

(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5月18日(18.05.2012)

(10) 国際公開番号
WO 2012/063585 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 5/04 (2006.01) H01L 33/48 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/073292
- (22) 国際出願日: 2011年10月11日(11.10.2011)
- (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 2010-251684 2010年11月10日(10.11.2010) JP
特願 2010-251683 2010年11月10日(10.11.2010) JP
特願 2010-251682 2010年11月10日(10.11.2010) 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1194番地 ウシオ電機株式会社内 Hyogo (JP). 片岡 研(KATAOKA, Ken) [JP/JP]; 〒6710224 兵庫県姫路市別所町佐土1194番地 ウシオ電機株式会社内 Hyogo (JP). 前嶋 剛(MAESOBA, Tsuyoshi) [JP/JP]; 〒6710224 兵庫県姫路市別所町佐土1194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1194番地 ウシオ電機株式会社内 Hyogo (JP). 羽田 博成(HATA, Hiroshige) [JP/JP]; 〒6710224 兵庫県姫路市別所町佐土1194番地 ウシオ電機株式会社内 Hyogo (JP).

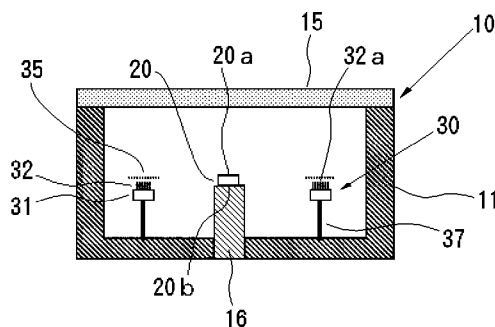
- (74) 代理人: 大井 正彦(OHI, Masahiko); 〒1010062 東京都千代田区神田駿河台三丁目4番地 日専連朝日生命ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,

[続葉有]

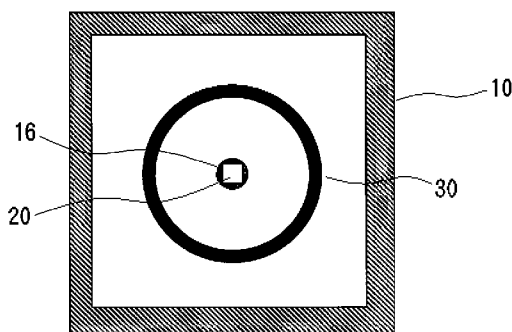
(54) Title: ELECTRON-BEAM-PUMPED LIGHT SOURCE

(54) 発明の名称: 電子線励起型光源

[図1]
(a)



(b)



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide an electron-beam-pumped light source which is capable of uniformly irradiating one surface of a semiconductor light emitting element with electron beams, capable of achieving high light output without increasing the accelerating voltage of electron beams, and also capable of efficiently cooling the semiconductor light emitting element. This electron-beam-pumped light source is provided with an electron beam source and a semiconductor light emitting element that is excited by electron beams emitted from the electron beam source. The electron-beam-pumped light source is characterized in that: the electron beam source has a planar electron beam emitting portion and is arranged around the semiconductor light emitting element; and light is emitted from a surface of the semiconductor light emitting element, on said surface the electron beams from the electron beam source being incident.

(57) 要約: 本発明は、半導体発光素子の一面に均一に電子線を照射することができ、しかも、電子線の加速電圧を高くすることなしに高い光の出力が得られ、しかも、半導体発光素子を効率よく冷却することができる電子線励起型光源を提供することを目的とする。本発明の電子線励起型光源は、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励起される半導体発光素子とを備えてなる電子線励起型光源において、前記電子線源は、面状の電子線放出部を有し、前記半導体発光素子の周辺に配置されており、前記半導体発光素子における前記電子線源からの電子線が入射される面から光が放射されることを特徴とする。



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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, 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：電子線励起型光源

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励起される半導体発光素子とを備えてなる電子線励起型光源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12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を有する真空容器80を具え、この真空容器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が配置されると共に、当該真空容器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、真空容器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手段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、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、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、半導体発光素子82

は電子線が照射されることによって発熱するが、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ず、従って、該半導体発光素子 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手段としては、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。

