲に収まる出力光とすることができる。

#### 【0265】

一方で、図 21 (b) に示す矩形波形では、上記デューティが 80 : 20 とされているため、近紫外半導体発光素子 103A と近紫外半導体発光素子 103B の発光時間の比は 4 : 1 となる。従って、分割領域部 112A と 112B のそれぞれからの単位時間当たりの出力光の発光強度も 4 : 1 となり、結果的に発光装置 108 の出力光を、その色温度が図 18 に示す 2600K と 9000K の間の色温度であって 4 : 1 の比率に従って決まる色温度 (約 3900K) であって、黒体輻射軌跡 BBL からの偏差  $duv$  が上述の範囲に収まる出力光とすることができる。

#### 【0266】

このように本実施例に係る発光装置 108 では、配線 120E に矩形波電圧を印加しそのデューティを制御することで、発光装置 108 からの出力光の色温度を自在に調整することが可能である。そして、この出力光は図 19 等に示す構成を有する発光装置 108 から出力されるため、各分割領域部からの出力光の合成が安定して行われる。

#### 【0267】

##### < 電力供給制御 2 >

次に、発光装置 108 への電力供給の別の形態について、図 22 に基づいて説明する。当該電力供給の制御が適用されるパッケージ 101 は、図 14B 又は図 19 に示した何れの構成のパッケージでもよい。

#### 【0268】

各分割領域部 112 からの発光色の相関色温度は、それぞれに設置されている半導体発光素子 113A、113B と、蛍光部 114A、114B の関係で決まる。そして、上述したように、各分割領域部 112 に対応する半導体発光素子への供給電力の比率によって、発光装置 108 としての照射光の相関色温度が決定されることになる。ここで、照射光の相関色温度は、一般に単位を K (ケルビン) として定義されるが、この相関色温度の値

10

20

30

40

50



が変動しても、人間の視覚に対しては当該変動に比例した刺激を与えることにはならない。すなわち、相関色温度における500Kの変動であっても、例えば電球色程度の2800Kからの変動と、昼光色程度の6500Kからの変動では、人間の視覚にとっては同程度の変動、すなわち比例的な変動幅とは認識されない。一般的な傾向としては、人間の視覚においては、相関色温度が比較的高い状態からの変動は、比較的低い状態からの変動よりも小さく認識される。

#### 【0269】

そこで、このような相関色温度の値の変動と、人間の視覚における変動とのずれを補うパラメータとして逆数相関色温度を利用して、発光装置108への電力供給を制御する。これにより、発光装置108の発光色の相関色温度を、人間の視覚に沿って容易に制御することが可能となる。この逆数相関色温度は、発光色の相関色温度の逆数に100万を乗じた $MK^{-1}$ （毎メガケルビン）として定義され、発光色の逆数相関色温度の変動と、人間の視覚における変動とが概ね比例的な関係を有する。例えば、3000Kの相関色温度と6000Kの相関色温度において、人間の視覚に対して同程度の変動を認識させるためには、後者の方を前者よりも二倍程度大きく相関色温度で変動させる必要がある。

#### 【0270】

ここで、上記逆数相関色温度に従った発光装置108への電力供給制御について、図22に基づいて説明する。S101では、ユーザからの発光色の相関色温度の調整に関する要求を受け付ける。この要求の受け付けは様々な形態が採用できる。次に、S102では、S101で受け付けた要求に従って、逆相関色温度に基づく半導体発光素子103Aと103Bに供給される電力の比率を決めるデューティ比が決定される。例えば、ユーザから相関色温度の変更が指示されると、変更前の相関色温度の値が高い程、相関色温度が比較的高い分割領域の半導体発光素子に供給される電力の増加幅が大きくなるように、当該デューティ比が決定される。すなわち、変更前の相関色温度の値が高いということは、その逆数相関色温度は低くなるため、変更前の相関色温度の値が比較的低い場合よりも相関色温度の変動幅を大きくすることで、その比較的低い場合と同程度の刺激をユーザの視覚に対して与えることができる。S102の処理後はS103へ進み、決定されたデューティ比に従って、各半導体発光素子への電力供給が行われる。

#### 【0271】

また、発光装置108の発光色の調整方法として、上記逆数相関色温度を基準にして、その値が所定量ずつ変化するように、各半導体発光素子に電力を供給してもよい。この場合、各分割領域部からの発光色の相関色温度自体は比例的に変動はしないが、逆数相関色温度が比例的に変動することで、人間の視覚に対しては、同程度の色温度の変動に相当する刺激が与えられることになる。

#### 【0272】

また、逆数相関色温度に基づいた発光装置108の発光色の調整方法において、当該逆数相関色温度が、供給電力の変化に対する相関色温度の変化が所定量以上となるように、すなわち、電力供給が、人間の視覚が色温度の変化と認識できる状態に帰結するように設定された範囲の値としてもよい。人間の視覚においては、相関色温度の小規模の変化は色温度の変化として認識されないため、発光装置108への電力供給の効果をユーザに認識させるために、逆数相関色温度に基づいて電力供給を行うことは有用である。

#### 【0273】

##### <実施例>

上述したように構成される発光装置108において行われる白色光の照射の実施例について、以下に説明する。発光装置108は、間仕切り111で分割された二つの分割領域部112A、112Bにそれぞれ、4個の近紫外半導体発光素子103を光源とする近紫外光によって励起される蛍光部114が設けられ、且つリフレクタ110の内部において二つの分割領域部112A、112Bが、その出力光の出射口、即ち分割開口部113A、113Bを並べて一体的に設けられている。そして、各蛍光部114A、114Bからの出力光である白色光は、それぞれ分割開口部113A、113Bから外部に出射される

。ここで、この分割開口部から放出される各白色光は、蛍光体を含む蛍光部 114 を介して得られるため、近紫外半導体発光素子 103A、103B からの出力光が十分に散乱され、配光がランバertian 的となり出射される。これにより、上記 3 種類の蛍光体からの一次光を合成して白色にすることができると共に、均一な白色が得られるため、発光装置 108 が発する合成光においては均一な白色光と照度が得られることになる。

