

(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
2012 年 11 月 1 日(01.11.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/147469 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 33/48 (2010.01) H01L 33/32 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/059094
- (22) 国際出願日: 2012 年 4 月 3 日(03.04.2012)
- (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 2011-101343 2011 年 4 月 28 日(28.04.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): ウシオ電機株式会社 (Ushio Denki Kabushiki Kaisha) [JP/JP]; 〒1008150 東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 山口 真典 (YAMAGUCHI, Masanori) [JP/JP]; 〒6710224 兵庫県姫路市別所町佐土 1 1 9 4 番地 ウシオ電機株式会社内 Hyogo (JP). 前嶋 剛 (MAESOB, Tsuyoshi) [JP/JP]; 〒6710224 兵庫県姫路市別所町佐土 1 1 9 4 番地 ウシオ電機株式会社内 Hyogo (JP). 高木 亮平 (TAKAKI, Ryohei) [JP/JP]; 〒6710224 兵庫県姫路市別所町佐土 1 1 9 4 番地

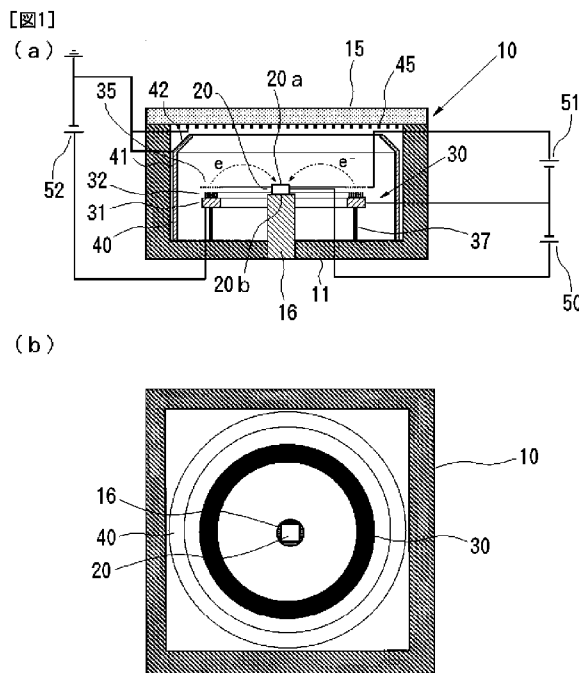
ウシオ電機株式会社内 Hyogo (JP). 高田 寛之 (TAKADA, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒6710224 兵庫県姫路市別所町佐土 1 1 9 4 番地 ウシオ電機株式会社内 Hyogo (JP).

- (74) 代理人: 大井 正彦 (OHI, Masahiko); 〒1010062 東京都千代田区神田駿河台三丁目 4 番地 日専連朝日生命ビル 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, 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, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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,

[続葉有]

(54) Title: ELECTRON BEAM EXCITED LIGHT SOURCE DEVICE

(54) 発明の名称: 電子線励起型光源装置



(57) Abstract: Provided is an electron beam excited light source device that provides high luminous efficiency by making an electron beam reliably incident to one surface of a semiconductor light emitting element without an excitation light transmission window becoming electrostatically charged. In this electron beam excited light source device, an electron beam source and a semiconductor light emitting element that radiates light because of the electron beam from this electron beam source are disposed inside a casing having an excitation light transmission window, and light is radiated from one surface of the semiconductor light emitting element and output from the excitation light transmission window by having the electron beam from the electron beam source be incident to one surface of the semiconductor light emitting element. The electron beam excited light source device is characterized in that an electron beam shielding electrode which has an excitation light transmission part and maintains a negative potential is provided at the excitation light transmission window or between the excitation light transmission window and the semiconductor light emitting element.

(57) 要約:

[続葉有]



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

光透過窓が帯電することがなく、電子線が半導体発光素子の一面に確実に入射されて高い発光効率が得られる電子線励起型光源装置を提供する。光透過窓を有するケーシング内に、電子線源およびこの電子線源からの電子線によって光を放射する半導体発光素子が配置されてなり、前記半導体発光素子の一面に前記電子線源からの電子線が入射されることによって、当該半導体発光素子の一面から光が放射されて前記光透過窓から出射される電子線励起型光源装置において、前記光透過窓に、または前記光透過窓と前記半導体発光素子との間に、負の電位に維持される、光透過部を有する電子線遮蔽電極が設けられていることを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：電子線励起型光源装置

技術分野

[0001] 本発明は、電子線源と、この電子線源から放射された電子線によって発光する半導体発光素子とを備えてなる電子線励起型光源装置に関するものである。

背景技術

[0002] 電子線を放射することによって半導体発光素子を発光させる電子線励起型光源装置は、小型で出力の高い紫外線を放射する光源として期待されている。

図10は、従来の電子線励起型光源の一例における構成の概略を示す説明用断面図である。この電子線励起型光源は、レーザー光を放射するものであって、内部が負圧の状態で密閉された、光透過窓81を有するケーシング80を具えている。このケーシング80内には、光透過窓81の内面に、半導体発光素子82の両面に光反射部材83、84が配置されてなるレーザー構造体85が配置されている。また、ケーシング80内には、当該ケーシング80の底壁の内面に、半導体発光素子82に電子線を照射する電子線源86がレーザー構造体85に対向するよう配置されている。半導体発光素子82および電子線源86は、ケーシング80の外部に設けられた、加速電圧を印加するための電子加速用電源87に電氣的に接続されている。このような構成の電子線励起型光源は、特許文献1に記載されている。

[0003] 上記の電子線励起型光源においては、電子線源86から放出された電子は、半導体発光素子82と電子線源86との間に印加された加速電圧によって加速されて電子線が形成される。この電子線が光反射部材84を介して半導体発光素子82に入射されることにより、半導体発光素子82から光が放射される。この光は、光反射部材83、84によって共振されることにより、レーザー光として光透過窓81を介して外部に放射される。

[0004] しかしながら、上記の電子線励起型光源においては、以下のような問題がある。

半導体発光素子 8 2 は電子線が照射されることによって発熱するため、当該半導体素子 8 2 を冷却することが必要である。然るに、半導体発光素子 8 2 の一面が光出射面として利用され、その他面が電子線の入射面として利用されているため、半導体発光素子 8 2 をその面積の大きい一面および他面のいずれからも冷却することができない。従って、半導体発光素子 8 2 を効率よく冷却することが困難である。その結果、半導体発光素子 8 2 が高い温度に発熱し、これにより、半導体発光素子 8 2 の発光効率が低下して出力の高い光が放射されず、また、発熱によって半導体発光素子 8 2 に早期に故障が生じる、という問題がある。

また、出力の高い光を得るためには、電子線の加速電圧を高くすることが考えられるが、電子線の加速電圧を高くしたときには、半導体発光素子 8 2 から X 線が発生する、という問題がある。

[0005] このような問題を解決するためには、図 1 1 (a) に示すように、半導体発光素子 8 2 の周辺に電子線源 8 6 を配置し、ケーシング内の電界を制御することにより、電子線源 8 6 から放物線状の軌道に沿って進む電子線を半導体発光素子 8 2 の一面に入射し、当該半導体発光素子 8 2 の一面から光を放射して光透過窓 8 1 から出射する構成が考えられる。このような構成によれば、半導体発光素子 8 2 の他面から当該半導体発光素子 8 2 を冷却することが可能となる。

[0006] しかしながら、上記の構成の電子線励起型光源装置においては、以下のような問題があることが判明した。

すなわち、図 1 1 (b) に示すように、電子線源 8 6 からの電子線は、その一部が所期の軌道から外れたり、或いは半導体発光素子 8 2 の一面に反射されたりすることによって、光透過窓 8 1 に照射され、これにより、光透過窓 8 1 において二次電子が放出されて当該光透過窓 8 1 が正に帯電する。そのため、ケーシング内の電界状態が変化する結果、電子線源 8 6 からの電子

線が半導体発光素子 8 2 の一面に確実に入射されず、発光効率が著しく低下する。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特許第 3 6 6 7 1 8 8 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 本発明は、以上のような事情に基づいてなされたものであって、その目的は、光透過窓が帯電することがなく、電子線が半導体発光素子の一面に確実に入射されて高い発光効率が得られる電子線励起型光源装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の電子線励起型光源装置は、光透過窓を有するケーシング内に、電子線源およびこの電子線源からの電子線によって光を放射する半導体発光素子が配置されてなり、前記半導体発光素子の一面に前記電子線源からの電子線が入射されることによって、当該半導体発光素子の当該一面から光が放射されて前記光透過窓から出射される電子線励起型光源装置において、