また、出力の高い光を得る他の手段としては、電子線源 8 6 に印加される電圧を高くすることが考えられるが、電子線源 8 6 に印加される電圧を高くすると、電子線源 8 6 が発熱して早期に故障が生じる、という問題がある。

[0005] このような問題を解決するため、電子銃によって半導体発光素子の一面に対してその斜めの方向から電子線を入射することにより、当該半導体発光素子における電子線が入射された一面から光が出射される電子線励起型光源が提案されている（特許文献 2 参照。）。この電子線励起型光源によれば、半導体発光素子とその裏面から効率よく冷却することが可能であるため、半導体発光素子を効率よく冷却することができ、従って、半導体発光素子の発光効率が低下することがなくて高い出力の光が維持される。

しかしながら、このような電子線励起型光源においては、半導体発光素子への電子線照射に電子銃を用いるため、電子線を半導体発光素子の一面に均一に照射することができない、すなわち半導体発光素子の一面に電子線が局所的に集中して照射されるので、当該半導体発光素子に早期に劣化が生じる、という問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許3667188号公報

特許文献2：特開平09-214027号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 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、半導体発光素子の一面に均一に電子線を照射することができ、電子線の加速電圧を高くすることなしに高い光の出力が得られ、しかも、半導体発光素子を効率よく冷却することができる電子線励起型光源を提供することにある。

本発明の他の目的は、上記の目的に加え、更に、半導体発光素子の一面に高い効率で電子線を照射することができる電子線励起型光源を提供することにある。

本発明の更に他の目的は、上記の目的に加えて、更に、電子線源に印加される電圧を高くすることなしに高い光の出力が得られる電子線励起型光源を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の電子線励起型光源は、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励起される半導体発光素子とを備えてなる電子線励起型光源において、

前記電子線源は、面状の電子線放出部を有し、前記半導体発光素子の周辺に配置されており、

前記半導体発光素子における前記電子線源からの電子線が入射される面から光が放射されることを特徴とする。

[0009] 本発明の電子線励起型光源においては、前記電子線放出部は、カーボンナノチューブにより構成されていることが好ましい。

また、前記電子線源は、前記半導体発光素子を取り囲むよう配置されていることが好ましい。

また、前記電子線源は、前記半導体発光素子を取り囲む環状の帯状体より

なるものであってもよい。

また、前記電子線源の複数が、前記半導体発光素子を挟んだ位置に配置されていてもよい。

また、それぞれ部分環状の帯状体よりなる前記電子線源の複数が、前記半導体発光素子を取り囲むよう配置されていてもよい。

[0010] また、本発明の電子線励起型光源においては、前記電子線源から放射された電子線の軌道を前記半導体発光素子における光が放射される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においては、前記半導体発光素子における電子線が入射される面のレベルが、前記電子線放出部における電子線が放射される面より当該半導体発光素子の光の放射方向に変位したレベルとされていることが好ましい。

また、前記電界制御用電極は、前記半導体発光素子に対して前記電子線源より外方の位置に配置されており、当該電子線源に対して負となる電圧が印加されることが好ましい。

[0011] また、本発明の電子線励起型光源においては、前記電子線放出部から放射される電子の放射量が $25 \text{ mA} / \text{cm}^2$ 以下であることが好ましい。

このような電子線励起型光源においては、前記電子線放出部における電子線が放射される面の面積が、前記半導体発光素子における電子線が入射される面の面積より大きいことが好ましい。

発明の効果

[0012] 本発明の電子線励起型光源によれば、面状の電子線放出部を有する電子線源が半導体発光素子の周辺に配置されているため、半導体発光素子の一面に均一に電子線を照射することができると共に、電子線の加速電圧を高くすることなしに高い光の出力が得られる。しかも、半導体発光素子における電子線源からの電子線が入射される面から光が放射されるため、半導体発光素子の他面から当該半導体発光素子を冷却することが可能である。従って、半導体発光素子を効率よく冷却することができるので、半導体発光素子の発光効

率が低下することがなく、高い出力の光が維持される。

[0013] また、電子線源から放射された電子線の軌道を半導体発光素子における光が放射される面に向かって指向させる電解制御用電極が設けられた構成によれば、当該電界制御用電極によって、電子線源から放射された電子線の軌道を半導体発光素子における光が放射される一面に向かって指向させることができるので、半導体発光素子の一面に高い効率で電子線を入射することができるので、これにより、電子線の加速電圧を高くすることなしに高い光の出力が得られる。