#### 【0274】

ここで、分割領域部 112A から出力される白色光（以下、「白色光 A」と言う。）と分割領域部 112B から出力される白色光（以下、「白色光 B」と言う。）のスペクトルは、互いに異なるように、蛍光部 114A に含まれる蛍光体と蛍光部 114B に含まれる蛍光体とが適宜選択される。また、白色光 A、B に対応する  $x, y$  色度図（CIE 1931）上の色度点を  $W_L$ 、 $W_H$  で表すものとする、図 23、図 24 に示すように、色度点  $W_L$  の相関色温度は 2600 K、色度点  $W_H$  の相関色温度は 9000 K とする。また、色度点  $W_L$  は、黒体輻射軌跡 BBL からの偏差  $duv$  が +0.005 であり、色度点  $W_H$  は、黒体輻射軌跡 BBL からの偏差  $duv$  が +0.01 であるとする。尚、図 24 は、図 23 の要部拡大図であり、図中に示されている黒体輻射からの偏差の範囲  $-0.02 \leq duv \leq 0.02$  は、UCS 表色系（CIE 1960）から  $x, y$  色度図（CIE 1931）上へ変換したものである。

#### 【0275】

上記の場合において、分割領域部 112A からの白色光 A と分割領域部 112B からの白色光 B の相関色温度が異なるように設定し、且つ白色光 A、B に対応する色度点それぞれの黒体輻射軌跡 BBL からの偏差  $duv$  を  $-0.02 \leq duv \leq 0.02$  に収めることで、発光装置 108 の出力光が実質的に黒体輻射軌跡 BBL に沿っているといつてよく、且つ各分割領域部に設けられた近紫外半導体発光素子 103A、103B の光出射時間、駆動電流値または電力量といった駆動条件を制御することで、白色光 A、B ごとにそのエネルギー比を自由に变化させ、発光装置 108 の最終的な出力光である合成光の色度点を、上記色度点  $W_L$  と色度点  $W_H$  とを結ぶ直線上の任意の色度点に対応する相関色温度に調整することができる。即ち、発光装置 108 においては、配線 120A、120B を介して、対応するそれぞれの分割領域部 112A、112B に設けられた近紫外半導体発光素子 103 への供給電力をそれぞれ制御することで、発光装置 108 の出力光である合成光の相関色温度を 2600 K から 9000 K の間の任意の値に調整でき、且つその合成光の色度点は実質的に黒体輻射軌跡 BBL に沿っているため、人間の視覚に対して極めて自然に近い白色光を提供し、且つ 2600 K から 9000 K にわたって色温度を自在に可変することが可能となる。

#### 【0276】

ここで、近紫外半導体発光素子 103A、103B の駆動制御の一例として、電流可変の定電流電源を 2 系統用いたものがあり、近紫外半導体発光素子 103A、103B へ独立に電力供給することにより、各々の入力電流を制御することで色温度の可変が実現される。即ち 2600 K 側の電力のみ供給し、9000 K 側をオフすれば発光装置 108 からは 2600 K の光のみが出射され、逆に 9000 K をオン 2600 K をオフすれば発光装置 108 からは 9000 K の光が出射される。9000 K から 2600 K の間の相関色温度を発光装置 108 から出射させる場合には適宜双方の電流量を調整することで実現できる。

#### 【0277】

また、発光装置 108 において合成光としての白色光を出力するために、上述までの実施例では、近紫外半導体発光素子 103 と赤色、緑色、青色蛍光体を組合せ、それを各分割領域部 112 に図 14A 等 に示すように配置した。勿論、白色光を出力するために、その他の半導体発光素子と蛍光体の組合せを採用し、各分割領域部 112 に配置するようにしてもよい。そこで、上述までの近紫外半導体発光素子 103 と赤色、緑色、青色蛍光体との組合せを組合せ A とすると、それ以外の白色光が得られる組合せとして、青色半導体発光素子と赤色、緑色蛍光体との組合せ（組合せ B）、青色半導体発光素子と黄色蛍光体

との組合せ（組合せC）も、図14A等に示す分割領域部112に配置可能である。組合せBおよびCによって白色光を出力する技術そのものは公知のものであるので、それらの詳細な説明は省略する。

#### 【0278】

ここで、上記組合せA、B、Cにおいて、蛍光体の濃度を調整することで得られる白色光の色温度と、その発光効率との相関を図25に示す。図25の横軸は色温度（K）を表し、縦軸は発光効率（lm/W）を表す。そして、図中の線LAは組合せAに対応し、線LBは組合せBに対応し、線LCは組合せCに対応している。図25から分かるように、上記3つの組合せの中で、組合せAに対応する線LAの傾きが最も小さく、ほぼ水平な直線状態になっており、組合せCに対応する線LCの傾きが最も大きくなっている。この各直線の傾きが大きくなるほど、色温度を変化させようとするとき、その発光効率が大きく変動することを意味する。

10

#### 【0279】

従って、該直線の傾きの増大は、色温度を変化させたとき、半導体発光素子に供給する電力が一定のままであれば、当該半導体発光素子の輝度が大きく変動することを意味する。換言すると、該直線の傾きが比較的大きいときは、輝度を安定化させるために半導体発光素子への供給電力も確実に制御する必要性が高くなり、その結果発光装置108の駆動制御全体が煩雑になる可能性が高い。従って、安定した輝度の発光装置108を構成するためには、可及的に図25に示す直線の傾きが小さい組合せ、即ち近紫外半導体発光素子103と対応する三色の蛍光体の組合せAを採用することが好ましい。但し、このことは、本発明に係る発光装置108に、組合せB、Cやその他の半導体発光素子と蛍光体の組合せを適用することを排除するものではない。