前記光透過窓に、または前記光透過窓と前記半導体発光素子との間に、負の電位に維持される、光透過部を有する電子線遮蔽電極が設けられていることを特徴とする。

[0010] 本発明の電子線励起型光源装置においては、前記ケーシング内には、前記電子線源からの電子線の軌道を前記半導体発光素子の一面に向かって指向させる電界制御用電極が設けられていることが好ましい。

このような電子線励起型光源装置においては、前記電子線遮蔽電極は、前記電界制御用電極に電氣的に接続されていることが好ましい。

また、本発明の電子線励起型光源装置においては、前記電子線遮蔽電極はストライプ状または網状のものであることが好ましい。

発明の効果

[0011] 本発明の電子線励起型光源装置によれば、ケーシングにおける光透過窓の内面または光透過窓と半導体発光素子との間に、負の電位に維持された電子線遮蔽電極が設けられているため、光透過窓に向かって進む電子線が遮蔽されることにより、電子線が光透過窓に照射されることが防止される。そのため、光透過窓が正に帯電することがなく、これにより、ケーシング内の電界状態が安定に維持される結果、電子線源からの電子線は、その軌道が変化することがなくて半導体発光素子の一面に確実に入射されるので、高い発光効率が得られる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の第1の実施の形態に係る電子線励起型光源装置における構成の概略を示す説明図であり、(a)は側面断面図、(b)は、光透過窓を取り外した状態を示す平面図である。

[図2]第1の実施の形態に係る電子線励起型光源装置における半導体発光素子の構成を示す説明用断面図である。

[図3]第1の実施の形態に係る電子線励起型光源装置における半導体発光素子と電子線源との位置関係を示す説明用断面図である。

[図4]第1の実施の形態に係る電子線励起型光源装置における電子線源の構成を示す説明用断面図である。

[図5]本発明の第2の実施の形態に係る電子線励起型光源装置における構成の概略を示す説明図であり、(a)は側面断面図、(b)は、光透過窓を取り外した状態を示す平面図である。

[図6]本発明の第3の実施の形態に係る電子線励起型光源装置における構成の概略を示す説明用側面断面図である。

[図7]本発明の第4の実施の形態に係る電子線励起型光源装置における構成の概略を示す説明用側面断面図である。

[図8]本発明の電子線励起型光源装置の変形例を示す側面断面図である。

[図9]実施例1および比較例1に係る電子線励起型光源装置から放射される光

の分光放射強度曲線図である。

[図10]従来の電子線励起型光源の一例における構成の概略を示す説明用断面図である。

[図11]電子線を半導体発光素子の一面に入射して当該一面から光を放射する構成の電子線励起型光源装置において、電子線の軌道を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0013] 図1は、本発明の第1の実施の形態に係る電子線励起型光源装置における構成の概略を示す説明図であり、(a)は側面断面図、(b)は、光透過窓を取り外した状態を示す平面図である。

この電子線励起型光源装置は、内部が負圧の状態に密閉された外形が直方体状のケーシング10を有する。このケーシング10は、一面(図1(a)において上面)に開口を有するケーシング基体11と、このケーシング基体11の開口に配置されて当該ケーシング基体11に気密に封着された光透過窓15とによって構成されている。

[0014] ケーシング10内には、半導体発光素子20が、その表面(図1(a)において上面)20aが光透過窓15に離間して対向するよう配置されている。この半導体発光素子20の周辺領域、具体的には、半導体発光素子20の表面上の領域および裏面上の領域以外の当該半導体発光素子20に近接した領域には、支持基板31上に面状の電子線放出部32が形成されてなる電子線源30が、当該半導体発光素子20を取り囲むよう配置されている。図示の例では、電子線源30は円環状の帯状体よりなり、当該電子線放出部32における電子線が放射される表面が半導体発光素子20の表面20aと同方向を向いた姿勢すなわちケーシング10の光透過窓15を向いた姿勢で、半導体発光素子20を取り囲むよう配置されている。この状態で、電子線源30は支持部材37を介してケーシング10におけるケーシング基体11の底壁に固定されている。半導体発光素子20は、ケーシング10の内部から外部に引き出された導電線を介して、ケーシング10の外部に設けられた、加速電圧を印加するための電子加速用電源50の正極側に電氣的に接続されて

いる。電子線源 30 は、ケーシング 10 の内部から外部に引き出された導電線を介して、電子加速用電源 50 の負極側に電氣的に接続されている。また、半導体発光素子 20 は、その裏面 20b に設けられた高熱伝導部材 16 を介して、ケーシング 10 におけるケーシング基体 11 の底壁に固定されている。

[0015] ケーシング 10 内において、半導体発光素子 20 に対して電子線源 30 より外方の位置には、電子線源 30 から放射された電子線の軌道を半導体発光素子 20 における光が放射される表面 20a に向かって指向させる電界制御用電極 40 が配置されている。具体的には、電界制御用電極 40 は、電子線源 30 の外径より大きい内径を有する胴部 41 と、この胴部 41 に連続して形成された、先端（図 1（a）において上端）に向かって小径となるテーパ部 42 とよりなる円筒体よりなり、電子線源 30 の外周を取り囲むよう配置されている。この電界制御用電極 40 の基端は、ケーシング 10 におけるケーシング基体 11 の底壁に固定されている。電子線源 30 は、ケーシング 10 の内部から外部に引き出された導電線を介して、ケーシング 10 の外部に設けられた電界制御用電源 52 の正極側に電氣的に接続されている。電界制御用電極 40 は、ケーシング 10 の内部から外部に引き出された導電線を介して、電界制御用電源 52 の負極側に電氣的に接続されている。

[0016] ケーシング 10 における光透過窓 15 の内面には、光透過部を有する導電体よりなる電子線遮蔽電極 45 が設けられている。この例の電子線遮蔽電極 45 は、複数の金属線が互いに離間して平行に並ぶよう形成されてなるストライプ状のものであり、各金属線間のスリットによって光透過部が形成されている。そして、電子線遮蔽電極 45 は、ケーシング 10 の内部から外部に引き出された導電線を介して、電界制御側用電源 52 の負極側に電氣的に接続されている。

[0017] ケーシング 10 におけるケーシング基体 11 を構成する材料としては、石英ガラス等のガラス、アルミナ等のセラミックスなどの絶縁物を用いることができる。

また、ケーシング 10 における光透過窓 15 を構成する材料としては、半導体発光素子 20 からの光を透過し得るものが用いられ、例えば石英ガラス、サファイアなどを用いることができる。

また、ケーシング 10 の内部の圧力は、例えば $10^{-4} \sim 10^{-6}$ Pa である。

ケーシング 10 の寸法の一例を挙げると、ケーシング基体 11 の外形の寸法が $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 32\text{ mm}$ 、ケーシング基体 11 の肉厚が 2.5 mm 、ケーシング基体 11 の開口が $35\text{ mm} \times 35\text{ mm}$ で、光透過窓 15 の寸法が $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ である。

[0018] 高熱伝導部材 16 を構成する材料としては、銅などの熱伝導性の高い金属やダイヤモンドなどを用いることができる。

[0019] 半導体発光素子 20 は、図 2 に示すように、例えばサファイアよりなる基板 21 と、この基板 21 の一面上に形成された例えば AlN よりなるバッファ層 22 と、このバッファ層 22 の一面上に形成された、単一量子井戸構造または多重量子井戸構造を有する活性層 25 とにより構成されている。

この例における半導体発光素子 20 は、活性層 25 がケーシング 10 における光透過窓 15 に対向した状態で、基板 21 が高熱伝導部材 16 にロウ付け等で接合されている。

基板 21 の厚みは、例えば $10 \sim 1000\text{ }\mu\text{m}$ であり、バッファ層 22 の厚みは、例えば $100 \sim 1000\text{ nm}$ である。

また、半導体発光素子 20 における活性層 25 と電子線源 30 との離間距離は、例えば $5 \sim 15\text{ mm}$ である。

また、半導体発光素子 20 における光が出射される表面 20a と光透過窓 15 の内面との距離は、例えば $3 \sim 25\text{ mm}$ である。

[0020] 活性層 25 は、それぞれ $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$, $0 < y \leq 1$, $x + y \leq 1$) からなる単一量子井戸構造または多重量子井戸構造であり、単一または複数の量子井戸層 26 と単一または複数の障壁層 27 とが、バッファ層 22 上にこの順で交互に積層されて構成されている。