[0014] また、電子線放出部から放射される電子の放射量が $25 \text{ mA} / \text{cm}^2$ 以下とされることにより、電子線源に印加される電圧を高くすることなしに高い光の出力が得られる。

また、電子線放出部における電子線が放射される面の面積が、前記半導体発光素子における電子線が入射される面の面積より大きいことにより、電子線放出部から放射された電子線は、その電子密度が半導体発光素子に入射されるときに高いものとなるため、加速電圧を高くすることなしに一層高い光の出力が得られる。

図面の簡単な説明

[0015] [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における電子線源の構成を示す説明用断面図である。

[図4]半導体発光素子における電子線が入射される表面の面積 S_1 に対する電子線放出部における電子線が放射される表面の面積 S_2 の比 S_2 / S_1 と、1 W の光の出力を得るために必要な加速電圧との関係を示すグラフである。

[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7]本発明の第4の実施の形態に係る電子線励起型光源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8]第4の実施の形態に係る電子線励起型光源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9]本発明の第5の実施の形態に係る電子線励起型光源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10]第3の実施の形態に係る電子線励起型光源の変形例の構成の概略を示す説明用断面図である。

[図11]電界制御用電極の変形例を示す説明用断面図である。

[図12]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。

発明を実施するための形態

[0016] 〈第1の実施の形態〉

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は、内部が負圧の状態に密閉された外形が直方体状の真空容器10を有し、この真空容器10は、一面(図1(a)において上面)に開口を有する容器基体11と、この容器基体11の開口に配置されて当該容器基体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。

[0017] 真空容器 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）20 a が光透過窓 15 に離間して対向するよう配置され、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 20 a 上の領域および裏面 20 b 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。具体的には、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 32 a が半導体発光素子 20 の表面 20 a と同方向を向いた姿勢すなわち真空容器 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、この状態で、支持部材 37 を介して真空容器 10 における容器基体 11 の底壁に固定されている。半導体発光素子 20 および電子線源 30 は、真空容器 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、真空容器 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手段（図示省略）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 20 b に設けられた高熱伝導部材 16 を介して、真空容器 10 における容器基体 11 の底壁に固定されている。

[0018] 真空容器 10 における容器基体 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、真空容器 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、真空容器 10 の内部の圧力は、例えば $10^{-4} \sim 10^{-6}$ Pa である。

真空容器 10 の寸法の一例を挙げると、容器基体 11 の外形の寸法が 40 mm × 40 mm × 20 mm、容器基体 11 の肉厚が 2 mm、容器基体 11 の開口が 36 mm × 36 mm で、光透過窓 15 の寸法が 40 mm × 40 mm × 2 mm である。

[0019] 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。

[0020] 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 が真空容器 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 に口ウ付け等で接合されている。

基板 21 の厚みは、例えば 10 ~ 1000 μm であり、バッファ層 22 の厚みは、例えば 100 ~ 1000 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 ~ 15 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 ~ 25 mm である。

[0021] 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 ~ 50 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。

[0022] 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 $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$ ($0 \leq x < 1$, $0 < y \leq 1$, $x + y \leq 1$)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。

[0023] 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、 $InAlGa$ N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AlGa N 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。

[0024] 図3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にとける支持基板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の電子線放出部32における電子線が放射される表面32a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、真空容器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、真空容器 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。

[0025] 電子線放出部 32 における電子線が放射される表面 32a の面積は、半導体発光素子 20 における電子線が入射される表面 20a の面積より大きいことが好ましい。具体的には、半導体発光素子 20 における電子線が入射される表面 20a の面積を S_1 とし、電子線放出部 32 における電子線が放射される表面 32a の面積を S_2 としたとき、比 S_2 / S_1 が 6 以上であることが好ましく、より好ましくは 10 ~ 30 である。