20

#### 【0280】

尚、組み合わせB、Cにおいての白色化は蛍光体励起源である青色半導体発光素子の光そのものを青色光として混色に利用しているがために、低色温度領域を出すために赤や緑あるいは黄色の蛍光体量を増加させ青色光の占める割合を減ずる必要がある。また、青色光は蛍光体変換光より効率がよいため、青色光の占める割合が減るほど効率が落ちることになる。一方、組み合わせAのごとく近紫外半導体発光素子を用いた場合、近紫外光は殆ど白色化には寄与せず大半が蛍光体の励起に使用され白色化はもっぱら青、緑、赤の蛍光体変換光となる。従って、色温度を変化させるために蛍光体の組成比を変えても発光効率には大きく影響が現れない。

30

#### 【0281】

このように本実施例に係る発光装置108によれば、色温度が2600Kと9000Kの間の色温度となる白色光を容易に出力することが可能であり、また、図15等に示す構造を採用することにより、各分割領域部112からの出力光の合成光が、照射面で分離する虞を十分に抑制することが可能である。

#### 【0282】

なお、上記の実施例では、環状のリフレクタ110を二つの分割領域部に分割したが、その分割数を三つ以上にしてもよい。このとき、各分割領域部の分割開口部が、リフレクタ110の開口部の何れかの位置で開口する必要がある。また、各分割領域部の大きさを均等にする必要は必ずしもなく、発光装置の出力光に求められるスペックに応じて適宜調整してもよい。ここで、各分割領域部からの出力光を白色光とするときは、上記の実施例のように各分割領域部からの出力光の色度点の黒体放射軌跡BBLからの偏差 $d_{uv}$ が、 $-0.02 \leq d_{uv} \leq 0.02$ の範囲内に収まるようにするのが好ましい。これにより、より黒体放射軌跡BBLに沿った色温度の制御が可能となる。

40

#### 【0283】

尚、分割領域部の数が三つ以上となるときは、各分割領域部への供給電力を制御することで、図24に示す $x-y$ 色度図上の各分割領域部からの出力光に対応する色度点を結ぶ複数の直線で囲まれた三角形領域の任意の色度点に対応する相関色温度を有する出力光を発光装置108が出力することができる。

50

## 【 0 2 8 4 】

また、上述までの実施例においては、発光装置 1 0 8 の出力光を白色光とすることを前提としているが、この白色光に限らず、目的に応じた様々な色の光、例えば赤色、青色等を出力すべく、分割領域部に配置される半導体発光素子および蛍光体を適宜選択することが可能である。

## 【 0 2 8 5 】

## &lt; 照明装置 &gt;

上述までの発光装置 1 0 8 を利用して、対象物の照明を行う照明装置を構成することも可能である。例えば、発光装置 1 0 8 を一面に複数個並べ、各発光装置 1 0 8 の出力光の出射方向を対象物に向くように設定すればよく、その一例を図 2 6 ~ 図 2 8 に示す。これらの図に示す照明装置を構成することで、そこから照射される照明光の、照射面における分離を低く抑えることができる。

## 【 0 2 8 6 】

図 2 6 には、上記発光装置 1 0 8 に相当する発光モジュールの概略構成が示されている。発光モジュールには、外形 8 mm x 8 mm x t 1 . 5 mm の内部を 2 つに分割したセラミック製表面実装型パッケージを用いられた。このパッケージ内で 2 つに分割された領域が、上記の分割領域部 1 1 2 に相当する。この発光モジュールで使用される半導体発光素子、蛍光体、封止材料（透光性材料）は以下の通りである。

## &lt; 半導体発光素子 &gt;

ピーク波長が 4 0 5 nm、半値幅 3 0 nm、サイズ 3 5 0 μ m x 3 5 0 μ m 方形、サファイア基板上に作製した Ga N 系発光ダイオード（LED）を用いた。

## &lt; 蛍光体 &gt;

青色蛍光体： $Ba_{0.7}Eu_{0.3}MgAl_{10}O_{17}$ 、主発光ピークのピーク波長 4 5 7 nm、重量メジアン径 1 1 μ m

緑色蛍光体： $Ba_{1.39}Sr_{0.46}Eu_{0.15}SiO_4$ 、主発光ピークのピーク波長 5 2 5 nm、重量メジアン径 2 0 μ m

赤色蛍光体： $(1-x)Ca_{0.9925}Eu_{0.0075}AlSiN_3 \cdot xSi_2N_2O$ （ $x = 0.09 \sim 0.12$ ）、主発光ピークのピーク波長 6 3 8 nm、重量メジアン径 1 3 μ m を用いた。

## &lt; 封止部材 &gt;

蛍光体を分散する封止部材には一液性透明シリコン樹脂を用いた。

## 【 0 2 8 7 】

図 2 6 に示すパッケージに設けられた 2 分割領域それぞれには、近紫外 LED が 4 ケずつ実装された。パッケージは各 4 ケが並列配線され、2 分割領域で別々に通電できるようになっている。すなわち、上述した図 1 4 B に示す配線の形態が採用されている。パッケージの 2 分割の一方の領域には低色温度（3 0 0 0 K）でかつ黒体輻射軌跡 B B L からの偏差  $duv$  が、 $-0.02 \leq duv \leq 0.02$  の範囲内に収まる様に混合比率を調整した蛍光体を分散した封止部材を入れ、もう一方の領域には高色温度（6 5 0 0 K）でかつ黒体輻射軌跡 B B L からの偏差  $duv$  が、 $-0.02 \leq duv \leq 0.02$  の範囲内に収まる様に混合比率を調整した蛍光体を分散した封止部材を入れ、加熱硬化させた。

## 【 0 2 8 8 】

図 2 6 に示す照明モジュールにおいて、全光束、演色性（Ra）、色温度等のデータを取得した。当該照明モジュールの測定には、モジュール全体に大型の積分球を用いた。発光スペクトルはマルチチャンネル分光器で分光解析し、全光束、演色性（Ra）、色温度等のデータを取得した。LED 光源の通電は全体で電流値を一定とし、2 分割領域のそれぞれに電流を振り分けることにより、低色温度領域と高色温度領域の発光出力を変化させて、照明モジュールとして 3 0 0 0 K から 6 5 0 0 K の範囲の色温度になるように調整した。

