(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 7 月 2 日(02.07.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/098796 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 33/14 (2010.01) *H01L 33/00* (2010.01)
G01J 1/00 (2006.01) *H01L 33/38* (2010.01)
G01M 11/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/083835

(22) 国際出願日: 2014 年 12 月 22 日(22.12.2014)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2013-265184 2013 年 12 月 24 日(24.12.2013) JP
特願 2014-094698 2014 年 5 月 1 日(01.05.2014) JP

(71) 出願人: 国立大学法人 東京大学(THE UNIVERSITY OF TOKYO) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目３番１号 Tokyo (JP). 独立行政法人産業技術総合研究所(NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関一丁目３番１号 Tokyo (JP). アトー株式会社(ATTO CORPORATION) [JP/JP]; 〒1110041 東京都台東区元浅草三丁目２番２号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 秋山 英文(AKIYAMA Hidefumi); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目３番１号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 吉田 正裕(YOSHITA Masahiro); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目３番１号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 近江谷 克裕(OHMIYA Yoshihiro); 〒3058566 茨城県つくば市東１－１－１ 中央第６ 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 久保田 英博(KUBOTA Hidehiro); 〒1110041 東京都台東区元浅草三丁目２番２号 アトー株式会社内 Tokyo (JP). 森 謙雄(MORI Kaneo); 〒1110041 東京都台東区元浅草三丁目２番２号 アトー株式会社内 Tokyo (JP). 下川原 正博(SHIMOGAWARA Masahiro); 〒1110041 東京都台東区元浅草三丁目２番２号 アトー株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 福岡 昌浩, 外(FUKUOKA Masahiro et al.); 〒1020072 東京都千代田区飯田橋四丁目６番１号 ２１東和ビル３Ｆ Tokyo (JP).

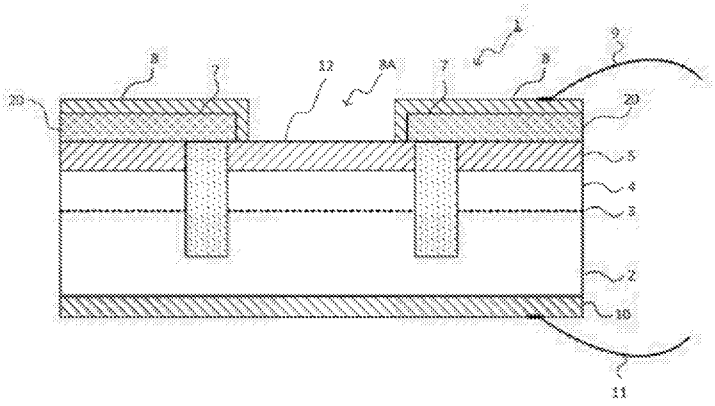
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,

[続葉有]

(54) **Title**: LIGHT EMITTING ELEMENT, REFERENCE LIGHT SOURCE, AND PHOSPHOR OBSERVATION METHOD

(54) 発明の名称 : 発光素子、基準用光源および発光体の観察方法

[図1A]



(57) **Abstract**: In the present invention, light, the emission angle distribution of which is either a Lambert emission distribution or an isotropic uniform emission distribution, is extracted from a light extraction opening window. A light emitting element, in which the in-plane distribution of the light intensity of a light extraction surface in the light extraction opening window is uniform, is used as a reference light source when performing measurement of the absolute light volume of weak light emitted from a phosphor which is the object of measurement.

(57) 要約: 放射角度分布がランバート性放射分布又は等方性一様放射分布のいずれかである光が光取り出し開口窓から取出され、光取り出し開口窓内の光取り出し面の光強度の面内分布が均一である発光素子を、測定対象物である発光体から放射される微弱光の絶対光量の測定を行う際の標準光源として用いる。

WO 2015/098796 A1

SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 発光素子、基準用光源および発光体の観察方法

技術分野

[0001] 本発明は、発光素子、基準用光源および発光体の観察方法に関する。

背景技術

[0002] 材料評価、医療検査、環境計測、生物実験、化学実験等の分野では、例えばフェムト～ミリW換算の微弱光領域での高感度計測、例えば、光量分析や画像分析等が広く行われている。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003] 上述の微弱光領域においては、測定対象物である発光体の絶対光量を正確に評価することは困難であり、相対光量に基づいた評価が行われるのが一般的である。また、上述の微弱光領域においては、測定環境の温度変動によって測定結果が大きく影響を受けることがある。本発明の目的は、上述の微弱光領域において、測定対象物である発光体の絶対光量を正確に評価することが可能な技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0004] 本発明の一態様によれば、

放射角度分布がランバート性放射分布又は等方性一様放射分布のいずれかである光が光取り出し開口窓から取出され、前記光取り出し開口窓内の光取り出し面の光強度の面内分布が均一であり、測定対象物である発光体から放射される微弱光の絶対光量の測定を行う際の標準光源として用いることができる発光素子が提供される。

[0005] 本発明の他の態様によれば、

動作温度に応じて発光面明るさが変化する特性を有する発光素子と、

前記発光素子を駆動する発光素子駆動手段と、

前記発光素子の温度を測定する温度センサと、

前記発光素子駆動手段および前記温度センサにそれぞれ接続された制御部と、を備え、

前記制御部は、前記温度センサから受信した温度情報に基づき、使用環境温度の変動に起因する前記発光素子の発光面明るさの変動が抑制されるよう、前記発光素子駆動手段が前記発光素子を駆動する電流値または電圧値を変化させるように構成されている基準用光源が提供される。

発明の効果

[0006] 本発明によれば、例えばフェムト～ミリW換算の微弱光領域においても、測定対象物である発光体の絶対光量を正確に評価することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1A]第１実施形態における発光素子の断面構成図。

[図1B]図１Ａに示す発光素子の平面構成図。

[図2]図１Ａ、図１Ｂに示す発光素子の製造工程を示すフロー図。

[図3A]第１実施形態における発光素子の変形例を示す断面構成図。

[図3B]図３Ａに示す発光素子の平面構成図。

[図4A]実施例における発光素子の平面撮影図。

[図4B]実施例における発光素子の部分拡大図。

[図5]実施例における発光素子のパルス変調出力制御特性の測定結果を示す図。

[図6A]実施例における発光素子を作動させた際の光取り出し面の撮影画像。

[図6B]実施例における発光素子を作動させた際の光取り出し面の撮影画像。

[図7A]光放射角度分布の測定系の概略図。

[図7B]実施例における発光素子の光放射特性の測定結果を示す図。

[図8A]測定対象物である発光体の撮影画像。

[図8B]実施例における発光素子の光取り出し面の撮影画像。

[図9A]一般的なＬＥＤ素子の発光面の拡大写真。

[図9B]一般的なＬＥＤ素子の発光面の拡大写真。

[図10A]発光素子から放射される光の放射角度分布がランバート放射である場

合において、撮像装置の集光効率（η_L）を得るための式２を示す図。

[図10B]ランダム配向の発光分子からなる発光体から光が等方向に放射される場合において、撮像装置の集光効率（η_S）を得るための式５を示す図。

[図11A]第２実施形態における基準用光源の概略的な上面図。

[図11B]図１１Ａに示す基準用光源の概略的な上面図。

[図12]第２実施形態による基準用光源の概略的なブロック図。

[図13]第２実施形態による駆動パラメータ選定表の一例を示す図。

[図14]第２実施形態による補正係数選定表の一例を示す図。

[図15]実施例および比較例における発光面明るさ変化曲線を示す図。

[図16]実施例における発光の直線性を示す図。

発明を実施するための形態

[0008] ＜第１実施形態＞

以下、本発明の第１実施形態について、主に図１～図１０Ｂを参照しながら説明する。

[0009] （発明創成の背景）

材料評価、医療検査、環境計測、生物実験、化学実験等の分野では、微弱光や蛍光の高感度計測、例えば光量分析や画像分析等が広く行われている。これらの応用で、測定対象物である発光体から放射される光は、指向性がないうえに、フェムト～ミリW換算の微弱領域である。このため、上述の光量領域では、発光体から放射される光の絶対光量を測定して評価することは困難である。従って、上述の光量領域では、任意単位で測定した相対光量を用い、発光体から放射される光量の評価が行われている。しかしながら、相対光量を用いた光量の評価（発光体から放射される光の評価）では、測定機器や測定時期等の条件が異なると測定結果を比較することができず、評価結果を有効に活用できないことがある。

[0010] そこで、例えば、発光標準物質を溶解させた溶液（発光標準物質溶液）を作製し、この発光標準物質溶液の絶対光量を標準光量として発光体（発光関連物質）の発光量を定量化する方法、つまり、発光体の絶対光量を評価（測

定）する方法が提案されている。

[0011] しかしながら、上述のように、発光標準物質溶液を用いた発光体の絶対光量の評価では、発光体の絶対光量を正確に評価することができない場合がある。つまり、発光標準物質溶液は、温度、濃度、撹拌の状態等のわずかな違いによって、絶対光量が変化してしまい、発光標準物質溶液の絶対光量を一定にすることが難しいことがある。

[0012] このような課題を解決すべく鋭意研究を行った結果、発明者等は、例えばフェムト～ミリW換算の微弱光の領域において、測定対象物である発光体の絶対光量（全光束光量）を正確に評価することが可能な新技術を発明するに至った。以下、本発明の一実施形態における発光素子の構成、その製造方法、この発光素子を標準光源として用いた発光体の観察方法等について、順に説明する。

[0013] （発光素子の構成）

図１Ａに示すように、本実施形態における発光素子１は、下部クラッド層２と、下部クラッド層２上に形成された発光層（活性層）３と、発光層３上に形成された上部クラッド層４と、上部クラッド層４上に形成された透明電極５と、を備えている。下部クラッド層２は、例えば、ガリウムリン（ＧａＰ）、ガリウム砒素（ＧａＡｓ）、窒化ガリウム（ＧａＮ）等の半導体材料にシリコン（Ｓｉ）、ゲルマニウム（Ｇｅ）、酸素（Ｏ）、セレン（Ｓｅ）等の不純物（ｎ型不純物）を所定の濃度（密度）でドープしたｎ型化合物半導体層として形成されている。なお、これらの半導体材料には、インジウム（Ｉｎ）やアルミニウム（ＡＩ）が所定の組成比で混晶化されたものも含まれる。上部クラッド層４は、例えば下部クラッド層２と同様の半導体材料を用い、下部クラッド層２で用いたｎ型不純物の替わりに、マグネシウム（Ｍｇ）、亜鉛（Ｚｎ）、炭素（Ｃ）等の不純物（ｐ型不純物）を所定の濃度（密度）でドープしたｐ型化合物半導体層として形成されている。発光層３は、例えば、下部クラッド層２や上部クラッド層４と同様の半導体材料で、非ドープ、もしくは下部クラッド層２や上部クラッド層４よりもドープ濃度（

ドープ密度）を低くした材料の薄膜により形成されている。発光層３は、より好ましくは、例えば、半導体材料として、Ｉｎ組成比を増やしたり、ＡＩ組成比を減らす等により、バンドギャップを小さくした半導体材料の薄膜により形成されている。透明電極５は、例えばｐ型の不純物を高濃度でドープした半導体層や、酸化インジウムスズ（ＩＴＯ；Indium tin Oxide）等の透明伝導膜として形成されている。ｐ型の不純物を高濃度でドープした半導体層は、発光層３や上部クラッド層４よりも、例えばＩｎ組成比を減らしたり、ＡＩ組成比を増やす等により、バンドギャップを大きくした材料を用いる。これによって、半導体層の光吸収端がより短波長側に位置することとなり、より高い透過性を有することとなる。

[0014] 発光素子１には、透明電極５の表面側から少なくとも発光層３、好ましくは下部クラッド層２に達する深さで、溝（凹部）６（図２参照）が形成されている。溝６内は、例えばベンジシクロブデン（ＢＣＢ）、ポリエチレン、エポキシ樹脂、ポリイミド等の有機系絶縁性物質や、SiO_2やＳｉＮ等の無機系絶縁性物質からなる絶縁体７によって、隙間なく埋められている。絶縁体７の下端は、少なくとも発光層３、好ましくは下部クラッド層２に達している。溝６の形状、つまり、絶縁体７の形状は、横断面が円環形の筒状形状となっている。筒状の絶縁体７が設けられることで、発光素子１内を流れる電流は、筒状の絶縁体７に囲われた領域にのみ流れることとなり、筒状の絶縁体７に囲われた領域でのみ発光が起こることとなる。つまり、筒状の絶縁体７は、発光素子１内を流れる電流の拡散を抑制し、その流路を規制する電流狭窄部（電流阻止部）として機能する。

[0015] 透明電極５上には、表面電極８が形成されている。表面電極８には、後述の光取り出し面１２となる絶縁体７に囲われた透明電極（円板状の透明電極）５の表面を露出させて、光取り出し面１２から放射される光を取り出すための開口８Ａが形成されている。つまり、表面電極８は、後述の光取り出し面１２を構成する領域以外の領域に形成されている。表面電極８は、絶縁体７により囲われた透明電極（円板状の透明電極）５の外周端を全周覆うよう

に形成されている。具体的には、表面電極８は、円板状の透明電極５の外周端を所定の幅で全周覆うように、つまり、途切れることなく連続的に覆うように構成されている。また、表面電極８は、絶縁体７の外側領域に位置する透明電極５の表面を覆うように形成されている。つまり、表面電極８は、後述の光取り出し面１２以外の領域からの光漏れを防止する遮光膜としても機能するように構成されている。表面電極８は、絶縁体７の内側の透明電極５に接続され、絶縁体７の外側の透明電極５には電気的に接続されないように構成されている。表面電極８は、例えばＡｕ、Ａｇ、ＡＩ等を含む金属材料により形成される金属膜により構成されている。表面電極８には、表面電極８に電圧を印加するボンディングワイヤ（正側配線）９が接続されている。

[0016] 絶縁体７の外側領域に位置する透明電極５と表面電極８との間には、例えばSiO_2やＳｉＮ等の絶縁性物質からなる絶縁層２０が形成されている。これにより、絶縁体７の外側領域に位置する透明電極５と表面電極８との間が電気的に絶縁され、絶縁体７の外側領域への電流注入を回避することが可能となる。絶縁層２０は、絶縁体７を覆うように形成されているとよい。すなわち、絶縁層２０の上面が平坦に形成されているとよい。これにより、表面電極８をより精度良く形成できる。また、絶縁層２０が絶縁体７の内側の外周端を所定の幅で全周覆うように設けられていてもよい。

[0017] 下部クラッド層２の裏面側には、裏面電極１０が設けられている。裏面電極１０は、例えばＡｕ、Ａｇ、ＡＩ等を含む金属材料により形成されている。裏面電極１０には、裏面電極１０に電圧を印加するボンディングワイヤ（負側配線）１１が接続されている。

[0018] 図１Ｂに示すように、絶縁体７により囲われた円板状の透明電極５の表面は、その外周端近傍のみが表面電極８に覆われており、その内側の円形の領域は露出している。つまり、表面電極８の開口８Ａから、円板状の透明電極５の表面が露出している。この透明電極５の露出面（開口面）は、表面電極８と裏面電極１０との間に電流が注入されることで発光層３から放射される光が取り出される光取り出し面１２として機能する。つまり、透明電極５の

露出面は、発光素子１の発光面となる。このとき、表面電極８の開口８Ａは、発光層３から放射される光を取り出す光取り出し開口窓として機能する。光取り出し面１２、つまり透明電極５の露出面は平面に形成されているとよい。光取り出し面１２を構成する円形の透明電極５は、下地となる上部クラッド層４の表面を露出させることなく、その全面を覆うように構成されている。

[0019] 発光素子１を構成する下部クラッド層２、発光層３、上部クラッド層４、透明電極５、絶縁体７、表面電極８、裏面電極１０の材料、厚さ、不純物濃度等は、発光素子１の仕様、例えば波長や光量等に基づいて適宜決定される。絶縁体７の内径、外径、材料や、透明電極５の外周端を覆う表面電極８の幅等も、発光素子１の仕様に基づいて同様に適宜決定される。光取り出し面１２（光取り出し開口窓としての開口８Ａ）の形状やその内径等は、後述する観察方法において測定対象物となる発光体の形状や寸法に応じて適宜決定される。光取り出し面１２（光取り出し開口窓）の形状として、例えば直径１μｍ～５ｍｍ、好ましくは３μｍ～３ｍｍ、より好ましくは１０μｍ～２ｍｍの円形が例示される。

[0020]（発光素子の製造方法）

続いて、本実施形態にかかる発光素子１の製造方法について、図２を用いて説明する。

[0021] 例えば、基板としてのｎ＋型ＧａＡｓウエハ上に、図２の（ａ）に示すように、下部クラッド層２を形成し、下部クラッド層２上に発光層３を形成し、発光層３上に上部クラッド層４を形成する。そして、上部クラッド層４上に、透明電極５を形成する。