[0026] 図 4 は、電子線放出部 32 から放射される電子の放射量が $10 \text{ mA} / \text{cm}^2$ 、半導体発光素子 20 の電力効率が 20% の条件で、電子線源 30 から半導体発光素子 20 に電子線を照射した場合において、比 S_2 / S_1 と 1 W の光の出力を得るために必要な加速電圧との関係を示すグラフである。この図から明らかのように、1 W の光の出力を得るために必要な加速電圧は、比 S_2 / S_1 に反比例しており、半導体発光素子 20 の表面 20a の面積 S_1 に対する電子線放出部 32 の表面 32a の面積 S_2 の比 S_2 / S_1 が大きい程、加速電圧を低く設定することができる。これは、電子線放出部 32 から放射された電子線の電子密度が、半導体発光素子 20 の表面 20a に入射されるときに、比 S_2 / S_1 に比例して高くなるためであると考えられる。

[0027] 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 25 mm、内径が 19 mm、厚みが 0.1 mm、電子線放出部 32 の外径が 24 mm、内径が 20 mm、厚みが 0.02 mm、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。

[0028] 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。

[0029] 上記の電子線励起型光源においては、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、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ながら進み、電子線として半導体発光素子 20 の表面 20a すなわち活性層 25 の表面に入射される。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、真空容器 10 における光透過窓 15 を介して当該真空容器 10 の外部に出射される。

[0030] 以上において、電子線放出部 32 から放射される電子の放射量は $25 \text{ mA} / \text{cm}^2$ 以下であることが好ましく、より好ましくは $1 \sim 15 \text{ mA} / \text{cm}^2$ 、特に好ましくは $5 \sim 10 \text{ mA} / \text{cm}^2$ である。電子の放射量が $25 \text{ mA} / \text{cm}^2$ を超える場合には、電子線源 30 に印加される電圧を相当に高くすることが必要となり、その結果、電子線源 30 が発熱にして早期に故障が生じる、という問題が生じることがある。また、電子線の放射量が過小である場合には、半導体発光素子 20 の表面 20a に十分な量の電子線が照射されず、高い光の出力を得ることが困難となることがある。

[0031] また、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、 $1 \sim 5 \text{ kV}$ であることが好ましい。この電圧が過小である場合には、電子線放出

部32から放射される電子線の電子密度が小さく、高い光の出力を得ることが困難となることがある。一方、この電圧が過大である場合には、電子線源30が発熱して早期に故障が生じるおそれがある。

また、電子線の加速電圧は、6～12kVであることが好ましい。加速電圧が過小である場合には、電子線放出部32から放出される電子が十分に加速されず、高い光の出力を得ることが困難となることがある。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。

[0032] このような電子線励起型光源によれば、面状の電子線放出部32を有する、円環状の帯状体よりなる電子線源30が、半導体発光素子20の周辺において当該半導体発光素子20を取り囲むよう配置されているため、半導体発光素子20の表面20aに均一に電子線を照射することができると共に、電子線の加速電圧を高くすることなしに高い光の出力が得られる。しかも、半導体発光素子20における電子線源30からの電子線が入射される表面20aから光が放射されるため、半導体発光素子20の裏面20bから高熱伝導部材16を介して当該半導体発光素子20を冷却することが可能である。従って、半導体発光素子20を効率よく冷却することができるので、半導体発光素子20の発光効率が低下することがなくて高い出力の光が維持される。

[0033] また、電子線放出部32から放射される電子の放射量が 25 mA/cm^2 以下とされることにより、電子線源30に印加される電圧を高くすることなしに高い光の出力が得られる。

また、電子線放出部32における電子線が放射される表面32aの面積が、半導体発光素子20における電子線が入射される表面20aの面積より大きいことにより、電子線放出部32から放射された電子線は、その電子密度が半導体発光素子20の表面20aに入射されるときに高いものとなるため、加速電圧を高くすることなしに一層高い光の出力が得られる。

[0034] 〈第2の実施の形態〉

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においては、半導体発光素子20の周辺領域には、それぞれ支持基板31上に面状の電子線放出部32が形成されてなる複数(図示の例では4つ)の電子線源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。具体的には、電子線源30の各々は部分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32a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真空容器10の光透過窓15を向いた姿勢で、半導体発光素子20を中心とする円に沿って当該半導体発光素子20を取り囲むよう配置され、この状態で、支持部材37を介して真空容器10における容器基体11の底壁に固定されている。