## 【 0 2 8 9 】

測定結果を下記表 2 および図 2 7、図 2 8 に示す。代表的な色温度、3 0 0 0 K、4 5

10

20

30

40

50

00 K、6500 Kの各色温度での全光束はそれぞれ、136 lm、131 lm、128 lmと全ての色温度範囲で全光束が一定である。また、3000 K、4500 K、6500 Kの各色温度での平均演色評価数 Ra はそれぞれ、94、98、97と全ての色温度範囲で演色性が高く維持されている。このように近紫外 LED と RGB 蛍光体を組み合わせる構成された LED 光源を用いた上記照明モジュールにおいては、3000 K ~ 6500 K の色温度範囲で、全光束（発光効率）の変化が少なく、平均演色評価数 Ra も高く維持されており、照明装置として優れていることがわかった。

【表 2】

	6500K	6000K	5500K	5000K	4500K	4000K	3500K	3000K
色度 x	0.310	0.321	0.331	0.346	0.361	0.381	0.408	0.443
色度 y	0.332	0.340	0.347	0.357	0.368	0.382	0.401	0.425
全光束 (lm)	128	127	128	129	130	132	133	136
平均演色評価数 Ra	97	97	97	97	98	98	97	94

10

## 【0290】

また、図 29 には、半導体発光装置から出射される光の相間色温度が 3000 K から 6500 K の間で変化するときの、その発光スペクトルの波長と発光強度の相関を数値化して示している。この数値は、相間色温度が 4500 K で発光スペクトルの波長が 550 nm の際の発光強度の値を基準値（= 1.00）とした場合の、各条件化における発光強度を相対的に示すものである。そして、図 29 に示すように、半導体発光装置から出射される光の相間色温度が 3000 K から 6500 K の間で変化するとき、出射光の発光強度の変化率の絶対値は、10% の範囲に収まっている。すなわち、半導体発光素子、蛍光体、封止部材、パッケージを適宜組み合わせることにより、前記条件での発光強度の変化率は、その絶対値が、発光スペクトルの波長が 540 nm ~ 560 nm の範囲で 10% に収まる半導体発光装置を得ることができる。蛍光体の具体的組み合わせとしては、上記の青色蛍光体： $\text{Ba}_{0.7}\text{Eu}_{0.3}\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}$ 、緑色蛍光体： $\text{Ba}_{1.39}\text{Sr}_{0.46}\text{Eu}_{0.15}\text{SiO}_4$ 、赤色蛍光体： $(1-x)\text{Ca}_{0.9925}\text{Eu}_{0.0075}\text{AlSiN}_3 \cdot x\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$ （ $x = 0.09 \sim 0.12$ ）の組み合わせの他、緑色蛍光体としては、 $\text{Ba}_3\text{Si}_6\text{O}_{12}\text{N}_2:\text{Eu}$  等が、赤色蛍光体としては、 $\text{Sr}_{0.792}\text{Ca}_{0.2}\text{AlSiEu}_{0.008}\text{N}_3$ 、 $\text{CaAlSiN}_3:\text{Eu}$  等を組み合わせることもできる。

20

30

## 【0291】

このように、半導体発光装置から出射される光の相間色温度が 3000 K から 6500 K に変化するとき、その発光スペクトルの波長の 540 ~ 560 nm の波長範囲において、発光強度の変化率の絶対値が 10% の範囲に収まるように調整することで、図 25 に示す通り、半導体発光素子に供給する電流が一定であっても、当該半導体発光素子の輝度の変化を小さく抑えることができ、輝度安定性を高めることができる。この波長範囲が 540 nm ~ 560 nm である出射光は、人間の視覚に対して最も明るさの刺激を与えるものであるから、この波長範囲での輝度安定性は極めて有用であることが理解できる。

40

## 【図面の簡単な説明】

## 【0292】

【図 1】本発明の実施形態 1 による固体発光装置の模式的断面図である。

【図 2 A】本発明の実施形態 2 による固体発光装置の模式的斜視図である。

【図 2 B】図 2 A に示す固体発光装置の分解斜視図である。

【図 3】LED の構造軸を説明する図である。

【図 4】(a) ~ (d) は、本発明の照明装置における固体発光装置の配置例を示す模式図である。

【図 5】(a) ~ (d) は、本発明の照明装置における固体発光装置の配置例を示す模式

50

図である。

【図 6】本発明の照明装置における固体発光装置の配置例を示す模式図である。

【図 7】本発明の照明装置における固体発光装置の配置例を示す模式図である。

【図 8】本発明において相関色温度の異なる 2 種類の固体発光装置を有する場合の、黒体輻射軌跡と相関色温度との関係の一例を示す  $x-y$  色度図である。

【図 9】図 8 に示す  $x-y$  色度図の要部拡大図である。

【図 10】黒体輻射軌跡と相関色温度との関係の他の例を示す  $x-y$  色度図の要部拡大図である。

【図 11】本発明において相関色温度の異なる 3 種類の固体発光装置を有する場合の、黒体輻射軌跡と相関色温度との関係の一例を示す  $x-y$  色度図の要部拡大図である。