[0022] 図２の（ｂ）に示すように、透明電極５上に所定パターン（例えば横断面が円環形のパターン）を有するレジスト層１３を形成する。レジスト層１３をマスクとして、エッチング等により少なくとも発光層３、好ましくは下部クラッド層２に達する深さで溝（凹部）６を形成する。溝６を形成した後、レジスト層１３を除去する。

[0023] 図２の（ｃ）に示すように、溝６内を隙間なく埋めるとともに、透明電極５の表面を覆うように、絶縁体７を構成する絶縁膜１４を形成する。そして、図２の（ｄ）に示すように、透明電極５の上部に位置する絶縁膜１４をエッチングにより除去する。つまり、横断面が円環形の筒状形状である絶縁体７の上面が、透明電極５の上面と同じ高さで平坦となるように、絶縁膜１４を除去する。

[0024] 図２の（ｅ）に示すように、透明電極５の上面及び絶縁体７の上面に絶縁層２０を形成する。続いて、絶縁層２０上に所定パターンを有するレジスト層１６を形成する。レジスト層１６をマスクとして、エッチング等により絶縁層２０の所定箇所を除去し、絶縁体７の外側領域及び絶縁体７の内側の外周端を所定の幅で全周覆う絶縁層２０を形成する。その後、レジスト層１６を除去する。

[0025] 図２の（ｆ）に示すように、絶縁体７（絶縁体７の内側の外周端を所定の幅で全周覆う絶縁層２０）により囲われた透明電極５上に所定パターンを有するレジスト層１７を形成する。レジスト層１７をマスクとして、金属蒸着およびリフトオフを行い、表面電極８を形成する。つまり、円板状の透明電極５の外周端（絶縁体７の内側の外周端を所定の幅で全周覆う絶縁層２０）を所定の幅で全周覆うとともに、絶縁体７の外側領域を覆うように表面電極８を形成する。表面電極８を形成した後、レジスト層１７を除去する。これにより、表面電極８に光取り出し開口窓としての開口８Ａが形成され、光取り出し面１２となる絶縁体７により囲われた円板状の透明電極５の表面が露出される。

[0026] 図２の（ｇ）に示すように、下部クラッド層２の裏面側に裏面電極１０を形成する。好ましくは、下部クラッド層２の裏面側であって、絶縁体７により囲われた円板状の透明電極５、つまり、光取り出し面１２と対向する領域にのみ裏面電極１０を形成する。

[0027] そして、表面電極８にボンディングワイヤ９を接続するとともに、裏面電極１０にボンディングワイヤ１１を接続する。これにより、本実施形態にか

かる発光素子１が製造されて、その製造工程を終了する。

[0028]（発光体の観察方法）

続いて、上述の発光素子１を標準光源として用いた発光体の観察方法を説明する。

[0029]［発光素子の全光束光量の取得］

まず、発光素子１を作動（発光）させたときに取り出される光の絶対光量を取得する。具体的には、発光素子１を作動させたときに、大きさが既知である光取り出し開口窓としての開口８Ａから取り出される光の全光束光量（A_{LU}）を、例えば積分球方式を用いて測定する。

[0030]［発光素子から放射される光の放射角度分布の取得］

発光素子１を作動させたときに取り出される光の放射角度分布を取得する。まず、光検出器として例えばフォトダイオードを用い、発光素子１の発光面である光取り出し面１２がフォトダイオードと対向するように発光素子１を配置する。そして、発光素子１を作動させ、フォトダイオードに対する発光素子１の発光面の相対角度を変えて、発光素子１から放射される光の放射角度分布を測定する。例えば、発光素子１の角度、つまりフォトダイオードに対する光取り出し面１２の角度を種々の角度に変えて光量を測定し、発光素子１から放射される光の放射角度分布を測定する。

[0031]［撮像装置の校正］

続いて、測定対象物である発光体から放射される光の絶対光量を測定する際に用いる撮像装置の校正（バリデーション）を行う。まず、全光束光量（A_{LU}）及び放射角度分布を取得済みの発光素子１の光取り出し面１２（光取り出し開口窓）を撮影可能なように、発光素子１を撮像装置（例えば高感度ＣＣＤ、ＣＭＯＳカメラ等）にセットする。そして、発光素子１を作動させ、撮像装置を用いて光取り出し開口窓の上方から光取り出し面１２（光取り出し開口窓）を撮影する。

[0032] 次に、撮像装置の集光効率（η_L）を定義する。撮像装置の集光効率（η_L）とは、発光素子１の光取り出し面１２から放射される光の全光束光量（A_{LU}）

に対する、発光素子１の絶対光量（P_{LU}）の割合である。発光素子１の絶対光量（P_{LU}）とは、撮像装置によって撮影された発光素子１の絶対光量（P_{LU}）、あるいは撮像装置が備える絞り（アイリス）機構を通過して撮像装置によって撮影された発光素子１の絶対光量（P_{LU}）を言う。つまり、撮像装置の集光効率（η_L）は、下記に示す（数１）により定義される。

[0033] （数１）

撮像装置の集光効率（η_L）＝発光素子１の絶対光量（P_{LU}）／全光束光量（A_{LU}）

[0034] 撮像装置の集光効率（η_L）は、撮像装置が備え、撮影に使用したレンズの開口数（ＮＡ）に応じて、測定した放射角度分布を立体角で積分することで算出できる。例えば、発光素子１から放射される光の放射角度分布がランバート放射である場合、撮像装置の集光効率（η_L）は、図１０Ａに示す（数２）から解析的に計算できる。

[0035] 上記（数１）又は（数２）から、アイリス機構を通過して撮像装置に入射し、撮像装置によって撮影された発光素子１の絶対光量（P_{LU}）は、下記の（数３）に示すように、全光束光量（A_{LU}）と開口数（ＮＡ）とから算出できる。

[0036] （数３）

発光素子１の絶対光量（P_{LU}）

＝全光束光量（A_{LU}）×撮像装置の集光効率（η_L）

＝全光束光量（A_{LU}）×NA^2

[0037] そして、撮像装置の絶対感度（Ｓ）（Ｗ／単位輝度）を取得する。撮像装置は、所定の分解能を有するアナログデジタルコンバータを備えている。撮像装置は、光が入射されることで得られたシグナルをアナログデジタルコンバータで画素毎にデジタル化し、撮影画像として明暗画像を出力するように構成されている。画素毎のデジタル化された数値を輝度値と呼ぶ。そして、撮像装置から出力された発光素子１の光取り出し面１２の画像（明暗画像）の輝度値の総和（I_L）を取得する。

[0038] そして、撮像装置の絶対感度（Ｓ）を算出する。下記の（数４）に示すように、撮像装置の絶対感度（Ｓ）は、（数３）によって算出した発光素子１の絶対光量（P_{LU}）と光取り出し面１２の画像の輝度値の総和（I_L）とから算出できる。

[0039] （数４）

絶対感度（Ｓ）＝発光素子１の絶対光量（P_{LU}）／光取り出し面１２の画像の輝度値の総和（I_L）

[0040] ［発光体の全光束光量の測定］

続いて、校正済みの撮像装置を用いて、測定対象物（観察対象物）である発光体の発光面を撮影して、発光体から放射された微弱光の絶対光量を測定する。具体的には、まず、上述のように校正を行った、つまり絶対感度（Ｓ）を取得した撮像装置を用いて、発光体の発光面を撮影できるように、発光体をセットする。そして、発光体の発光面を撮像装置を用いて撮影する。そして、発光体の発光面の撮影画像から、発光体の発光面の輝度値の総和（I_S）を取得する。

[0041] ランダム配向の発光分子からなる発光体から光が等方向に放射される場合、撮像装置の集光効率（η_S）は、図１０Ｂに示す（数５）から計算される。もし、発光体から光が等方向に放射するとはかぎらない場合には、発光素子１から放射される光の放射角度分布を取得した場合と同様の方法で、撮像装置の集光効率（η_S）を決定すればよい。例えば、発光体の角度を種々の角度に変えたり、撮像装置が備えるレンズの開口数（ＮＡ）を変えて、発光体の発光面の輝度値の総和（I_S）を測定し、発光体から放射される光の放射角度分布を評価し、撮像装置の集光効率（η_S）を実験的に決定すればよい。

[0042] そして、発光体の全光束光量（A_S）を算出する。発光体の全光束光量（A_S）は、下記に示す（数６）から算出できる。

[0043] （数６）

発光体の全光束光量（A_S）＝輝度値の総和（I_S）×絶対感度（Ｓ）／撮像装置の集光効率（η_S）

[0044] 発光素子１を作動させる際、発光素子１の光取り出し面１２の明るさ（光量）が、撮像装置の感度に適した光量となるように、表面電極８と裏面電極１０との間に流す電流（発光素子１への注入電流量）のＯＮ／ＯＦＦパルス比（デューティ比）と、点灯周期と、を調整するとよい。上述の発光素子１においては、注入電流量のＯＮ／ＯＦＦパルス比と発光素子１から取り出される光量との関係は、例えば発光素子１から取り出される光量が０．０２ｍＷから５００ｆＷの間では直線的となる。これに点灯周期を変えることで、広範囲で定量的な光量可変が実現できる。従って、比較的大きな光量の測定に適したフォトダイオード（ＰＤ）や、フェムト～ピコW換算程度の微弱光の測定に適した撮像装置、さらには例えば光電子増倍管（ＰＭＴ）のような光検出器等の絶対感度（Ｓ）を取得することが可能になる。つまり、ＰＤや、微弱光の測定に適した撮像装置やＰＭＴを正確に校正することが可能になる。その結果、発光体から放射される光がフェムト～ピコW換算の微弱光であっても、その発光体の全光束光量（A_S）を取得することができるようになる。

[0045] また、発光素子１の発光波長は、発光体の波長と同じであることが好ましい。しかしながら、発光素子１の発光波長と発光体の波長とが大きく異なる場合であっても、撮像装置の絶対感度（Ｓ）を取得し、発光体の全光束光量（A_S）を取得することができる。つまり、発光体の波長が、発光素子１の発光波長と大きく異なる場合は、まず、撮像装置の相対波長感度特性を測定する。そして、発光素子１を標準光源として用いて取得した絶対感度（Ｓ）と相対波長感度特性とから、波長ごとに撮像装置の絶対感度（Ｓ）を求めることによって、発光体の全光束光量（A_S）を取得することができる。

[0046] また、発光素子１の光取り出し開口窓、つまり表面電極８に形成した開口８Ａの寸法精度が良いものである場合、光取り出し面１２を撮影した画像と、発光体の発光面を撮影した画像と、を比較することで、光取り出し面１２が面内均一に発光する発光素子１を物差し（スケール）として用いることができる。これにより、発光体の発光面の寸法、形状、面積等も、正確に把握

することが可能となる。

[0047] 本実施形態によれば、以下に示す１つ又は複数の作用効果を奏する。

[0048] （ａ）発光素子１へ注入する電流量を変化させることにより、発光量を自在に調整することができる。発光素子１への注入電流量のＯＮ／ＯＦＦパルス比（デューティ比）と光量との関係が例えば直線的であることから、発光量の正確な制御が可能である。例えば、注入電流量のＯＮ／ＯＦＦパルス比と、点灯周期とを調整することで、発光素子１の発光量を、撮像装置の感度に適した光量に正確に制御できる。従って、比較的大きな光量の測定に適したＰＤ（フォトダイオード）や、フェムト～ピコW換算程度の微弱光の測定に適した撮像装置、さらには例えば光電子増倍管（ＰＭＴ）のような光検出器等の絶対感度（Ｓ）を取得することが可能になる。つまり、ＰＤや、微弱光の測定に適した撮像装置やＰＭＴを正確に校正することが可能になる。その結果、発光体から放射される光がフェムト～ピコW換算の微弱光であっても、その発光体の全光束光量（A_S）を取得することができるようになる。また、電流の注入量により発光量を自在に調整できることから、光取り出し面１２の上方に減光フィルタを設ける必要がなくなる。また、減光フィルタを設けることによる追加の校正作業も不要となる。

[0049] （ｂ）透明電極５の表面側から少なくとも発光層３に達する深さで筒状の絶縁体７を設けることで、絶縁体７を、電流狭窄部（電流阻止部）として作用させることができる。これにより、絶縁体７の内側領域への電流注入（キャリア注入）を効率的に行うだけでなく、絶縁体７の外側領域へのキャリア注入を防止することが可能となる。結果として、絶縁体７の外側領域での発光を防止することが可能となる。つまり、発光素子１は、光取り出し開口窓としての開口８Ａからのみ、光を取り出すことが可能となる。

[0050] 特に、絶縁体７を、発光層３よりも下方まで、つまり、下部クラッド層２に達する深さで設けることで、絶縁体７の外側領域へのキャリア注入をより防止することが可能となる。つまり、絶縁体７の外側領域での発光を、より確実に防止することが可能となる。

[0051] （ｃ）表面電極８が、絶縁体７に囲われた透明電極５の外周端を全周（途切れなく）覆うことで、表面電極８に電圧を印加した際に、光取り出し面１２内での局所的な電界集中が生じにくくなる。つまり、絶縁体７に囲われた領域内に流れる電流密度を、その面内で均一化させることが可能となる。結果として、光取り出し面１２の光強度の面内分布を均一化させることが可能となる。また、光取り出し面１２から放射されて光取り出し開口窓から取り出される光の光放射角度分布を、滑らかで単純なものとすることができる。例えば、光放射角度分布をランバート性放射分布のようにしたり、等方性一様放射分布のようにしたりすることも可能となる。なお、光放射角度分布がランバート性放射分布であるとは、光放射角度分布がランバート放射分布すなわちｃｏｓθと完全に一致する場合の他、θ＝０°方向で放射強度がもっとも強く、θの増大とともに滑らかに減少して、θ＝９０°方向でゼロとなるような、近似的なランバート放射分布の場合も含むものとする。この場合は、上記（数２）の撮像装置の集光効率（η_L）は、実際に測定された角度分布について数値的に積分を行って得るものとする。等方性一様放射分布についても同様である。

[0052] 特に、光取り出し面１２の形状を本実施形態のように円形とした場合、表面電極８に電圧を印加した際に、光取り出し面１２内での局所的な電界集中が更に生じにくくなる。つまり、絶縁体７に囲われた領域内に流れる電流密度を面内で更に均一化させることが可能となる。結果として、光取り出し面１２の光強度の面内分布を更に均一化させることが可能となる。

[0053] （ｄ）表面電極８が、光取り出し面１２の外周端を覆うように設けられていることから、光取り出し面１２から放射される光が、表面電極８、ボンディングワイヤ９等の部材によって遮られることがない。これに対し、発光素子として例えば図９Ａ、図９Ｂに示すような通常のＬＥＤを用いた場合、光取り出し面１２を撮影した際に、ボンディングワイヤ９の影ができたり、出射光が散乱されたりして、測定の正確性が損なわれることがある。

[0054] （ｅ）表面電極８を、光取り出し面１２が形成された側の発光素子１の主表

面のうち、絶縁体７の外側領域を覆うように設けることで、表面電極８が遮光膜としても機能する。これにより、光取り出し面１２以外の領域からの光漏れをより確実に防止することが可能となる。また、表面電極８を遮光膜としても機能させることで、発光素子１の構造を簡略化することができ、結果として、製造コストを低減できる。

[0055] （ｆ）光取り出し面１２、つまり絶縁体７より内側に設けられた透明電極５は、上部クラッド層４の表面を露出させることなく、その全面を覆うように構成されている。これにより、光取り出し面１２の光強度の面内分布を均一化させることが可能となる。つまり、発光層３から放射された光が、全て、上部クラッド層４と透明電極５との両方を透過してから取り出されることから、光取り出し効率を面内で均一化させることができ、光強度の面内分布を均一化させることが可能となる。結果として、光取り出し面１２を上方から撮影した場合に、面内の明るさにムラが生じることを抑制できるようになる。

[0056] なお、光取り出し面１２上に、透明電極５を、例えばラインアンドスペース形状、格子形状、アイランド形状等で設けた場合、つまり、上部クラッド層４の表面の一部のみを覆い、他の部分を露出させるような形状で設けた場合、上部クラッド層４と透明電極５との両方を透過してから取り出される光と、上部クラッド層４のみを透過してから取り出される光とが、混在してしまうこととなる。その結果、光取り出し面１２の光強度の面内分布が不均一になってしまい、光取り出し面１２を上方から撮影した場合、面内の明るさに局所的なムラが生じてしまうこととなる。