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と同様である。

[0035] このような電子線励起型光源によれば、面状の電子線放出部32を有する、部分円環状の帯状体よりなる複数の電子線源30が、半導体発光素子20の周辺において当該半導体発光素子20を取り囲むよう配置されているため、半導体発光素子20の表面20aに均一に電子線を照射することができると共に、電子線の加速電圧を高くすることなしに高い光の出力が得られる。しかも、半導体発光素子20における電子線源30からの電子線が入射される表面20aから光が放射されるため、半導体発光素子20の裏面20bから高熱伝導部材16を介して当該半導体発光素子20を冷却することが可能である。従って、半導体発光素子20を効率よく冷却することができるので、半導体発光素子20の発光効率が低下することがなくて高い出力の光が維持される。

[0036] <第3の実施の形態>

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においては、真空容器10内における容器基体11の底壁の内面に、半導体発光素子20が、その表面(図6(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、この半導体発光素子20の周辺領域には、それぞれ矩形の支持基板31上に矩形の面状の電子線放出部32が形成されてなる複数(図示の例では2つ)の電子線源30が、当該半導体発光素子20を挟んだ位置に配置されている。具体的に説明すると、電子線源30の各々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支持基板31上に支持されることによって形成され、電子線源30の各々における支持基板31は、板状のベース33上に固定されており、各ベース板33が、容器基体11における互いに対向する2つの側壁の内面に固定されることにより、電子線源30の各々が、半導体発光素子20を挟んだ位置において電子線放出部32が互いに対向するよう配置されている。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と同様である。

[0037] このような電子線励起型光源によれば、面状の電子線放出部32を有する、複数の電子線源30が、半導体発光素子20の周辺において当該半導体発光素子20を挟んだ位置に配置されているため、半導体発光素子20の表面20aに均一に電子線を照射することができると共に、電子線の加速電圧を高くすることなしに高い光の出力が得られる。しかも、半導体発光素子20における電子線源30からの電子線が入射される表面20aから光が放射されるため、半導体発光素子20の裏面20bから当該半導体発光素子20を冷却することが可能である。従って、半導体発光素子20を効率よく冷却することができるので、半導体発光素子20の発光効率が低下することがなくて高い出力の光が維持される。

[0038] 〈第4の実施の形態〉

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は、内部が負圧の状態に密閉された外形が直方体状の真空容器10を有し、この真空容器10は、一面(図7(a)において上面)に開口を有する容器基体11と、この容器基体11の開口に配置されて当該容器基体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。

[0039] 真空容器10内には、半導体発光素子20が、その表面(図7(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、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20a上の領域および裏面20b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。具体的には、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32a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真空容器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、この状態で、支持部材37を介して真空容器10における容器基体11の底壁に固定されている。半導体発光素子20および電子線源30は、真空容器10の内部から外部に引き出された導電線を介して、真空容器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手段50に、半導体発光素子20が正極、電子線源30が負極となるよう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、真空容器10における容器基体11の底壁に固定されている。真空容器10、半導体発光素子20および電子線源30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と同様である。

[0040] そして、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 20 a 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 7（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おり、当該電界制御用電極 40 の基端が、真空容器 10 における容器基体 11 の底壁に固定されている。電子線源 30 および電界制御用電極 40 は、真空容器 10 の内部から外部に引き出された導電線を介して、真空容器 10 の外部に設けられた電界制御用電源 52 に、電子線源 30 が正極、電界制御用電極 40 が負極となるよう電氣的に接続されている。

[0041] この第 4 の実施の形態に係る電子線励起型光源においては、図 8 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 20 a 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表面 32 a 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 7（a）および図 8 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 20 a 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表面 32 a 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 20 a 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表面 32 a のレベル L2 との距離（変位量）d が 2～5 mm 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 20 a に一層高い効率で電子線を入射することができる。

[0042] 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4 1に対するテーパ部4 2の傾きは例えば4 5°、電界制御用電極4 0を構成する円筒体の肉厚が0. 3 mmであり、電子線源3 0の電子線放出部3 2における電子線が放射される面のレベルと、テーパ部4 2の先端のレベルとの距離が7 mmである。