【図 12】P W M 制御によって半導体発光素子のエネルギー比を制御する場合の回路図の一例である。

【図 13】固体発光装置が P W M 制御される複数の発光部を有する照明装置の一例のブロック図である。

【図 14 A】本発明の実施例に係る第一の半導体発光装置の概略構成の斜視図である。

【図 14 B】図 14 A に示すパッケージ内の半導体発光素子に電力を供給する配線の実装状態を示す図である。

【図 15】図 14 A、図 14 B に示す半導体発光装置の断面図である。

【図 16】図 14 A、図 14 B に示す半導体発光装置での半導体発光素子と基板との接続関係を示す図である。

【図 17】本発明の実施例に係る半導体発光装置の製造工程を示す第一の図である。

【図 18】本発明の実施例に係る半導体発光装置の製造工程を示す第二の図である。

【図 19】パッケージ内の半導体発光素子に電力を供給する配線の実装状態を示す第二の図である。

【図 20】図 19 に示すパッケージにおいて、各半導体発光素子の電極と配線との接続関係を示す図である。

【図 21】図 19 及び図 20 に示す半導体発光装置の電極に印加される矩形波電圧の例を示す図である。

【図 22】半導体発光装置への電力供給の制御のフローチャートである。

【図 23】本発明の実施例に係る半導体発光装置において、各分割領域部からの出力光に設定される白色光の色度点と黒体輻射軌跡との関係を示す図である。

【図 24】図 23 に示す白色光の色度点と黒体輻射軌跡との関係についての要部拡大図である。

【図 25】本発明の実施例に係る半導体発光装置において採用が可能な、各種半導体発光素子と蛍光体との組み合わせについて、出力光の色温度と発光効率との相関関係を示す図である。

【図 26】本発明の実施例に係る半導体発光装置で構成される発光モジュールの概略構成を示す図である。

【図 27】図 26 に示す発光モジュールの発光スペクトルの測定結果を示す図である。

【図 28】図 26 に示す発光モジュールの色度図である。

【図 29】図 26 に示す発光モジュールにおける、出射光の波長と相関色温度に関する所定の条件化での発光強度の相関を示す図である。

【符号の説明】

【0293】

1・・・LED ランプ

2・・・配線基板

3・・・LED

4・・・蛍光体含有部

6・・・ワイヤー

10・・・固体発光素子モジュール

10

20

30

40

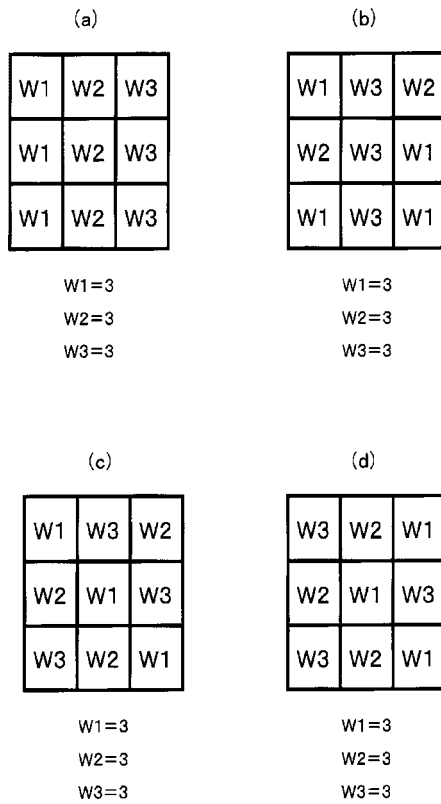
50

1 1 . . . . 基 部	
1 2 . . . . 固 体 発 光 素 子	
2 0 . . . . 蛍 光 体 モ ジ ュ ー ル	
2 1 . . . . 基 部	
2 2 . . . . 蛍 光 体 含 有 部	
3 5 . . . . 発 光 部	
3 6 . . . . P W M 制 御 回 路	
3 7 . . . . 発 光 部 制 御 回 路	
1 0 1 . . . . パ ッ ケ ー ジ	
1 0 2 . . . . 基 板	10
1 0 3、1 0 3 A、1 0 3 B . . . . 近 紫 外 半 導 体 発 光 素 子	
1 0 5 . . . . 共 晶 半 田	
1 0 6 . . . . ワ イ ヤ ー	
1 0 8 . . . . 半 導 体 発 光 装 置 ( 発 光 装 置 )	
1 1 0 . . . . リ フ レ ク タ	
1 1 1 . . . . 間 仕 切 り	
1 1 2、1 1 2 A、1 1 2 B . . . . 分 割 領 域 部	
1 1 3 . . . . 開 口 部	
1 1 3 A、1 1 3 B . . . . 分 割 開 口 部	
1 1 4、1 1 4 A、1 1 4 B . . . . 蛍 光 部	20
1 2 0、1 2 0 A、1 2 0 B、1 2 0 E . . . . 配 線	
1 2 0 C、1 2 0 D . . . . 対 配 線	
1 3 0 . . . . 電 源	
1 4 0 . . . . デ ィ ス ペ ン サ	
2 0 0 . . . . 側 壁	
2 1 0 . . . . 仕 切 り 部	