[0057] （ｇ）本実施形態の発光素子１の光取り出し面１２の画像の輝度値の総和（I_L）を取得し、撮像装置の校正を行うことで、測定対象物である微弱光（例えばフェムト～ミリW換算の光）の発光体の全光束光量（A_S）を正確に取得することが可能となる。また、測定対象物である発光体と、本実施形態の発光素子１の光取り出し面１２と、を撮影した画像の大きさを比較することで、測定対象物である発光体の発光面の寸法を正確に取得することが可能とな

る。つまり、本実施形態における発光素子１は、微弱発光や蛍光の高感度測定を行う際の標準光源（測定対象物との比較を行う際のリファレンス光源）として、好適に用いることが可能である。

[0058] （ｈ）本実施形態における発光素子１は、例えば材料評価、医療検査、環境計測、生物実験等の分野で微弱発光や蛍光の高感度測定を行う際に、特に有効である。

[0059] というのも、標準光源として一般的に用いられているハロゲンランプ等の白色光源（以下、単に白色光源ともいう）は、その光量が１０～５００W換算と比較的大きいことから、微弱光計測用の標準光源としては不適切である。

[0060] 白色光源に減光フィルタを組み合わせたり、計測装置の感度を落としたりすることで上述の課題を解消し、白色光源を微弱光計測用の標準光源として用いる手法も考えられる。しかしながら、これらの場合、減光フィルタの減光率や計測装置の感度等に基づいて校正作業を行う必要があり、この作業は極めて繁雑である。また、校正作業に用いる機材や作業方法は標準化されていない。校正機材や方法が作業環境や作業者によってまちまちであると、校正精度には保証がないこととなり、標準光源としての信頼性に欠けることとなる。また、減光フィルタを設けた場合、減光フィルタの周囲から回り込む光を遮断する措置も必要となる。

[0061] また、一般的なＬＥＤ素子（以下、単にＬＥＤ素子ともいう）をＯＮ／ＯＦＦパルス比を調整しながら駆動させる（ＯＮ／ＯＦＦパルス比を小さくする）ことで、微弱光計測用の標準光源として用いることも考えられる。しかしながら、図９Ａに例示するように、一般的なＬＥＤ素子は、発光面にボンディングワイヤ９や電極等が設けられており、発光面を撮影した際に、部材の影や散乱光が写り込んでしまう。また、図９Ｂに例示するように、一般的なＬＥＤ素子は、光放射板、反射板、レンズ等の様々な光学部品を備えており、発光面内における光強度の面内分布や放射角度分布が極めて複雑である（面内不均一である）。そのため、ＬＥＤ素子は、たとえ微弱光源として動

作させることができたとしても、微弱光計測用の標準光源としては不適切である。

[0062] これに対し、本実施形態における発光素子１は、（ａ）で述べたように撮像装置の感度に適した光量に発光量を調整することが可能なだけでなく、（ｂ）～（ｆ）に述べたような優れた特性を備えている。そのため、本実施形態における発光素子１は、例えば微弱発光や蛍光の高感度測定を行う際の標準光源として、好適に用いることが可能である。

[0063]（変形例）

上述の実施形態は、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

[0064] 例えば、表面電極８に形成する開口８Ａ（光取り出し開口窓）の形状、つまり光取り出し面１２の形状は円形に限定されない。楕円形、長円形、角丸形でもよいし、更には、長方形（矩形）、三角形、正方形などの多角形でもよい。また、これらを組み合わせた図形であってもよい。但し、円形、楕円形、長円形、角丸形の方が、上述した（ｃ）の効果が得られ易くなり、好ましい。

[0065] 光取り出し面１２（開口８Ａ）は、１つ設けるだけでなく、複数を設けてもよい。例えば、光取り出し面１２を、同一面上に、ドットマトリックス状に並べたり、ライン状に並べることにより、ＣＣＤやＣＭＯＳ等の画像検出素子を用いた撮像装置における面内感度ムラや、像歪み等の評価が可能になる。また、単一の光取り出し面１２を有する発光素子１を、同一面上に、ドットマトリックス状に複数並べ、これら複数の発光素子１を１つの光源として用いても、同様の作用効果が得られる。

[0066] 裏面電極１０は、下部クラッド層２の裏面側に設ける場合に限定されない。例えば、下部クラッド層２の表面や側面を露出させ、これらの面に設けた金属電極を裏面電極１０として用いてもよい。

[0067] 筒状の絶縁体７の外側の部分、つまり、筒状の絶縁体７の外側に位置する透明電極５、上部クラッド層４、発光層３、下部クラッド層２は、エッチング等により取り除いてもよい。

[0068] 筒状の絶縁体７を形成する際、下地として例えばＳｉＮ膜等の保護膜（パッシベーション膜）を設けてもよい。つまり、筒状の絶縁体７は、パッシベーション膜により保護されていてもよい。具体的には、筒状の絶縁体７の全周面には、保護膜としてのパッシベーション膜が設けられていてもよい。保護膜は、光透過率が低い物質により形成されているとよい。これにより、上述した（ｂ）の効果が得られやすくなり、好ましい。

[0069] 筒状の絶縁体７は、遮光性を有する（光透過率が低い）物質（例えば黒色を有する物質等）により形成してもよい。これにより、筒状の絶縁体７は、絶縁体７に囲われた領域から放射された光が、開口８Ａ以外の領域（つまり光取り出し面１２以外の領域）から漏れ出ることを防止する遮光部（光吸収部）としても機能するようになる。その結果、上述した（ｂ）の効果が得られやすくなり、好ましい。

[0070] 絶縁体７の外側領域を表面電極８で覆う場合に限定されない。例えば、表面電極８を、絶縁体７により囲われた透明電極５の外周端のみに形成し、透明電極５上の外側領域には、表面電極８と別体の遮光膜を設けてもよい。遮光膜は、金属膜により形成されていてもよく、非金属膜により形成されていてもよい。また、絶縁体７が遮光性を有する場合は、例えば図３Ａ、図３Ｂに示すように、透明電極５上の外側領域に遮光膜を設けなくてもよい。図３Ａ、図３Ｂに示すような発光素子１であっても、例えば微弱光や蛍光の高感度測定を行う際の標準光源として、好適に用いることが可能である。なお、遮光膜を金属膜により形成しない場合、遮光膜を設けない場合は、絶縁層２０を設けなくてもよい。

[0071] 発光層３は、単一材料の薄膜、すなわちバルク構造を有する場合に限定されない。例えば、発光層３は、井戸層及びバリア層を交互に積層してなる単一あるいは多重の量子井戸構造を有していてもよい。井戸層は、例えばＩｎＧａＡｓ、ＩｎＧａＮ等の化合物半導体層として形成できる。バリア層は、例えばＡＩＧａＡｓ、ＧａＮ等の化合物半導体層として形成できる。

[0072] 下部クラッド層２をｎ型化合物半導体層として形成し、上部クラッド層４

をｐ型化合物半導体層として形成する場合に限定されない。つまり、下部クラッド層２をｐ型化合物半導体層として形成し、上部クラッド層４をｎ型化合物半導体層として形成してもよい。

[0073] 発光素子１への注入電流量と発光素子１から取り出される光量との関係は直線的である場合に限定されない。つまり、例えば、デューティ比と点灯周期とを調整することで、発光素子１の発光量を、撮像装置の感度に適した光量に正確に制御できれば、発光素子１への注入電流量と発光素子１から取り出される光量との関係は、直線的でなくてもよい。

[0074] （実施例）

以下、本実施形態により得られる効果を裏付ける実験結果について説明する。

[0075] 実施例として、図１Ａ、図１Ｂに示す構成を有し、光取り出し面の直径が１ｍｍ、１００μｍ、３０μｍの円形であり、一辺の長さが５ｍｍの正方形である発光素子をそれぞれ作成した。図４Ａは、実施例における光取り出し面の直径が１ｍｍの円形である発光素子の平面写真であり、図４Ｂはその部分拡大写真である。そして、各実施例における発光素子のＩ－Ｌ（電流－光出力）特性、全光束光量、発光素子の光取り出し面の輝度値の総和、測定対象物である発光体の発光面の輝度値の総和を測定した。

[0076] 図５は、実施例における発光素子のパルス変調出力制御特性の測定結果を示す図である。図５から、各実施例における発光素子へ注入する電流のパルス比を調整することで、各実施例における発光素子の光取り出し面から放射されて光取り出し開口窓から取り出される光量（光の出力）が広範囲（ミリ～フェムト）に変化することが分かる。例えば、０．０２ｍWから５００ｆWの間では、発光素子への注入電流量と発光素子の光量との関係は直線的となることが分かる。そのため、各実施例における発光素子は、既存のＰＤの測定下限以上の光量（例えばミリW換算の光）の少なくとも２点で光量を取得（校正）しておけば、発光素子の光取り出し開口窓から取り出される光量がフェムト～ミリW換算の微弱光の領域においても、パルス比を調整するこ

とで、光量の制御ができることが分かる。

[0077] 図６Ａ、図６Ｂは、実施例における発光素子の光取り出し開口窓を撮像装置によって撮影した画像である。つまり、図６Ａ、図６Ｂはそれぞれ、実施例における光取り出し面の直径が１００μｍの円形である発光素子を作動させて、撮像装置によって光取り出し開口窓を上方から撮影して出力された撮影画像である。具体的には、図６Ａ、図６Ｂはそれぞれ、所定の条件下で発光素子を発光（作動）させている際の光取り出し開口窓（光取り出し面）及びその周辺の拡大画像である。図６Ａは印加電圧が４．５Ｖ、注入電流量が０．０１７～０．０１９ｍＡの条件下で発光素子を発光させている。図６Ｂは印加電圧を５．０Ｖ、注入電流量を０．０４４～０．０４７ｍＡの条件下で発光素子を発光させている。図６Ａ、図６Ｂから、実施例における発光素子は、筒状の絶縁体より内側領域、つまり光取り出し面内でのみ発光が起こることが分かる。つまり、絶縁体の外側領域での発光を防止でき、光取り出し面以外の領域からの光漏れがないことが確認できる。また、実施例における発光素子は、構成部材の影や散乱による乱れがないことが分かる。つまり、図６Ａ、図６Ｂに示す撮影画像には、ボンディングワイヤ等の影や散乱光が写り込んでいないことが分かる。つまり、実施例における発光素子は、構成部材の影や散乱による発光の乱れがないことが確認できた。

[0078] 図７Ａは発光素子の全光束光量の測定系の概略図であり、図７Ｂは実施例における光取り出し面の直径が１００μｍの円形である発光素子の全光束光量の測定結果を示す図である。図７Ａに示すように、発光素子の全光束光量の測定は、フォトディテクタを用いて行った。具体的には、発光素子の光取り出し面に対して垂直であって、光取り出し面の中心を通る軸を中心軸（０°）とし、フォトディテクタを中心軸からｘ軸の方へ所定角度（θ）動かして光強度を測定して行った。図７Ｂから、実施例における発光素子の全光束光量が分かる。また、図７Ｂから、実施例における発光素子は、光取り出し面１２から放射されて光取り出し開口窓から取り出される光の光放射角度分布を、ランバート性放射分布のようにできることが分かる。

[0079] 図８Ａは測定対象物である発光体の撮影画像であり、図８Ｂは実施例における発光素子の光取り出し面の撮影画像である。具体的には、図８Ａは、赤色に発光するルシフェラーゼをトランスフェクトしたＨＥＫ２９３細胞の発光面を撮像装置によって撮影し、画素毎にデジタル化されて出力された明暗画像である。図８Ｂは、光取り出し面の直径が３０μｍの円形である発光素子の光取り出し面を撮像装置によって撮影し、画素毎にデジタル化して出力された明暗画像である。図８Ａ、図８Ｂから、測定対象物である発光体の発光面及び実施例における発光素子の光取り出し面の画素毎の輝度値の総和をそれぞれ測定した。具体的には、図８Ａ、図８Ｂのそれぞれに示す点線で囲った領域の画素毎の輝度値の総和を測定し、これをそれぞれ発光体の発光面の輝度値の総和、発光素子の光取り出し面の輝度値の総和とした。これにより、撮像装置の校正ができる、つまり絶対感度を取得でき、微弱光を発光する発光体の絶対光量を正確に取得できる。また、図８Ａと図８Ｂとの像の大きさを比較することで、測定対象物の発光面の寸法をそれぞれ正確に取得することができることが分かる。

[0080] ＜第２実施形態＞

次に、本発明の第２実施形態について、図１１Ａ～図１６を用いて説明する。

[0081] （発明創成の背景）

光計測装置が備える光センサとして、フォトダイオード（ＰＤ）、光電子増倍管（ＰＭＴ）、電荷結合素子（ＣＣＤ）等、様々なものが利用されている。これらの光センサが組み込まれた光計測装置は数多く使われており、光計測装置が正常に動作しているか、正常な検出感度が保たれているか、等を判断するためには、校正（バリデーション）用の光源が必要である。

[0082] 光計測装置の計測対象試料は、固体や液体あるいは容器と様々である。そのため、光計測装置の試料設置場所は、光計測装置ごとに様々な形状をしており、外光が入らないようにしっかりと遮光された構造であることが多い。遮光された試料設置構造を持つ光計測装置のバリデーションに利用できる基

準用光源としては、光計測装置の試料設置部に適した形状であって、かつ、基準用光源の外部からの電源供給が不要であり、しかも、使用環境温度で光量が変化しないものであることが望ましい。試料設置部の空間が狭い場合は、小型であることも望まれる。

[0083] 発光素子として発光ダイオード（ＬＥＤ）を用いることにより、外部電源を必要とせず、小型の電池で駆動可能な光源を構成することができる。しかし、ＬＥＤは、使用環境温度によって明るさ（発光面の明るさ）が変化する。そのために、温度を安定化させる温調装置を備えた基準光源が市販されている（製造元日亜化学工業株式会社、販売元大塚電子株式会社）。しかし、このような光源は、電力消費の大きい温調装置を駆動する外部電源が必要なため、光計測装置の遮光された試料設置部のような閉鎖空間内での使用には適当でない。

[0084] 他には、光量を補正するために、ＰＤを内蔵させ光量を実測しながら、一定の光量となるように補正するタイプの光源も市販されている（光電子増倍管用安定化光源：浜松ホトニクス株式会社製）。このタイプの光源は、ＰＭＴ用の評価光源として光量一定型として販売されているが、ＰＤがＬＥＤの発光部よりも放射側に設置されるため、影が生じないよう光源内部で光反射をさせるための構造を要し、また、光量を変化させるような用途には適当でない。

[0085] このような課題を解決すべく鋭意研究を行った結果、発明者等は、使用環境温度の変動に起因する光量の変動を抑制することが可能な基準用光源に関する新技術を発明するに至った。以下、本発明の一実施形態における基準用光源の構成等について説明する。

[0086] （基準用光源の構成）

図１１Ａおよび図１１Ｂに示すように、本実施形態による基準用光源は、例えば１０ｆＷ～１０ｐＷ程度の精密に制御された可変な光量の微弱光を放出することができるように構成されている。本実施形態による基準用光源は、また、光計測装置の試料設置部のような、外部からの電源供給ができない

閉鎖空間内で動作可能なように構成されている。

[0087] 筐体７０の上面部に、ユーザが各種の動作設定を行うための操作子として、例えば操作ボタン７２ａ～７２ｄが配置されている。操作ボタン７２ａにより、基準用光源１００の電源のオンオフを切り替えることができる。操作ボタン７２ｂにより、発光色を選択することができる。操作ボタン７２ｃおよび７２ｄにより、光量値を設定することができる。操作ボタン７２ｃにより光量値を増加させることができ、操作ボタン７２ｄにより光量値を減少させることができる。

[0088] 基準用光源１００は、赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）の各発光色に対して、それぞれ独立に光量値を設定することができるように構成されている。これにより、ＲＧＢのうちの任意の１色、ＲＧＢのうちの任意の組み合わせの２色、または、ＲＧＢの３色すべてを、所望の光量で発光させることができる。

[0089] 筐体７０の上面部に、また、表示パネル７１が配置されている。表示パネル７１に、操作ボタン７２ａ～７２ｄにより入力された設定発光色、設定光量値等が表示される。図１１Ａには、赤（Ｒ）の発光色について「１／８」の光量値が選択されている状況が例示されている。

[0090] 筐体７０の上面部に、また、発光部５０が配置されている。発光部５０から、ユーザが設定した発光色および光量値の光８０が放出される。発光部５０の発光素子として、例えば、第１実施形態で説明した発光素子１や、半導体発光素子である発光ダイオード（ＬＥＤ）を用いることができる。

[0091] ここで、発光素子（ＬＥＤ）の点灯時（連続的な点灯時）の明るさについては、発光素子の発光面の明るさである「発光面明るさ」という用語で表し、発光素子（ＬＥＤ）のパルス発光時（点灯と消灯とを交互に繰り返す間欠的な点灯時）の明るさについては、時間的に平均化された明るさとして「平均発光面明るさ」という用語で表すこととする。また、基準用光源１００の発光部５０からの発光の明るさ（後述の減光フィルタ５１を経た明るさ）については「光量」という用語で表すこととする。「光量」は、例えばＷ（＝