[0043] 上記の電子線励起型光源においては、電子線源3 0と引き出し電極3 5との間に電圧が印加されると、当該電子線源3 0における電子線放出部3 2から引き出し電極3 5に向かって電子が放出され、この電子は、半導体発光素子2 0と電子線源3 0との間に印加された加速電圧によって、半導体発光素子2 0に向かって加速されて電子線が形成されると共に、この電子線の軌道が、加速電圧および電界制御用電源5 2によって電子線源3 0と電界制御用電極4 0との間に印加される電圧によって、半導体発光素子2 0における光が放射される表面2 0 aに向かって指向され、その結果、当該電子線は、半導体発光素子2 0の表面2 0 aすなわち活性層2 5の表面に入射される。そして、半導体発光素子2 0においては、電子線が入射されることによって活性層2 5の電子が励起され、これにより、当該半導体発光素子2 0における電子線が入射された表面2 0 aから紫外線などの光が放射され、真空容器1 0における光透過窓1 5を介して当該真空容器1 0の外部に出射される。

[0044] 以上において、電子線放出用電源5 1によって電子線源3 0と引き出し電極3 5との間に印加される電圧は、1～5 k Vであることが好ましい。

また、電子加速手段5 0によって印加される電子線の加速電圧は、6～12 k Vであることが好ましい。

また、電界制御用電源5 2によって電子線源3 0と電界制御用電極4 0との間に印加される電圧は、例えば-2～2 k Vである。

また、電子線放出部3 2から放射される電子の放射量は25 mA/cm²以下であることが好ましく、より好ましくは1～15 mA/cm²、特に好ましくは5～10 mA/cm²である。

[0045] このような電子線励起型光源によれば、電界制御用電極4 0によって、電子線源3 0から放射された電子線の軌道を半導体発光素子2 0における光が

放射される表面 20 a に向かって指向させることができるので、半導体発光素子 20 の表面 20 a に高い効率で電子線を入射することができ、これにより、電子線の加速電圧を高くすることなしに高い光の出力が得られる。しかも、半導体発光素子 20 における電子線源 30 からの電子線が入射される表面 20 a から光が放射されるため、半導体発光素子 20 の裏面 20 b から高熱伝導部材 16 を介して当該半導体発光素子 20 を冷却することが可能である。従って、半導体発光素子 20 を効率よく冷却することができるので、半導体発光素子 20 の発光効率が低下することがなくて高い出力の光が維持される。

また、電子線源 30 が、面状の電子線放出部 32 を有する円環状の帯状体よりなり、当該電子線源 30 が、半導体発光素子 20 の周辺において当該半導体発光素子 20 を取り囲むよう配置されているため、半導体発光素子 20 の表面 20 a に均一に電子線を照射することができる。

[0046] また、電子線放出部 32 から放射される電子の放射量が $25 \text{ mA} / \text{cm}^2$ 以下とされることにより、電子線源 30 に印加される電圧を高くすることなしに高い光の出力が得られる。

また、電子線放出部 32 における電子線が放射される表面 32 a の面積が、半導体発光素子 20 における電子線が入射される表面 20 a の面積より大きいことにより、電子線放出部 32 から放射された電子線は、その電子密度が半導体発光素子 20 の表面 20 a に入射されるときに高いものとなるため、加速電圧を高くすることなしに一層高い光の出力が得られる。

[0047] 〈第 5 の実施の形態〉

図 9 は、本発明の第 5 の実施の形態に係る電子線励起型光源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においては、半導体発光素子 20 の周辺領域には、それぞれ支持基板 31 上に面状の電子線放出部 32 が形成されてなる複数（図示の例では 4 つ）の電子線源 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。具体的には、電子線源 30 の各々は部分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 32 a が半導体発光素子 20 の表面 20 a と同方向を向いた姿勢すなわち真空容器 10 の光透過窓 15 を向いた姿勢で、半導体発光素子 20 を中心とする円に沿って当該半導体発光素子 20 を取り囲むよう配置され、この状態で、支持部材 37 を介して真空容器 10 における容器基体 11 の底壁に固定されている。