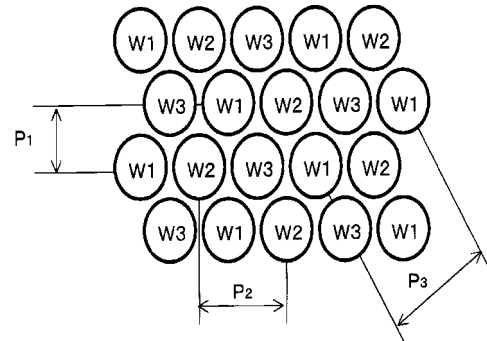




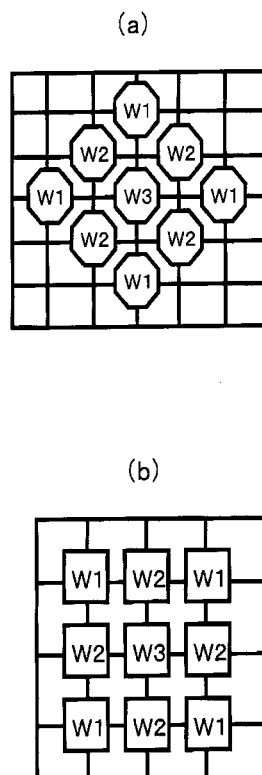
【図 5】



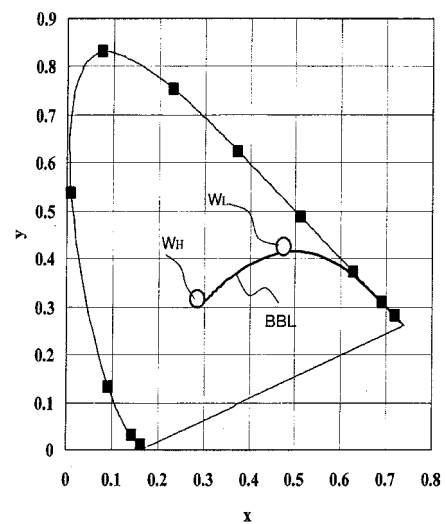
【図 6】



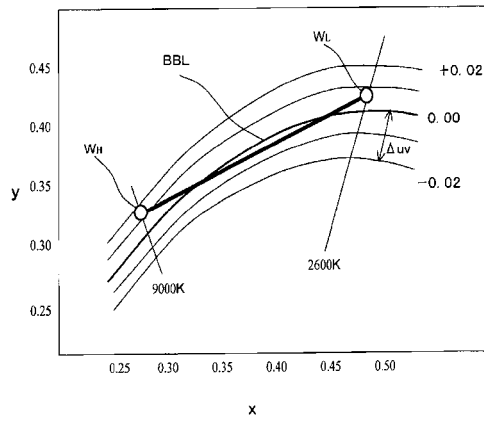
【図 7】



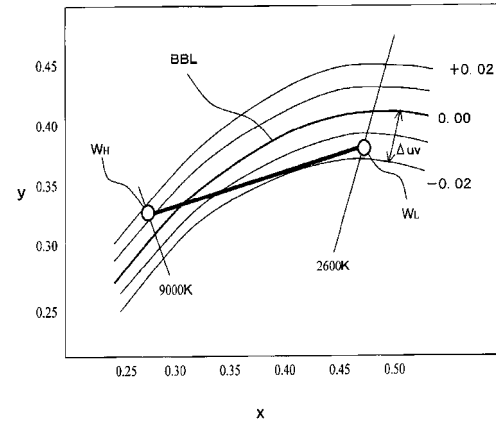
【図 8】



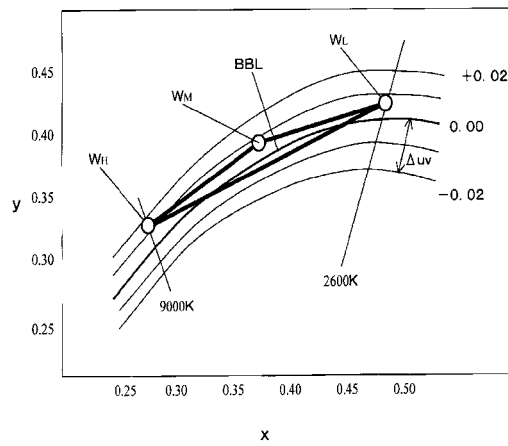
【図 9】



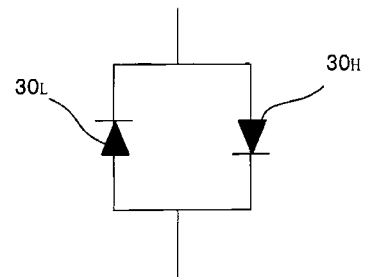
【図 10】



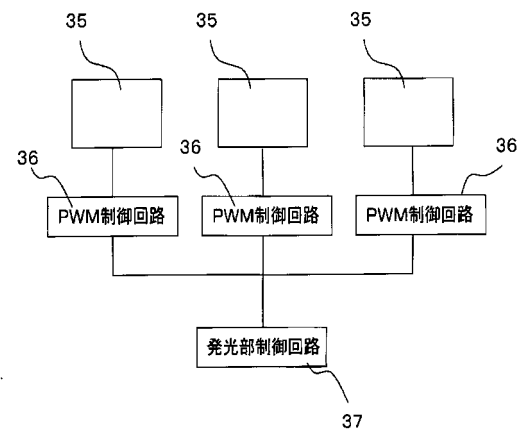
【図 11】



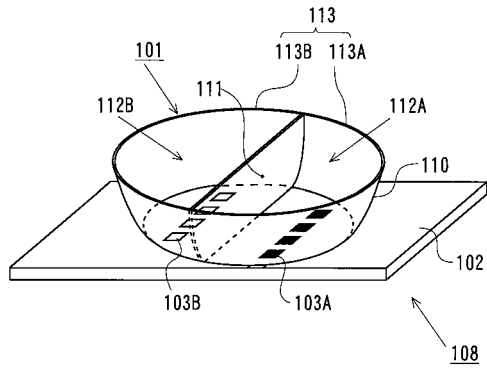
【図 12】



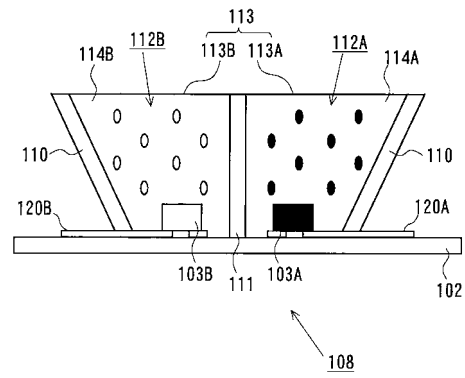
【図 13】



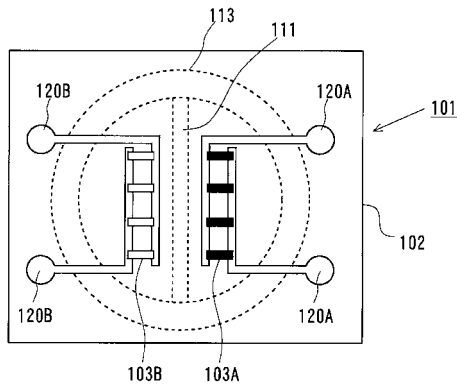
【図 14 A】



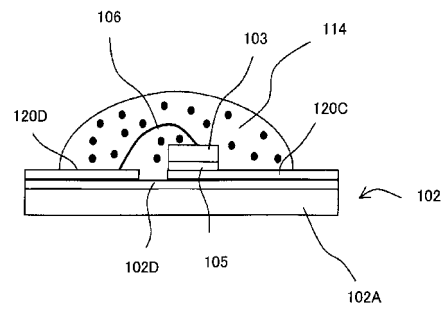
【図 15】



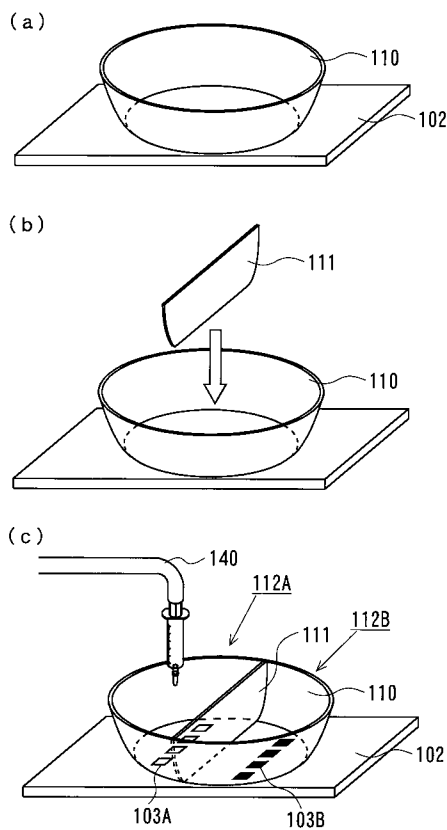
【図 14 B】



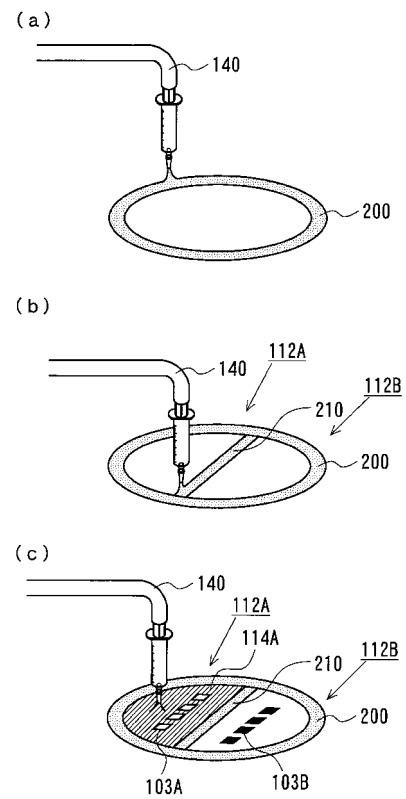
【図 16】



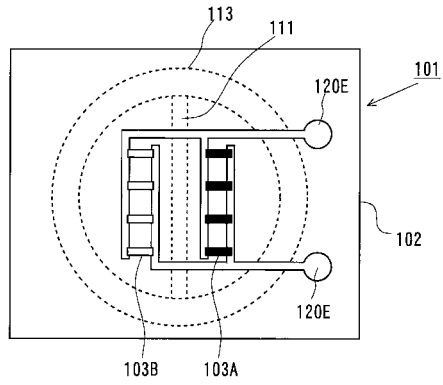
【図 17】



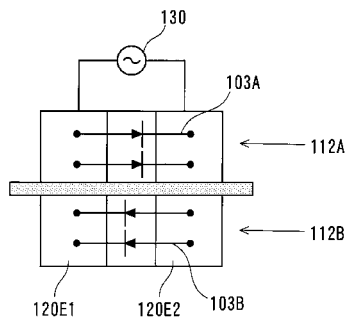
【図 18】



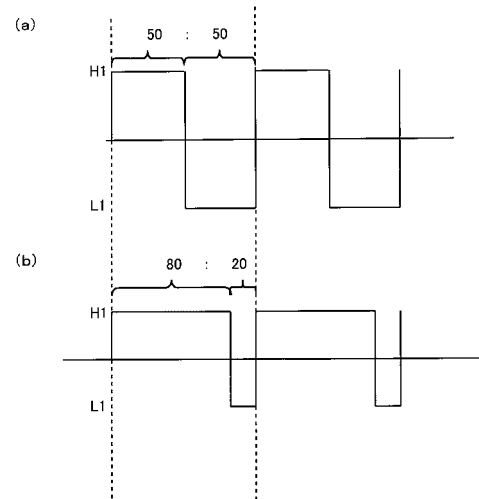
【図 19】