Ｊ／ｓｅｃ）単位で表される。「光量」は、また、基準用光源１００における設定値である「光量値」と対応づけられる。

[0092] 本実施形態による基準用光源１００は、ＬＥＤの点灯時間と消灯時間との比率を制御することにより、つまり、１回当たりの点灯時間であるパルス幅と、単位時間当たりの点灯回数である周波数とを制御するパルス幅変調（ＰＷＭ）により、ＬＥＤからの発光の平均発光面明るさを変えて、光量を変化させられるように構成されている。

[0093] ただし、ＬＥＤの発光面明るさは、動作温度に応じて変動する。したがって、同一の設定光量値での駆動でも、使用環境温度が異なると、ＬＥＤの発光面明るさの変動に起因して、実際に得られる光量が変動してしまうこととなる。このような光量の変動は、さまざまな環境温度の下での使用が想定される基準用光源としては、望ましくない。

[0094] 本願発明者らは、以下に説明するように、動作温度に応じて発光面明るさが変化する特性を有するＬＥＤのような発光素子を用いていても、使用環境温度の変動に起因する発光素子の発光面明るさの変動を抑制でき、これにより、光量の変動を抑制できる基準用光源を提案する。

[0095] 図１１Ａ、図１１Ｂに加え図１２も参照して、本実施形態による基準用光源１００のより詳しい装置構成について説明する。図１２は、定電流駆動型の基準用光源１００の概略的なブロック図である。

[0096] 発光部５０の発光素子１０Ｌは、赤色ＬＥＤ１０Ｒ、緑色ＬＥＤ１０Ｇ、および青色ＬＥＤ１０Ｂを含むマルチカラーの発光素子として構成されている。赤色ＬＥＤ１０Ｒ、緑色ＬＥＤ１０Ｇ、青色ＬＥＤ１０Ｂとしては、それぞれ、例えば、上述の第１実施形態に示した発光素子１と同様に構成された素子を好適に用いることができる。また、発光素子１０Ｌとして、例えば、ローム株式会社製のＲＧＢカラーＬＥＤ（チップタイプ）を用いることもできる。発光素子駆動手段２０は、発光素子１０Ｌを駆動するように構成されている。具体的には、発光素子駆動手段２０は、定電流源を含み、発光素子１０ＬのＬＥＤ１０Ｒ～１０Ｂを、それぞれ定電流で駆動するように構成

されている。

[0097] 温度センサ３０は、発光素子１０Ｌの温度を測定するように構成されている。温度センサ３０は、発光部５０から放出される光と干渉しないような位置、すなわち、影を生じさせないような位置であって、発光素子１０Ｌの近傍の位置、例えば、発光素子１０Ｌが配置されている基板と同一の基板上に配置されている。温度センサ３０は、所定頻度で、例えば一定時間ごと、例えば５秒ごと、また例えば１秒ごとに、温度測定を繰り返し、測定した温度に対応する温度情報を、発光面明るさ補正手段４４に出力するように構成されている。

[0098] 制御部４０は、動作設定手段４１、光量設定手段４２、パラメータ選定表４３、発光面明るさ（光量）補正手段４４、補正係数選定表４５を含んで構成されている。制御部４０は、例えば、マイクロプロセッサ（ＭＰＵ）により構成される。

[0099] 操作ボタン７２ａ～７２ｄにより、発光色、光量値等の動作設定が、動作設定手段４１に入力される。動作設定手段４１は、入力された動作設定を、表示パネル７１に表示するよう構成されている。また、動作設定手段４１は、設定された発光色および光量値の情報を、光量設定手段４２に出力するとともに、設定された発光色の情報を、発光面明るさ補正手段４４に出力するようにも構成されている。

[0100] 光量設定手段４２は、設定された発光色および光量値の情報に基づいて、駆動パラメータ選定表４３を参照し、設定発光色のＬＥＤを設定光量値で駆動するためのパラメータを設定するように構成されている。駆動パラメータ選定表４３は、光量値と、当該光量値でＬＥＤを駆動させるための駆動パラメータとの対応関係を記憶した表である。駆動パラメータとして、例えば、周波数およびパルス幅等が設定される。

[0101] 図１３に、駆動パラメータ選定表４３の一例を示す。この例では、設定できる光量値として、「フル」、「１／２」～「１／１０２４」、および「オフ（ゼロ）」の１２段階の光量値が用意されている。光量値「フル」は、消

灯時間を設けない（消灯時間がゼロの）連続的な点灯に対応し、最も明るい光量値設定となる。光量値「オフ（ゼロ）」は、完全な消灯に対応し、最も暗い光量値設定となる。

[0102] 光量値「１／２」～「１／１０２４」の各々は、光量値「フル」に対する点灯時間の割合で示された光量値である。例えば光量値「１／８」は、例えばパルス幅３５．０μｓの点灯を周波数３６００Ｈｚで繰り返す発光に対応する。

[0103] 光量値「１／２」～「１／２５６」は、点灯パルス幅を例えば３５．０μｓで一定としたまま周波数を１／２ずつ減らしていくことにより、光量を１／２ずつ減らしていく設定となっている。光量値「１／５１２」は、光量値「１／２５６」に対し周波数を一定としたまま点灯パルス幅を１／２の１７．５μｓとして、光量を１／２とする設定となっている。光量値「１／１０２４」は、光量値「１／５１２」に対し点灯パルス幅を例えば１７．５μｓで一定としたまま周波数を１／２として、光量を１／２とする設定となっている。なお、図１３のパルス幅や周波数は例示であり、パルス幅や周波数の設定は必要に応じて変化させてもよい。また、光量値の１段分の光量差は、必要に応じて、例示の１／２倍、２倍以外に設定してもよい。

[0104] 温度センサ３０で測定された発光素子１０Ｌの温度に対応する温度情報が、発光面明るさ補正手段４４に入力される。発光面明るさ補正手段４４は、発光色の情報、および温度センサ３０から受信した温度情報に基づき、設定発光色のＬＥＤについて、補正係数選定表４５を参照し、補正係数を設定する。補正係数選定表４５は、温度と、当該温度における補正係数との対応関係を記憶した表である。

[0105] ＬＥＤは、一般に、同一条件（本例では同一電流）で駆動されていても、使用環境温度が上昇するにつれて発光面明るさが下降する傾向を有し、また、使用環境温度が下降するにつれて発光面明るさが上昇する傾向を有する。発光面明るさの下降分は、駆動電流値を上昇させることにより、また、発光面明るさの上昇分は駆動電流値を下降させることにより、補正することが可

能である。

[0106] より具体的には、以下のようにして補正を行うことができる。基準温度において、基準電流値Ｊ０で駆動した場合の発光面明るさを基準発光面明るさＩ０とする。実際の使用環境温度において、基準電流値Ｊ０で駆動した場合の発光面明るさを、発光面明るさＩ１とする。発光面明るさＩ１に対する基準発光面明るさＩ０の比率Ｉ０／Ｉ１は、発光面明るさＩ１が基準発光面明るさＩ０に対して下降していれば１より大きい値となり、発光面明るさＩ１が基準発光面明るさＩ０に対して上昇していれば１より小さい値となる。そこで、この比率Ｉ０／Ｉ１を補正係数として、基準電流値Ｊ０に乗じてやることにより、補正された電流値を設定することができる。なお、基準温度と実際の使用環境温度とが等しければ、比率Ｉ０／Ｉ１すなわち補正係数は１となる。

[0107] 補正係数は、予め、以下のようにして準備しておくことができる。温度を変化させながら基準電流値Ｊ０でのＬＥＤの駆動を行って、各温度での発光面明るさＩ１を測定する。適当な基準温度（例えば室温２５℃程度の温度）での発光面明るさを基準発光面明るさＩ０として、各温度での補正係数Ｉ０／Ｉ１を得ることができる。温度の測定点数は、測定の精確さや労力等を勘案して適宜定めることができる。また、測定点間の温度における補正係数は、補間計算により求めることができる。測定で得られた補正係数や、補間計算に必要な各種パラメータ等により、補正係数選定表４５を構成することができる。なお、補正係数選定表４５の具体的な構成態様は、必要に応じて種々に変えることができ、例えば、補正係数の計算に必要な、温度と発光面明るさの測定結果を補正係数選定表４５に記憶させておくような態様等とすることもできる。

[0108] 発光面明るさの温度依存性は、個々のＬＥＤによって異なる。したがって、赤色ＬＥＤ１０Ｒ、緑色ＬＥＤ１０Ｇ、および青色ＬＥＤ１０Ｂのそれぞれについて、発光面明るさの温度依存性を測定しておき、補正係数選定表４５によりＬＥＤ１０Ｒ、１０Ｇ、１０Ｂそれぞれの補正係数を求められるよ

うにしておくことが好ましい。

[0109] 図１４は、補正係数選定表４５の（一部分の）例であり、例えば青色ＬＥＤ１０Ｂに対する補正係数を示す。補正係数は、使用環境温度範囲内の温度、例えば１５℃～４５℃の範囲内の温度について設定される。図示の例では、５℃ごとの補正係数が示されている。示されている温度の間の温度での補正係数は、必要に応じて補間計算で求めることができる。例えば直線補間により、例えば０．１℃刻みで、補正係数を求めることができる。なお、図１４の温度範囲や補正係数は例示であり、温度範囲や補正係数等の設定は必要に応じて変化させてもよい。

[0110] 発光面明るさ補正手段４４は、各発光色について、設定された補正係数を、基準となる駆動電流値である基準電流値Ｊ０に乗じて、補正された電流値を設定する。

[0111] 光量設定手段４２で設定された周波数およびパルス幅と、発光面明るさ補正手段４４で設定された温度補正された電流値とが、発光素子駆動手段２０に入力される。発光素子駆動手段２０は、発光面明るさ補正手段４４から受信した電流値で、発光素子１０Ｌの各ＬＥＤ１０Ｒ～１０Ｂの定電流駆動を行う。これにより、使用環境温度の変動に起因する発光面明るさ変動を抑制して、ほぼ一定の発光面明るさで各ＬＥＤ１０Ｒ～１０Ｂを点灯させることができる。ここで「ほぼ一定」とは、例えば、使用環境温度範囲（例えば１５℃～４５℃の範囲）における発光面明るさの変動幅が、好ましくは±１％以内、より好ましく±０．５％以内であることと定義することができる。

[0112] 発光素子駆動手段２０は、また、光量設定手段４２から受信した周波数およびパルス幅で、発光素子１０Ｌの各ＬＥＤ１０Ｒ～１０Ｂを点灯および消灯させ所定の平均発光面明るさで発光させることにより、設定された光量値での発光を行う。温度変動に起因する各ＬＥＤ１０Ｒ～１０Ｂの発光面明るさ変動が抑制されていることにより、設定光量値での発光における光量の変動が抑制される。発光面明るさ補正手段４４は、光量補正手段と捉えることもできる。

[0113] 補正係数の設定の更新、つまり、補正された電流値の更新は、発光面明るさ補正手段４４が温度センサ３０から温度情報を受信する度に、または少なくとも、温度センサ３０から受信した温度情報が変動する度に、行うことができる。

[0114] 減光フィルタ（ＮＤフィルタ）５１が、発光素子１０Ｌの上方側（放射側）に配置されている。発光素子１０Ｌから入射し減光フィルタ５１で減衰された光が、発光部５０から放出される光８０となる。

[0115] 上述のような、補正係数を得るための発光面明るさの測定は、例えば、製品組み立て前に、連続点灯（光量値「フル」）で駆動した各ＬＥＤ１０Ｒ～１０Ｂの発光面明るさをフォトダイオード（ＰＤ）で測定することにより行われる。ＰＤで発光面明るさ測定を行うためには、例えば１μW程度の明るさ（ＬＥＤの駆動電流としては例えば５００μＡ程度）が必要になる。

[0116] ただし、この程度の明るさの光は、本実施形態の基準用光源１００でバリデーションを行うことが想定されるような、光電子増倍管（ＰＭＴ）等の高感度光センサに対しては、明るすぎ、光センサが飽和してしまう。そこで、本実施形態の基準用光源１００では、ＬＥＤからの出力を例えば１／10^5～１／10^6に減衰させるような減光フィルタ５１を用いて、光量値「フル」における出力を１０ｐW程度に低下させている。さらに、上述のような光量制御を行うことにより、例えば１０ｆＷ～１０ｐWの範囲で出力が可変な微弱光を得ることができる。なお、光の放射分布を変えたい場合は、適当な光散乱板を利用することができる。

[0117] ＬＥＤの駆動電流を例えば５００μＡ程度の大きさとする（連続点灯で例えば１μW程度の明るさとする）ことの利点としては、補正係数を得るための発光面明るさ測定が容易となる点以外に、以下のような点も挙げられる。

[0118] 仮に、減光フィルタ５１を用いずに、ＰＭＴ等の高感度光センサに適した明るさの発光を行うとすると、ＬＥＤの駆動電流を例えば数ｐＡ程度に抑えなければならない。しかし、このような微弱電流でＬＥＤを駆動すると、ＬＥＤとその他の回路に使われる部品がコンデンサーとして働き、適正な矩形

状のＰＷＭ制御波形を得ることが難しい。本実施形態による基準用光源１００では、ＬＥＤの駆動電流を例えば５００μＡ程度の大きさとすることにより、適正な矩形状の制御波形でＰＷＭ制御を行うことが容易となり、光量の精密な制御を行うことが容易となる。なお、ＬＥＤ１０Ｒ～１０Ｂとして、一般的なＬＥＤではなく、第１実施形態で説明した発光素子１と同様に構成された素子を用いるた場合には、駆動電流を小さくしたとしても（例えば５００μＡ未満としても）、ＰＷＭ制御波形を矩形状に維持することが容易となる。

[0119] なお、適正な矩形状のＰＷＭ制御波形を得ることができ、また、補正係数を得るための発光面明るさ測定を何らかの光センサで行うことができるのであれば、ＬＥＤの駆動電流は、つまり、補正係数が乗じられる基準電流値の目安は、例示した５００μＡ程度に限定されない。基準電流値の好適な範囲としては、例えば１００μＡ～５００μＡの範囲が挙げられる。なお、基準電流値は、各発光色のＬＥＤ１０Ｒ～１０Ｂについて、それぞれ独立に設定することができる。

[0120] バッテリー６０は、発光素子駆動手段２０、温度センサ３０、および制御部４０のそれぞれに電力を供給するように構成されている。バッテリー６０は、例えば電圧３Ｖのボタン電池である。例えば、電圧３Ｖのボタン電池を４．２Ｖに昇圧して用いることができる。筐体７０は、発光素子１０Ｌ、発光素子駆動手段２０、温度センサ３０、制御部４０、バッテリー６０等の構成部材を、一体的に収容するよう構成されている。基準用光源１００は、筐体７０に発光素子１０Ｌ等の構成部材とともに収容されたバッテリー６０で駆動されるので、外部からの電源供給ができない閉鎖空間内でも動作可能である。

[0121] 以上説明したように、本実施形態による基準用光源１００は、例えば１０ｆＷ～１０ｐＷ程度の精密に制御された可変な光量の微弱光を放出することができる。また、光計測装置の試料設置部のような、外部からの電源供給ができない閉鎖空間内で動作可能である。

[0122] また、本実施形態による基準用光源１００は、制御部４０が、温度センサ３０から受信した温度情報に基づき、使用環境温度の変動に起因する発光素子１０Ｌの発光面明るさ変動が抑制されるよう、発光素子駆動手段２０が発光素子１０Ｌを駆動する電流値を変化させるように構成されている。これにより、使用環境温度が変動した場合の光量の変動を抑制することができる。

[0123] （変形例）

上述の第２実施形態では、発光素子を定電流で駆動し、電流値を補正することで発光面明るさの変動を抑制する例について説明した。但し、第２実施形態は、このような態様に限定されず、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

[0124] 例えば、変形例として、制御部が、温度情報に基づき、発光素子の駆動電圧値を補正することで発光面明るさの変動を抑制すること、つまり、発光面明るさの変動が抑制されるように発光素子の駆動電圧値を変化させることも可能である。ただし、電圧による発光面明るさの補正よりも、電流による発光面明るさの補正の方が、制御が容易であり、発光面明るさのばらつきを少なくすることが容易である。

[0125] また例えば、他の変形例として、発光面明るさ自体を補正する替わりに、制御部が、温度情報に基づき、ＰＷＭ制御における周波数およびパルス幅（の少なくとも一方）を補正して、平均発光面明るさの変動を抑制すること（つまり、平均発光面明るさの変動が抑制されるようにパルス幅と周波数のうち少なくともいずれかを変化させること）も可能である。ただし、このような補正を行う場合は、周波数やパルス幅といった時間的なパラメータを微調整することとなり、比較的高いクロック周波数での駆動を行うこととなる。しかし、クロック周波数が高いと、消費電力が高くなる。