また、半導体発光素子 20 に対して各電子線源 30 より外方の位置には、各電子線源 30 に対応して、当該電子線源 30 の各々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 20 a に向かって指向させる複数の電界制御用電極 40 が配置されている。具体的には、電界制御用電極 40 の各々は、部分円筒体よりなり、電子線源 30 の外面の曲率半径より大きい曲率半径の内面を有する胴部 41 と、この胴部 41 に連続して形成された、先端（図 9（a）において上端）に向かって曲率半径が小さくなるテーパ部 42 とにより構成され、半導体発光素子 20 を中心とする円に沿って 4 つの電子線源 30 を取り囲むよう配置されており、当該電界制御用電極 40 の各々の基端が、真空容器 10 における容器基体 11 の底壁に固定されている。電子線源 30 および電界制御用電極 40 は、真空容器 10 の内部から外部に引き出された導電線を介して、真空容器 10 の外部に設けられた電界制御用電源 52 に、電子線源 30 が正極、電界制御用電極 40 が負極となるよう電氣的に接続されている。

その他の具体的な構成は、第 4 の実施の形態に係る電子線励起型光源と同様である。

[0048] このような電子線励起型光源によれば、各電界制御用電極 40 によって、各電子線源 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 20 a に向かって指向させることができるので、半導体発光素子 20 の表面 20 a に高い効率で電子線を入射することができ、これにより、電子線の加速電圧を高くすることなしに高い光の出力が得られる。

しかも、半導体発光素子 20 における各電子線源 30 からの電子線が入射される表面 20 a から光が放射されるため、半導体発光素子 20 の裏面 20 b から高熱伝導部材 16 を介して当該半導体発光素子 20 を冷却することが可能である。従って、半導体発光素子 20 を効率よく冷却することができるので、半導体発光素子 20 の発光効率が低下することがなくて高い出力の光が維持される。

また、電子線源 30 の各々が、面状の電子線放出部 32 を有する部分円環状の帯状体よりなり、これらの電子線源 30 が、半導体発光素子 20 の周辺において当該半導体発光素子 20 を取り囲むよう配置されているため、半導体発光素子 20 の表面 20 a に均一に電子線を照射することができる。

[0049] 〈その他の実施の形態〉

以上、本発明の電子線励起型光源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においては、電子線源は、面状の電子線放射部を有するものであれば、その具体的な形状は特に限定されず、例えば矩形の板状、その他の形状であってもよい。

また、電子線源の配置位置は、半導体発光素子の周辺であって、当該半導体発光素子の光出射面に電子線を入射することができる位置であれば、特に限定されない。例えば第 3 の実施の形態に係る電子線励起型光源において、電子線源 30 は、図 10 に示すように、半導体発光素子 20 を挟んだ位置において、電子線放出部 32 が半導体発光素子 20 に向くよう配置されていてもよい。

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、面状であれば種々の構成のものを用いることができる。

[0050] また、電界制御用電極 40 を設ける場合においては、当該電界制御用電極 40 にテーパ部 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

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、電界制御用電極 40 は、図 11 に示すように、上下に分割された第 1 の電極部材 40 a および第 2 の電極部材 40 b よりなるものであってもよい。このような構成の電界制御用電極 40 においては、上側の第 2 の電極部材 40 b が下側の第 1 の電極部材 40 a より大きい電圧が印加されることが好ましく、これにより、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 20 a に向かって確実に指向させることができ、その結果、半導体発光素子 20 の表面 20 a に一層高い効率で電子線を入射することができる。

また、電界制御電極 40 は、半導体発光素子 20 に対して電子線源 30 より内方の位置に配置されていてもよく、この場合には、電子線源 30 に対して正となる電圧が印加される。但し、半導体発光素子 20 に対して電子線を高い効率で入射することができる点で、電界制御電極 40 は、半導体発光素子 20 に対して電子線源 30 より外方の位置に配置されていることが好ましい。

符号の説明

- [0051] 10 真空容器
11 容器基体
15 光透過窓
16 高熱伝導部材
20 半導体発光素子
20 a 表面
20 b 裏面
21 基板
22 バッファ層
25 活性層
26 量子井戸層
27 障壁層

- 3 0 電子線源
- 3 1 支持基板
- 3 2 電子線放出部
- 3 2 a 表面
- 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
- 5 0 電子加速手段
- 5 1 電子放出用電源
- 5 2 電界制御用電源
- 8 0 真空容器
- 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 電子加速手段