量子井戸層 26 の各々の厚みは、例えば $0.5 \sim 50\text{ nm}$ である。また、

障壁層 27 はその禁制帯幅が量子井戸層 26 のそれよりも大きくなるように組成を選択され、一例としては、AlN を用いればよく、各々の厚みは量子井戸層 26 の井戸幅より大きく設定され、具体的には、例えば 1 ~ 100 nm である。

活性層 25 を構成する量子井戸層 26 の周期は、量子井戸層 26、障壁層 27 および活性層 25 全体の厚みや、用いられる電子線の加速電圧などを考慮して適宜設定されるが、通常、1 ~ 100 である。

[0021] 上記の半導体発光素子 20 は、例えば MOCVD 法（有機金属気相成長法）によって形成することができる。具体的には、水素および窒素からなるキャリアガスと、トリメチルアルミニウムおよびアンモニアからなる原料ガスとを用い、サファイアよりなる基板 21 の（0001）面上に気相成長させることにより、所要の厚みを有する AlN からなるバッファ層 22 を形成した後、水素ガスおよび窒素ガスからなるキャリアガスと、トリメチルアルミニウム、トリメチルガリウム、トリメチルインジウムおよびアンモニアからなる原料ガスとを用い、バッファ層 22 上に気相成長させることにより、所要の厚みを有する $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ （ $0 \leq x < 1$, $0 < y \leq 1$, $x + y \leq 1$ ）からなる単一量子井戸構造または多重量子井戸構造を有する活性層 25 を形成し、以て、半導体発光素子 20 を形成することができる。

[0022] 上記のバッファ層 22、量子井戸層 26 および障壁層 27 の各形成工程において、処理温度、処理圧力および各層の成長速度などの条件は、形成すべきバッファ層 22、量子井戸層 26 および障壁層 27 の組成や厚み等に応じて適宜に設定することができる。

また、 InAlGaN よりなる量子井戸層 26 を形成する場合には、原料ガスとして、上記のものに加えてトリメチルインジウムを用い、処理温度を AlGaN よりなる量子井戸層 26 を形成する場合よりも低く設定すればよい。

また、半導体多層膜の形成方法は、MOCVD 法に限定されるものではなく、例えば MBE 法（分子線エピタキシー法）なども用いることができる。

[0023] 本発明においては、図3に示すように、半導体発光素子20における電子線が入射される表面20aのレベルL1が、電子線源30の電子線放出部32における電子線が放射される面のレベルL2より当該半導体発光素子20の光の放射方向（図1（a）および図3において上方向）に変位したレベル、すなわち半導体発光素子20の表面20aの法線方向Xにおいて、電子線源30の電子線放出部32における電子線が放射される面より光透過窓15に接近するよう変位したレベルとされていることが好ましく、具体的には、半導体発光素子20における表面20aのレベルL1と、電子線放出部32における電子線が放射される面のレベルL2との距離（変位量）dが2～5mmであることがより好ましい。このような構成によれば、電子線放出部32から放射される電子線の軌道を小さい電圧で容易に制御することができ、半導体発光素子20の表面20aに一層高い効率で電子線を入射することができる。

[0024] 図4に示すように、電子線源30における電子線放出部32は、多数のカーボンナノチューブが例えば鉄、ニッケル、コバルト、クロムのいずれかを含有金属材料よりなる支持基板31上に支持されることによって形成されており、電子線源30における支持基板31は、板状のベース33上に固定されている。また、電子線源30における電子線放出部32の上方には、当該電子線放出部32から電子を放出するための網状の引き出し電極35が当該電子線放出部32に離間して対向するよう配置され、この引き出し電極35は、電極保持部材36を介してベース33に固定されている。支持基板31および引き出し電極35は、ケーシング10の内部から外部に引き出された導電線（図示省略）を介して、ケーシング10の外部に設けられた電子線放出用電源51に、引き出し電極35が正極、支持基板31が負極となるよう電氣的に接続されている。

電子線源30の寸法の一例を挙げると、支持基板31の外径が25mm、内径が19mm、厚みが0.1mm、電子線放出部32の外径が24mm、内径が20mm、厚みが0.02mm、電子線放出部32における電子線が

放射される面の面積が 138 mm^2 である。

[0025] 支持基板 31 を構成する材料としては、鉄、ニッケル、コバルト、クロムのいずれかを含む金属材料などを用いることができる。

支持基板 31 上にカーボンナノチューブよりなる電子線放出部 32 を形成する方法としては、特に限定されず公知の方法を用いることができ、例えば表面に金属触媒層が形成された支持基板 31 を加熱し、CO やアセチレン等のカーボンソースガスを供給することにより、支持基板 31 の表面に形成された金属触媒層上にカーボンを堆積してカーボンナノチューブを形成する熱 CVD 法、アーク放電法等によって形成されたカーボンナノチューブの粉体および有機バインダーが液状媒体中に含有されてなるペーストを調製し、このペーストをスクリーン印刷によって支持基板 31 の表面に塗布して乾燥するスクリーン印刷法などを好適に用いることができる。

また、引き出し電極 35 を構成する材料としては、鉄、ニッケル、コバルト、クロムのいずれかを含む金属材料などを用いることができる。

[0026] 電界制御用電極 40 を構成する材料としては、鉄、ニッケル、コバルト、クロム、アルミニウム、銀、銅、チタン、ジルコニウムのいずれかを含む金属材料などを用いることができる。

電界制御用電極 40 の寸法の一例を示すと、胴部 41 の内径が 34 mm 、軸方向の長さが 12 mm 、テーパ部 42 の先端における内径が 28 mm 、軸方向の長さが 3 mm 、胴部 41 に対するテーパ部 42 の傾きは例えば 45° 、電界制御用電極 40 を構成する円筒体の肉厚が 0.3 mm であり、電子線源 30 の電子線放出部 32 における電子線が放射される面のレベルと、テーパ部 42 の先端のレベルとの距離が $2\sim 5\text{ mm}$ である。

[0027] 電子線遮蔽電極 45 を構成する材料、図示の例では、電子線遮蔽電極 45 を形成する金属線の材質としては、アルミニウム、銀、金、白金、ステンレス、クロム、ニッケル、チタン、ジルコニウムなどの金属を用いることができる。

電子線遮蔽電極 45 を形成する金属線の寸法等の一例を挙げると、金属線

の幅が $100\mu\text{m}$ 、厚みが $20\mu\text{m}$ で、金属線の配置ピッチが $1500\mu\text{m}$ である。

[0028] 上記の電子線励起型光源装置においては、電子線源30と引き出し電極35との間に電圧が印加されると、当該電子線源30における電子線放出部32から引き出し電極35に向かって電子が放出される。この電子は、半導体発光素子20と電子線源30との間に印加された加速電圧によって、半導体発光素子20に向かって加速されて電子線が形成されると共に、加速電圧および電界制御用電源52によって電子線源30と電界制御用電極40との間に印加される電圧により、電子線源30からの電子線は、半導体発光素子20における光が放射される表面20aに向かって指向されてその軌道が放物線状となり、その結果、当該電子線は、半導体発光素子20の表面20aすなわち活性層25の表面に入射される。このとき、電子線源30からの電子線の一部は、所期の軌道から外れたり或いは半導体素子20の一面に反射されたりすることにより、ケーシング10における光透過窓15に向かって進むが、光透過窓15の内面には、電界制御用電源52の負極側に電氣的に接続されて負の電位に維持された電子線遮蔽電極45が設けられているため、電子線は、電子線遮蔽電極45によって遮蔽されて光透過窓15に照射されることが防止される。そして、半導体発光素子20においては、電子線が入射されることによって活性層25の電子が励起され、これにより、当該半導体発光素子20における電子線が入射された表面20aから紫外線などの光が放射され、ケーシング10における光透過窓15を介して当該ケーシング10の外部に出射される。

[0029] 以上において、電子線放出用電源51によって電子線源30と引き出し電極35との間に印加される電圧は、例えば $1\sim 5\text{ kV}$ である。