[0126] バッテリー駆動する基準用光源は、低消費電力で動作することが好ましい。したがって、消費電力低減の観点からは、上述の第２実施形態のように、電流値の微調整により発光面明るさを補正する方法の方が好ましい。なお、上述の第２実施形態のように、光量値を等比数列的に、例えば１／２倍ずつ

、或いは、２倍ずつ変えていくような大きな光量変化は、比較的低いクロック周波数を用いて、消費電力の抑制されたＰＷＭ制御で行うことができる。

[0127] （実施例）

以下、本実施形態により得られる効果を裏付ける実験結果について説明する。

[0128] 各発光色のＬＥＤごとに、使用環境温度を変化させながら発光面明るさを測定し、発光面明るさの温度依存性を示す発光面明るさ変化曲線を求め、発光面明るさ変化曲線から、温度が変動しても発光面明るさをほぼ一定とする電流補正係数を求めた。

[0129] 図１５は、青色ＬＥＤについての、実施例における発光面明るさ変化曲線と比較例における発光面明るさ変化曲線である。横軸は、温度を℃単位で示し、縦軸は、発光面明るさ変化を％単位で示す。実施例では、温度ごとに補正された電流値で、比較例では、一定の電流値で（温度ごとの電流値補正なしで）、青色ＬＥＤを駆動した。測定は、１５℃～４５℃の温度範囲について行った。比較例では、温度が上昇するにつれ発光面明るさが下降する傾向が見られた。実施例では、電流補正により、１５℃～４５℃の広い温度範囲で、ほぼ一定の発光面明るさを維持できることがわかった。

[0130] 検出器としてＰＭＴが使われているフォトンカウンティング方式の発光測定装置であるルミネセンサＪＮＲ（アトー株式会社製）により、本発明の実施例による基準用光源の直線性を調べた。ここで、直線性とは、実施例による基準用光源の各発光色の設定光量値（設定出力）と、測定装置による測定値との関係の線形性のことである。

[0131] 図１６は、実施例の基準用光源における発光の直線性を示すグラフである。横軸は、実施例の基準用光源の各発光色の出力をｐＷ単位で示し、縦軸は、測定装置による測定値を相対発光量（ＲＬＵ）で示す。測定の結果、各発光色とも良好な直線関係が得られることが確認できた。なお、ＰＭＴの波長感度特性によって、各色の感度が異なること、例えば、ＰＭＴの赤色の感度は青色の感度の１／１０以下であることが同時に示された。

[0132] 複数色の発光成分の光量を分離して測定することができる測定装置（日本国特許第４０５２３８９号）が実用化されている。しかし、この測定装置の測定結果が正しいことを検証するための基準用光源がこれまではなかった。実施例による基準用光源は、複数発光色の光を精密に制御された光量で放出することができるので、この測定装置の動作を検証する光源として適している。

[0133] ＜他の実施形態＞

以上、本発明の実施形態を具体的に説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。例えば、上述の実施形態に対し、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは、当業者に自明であろう。

[0134] ＜本発明の好ましい態様＞

以下、本発明の好ましい態様を付記する。

[0135] （付記１）

放射角度分布がランバート性放射分布又は等方性一様放射分布のいずれかである光が光取り出し開口窓から取出され、前記光取り出し開口窓内の光取り出し面の光強度の面内分布が均一であり、測定対象物である発光体から放射される微弱光の絶対光量の測定を行う際の標準光源として用いることができる発光素子。

[0136] （付記２）

下部クラッド層と、

前記下部クラッド層上に形成された発光層と、

前記発光層上に形成された上部クラッド層と、

前記上部クラッド層上に形成された透明電極と、

前記透明電極の表面側から少なくとも前記発光層に達する深さで形成された溝内を埋めるように設けられた筒状の絶縁体と、

前記透明電極上に形成され、前記光取り出し面となる前記絶縁体に囲われた前記透明電極の表面を露出させて微弱光を取り出す前記光取り出し開口窓

としての開口が形成され、前記絶縁体に囲われた前記透明電極の外周端を全周覆う表面電極と、

前記下部クラッド層に接続された裏面電極と、を備える付記１に記載の発光素子。

[0137] （付記３）

前記溝は、前記透明電極の表面側から少なくとも前記下部クラッド層に達する深さで形成されている付記２に記載の発光素子。

[0138] （付記４）

前記開口の形状は、円形、楕円、長円、角丸形、長方形、およびこれらを組み合わせた図形のいずれかの形状である付記２又は３に記載の発光素子。

[0139] （付記５）

前記開口から露出される前記透明電極は、前記上部クラッド層の表面を露出させることなく、その全面を覆っている付記２乃至４のいずれかに記載の発光素子。

[0140] （付記６）

前記開口が形成された側の前記発光素子の主表面には、前記絶縁体の外側領域を覆う遮光膜が形成されている付記２乃至５のいずれかに記載の発光素子。

[0141] （付記７）

前記遮光膜は、前記表面電極を構成する金属膜と一体に形成された金属膜を備える付記６に記載の発光素子。

[0142] （付記８）

付記１乃至７のいずれかの発光素子を同一面上に１つ以上配置してなる光源。

[0143] （付記９）

付記１乃至７のいずれかの発光素子を標準光源として備える撮像装置。

[0144] （付記１０）

付記１乃至７のいずれかの発光素子の前記光取り出し面から放射される光

の全光束光量と、放射角度分布と、を取得する工程と、

前記全光束光量及び前記放射角度分布を取得済みの前記発光素子を標準光源として用いて、撮像装置を校正する工程と、

校正済みの前記撮像装置を用いて、測定対象物である発光体の発光面を撮影して前記発光体から放射された微弱光の全光束光量を取得する工程と、を有する発光体の観察方法。

[0145] （付記１１）

前記発光素子の光取り出し面を撮影した画像と、前記発光体の発光面を撮影した画像と、を比較することで、前記発光体の発光面の寸法を取得する工程を有する付記９に記載の発光体の観察方法。

[0146] （付記１２）

動作温度に応じて発光面明るさが変化する特性を有する発光素子と、

前記発光素子を駆動する発光素子駆動手段と、

前記発光素子の温度を測定する温度センサと、

前記発光素子駆動手段および前記温度センサにそれぞれ接続された制御部と、

を備え、

前記制御部は、

前記温度センサから受信した温度情報に基づき、使用環境温度の変動に起因する前記発光素子の発光面明るさの変動が抑制されるよう、前記発光素子駆動手段が前記発光素子を駆動する電流値または電圧値を変化させるように構成されている基準用光源。

[0147] （付記１３）

前記制御部は、

前記温度センサから受信した温度情報に基づいて補正係数を設定し、前記補正係数を基準電流値に乗じることで、前記電流値を変化させるように構成されている

付記１２に記載の基準用光源。

[0148] （付記１４）

前記温度センサは、

前記発光素子の温度の測定を所定頻度で繰り返し、

前記制御部は、

少なくとも前記温度センサから受信した温度情報が変動する度に、前記発光素子駆動手段が前記発光素子を駆動する電流値を変化させるように構成されている

付記１２又は１３に記載の基準用光源。

[0149] （付記１５）

前記制御部は、

前記発光素子駆動手段に点灯のパルス幅および周波数を与えて、前記発光素子駆動手段による前記発光素子の点灯消灯動作を制御することで、前記発光素子を所定の平均発光面明るさで発光させるように構成されている

付記１乃至１４のいずれかに記載の基準用光源。

[0150] （付記１６）

光量値を入力するための操作子をさらに備え、

前記制御部は、

前記操作子により入力された光量値に基づいて、前記パルス幅および前記周波数を設定するように構成されている付記１５に記載の基準用光源。

[0151] （付記１７）

前記基準電流値は、１００μＡ～５００μＡの範囲内の電流値である付記１３に記載の基準用光源。

[0152] （付記１８）

前記発光素子から入射した光を減衰させる減光フィルタをさらに備える付記１２乃至１７のいずれかに記載の基準用光源。

[0153] （付記１９）

前記発光素子は、

発光色の異なる複数の発光素子を備え、

前記制御部は、

前記温度センサから受信した温度情報に基づき、使用環境温度の変動に起因する前記発光色の異なる複数の発光素子のそれぞれにおける発光面明るさの変動が抑制されるよう、前記発光素子駆動手段が前記発光色の異なる複数の発光素子を駆動するそれぞれの電流値を変化させるように構成されている付記１乃至７のいずれかに記載の基準用光源。

[0154] （付記２０）

前記発光素子駆動手段、前記温度センサ、および前記制御部に電力を供給するバッテリーと、

前記発光素子、前記発光素子駆動手段、前記温度センサ、前記制御部、および前記バッテリーを一体的に収容する筐体と、

をさらに備える付記１２乃至１９のいずれかに記載の基準用光源。

[0155] （付記２１）

前記発光素子として付記１に記載の発光素子を備える付記１２乃至２０のいずれかに記載の基準用光源。

[0156] （付記２２）

動作温度に応じて発光面明るさが変化する特性を有する発光素子と、

前記発光素子を駆動する発光素子駆動手段と、

前記発光素子の温度を測定する温度センサと、

前記発光素子駆動手段および前記温度センサにそれぞれ接続された制御部と、

を備え、

前記制御部は、

前記温度センサから受信した温度情報に基づき、使用環境温度の変動に起因する前記発光素子からの発光の発光面明るさまたは平均発光面明るさの変動が抑制されるよう、前記発光素子駆動手段が前記発光素子を駆動する電流値、電圧値、および、点灯のパルス幅と周波数のうち少なくともいずれかを変化させるように構成されている基準用光源。

[0157] （付記２３）

付記１２に記載の基準用光源の発光面から放射される光の全光束光量と、放射角度分布と、を取得する工程と、

前記全光束光量及び前記放射角度分布を取得済みの前記発光素子を標準光源として用いて、撮像装置を校正する工程と、

校正済みの前記撮像装置を用いて、測定対象物である発光体の発光面を撮影して前記発光体から放射された微弱光の全光束光量を取得する工程と、を有する発光体の観察方法。

[0158] （付記２４）

付記１２に記載の基準用光源の発光面を撮影した画像と、前記発光体の発光面を撮影した画像と、を比較することで、前記発光体の発光面の寸法を取得する工程を有する付記２２に記載の発光体の観察方法。

符号の説明

[0159]

１，１０Ｌ，１０Ｒ，１０Ｇ，１０Ｂ	発光素子
２	下部クラッド層
３	発光層
４	上部クラッド層
５	透明電極
６	溝
７	絶縁体
８	表面電極
８Ａ	開口
１０	裏面電極
１２	光取り出し面
２０	発光素子駆動手段
３０	温度センサ
４０	制御部
４１	動作設定手段

４２　　光量設定手段

４３　　駆動パラメータ選定表

４４　　発光面明るさ（光量）補正手段

４５　　補正係数選定表

５０　　発光部

５１　　減光フィルタ

６０　　バッテリー

７０　　筐体

７１　　表示パネル

７２ａ～７２ｄ　操作ボタン（操作子）

８０　　（発光部５０から放出される）光

請求の範囲

[請求項1] 放射角度分布がランバート性放射分布又は等方性一様放射分布のいずれかである光が光取り出し開口窓から取出され、前記光取り出し開口窓内の光取り出し面の光強度の面内分布が均一であり、測定対象物である発光体から放射される微弱光の絶対光量の測定を行う際の標準光源として用いることができる発光素子。

[請求項2] 下部クラッド層と、

前記下部クラッド層上に形成された発光層と、

前記発光層上に形成された上部クラッド層と、

前記上部クラッド層上に形成された透明電極と、

前記透明電極の表面側から少なくとも前記発光層に達する深さで形成された溝内を埋めるように設けられた筒状の絶縁体と、

前記透明電極上に形成され、前記光取り出し面となる前記絶縁体に囲われた前記透明電極の表面を露出させて微弱光を取り出す前記光取り出し開口窓としての開口が形成され、前記絶縁体に囲われた前記透明電極の外周端を全周覆う表面電極と、

前記下部クラッド層に接続された裏面電極と、を備える請求項１に記載の発光素子。

[請求項3] 前記溝は、前記透明電極の表面側から少なくとも前記下部クラッド層に達する深さで形成されている請求項２に記載の発光素子。

[請求項4] 前記開口の形状は、円形、楕円、長円、角丸形、長方形、およびこれらを組み合わせた図形のいずれかの形状である請求項２に記載の発光素子。

[請求項5] 前記開口から露出される前記透明電極は、前記上部クラッド層の表面を露出させることなく、その全面を覆っている請求項２に記載の発光素子。

[請求項6] 前記開口が形成された側の前記発光素子の主表面には、前記絶縁体の外側領域を覆う遮光膜が形成されている請求項２に記載の発光素子

。

[請求項7] 前記遮光膜は、前記表面電極を構成する金属膜と一体に形成された金属膜を備える請求項６に記載の発光素子。

[請求項8] 動作温度に応じて発光面明るさが変化する特性を有する発光素子と、

前記発光素子を駆動する発光素子駆動手段と、

前記発光素子の温度を測定する温度センサと、

前記発光素子駆動手段および前記温度センサにそれぞれ接続された制御部と、を備え、

前記制御部は、

前記温度センサから受信した温度情報に基づき、使用環境温度の変動に起因する前記発光素子の発光面明るさの変動が抑制されるよう、前記発光素子駆動手段が前記発光素子を駆動する電流値または電圧値を変化させるように構成されている基準用光源。

[請求項9] 前記制御部は、前記温度センサから受信した温度情報に基づいて補正係数を設定し、前記補正係数を基準電流値に乗じることで、前記電流値を変化させるように構成されている請求項８に記載の基準用光源。

[請求項10] 前記温度センサは、前記発光素子の温度の測定を所定頻度で繰り返し、

前記制御部は、少なくとも前記温度センサから受信した温度情報が変動する度に、前記発光素子駆動手段が前記発光素子を駆動する電流値を変化させるように構成されている請求項８に記載の基準用光源。

[請求項11] 前記制御部は、前記発光素子駆動手段に点灯のパルス幅および周波数を与えて、前記発光素子駆動手段による前記発光素子の点灯消灯動作を制御することで、前記発光素子を所定の平均発光面明るさで発光させるように構成されている請求項８に記載の基準用光源。

[請求項12] 光量値を入力するための操作子をさらに備え、

前記制御部は、前記操作子により入力された光量値に基づいて、前記パルス幅および前記周波数を設定するように構成されている請求項８に記載の基準用光源。

[請求項13] 前記基準電流値は、１００μＡ～５００μＡの範囲内の電流値である請求項８に記載の基準用光源。

[請求項14] 前記発光素子から入射した光を減衰させる減光フィルタをさらに備える請求項８に記載の基準用光源。

[請求項15] 前記発光素子は、発光色の異なる複数の発光素子を備え、

前記制御部は、前記温度センサから受信した温度情報に基づき、使用環境温度の変動に起因する前記発光色の異なる複数の発光素子のそれぞれにおける発光面明るさの変動が抑制されるよう、前記発光素子駆動手段が前記発光色の異なる複数の発光素子を駆動するそれぞれの電流値を変化させるように構成されている請求項８に記載の基準用光源。

[請求項16] 前記発光素子駆動手段、前記温度センサ、および前記制御部に電力を供給するバッテリーと、

前記発光素子、前記発光素子駆動手段、前記温度センサ、前記制御部、および前記バッテリーを一体的に収容する筐体と、

をさらに備える請求項９に記載の基準用光源。

[請求項17] 前記発光素子として請求項１に記載の発光素子を備える請求項９に記載の基準用光源。

[請求項18] 請求項１に記載の発光素子の光取り出し面から放射される光の全光束光量と、放射角度分布と、を取得する工程と、

前記全光束光量及び前記放射角度分布を取得済みの前記発光素子を標準光源として用いて、撮像装置を校正する工程と、

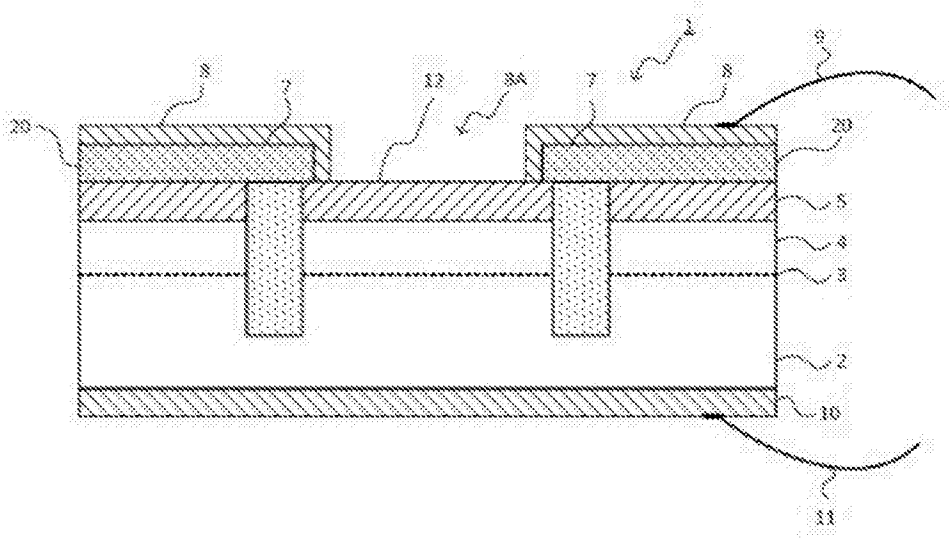
校正済みの前記撮像装置を用いて、測定対象物である発光体の発光面を撮影して前記発光体から放射された微弱光の全光束光量を取得する工程と、を有する発光体の観察方法。