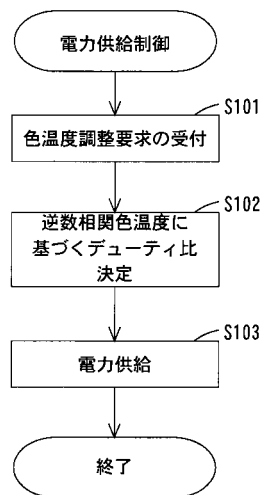
【図 20】



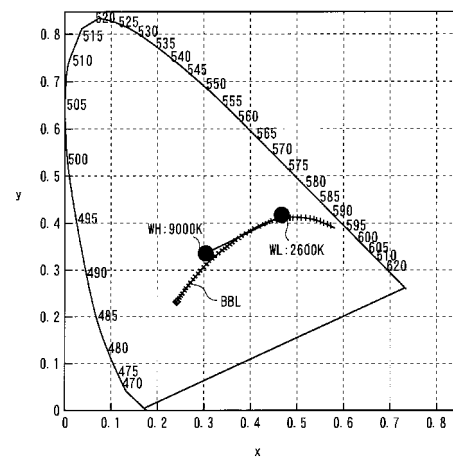
【図 21】



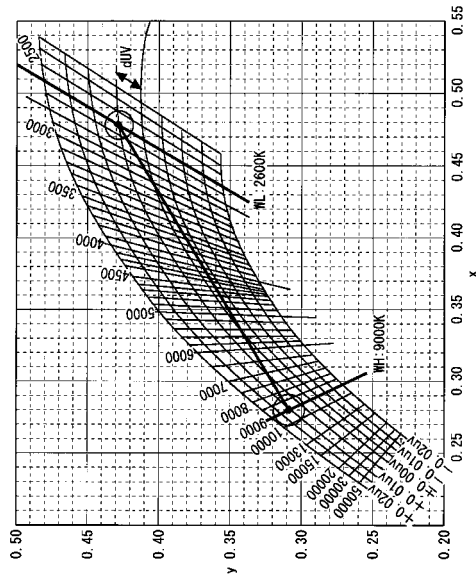
【図 22】



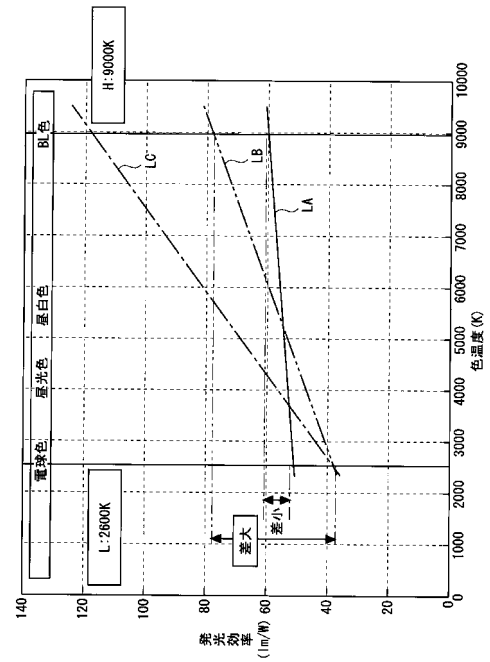
【図 23】



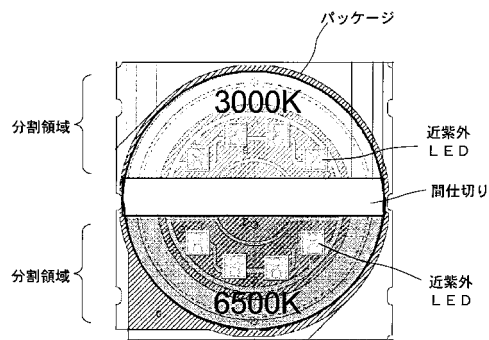
【図 24】



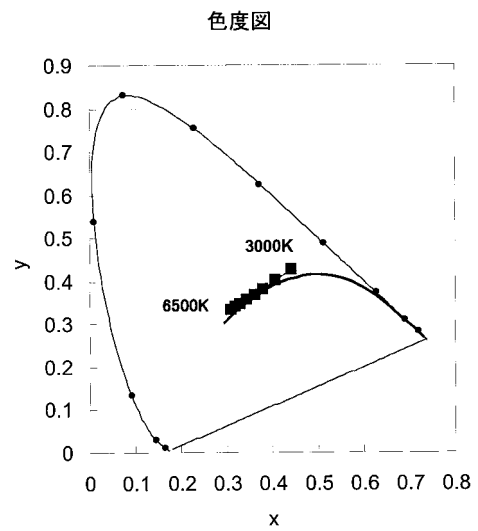
【図 25】



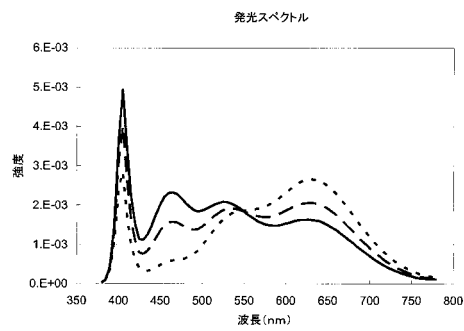
【図 26】



【図 28】



【図 27】



【図 29】

550nm@4500K 基準(1.00)	6500K	6000K	5500K	5000K	4500K	4000K	3500K	3000K
510nm	1.07	1.02	0.99	0.95	0.90	0.84	0.76	0.69
515nm	1.10	1.05	1.03	0.99	0.95	0.90	0.83	0.76
520nm	1.12	1.07	1.05	1.02	0.99	0.94	0.89	0.83
525nm	1.14	1.10	1.08	1.05	1.02	0.99	0.94	0.90
530nm	1.13	1.10	1.08	1.06	1.04	1.01	0.97	0.94
535nm	1.11	1.08	1.07	1.06	1.05	1.03	1.00	0.98
540nm	1.08	1.06	1.05	1.05	1.04	1.03	1.01	1.00
545nm	1.05	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01
550nm	1.00	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02