また、電子加速用電源50によって印加される電子線の加速電圧は、 $6\sim 12\text{ kV}$ であることが好ましい。加速電圧が過小である場合には、高い光の出力を得ることが困難となる。一方、加速電圧が過大である場合には、半導体発光素子20からX線が発生しやすくなり、また、電子線のエネルギーに

より、半導体発光素子 20 がダメージを受けやすくなるため、好ましくない。

また、電界制御用電源 52 によって電子線源 30 と電界制御用電極 40 との間に印加される電圧は、例えば $-2 \sim 2 \text{ kV}$ である。

[0030] このような電子線励起型光源装置によれば、ケーシング 10 における光透過窓 15 の内面に、負の電位に維持された電子線遮蔽電極 45 が設けられているため、光透過窓 15 に向かって進む電子線が遮蔽されることにより、電子線が光透過窓 15 に照射されることが防止される。そのため、光透過窓 15 が正に帯電することがなく、これにより、ケーシング 10 内の電界状態が安定に維持される結果、電子線源 30 からの電子線は、その軌道が変化することがなくて半導体発光素子 20 の一面に確実に入射されるので、高い発光効率が得られる。

[0031] 図 5 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る電子線励起型光源装置における構成の概略を示す説明図であり、(a) は側面断面図、(b) は、光透過窓を取り外した状態を示す平面図である。

この電子線励起型光源装置においては、電子線遮蔽電極 45 が金属メッシュよりなる網状のものであり、網目を形成する開口によって光透過部が形成されている。この電子線遮蔽電極 45 は、円筒体よりなる電界制御用電極 40 の上端にその開口を塞ぐよう配置されて当該電界制御用電極 40 に電氣的に接続されている。電子線遮蔽電極 45 を構成する金属メッシュの寸法の一例を示すと、線幅が $200 \mu\text{m}$ 、厚みが $50 \mu\text{m}$ 、網目のピッチが $1000 \mu\text{m}$ である。

その他の具体的な構成は、第 1 の実施の形態に係る電子線励起型光源装置と同様である。

[0032] このような電子線励起型光源装置によれば、電子線遮蔽電極 45 が、ケーシング 10 における光透過窓 15 と半導体発光素子 20 との間に、負の電位に維持された電子線遮蔽電極 45 が設けられているため、光透過窓 15 に向かって進む電子線が遮蔽されることにより、電子線が光透過窓 15 に照射さ

れることが防止される。そのため、光透過窓 15 が正に帯電することがなく、これにより、ケーシング 10 内の電界状態が安定に維持される結果、電子線源 30 からの電子線は、その軌道が変化することがなくて半導体発光素子 20 の一面に確実に入射されるので、高い発光効率が得られる。

[0033] 図 6 は、本発明の第 3 の実施の形態に係る電子線励起型光源装置における構成の概略を示す説明用側面断面図である。

この電子線励起型光源装置においては、ケーシング 10 における光透過窓 15 の外面に、光透過部を有する導電体よりなる電子線遮蔽電極 45 が設けられている。この例の電子線遮蔽電極 45 は、複数の金属線が互いに離間して平行に並ぶよう形成されてなるストライプ状のものであり、各金属線間のスリットによって光透過部が形成されている。そして、電子線遮蔽電極 45 は、導電線を介して、電界制御側用電源 52 の負極側に電氣的に接続されている。

その他の具体的な構成は、第 1 の実施の形態に係る電子線励起型光源装置と同様である。

[0034] このような電子線励起型光源装置によれば、ケーシング 10 における光透過窓 15 の外面に、負の電位に維持された電子線遮蔽電極 45 が設けられているため、光透過窓 15 に向かって進む電子線が遮蔽されることにより、電子線が光透過窓 15 に照射されることが防止される。そのため、光透過窓 15 が正に帯電することがなく、これにより、ケーシング 10 内の電界状態が安定に維持される結果、電子線源 30 からの電子線は、その軌道が変化することがなくて半導体発光素子 20 の一面に確実に入射されるので、高い発光効率が得られる。

[0035] 図 7 は、本発明の第 4 の実施の形態に係る電子線励起型光源装置における構成の概略を示す説明用側面断面図である。

この電子線励起型光源装置においては、ケーシング 10 における光透過窓 15 の内部に、光透過部を有する導電体よりなる電子線遮蔽電極 45 が面方向に沿って埋設されている。この例の電子線遮蔽電極 45 は、複数の金属線

が互いに離間して平行に並ぶよう形成されてなるストライプ状のものであり、各金属線間のスリットによって光透過部が形成されている。そして、電子線遮蔽電極 4 5 は、光透過窓 1 5 の内部から外部に引き出された導電線を介して、電界制御側用電源 5 2 の負極側に電氣的に接続されている。

その他の具体的な構成は、第 1 の実施の形態に係る電子線励起型光源装置と同様である。

[0036] このような電子線励起型光源装置によれば、ケーシング 1 0 における光透過窓 1 5 の内部に、負の電位に維持された電子線遮蔽電極 4 5 が埋設されているため、光透過窓 1 5 に向かって進む電子線が遮蔽されることにより、電子線が光透過窓 1 5 に照射されることが防止される。そのため、光透過窓 1 5 が正に帯電することがなく、これにより、ケーシング 1 0 内の電界状態が安定に維持される結果、電子線源 3 0 からの電子線は、その軌道が変化することがなくて半導体発光素子 2 0 の一面に確実に入射されるので、高い発光効率が得られる。

[0037] 以上、本発明の電子線励起型光源装置の実施の形態について説明したが、本発明は上記の実施の形態に限定されず、以下のように種々の変更を加えることが可能である。

本発明の電子線励起型光源装置において、電子線遮蔽電極 4 5 は、負の電位に維持されるのであれば、電界制御用電極 4 0 に電氣的に接続されていることは必須ではなく、例えば図 8 (a) および図 8 (b) に示すように、電子線遮蔽電極 4 5 が、ケーシング 1 0 の外部に設けられた電子線遮蔽用電源 5 3 の負極側に導電線を介して電氣的に接続され、電子線源 3 0 が、ケーシング 1 0 の内部から外部に引き出された導電線を介して、電子線遮蔽用電源 5 3 の正極側に電氣的に接続されていてもよい。このような構成において、電子線遮蔽用電源 5 3 によって電子線源 3 0 と電子線遮蔽電極 4 5 との間に印加される電圧は、例えば $-2 \sim 2 \text{ kV}$ である。

また、電子線源の具体的な形状は、円環状に限定されず、または部分円環状、矩形の板状、その他の形状であってもよい。

また、電子線源 30 における電子線放出部 32 は、カーボンナノチューブよりなるものに限定されず、種々の構成のものを用いることができる。

また、電界制御用電極 40 においては、テーパ部 42 を形成することは必須のことではなく、例えば軸方向において外径および内径の各々が一様な円筒状のものであってもよい。

また、電子線遮蔽電極 45 は、ストライプ状または網状のものに限定されず、例えばITO膜などの透明導電膜よりなるものであってもよい。電子線遮蔽電極 45 が光透過性導電膜よりなるものである場合には、その全体が光透過部となる。

実施例

[0038] 以下、本発明の電子線励起型光源装置の具体的な実施例について説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

[0039] 〈実施例 1〉

図 1 に示す構成に従い、下記の仕様の電子線励起型光源装置を作製した。

ケーシング (10) :

ケーシング基体 (11) は、コバルガラスよりなり、その外形の寸法が 40 mm × 40 mm × 30 mm、肉厚が 2.5 mm であり、ケーシング基体 (11) の開口が 35 mm × 35 mm である。光透過窓 (15) は、サファイアよりなり、その寸法が 40 mm × 40 mm × 2.5 mm である。

また、ケーシング (10) の内部の圧力は、 3×10^{-5} Pa である。

半導体発光素子 (20) :

半導体発光素子 (20) は、MOCVD 法によってサファイアよりなる基板 (21) 上に、水素からなるキャリアガス、トリメチルガリウムおよびアンモニアからなる原料ガスを用い、Ga_{0.9}N_{0.1}よりなるバッファ層 (22) を 2.4 μm の膜厚で形成させ、次に、窒素からなるキャリアガス、トリメチルガリウムおよびトリメチルインジウム、アンモニアからなる原料ガスを用い、In_{0.1}Ga_{0.9}Nよりなる量子井戸層 (26) を 2.5 nm の膜厚で形成させ、Ga_{0.9}N_{0.1}よりなる障壁層 (27) を 15 nm の膜厚で形成させる工程を繰