[請求項19] 請求項８に記載の基準用光源の発光面から放射される光の全光束光量と、放射角度分布と、を取得する工程と、

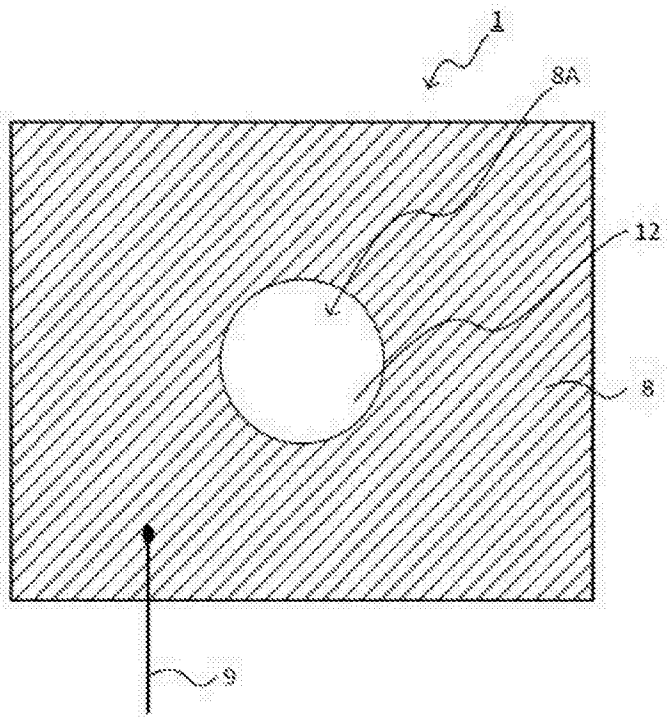
前記全光束光量及び前記放射角度分布を取得済みの前記発光素子を標準光源として用いて、撮像装置を校正する工程と、

校正済みの前記撮像装置を用いて、測定対象物である発光体の発光面を撮影して前記発光体から放射された微弱光の全光束光量を取得する工程と、を有する発光体の観察方法。

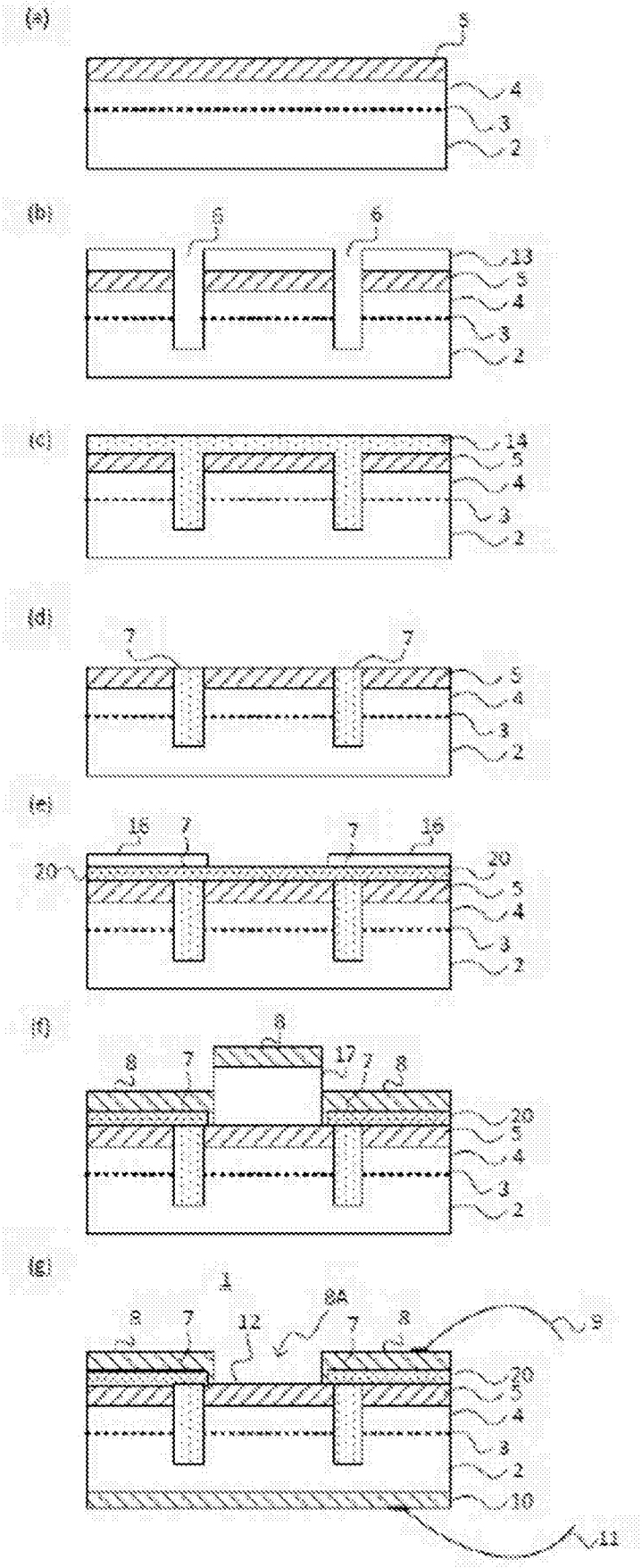
[図1A]



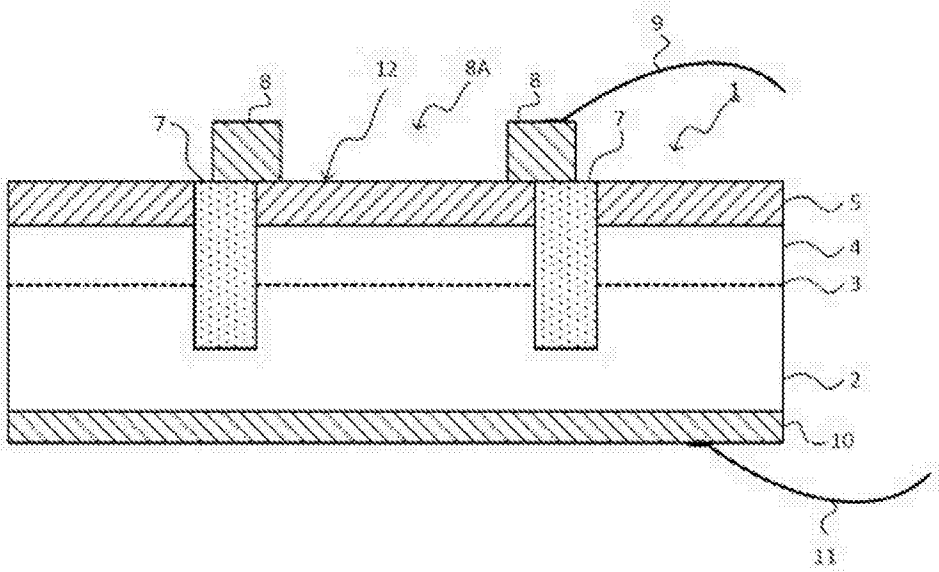
[図1B]



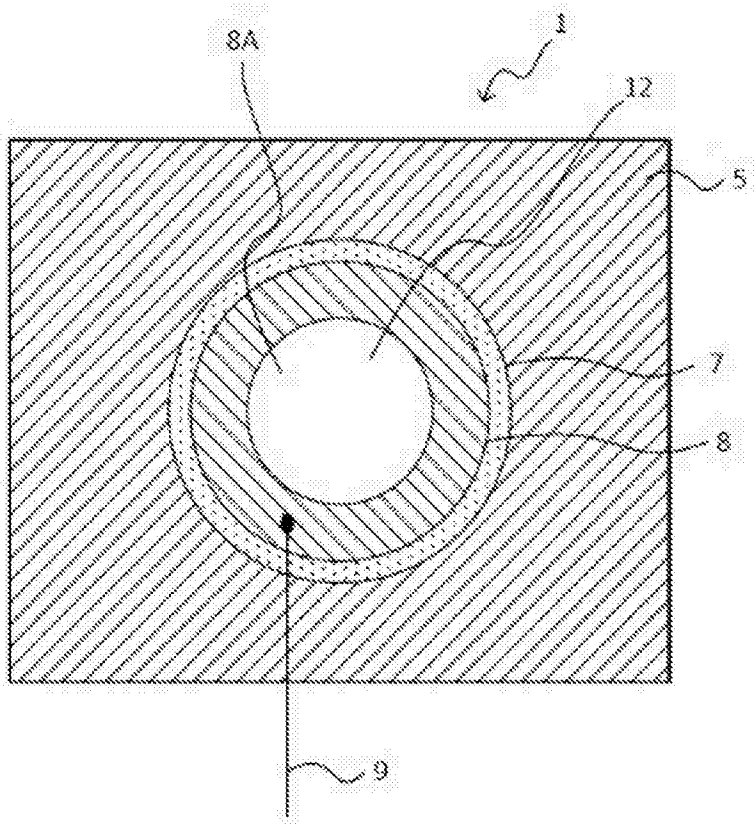
[図2]


(a)
5
4
3
2
(b)
6
6
13
5
4
3
2
(c)
14
5
4
3
2
(d)
7
7
5
4
3
2
(e)
16
7
7
16
20
20
5
4
3
2
(f)
8
8
7
17
7
8
20
5
4
3
2
(g)
1
8A
8
7
12
7
8
9
20
5
4
3
2
10
11

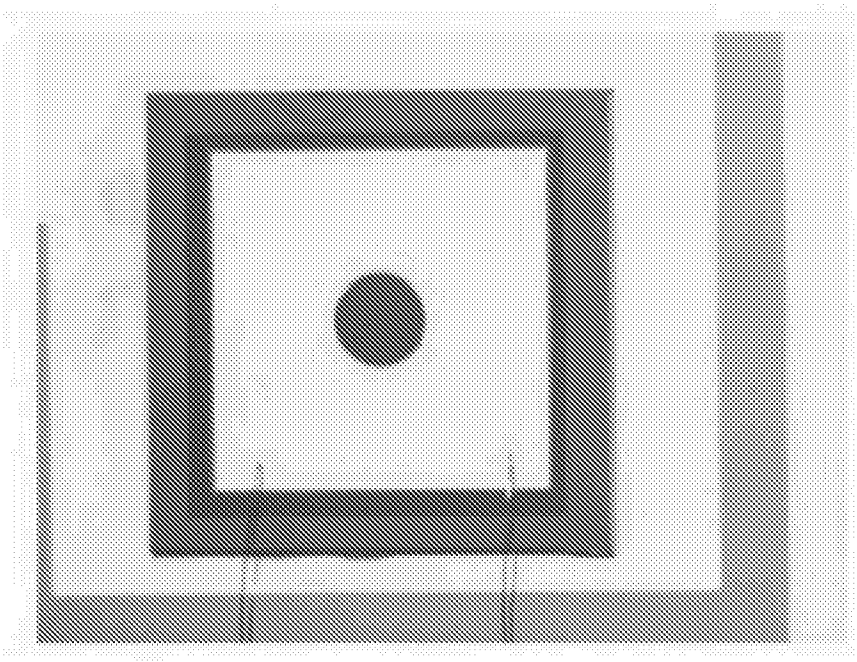
[図3A]



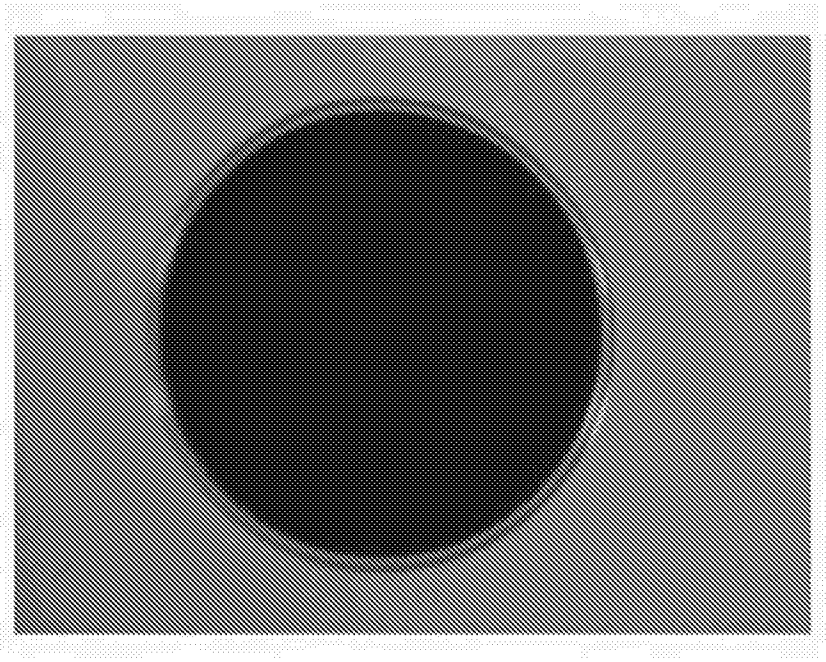
[図3B]



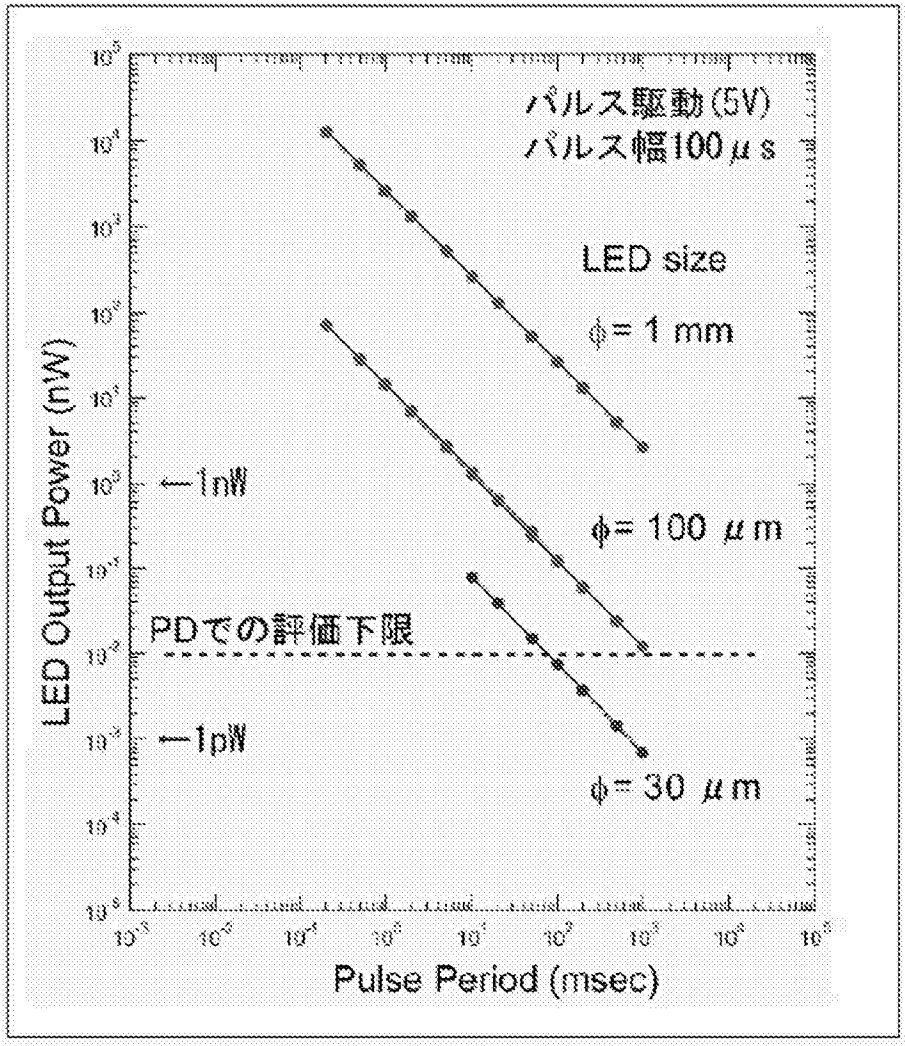
[図4A]