555nm	0.95	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	1.02
560nm	0.92	0.92	0.93	0.94	0.96	0.98	0.99	1.03
565nm	0.88	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.99	1.04
570nm	0.85	0.86	0.88	0.90	0.93	0.96	0.99	1.05
575nm	0.83	0.84	0.86	0.89	0.93	0.96	1.00	1.07
580nm	0.81	0.83	0.86	0.89	0.93	0.97	1.02	1.10
585nm	0.81	0.83	0.86	0.90	0.94	0.99	1.05	1.14
590nm	0.81	0.83	0.86	0.91	0.96	1.01	1.07	1.17

---

フロントページの続き

審査官 関 信之

- (56)参考文献 特開2005-100799(JP,A)  
特開2002-343301(JP,A)  
特開2001-025511(JP,A)  
特開2007-122950(JP,A)  
特開2007-294385(JP,A)  
特開2003-031008(JP,A)  
特開平11-073923(JP,A)  
特開2003-299109(JP,A)  
特開平07-073711(JP,A)  
特開2004-274872(JP,A)  
特開2007-291353(JP,A)  
特開2005-057272(JP,A)  
特開2007-080880(JP,A)  
特開2007-265818(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F21S	2/00
F21S	8/04
H01L	33/00
H05B	37/02
F21Y	101/02