り返すことによって活性層（２５）が形成されたものであり、活性層（２５）は、量子井戸層（２６）、障壁層（２７）の順で量子井戸層（２６）を６層、障壁層（２７）を６層、交互に積層させた多重量子井戸構造を有するものである。

電子線源（３０）：

支持基板（３１）は、４２６合金よりなり、その外径が２５ｍｍ、内径が１９ｍｍ、厚みが０．１ｍｍである。電子線放出部（３２）は、カーボンナノチューブよりなり、その外径が２４ｍｍ、内径が２０ｍｍ、厚みが０．０２ｍｍ、電子線放出部（３２）における電子線が放射される面の面積が１３８ｍｍ^２である。引き出し電極（３５）は、４２合金よりなり、その網目を形成する開口の寸法が１ｍｍ×１ｍｍ、厚みが０．１ｍｍである。

電界制御用電極（４０）：

電界制御用電極（４０）は、３１６ステンレスよりなり、胴部（４１）の内径が３４ｍｍ、胴部（４１）の軸方向の長さが１２ｍｍ、テーパ部（４２）の先端における内径が２８ｍｍ、テーパ部（４２）の軸方向の長さが３ｍｍ、胴部（４１）に対するテーパ部（４２）の傾きが４５°、電界制御用電極（４０）を構成する円筒体の肉厚が０．３ｍｍであり、電子線源（３０）の電子線放出部（３２）における電子線が放射される面のレベルと、テーパ部（４２）の先端のレベルとの距離が３ｍｍである。

電子線遮蔽電極（４５）：

電子線遮蔽電極（４５）は、それぞれアルミニウムよりなる複数の金属線が互いに離間して平行に並ぶよう形成されてなるストライプ状のものであり、金属線の幅が１００μｍ、厚みが２０μｍで、金属線の配置ピッチが１５００μｍである。

[0040] 上記の電子線励起型光源装置を下記の条件で点灯させ、受光器および分光器によって、光透過窓から外部に１ｍｍ離間した位置において当該電子線励起型光源装置から放射される光の分光放射強度を測定した。結果を図９に示す。

[点灯条件]

電子線源（３０）における電子線放出部（３２）の電位：－８ｋＶ

電子線源（３０）における引き出し電極（３５）の電位：－５．５ｋＶ

（電子線放出部（３２）と引き出し電極（３５）との間の電圧：２．５ｋＶ）

電界制御用電極（４０）の電位：－９ｋＶ

（電子線放出部（３２）と電界制御用電極（４０）との間の電圧：－１ｋＶ）

電子線遮蔽電極（４５）の電位：－９ｋＶ

半導体発光素子（２０）の電位：０Ｖ（ＧＮＤ）

加速電圧（電子線放出部（３２）と半導体発光素子（２０）との間の電圧）：８ｋＶ

[0041] 〈比較例１〉

実施例１において、電子線遮蔽電極を設けなかったこと以外は同様の構成の電子線励起型光源装置を作製し、当該電子線励起型光源装置から放射される光の分光放射強度を測定した。結果を図９に示す。

[0042] 図９において、横軸は電子線励起型光源装置から放射される光の波長、縦軸は分光放射強度を示す。この図の結果から明らかなように、実施例１に係る電子線励起型光源装置によれば、波長４０５ｎｍ付近において高い放射強度を有する光が放射されることが確認され、高い発光効率が得られることが理解される。

これに対して比較例１に係る電子線励起型光源装置においては、波長４０５ｎｍ付近において放射強度のピークが弱くなり、波長３３０ｎｍ付近において放射強度のピークが認められた。これは、電子線が光透過窓に照射されることにより、当該光照射窓を構成するサファイア自身が励起されて発光したものと考えられる。

符号の説明

[0043] １０ ケーシング

- 1 1 ケーシング基体
- 1 5 光透過窓
- 1 6 高熱伝導部材
- 2 0 半導体発光素子
- 2 0 a 表面
- 2 0 b 裏面
- 2 1 基板
- 2 2 バッファ層
- 2 5 活性層
- 2 6 量子井戸層
- 2 7 障壁層
- 3 0 電子線源
- 3 1 支持基板
- 3 2 電子線放出部
- 3 3 ベース
- 3 5 引き出し電極
- 3 6 電極保持部材
- 3 7 支持部材
- 4 0 電界制御用電極
- 4 0 a 第 1 の電極部材
- 4 0 b 第 2 の電極部材
- 4 1 胴部
- 4 2 テーパ部
- 4 5 電子線遮蔽電極
- 5 0 電子加速用電源
- 5 1 電子放出用電源
- 5 2 電界制御用電源
- 5 3 電子線遮蔽用電源

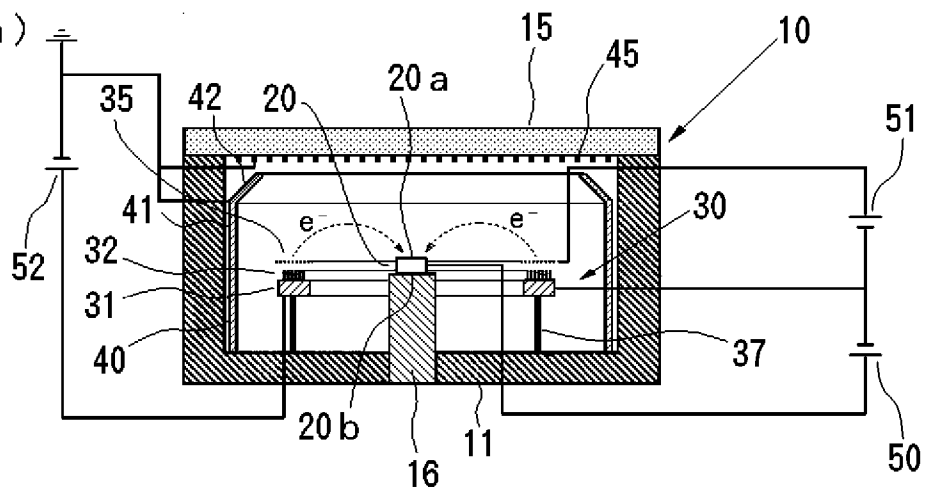
- 8 0 ケーシング
- 8 1 光透過窓
- 8 2 半導体発光素子
- 8 3, 8 4 光反射部材
- 8 5 レーザー構造体
- 8 6 電子線源
- 8 7 電子加速用電源

請求の範囲

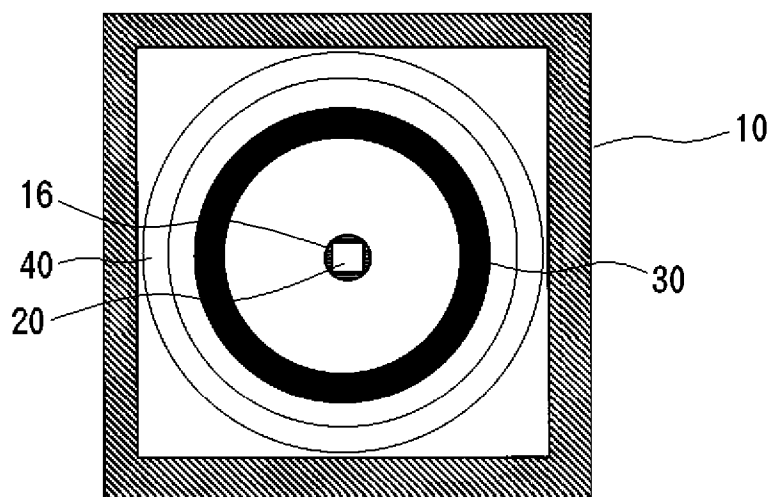
- [請求項1] 光透過窓を有するケーシング内に、電子線源およびこの電子線源からの電子線によって光を放射する半導体発光素子が配置されてなり、前記半導体発光素子の一面に前記電子線源からの電子線が入射されることによって、当該半導体発光素子の当該一面から光が放射されて前記光透過窓から出射される電子線励起型光源装置において、
- 前記光透過窓に、または前記光透過窓と前記半導体発光素子との間に、負の電位に維持される、光透過部を有する導電体よりなる電子線遮蔽電極が設けられていることを特徴とする電子線励起型光源装置。
- [請求項2] 前記ケーシング内には、前記電子線源からの電子線の軌道を前記半導体発光素子の一面に向かって指向させる電界制御用電極が設けられていることを特徴とする請求項1に記載の電子線励起型光源装置。
- [請求項3] 前記電子線遮蔽電極は、前記電界制御用電極に電氣的に接続されていることを特徴とする請求項2に記載の電子線励起型光源装置。
- [請求項4] 前記電子線遮蔽電極は、ストライプ状または網状のものであることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の電子線励起型光源装置。