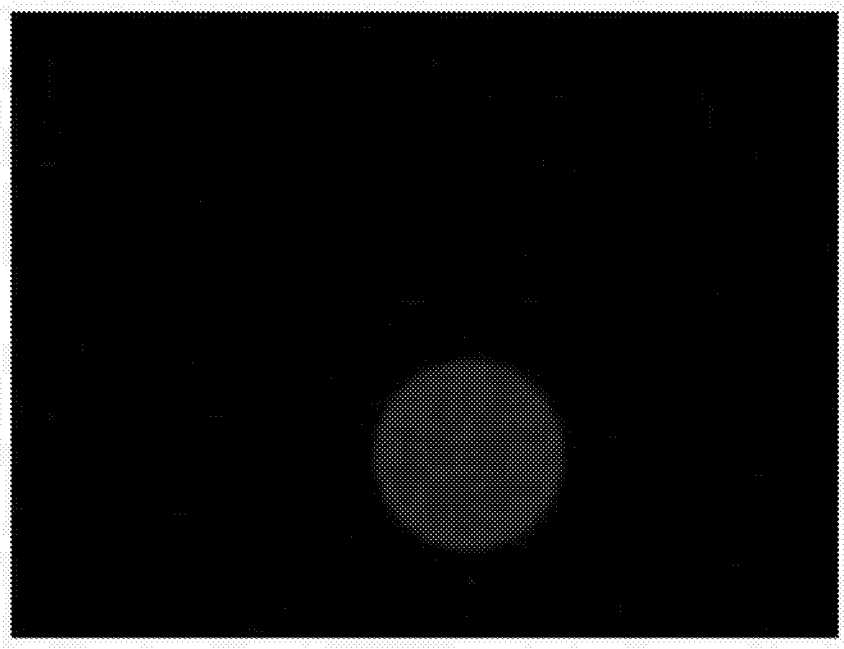
[図4B]



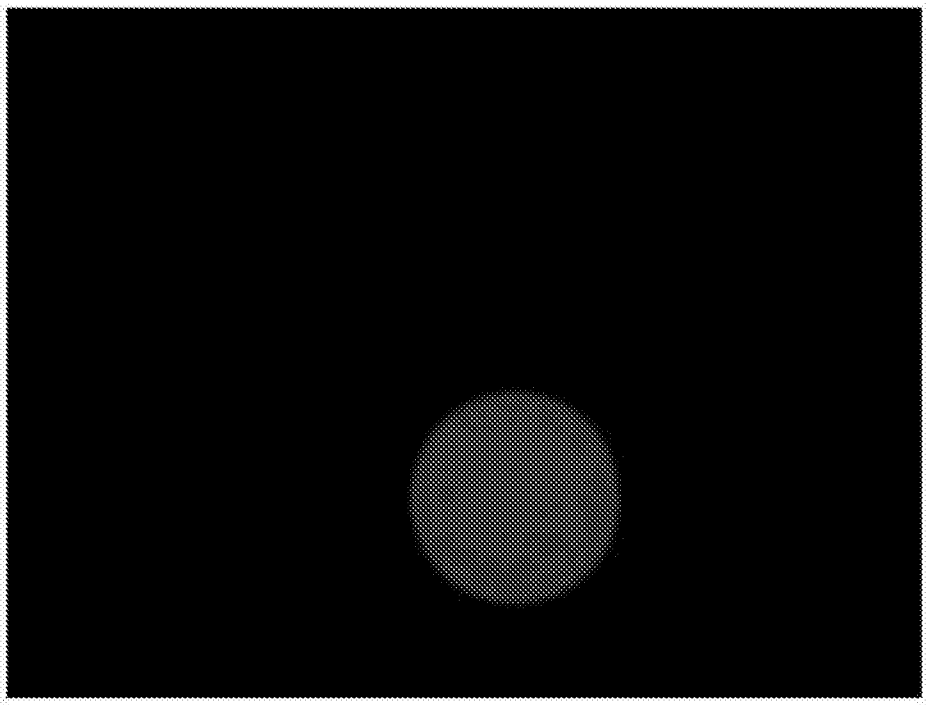
[図5]


パルス駆動(5V)
パルス幅100μs
LED size
φ= 1 mm
φ= 100 μm
φ= 30 μm
←1nW
PDでの評価下限
←1pW
LED Output Power (mW)
Pulse Period (msec)

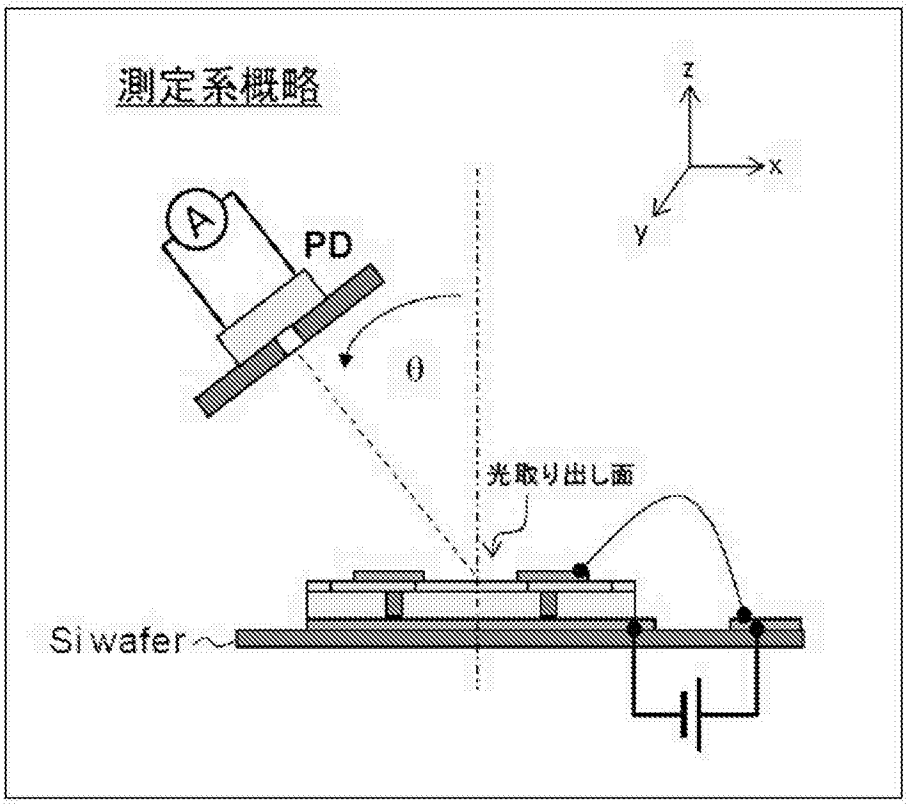
[図6A]



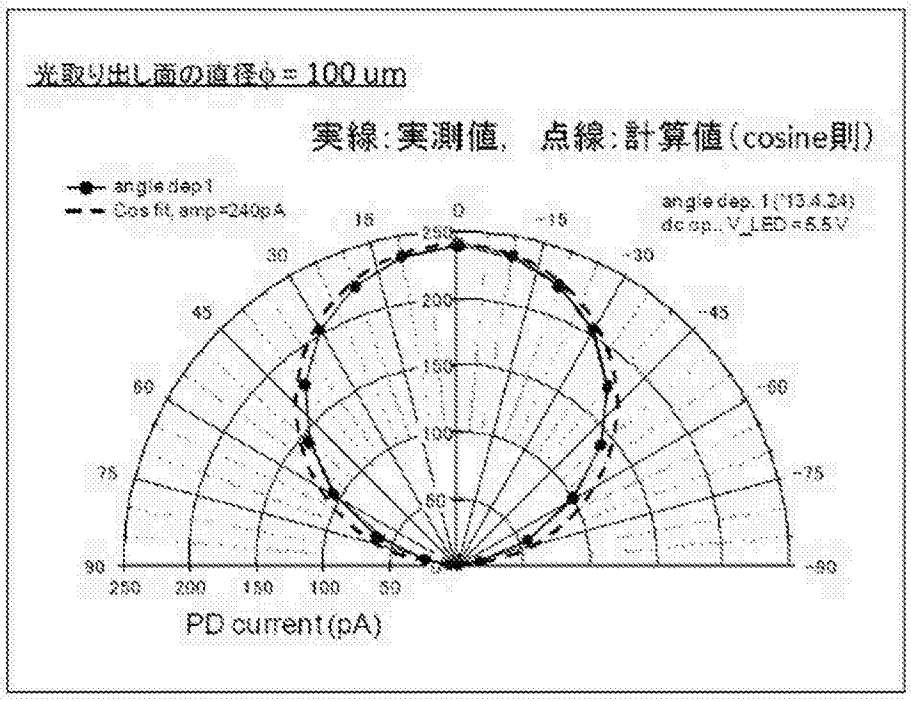
[図6B]



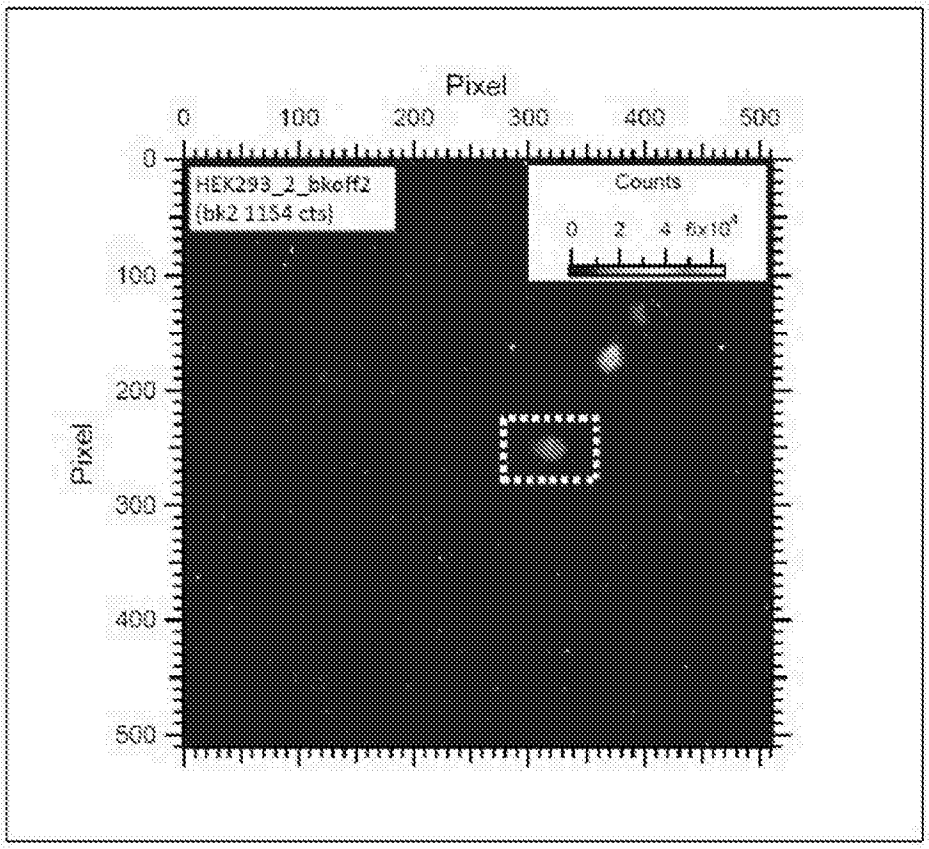
[図7A]



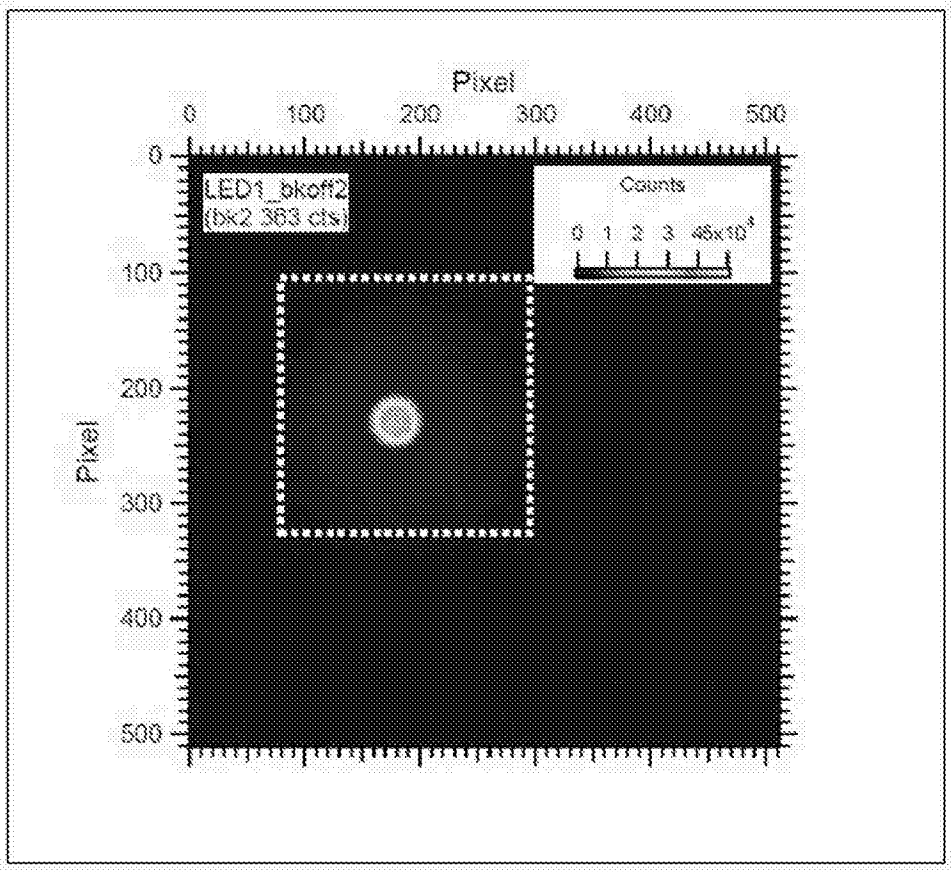
[図7B]


光取り出し面の直径φ＝100 um
実線：実測値，　点線：計算値（cosine則）
angle dep 1
Cos fit, amp=240pA
angle dep. 1 ('13.4.24)
dc op., V_LED = 6.5 V
PD current (pA)

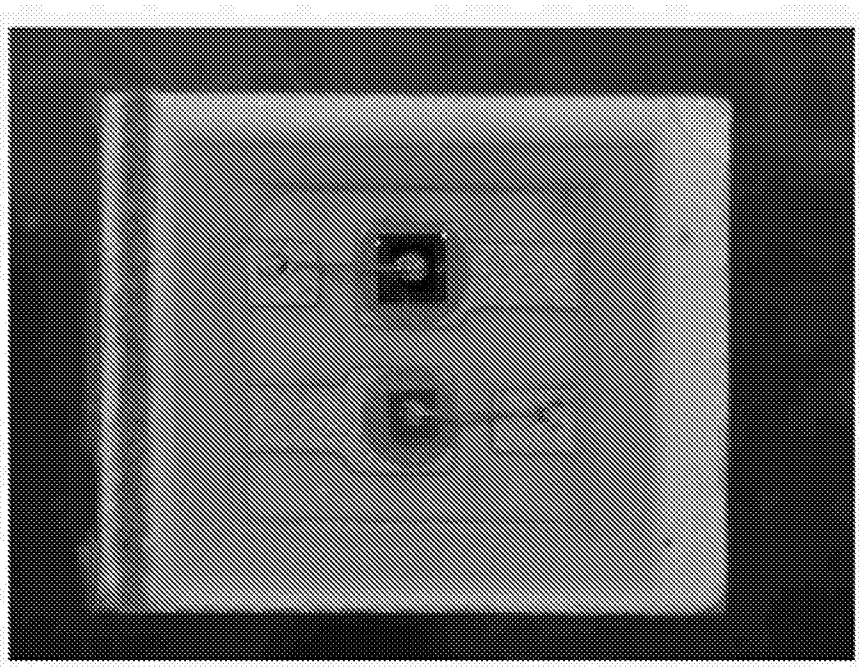
[図8A]


Pixel
Pixel
HEK293_2_bkoff2
(bk2 1154 cts)
Counts

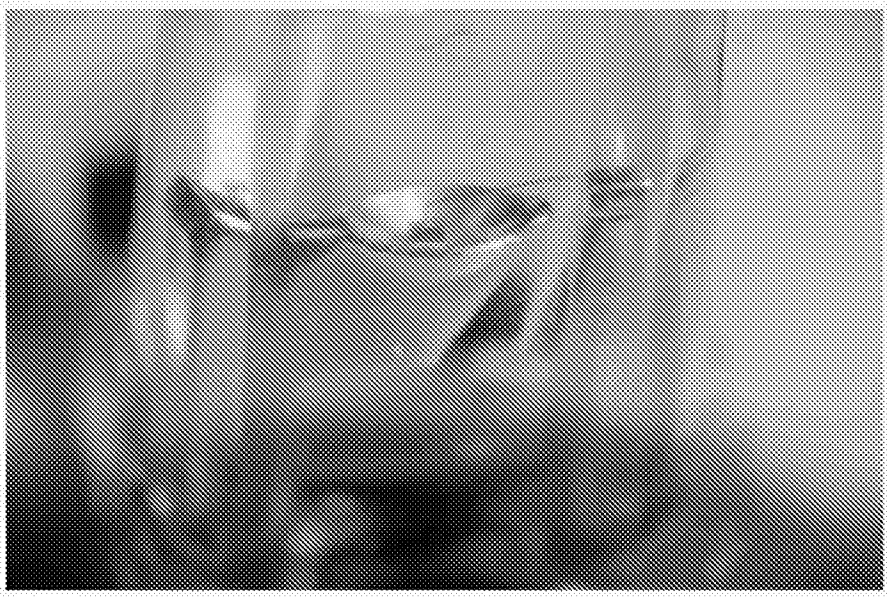
[図8B]


Pixel
0
100
200
300
400
500
Pixel
LED1_bkoff2
(bk2 383 cts)
Counts
0 1 2 3 4.6x10^4

[図9A]



[図9B]



[図10A]

<数2>

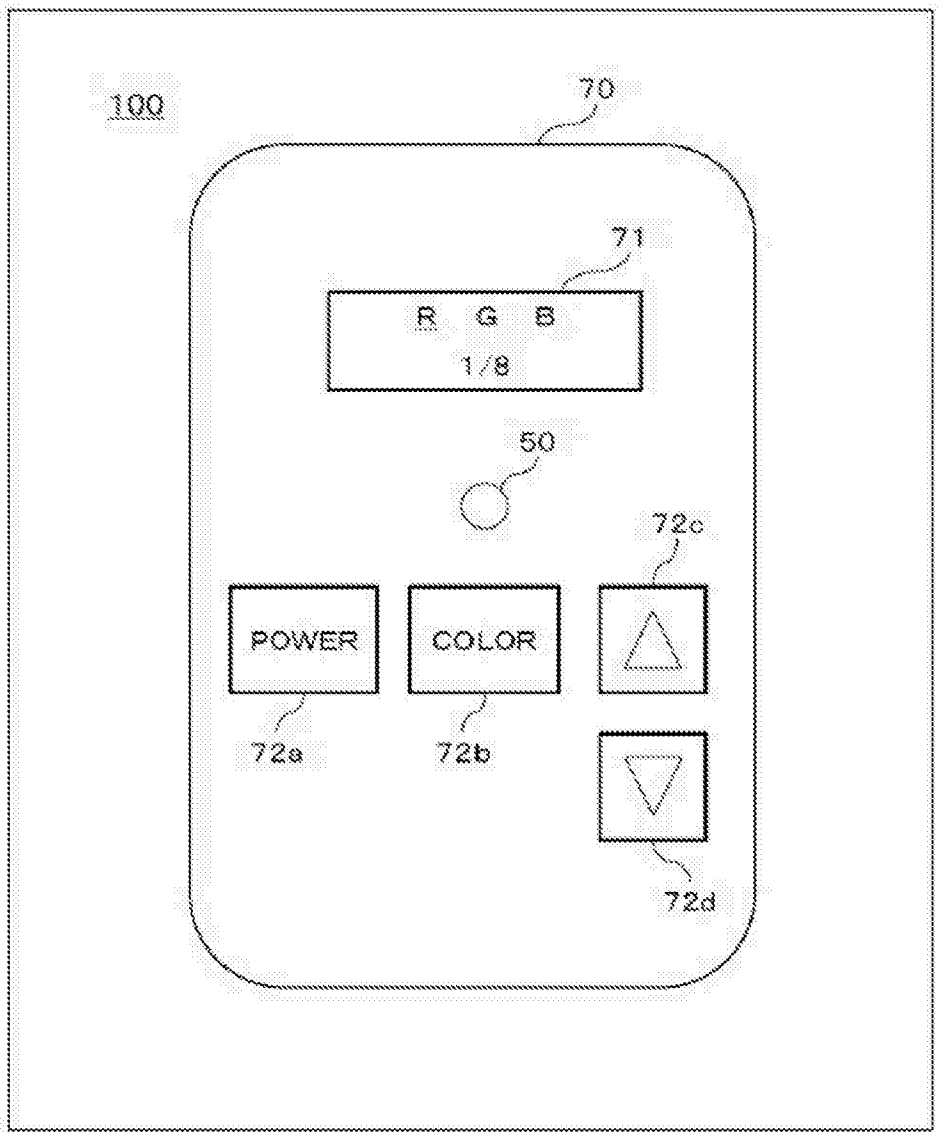
$$\eta_L = 2\pi\int_{\theta}^{\alpha}\cos\theta\sin\theta d\theta \Big/ 2\pi\int_{0}^{\frac{\pi}{2}}\cos\theta\sin\theta d\theta$$
$$= \sin^2\theta$$
$$= NA^2$$

[図10B]

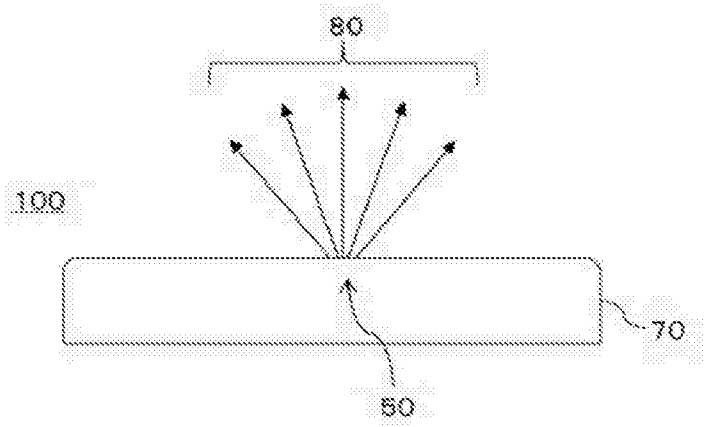
<数5>

$$\eta_s = \frac{1-\sqrt{1-\sin^2\theta}}{2} \approx \frac{1-\sqrt{1-NA^2}}{2}$$

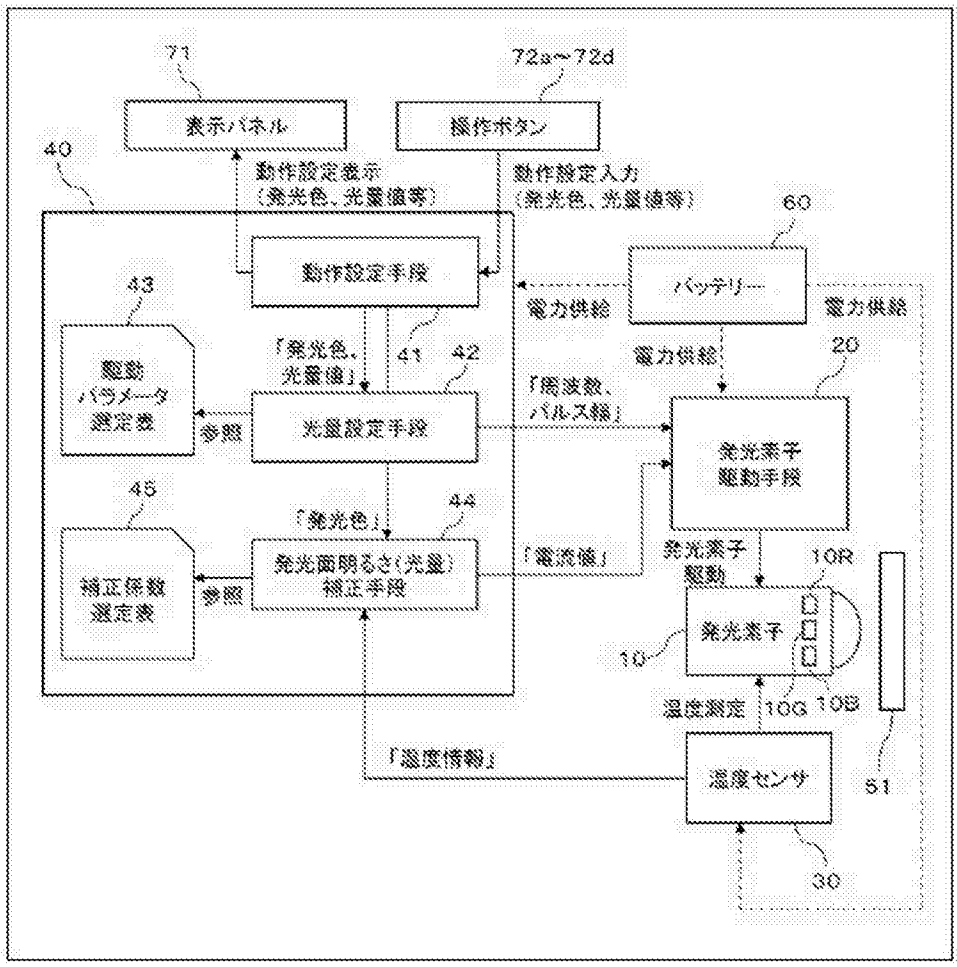
[図11A]



[図11B]



[図12]



[図13]

43

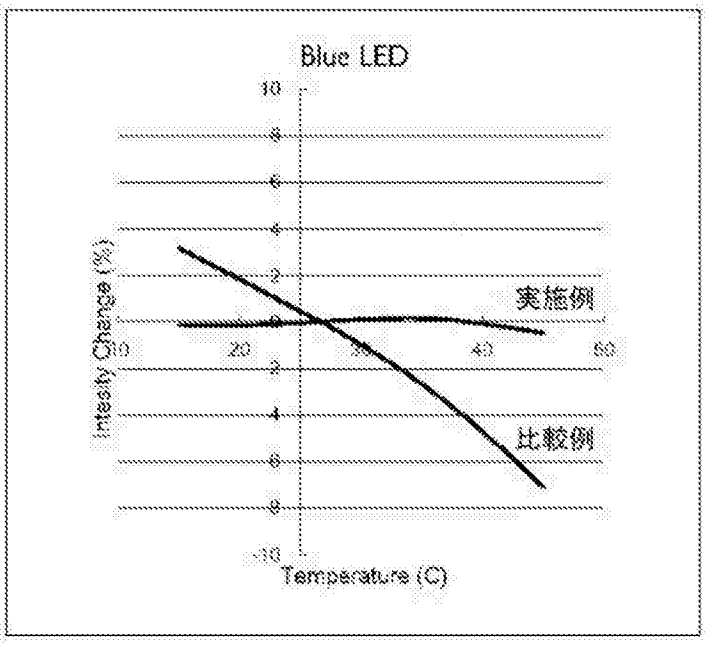
光量値 （フルに対する割合）	周波数(Hz)	パルス幅(μs) （点灯時間）
フル	―	連続
1／2	14400	35.0
1／4	7200	35.0
1／8	3600	35.0
1／16	1800	35.0
1／32	900	35.0
1／64	450	35.0
1／128	225	35.0
1／256	112	35.0
1／512	112	17.5
1／1024	56	17.5
オフ(ゼロ)	―	0

[図14]

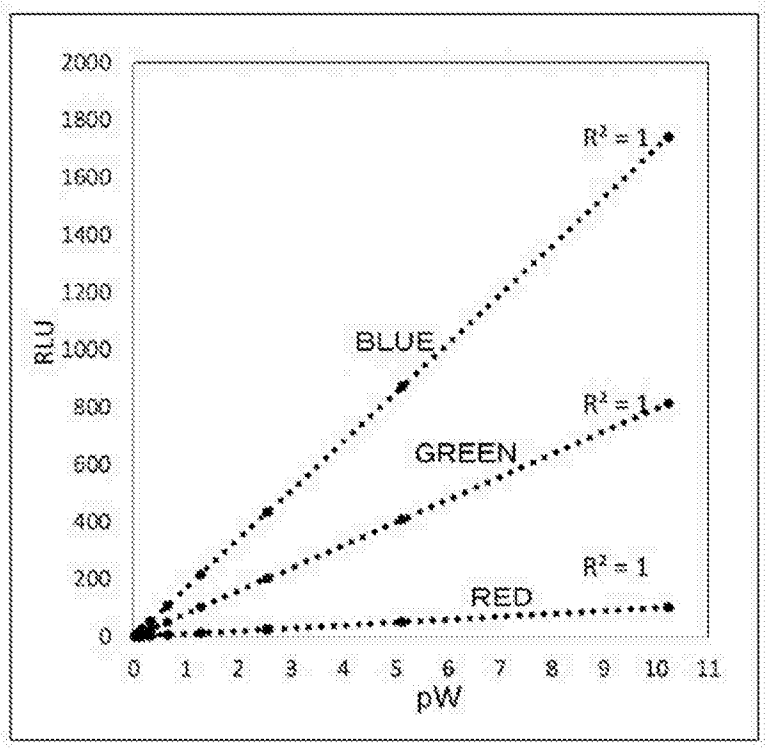
45

温度(℃)	補正係数
15	0.971
20	0.980
25	0.995
30	1.010
35	1.022
40	1.042
45	1.075

[図15]



[図16]


2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
RLU
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
pW
BLUE
GREEN
RED
R² = 1
R² = 1
R² = 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/083835

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L33/14(2010.01)i, *G01J1/00*(2006.01)i, *G01M11/00*(2006.01)i, *H01L33/00*(2010.01)i, *H01L33/38*(2010.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L33/14, G01J1/00, G01M11/00, H01L33/00, H01L33/38

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 03-262931 A (Aloka Co., Ltd.), 22 November 1991 (22.11.1991), entire text; all drawings (Family: none)	1 8-13,15-19 2-7,14
X Y A	JP 2012-211783 A (Fuji Film Kabushiki Kaisha), 01 November 2012 (01.11.2012), claim 3; paragraphs [0001] to [0006], [0026] to [0057]; fig. 1 to 4 & US 2012/0248989 A1	1 8-19 2-7
Y	JP 2006-276784 A (Iiyama Corp.), 12 October 2006 (12.10.2006), paragraphs [0022] to [0023] (Family: none)	8-19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 February 2015 (12.02.15)	24 February 2015 (24.02.15)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/083835

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-238721 A (Canon Inc.), 06 December 2012 (06.12.2012), paragraph [0030] & US 2012/0286674 A1	8-19
Y	JP 2009-287976 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 10 December 2009 (10.12.2009), paragraphs [0001], [0030] (Family: none)	12
Y	JP 2013-532839 A (Korea Research Institute of Standards and Science), 19 August 2013 (19.08.2013), paragraphs [0001], [0003] & US 2013/0099102 A1 & WO 2012/018182 A & WO 2012/018182 A2 & DE 112011102599 T & KR 10-2012-0012629 A & AU 2011286553 A & CN 102959370 A	18,19

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０８３８３５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L33/14(2010.01)i, G01J1/00(2006.01)i, G01M11/00(2006.01)i, H01L33/00(2010.01)i, H01L33/38(2010.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L33/14, G01J1/00, G01M11/00, H01L33/00, H01L33/38

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 03-262931 A (アロカ株式会社)	1
Y	1991.11.22, 全文, 全図	8-13,15-19
A	(ファミリーなし)	2-7,14
X	JP 2012-211783 A (富士フィルム株式会社)	1
Y	2012.11.01, 請求項3, 段落【0001】-【0006】,【0026】-【0057】, 図1-4	8-19
A	& US 2012/0248989 A1	2-7

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１２．０２．２０１５	２４．０２．２０１５

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｋ　４７４２
吉岡　一也
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５５

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2006-276784 A (株式会社イーヤマ) 2006.10.12, 段落【0022】-【0023】 (ファミリーなし)	8-19
Y	JP 2012-238721 A (キャノン株式会社) 2012.12.06, 段落【0030】 & US 2012/0286674 A1	8-19
Y	JP 2009-287976 A (浜松ホトニクス株式会社) 2009.12.10, 段落【0001】, 【0030】 (ファミリーなし)	12
Y	JP 2013-532839 A (コリア　リサーチ　インスティテュート　オブ　スタンダーズ　アンド　サイエンス) 2013.08.19,　段落【0001】, 【0003】 & US 2013/0099102 A1 & WO 2012/018182 A & WO 2012/018182 A2 & DE 112011102599 T & KR 10-2012-0012629 A & AU 2011286553 A & CN 102959370 A	18, 19