[図1]

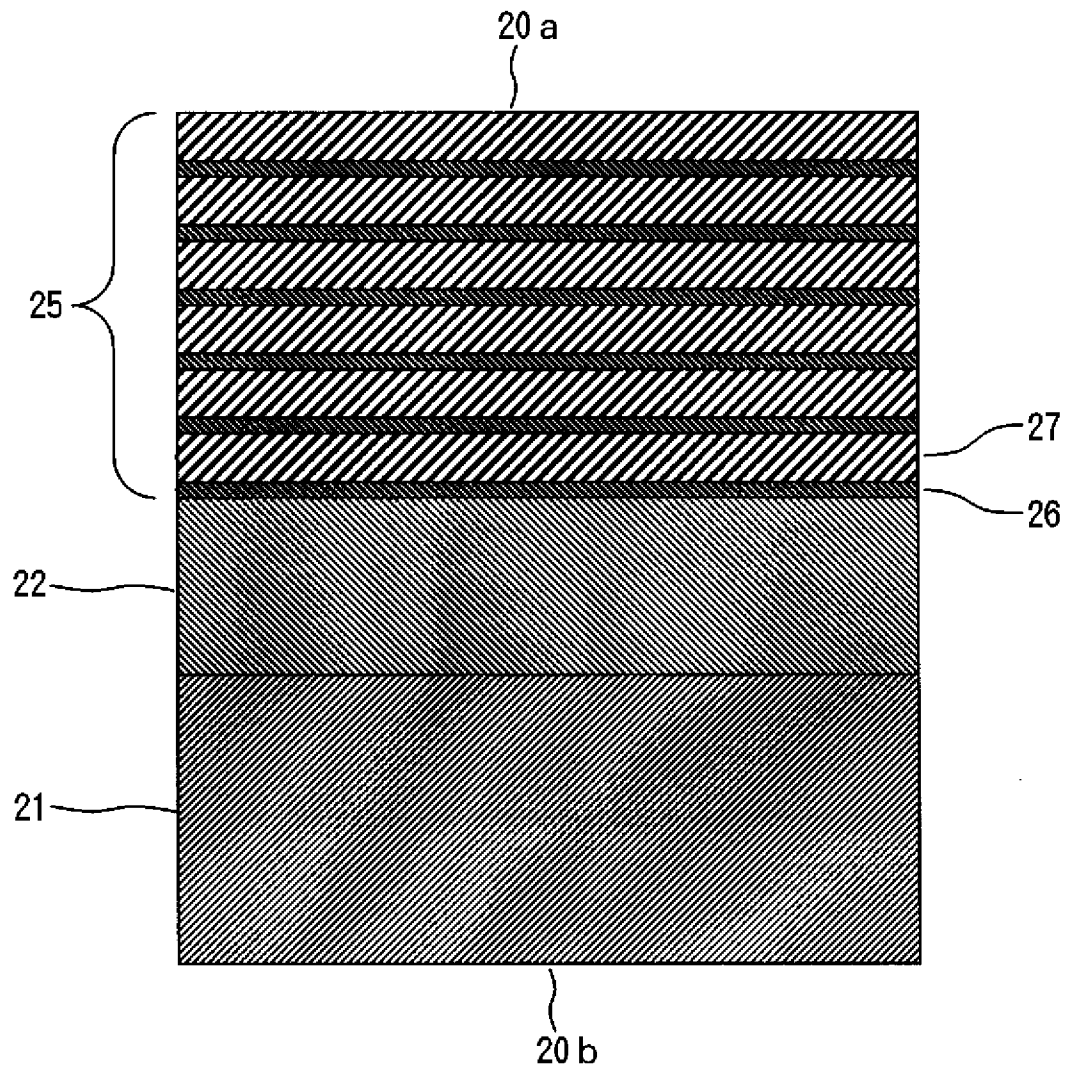
(a)



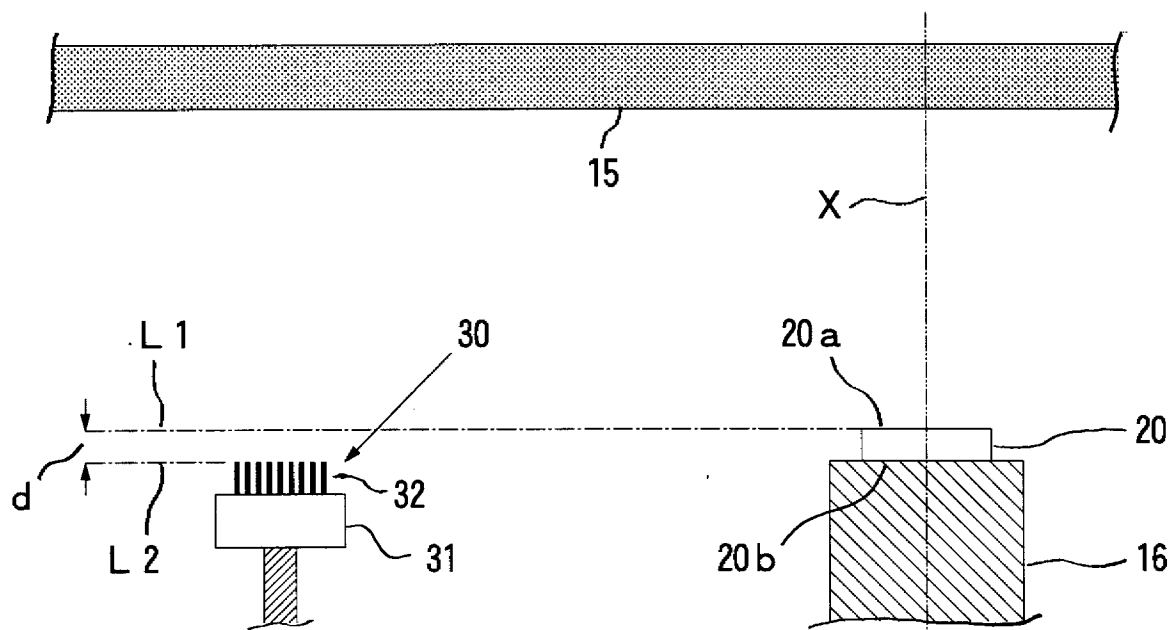
(b)



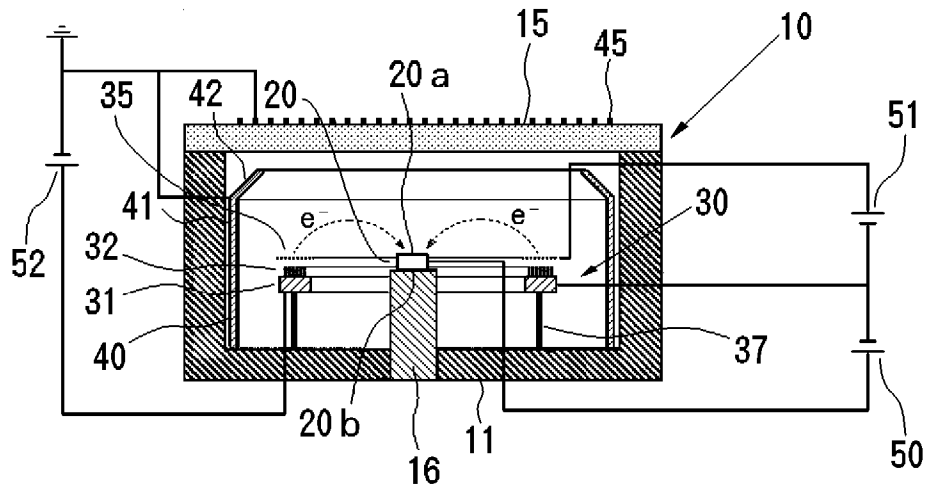
[図2]



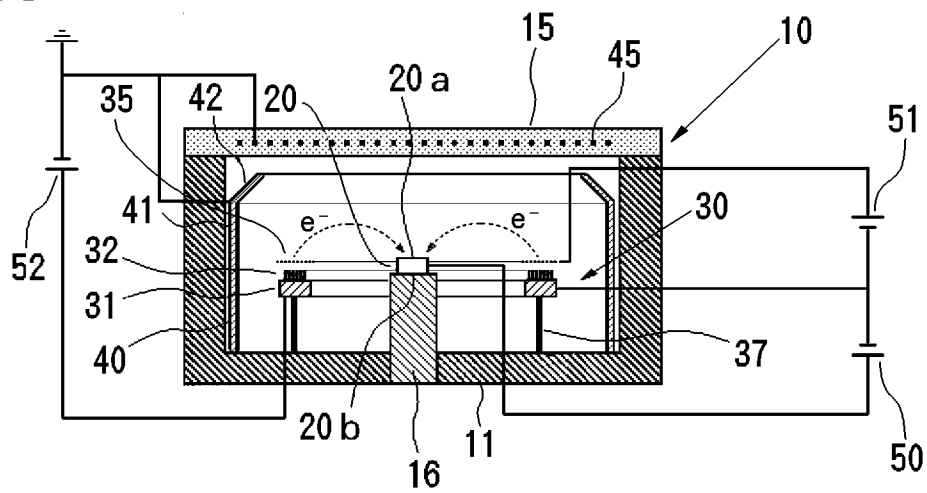
[図3]



[図6]

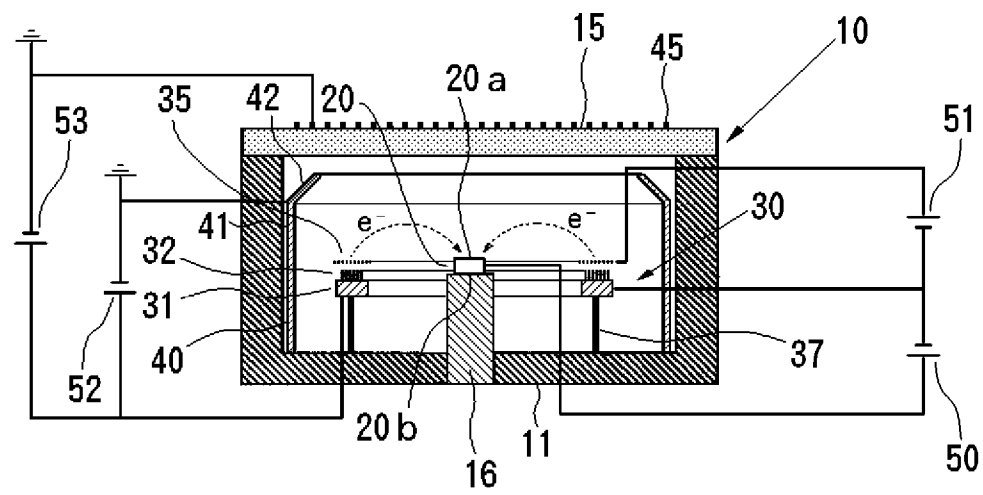


[図7]

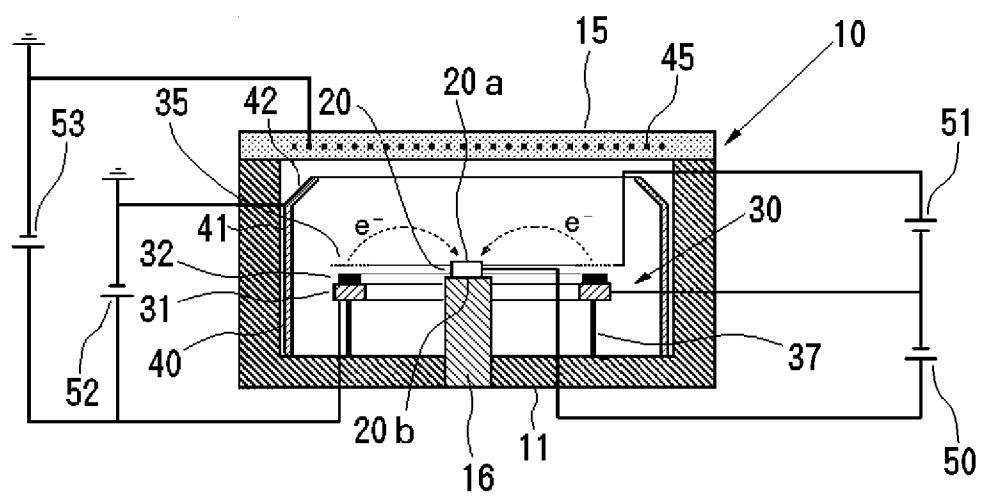


[図8]

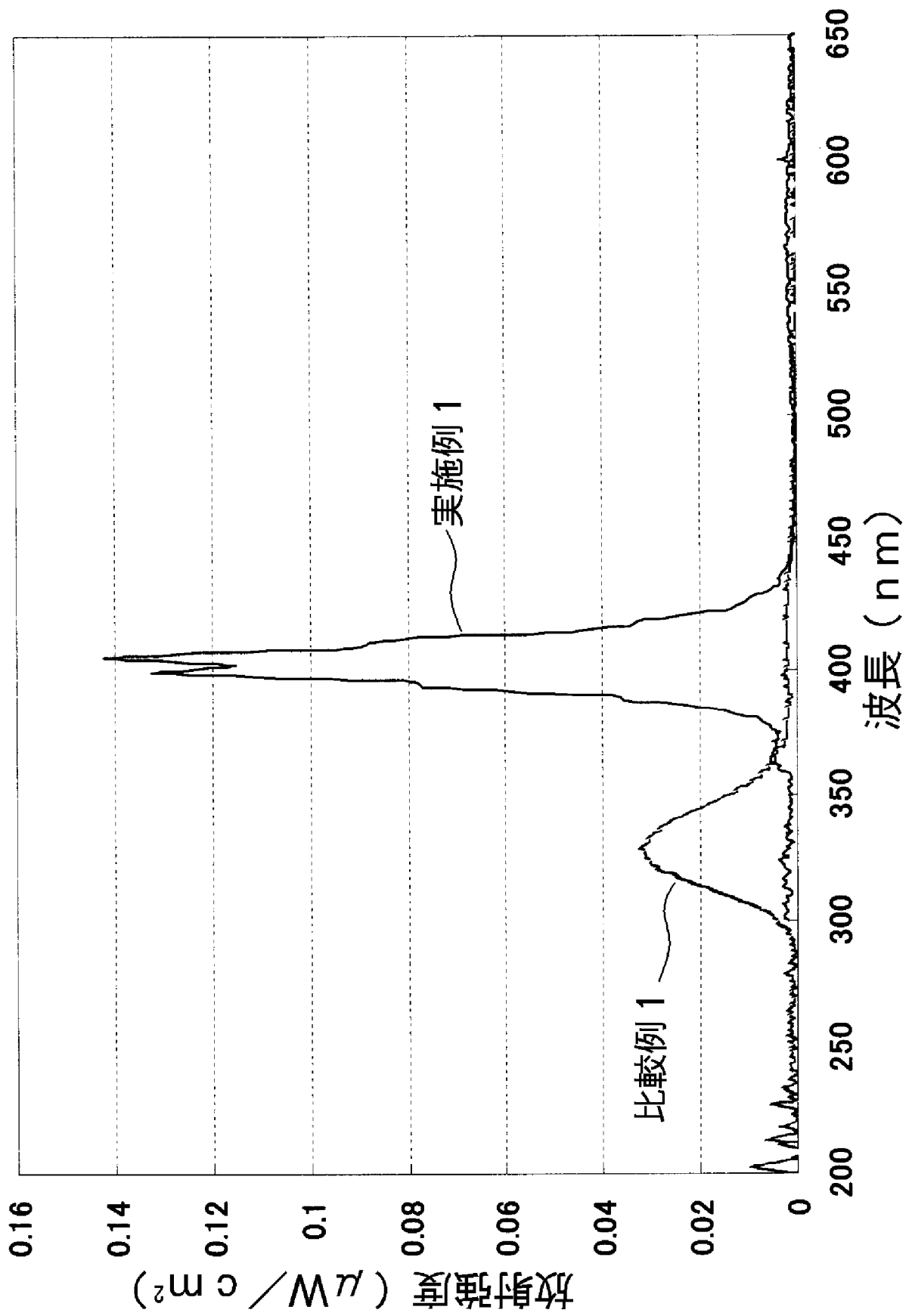
(a)



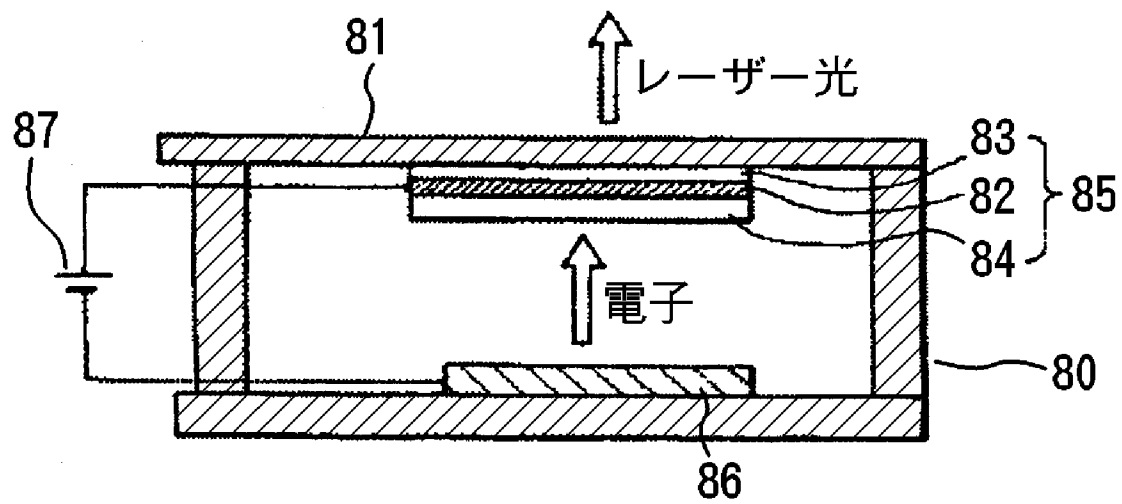
(b)



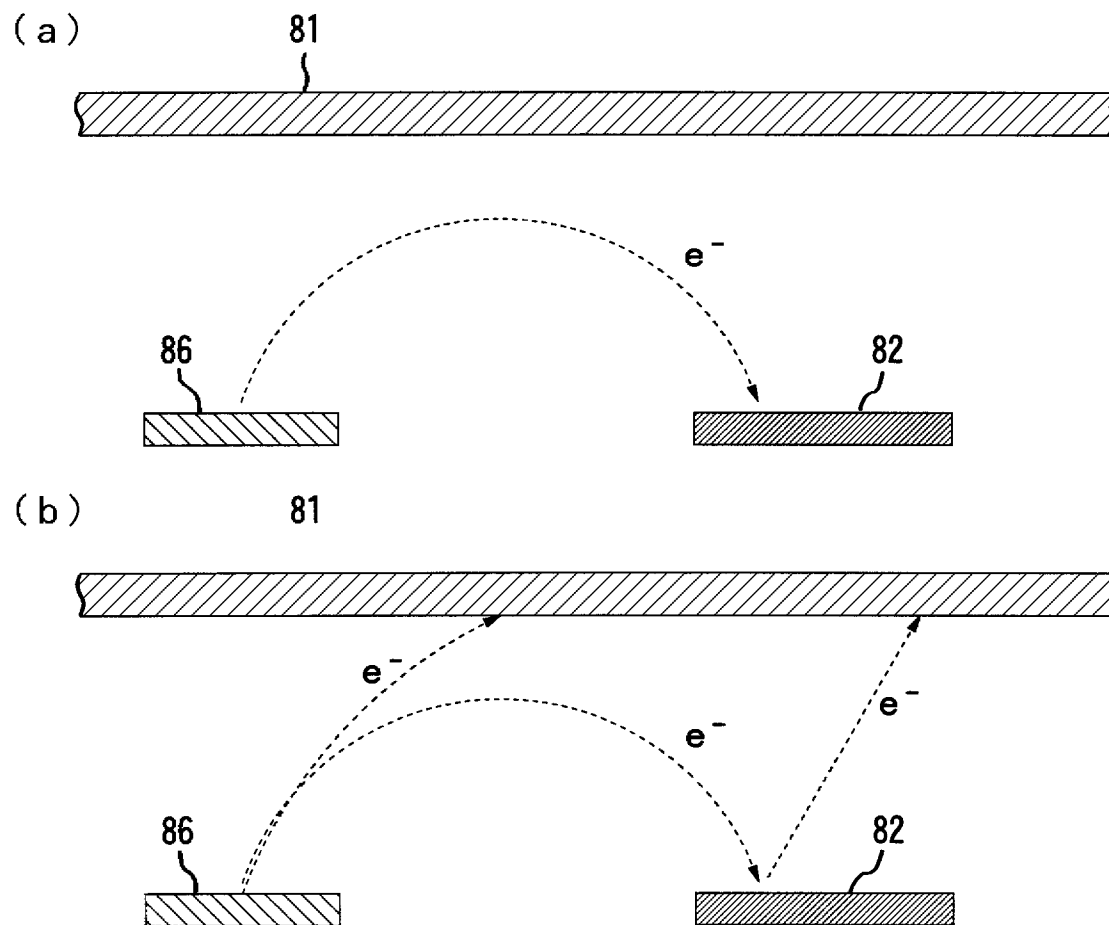
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/059094

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L33/48(2010.01) i, H01L33/32(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)

H01L33/00-33/64

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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.
A	JP 2008-91279 A (Fuji Heavy Industries Ltd.), 17 April 2008 (17.04.2008), entire text; all drawings & US 2008/0084157 A1 & EP 1909307 A2 & CN 101159223 A & KR 10-2008-0031640 A	1-4
A	JP 2006-4658 A (Canon Inc.), 05 January 2006 (05.01.2006), paragraphs [0081] to [0088]; fig. 7 (Family: none)	1-4
A	JP 2004-288475 A (CI Techno, Inc.), 14 October 2004 (14.10.2004), paragraphs [0004] to [0011]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-4



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

07 May, 2012 (07.05.12)

Date of mailing of the international search report

22 May, 2012 (22.05.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/059094

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2011/024615 A1 (Kyoto University), 03 March 2011 (03.03.2011), paragraphs [0021] to [0075]; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-4
A	JP 2001-251001 A (Canon Inc.), 14 September 2001 (14.09.2001), paragraphs [0013] to [0068]; fig. 1 to 16 & US 2001/0019565 A1	1-4
A	JP 2010-212458 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha, Mie University), 24 September 2010 (24.09.2010), paragraphs [0028] to [0079]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-4
A	JP 9-214027 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 15 August 1997 (15.08.1997), paragraphs [0010] to [0058]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-4
A	JP 4-275472 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 01 October 1992 (01.10.1992), paragraphs [0017] to [0042]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H01L33/48(2010.01)i, H01L33/32(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（I P C））

Int.Cl. H01L33/00-33/64

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	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012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
A	JP 2008-91279 A（富士重工業株式会社）2008.04.17, 全文, 全図 & US 2008/0084157 A1 & EP 1909307 A2 & CN 101159223 A & KR 10-2008-0031640 A	1-4
A	JP 2006-4658 A（キヤノン株式会社）2006.01.05, 【0081】-【0088】欄, 図7 (ファミリーなし)	1-4

☒ 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

07.05.2012

国際調査報告の発送日

22.05.2012

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

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）

百瀬 正之

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

2 K

4084

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
A	JP 2004-288475 A (株式会社シィアイテクノ) 2004. 10. 14, 【0004】－【0011】欄, 図1－4 (ファミリーなし)	1-4
A	WO 2011/024615 A1 (国立大学法人京都大学) 2011. 03. 03, 【0021】－【0075】欄, 図1－10 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2001-251001 A (キヤノン株式会社) 2001. 09. 14, 【0013】－【0068】欄, 図1－16 & US 2001/0019565 A1	1-4
A	JP 2010-212458 A (浜松ホトニクス株式会社, 国立大学法人三重大学) 2010. 09. 24, 【0028】－【0079】欄, 図1－8 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 9-214027 A (松下電器産業株式会社) 1997. 08. 15, 【0010】－【0058】欄, 図1－5 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 4-275472 A (松下電器産業株式会社) 1992. 10. 01, 【0017】－【0042】欄, 図1－6 (ファミリーなし)	1-4