請求の範囲

- [請求項1] 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励起される半導体発光素子とを備えてなる電子線励起型光源において、
前記電子線源は、面状の電子線放出部を有し、前記半導体発光素子の周辺に配置されており、
前記半導体発光素子における前記電子線源からの電子線が入射される面から光が放射されることを特徴とする電子線励起型光源。
- [請求項2] 前記電子線放出部は、カーボンナノチューブにより構成さ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。
- [請求項3] 前記電子線源は、前記半導体発光素子を取り囲むよう配置されていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の電子線励起型光源。
- [請求項4] 前記電子線源は、前記半導体発光素子を取り囲む環状の帯状体よりな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。
- [請求項5] 前記電子線源の複数個が、前記半導体発光素子を挟んだ位置に配置さ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。
- [請求項6] それぞれ部分環状の帯状体よりなる前記電子線源の複数個が、前記半導体発光素子を取り囲むよう配置さ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。
- [請求項7] 前記電子線源から放射された電子線の軌道を前記半導体発光素子における光が放射される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。
- [請求項8] 前記半導体発光素子における電子線が入射される面のレベルが、前記電子線放出部における電子線が放射される面より当該半導体発光素子の光の放射方向に変位したレベルとされていることを特徴とする請求項7に記載の電子線励起型光源。
- [請求項9] 前記電界制御用電極は、前記半導体発光素子に対して前記電子線源より外方の位置に配置されており、当該電子線源に対して負となる電

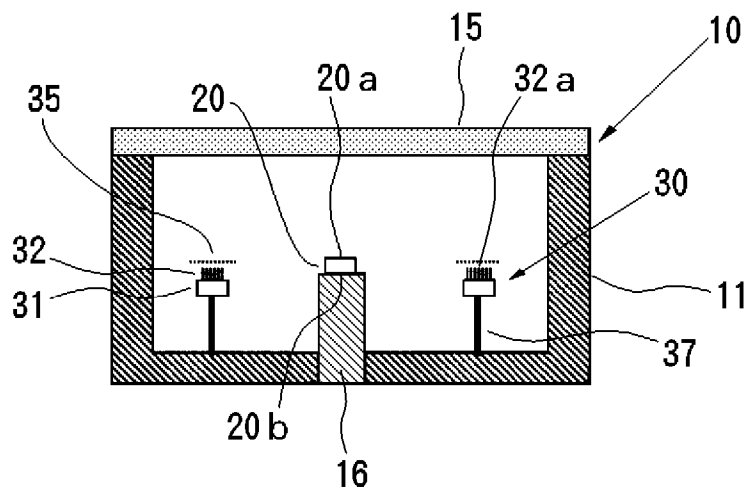
圧が印加されることを特徴とする請求項 7 に記載の電子線励起型光源
。

[請求項10] 前記電子線放出部から放射される電子の放射量が 2.5 mA/cm^2
以下であ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。

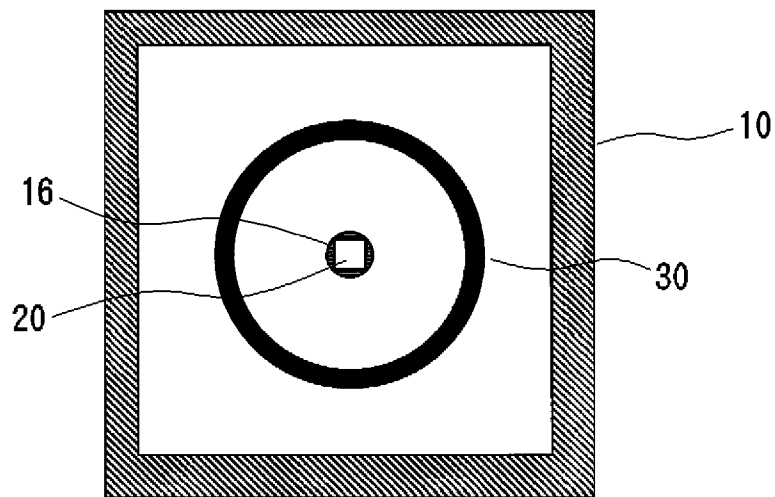
[請求項11] 前記電子線放出部における電子線が放射される面の面積が、前記半
導体発光素子における電子線が入射される面の面積より大きいことを
特徴とする請求項 10 に記載の電子線励起型光源。

[図1]

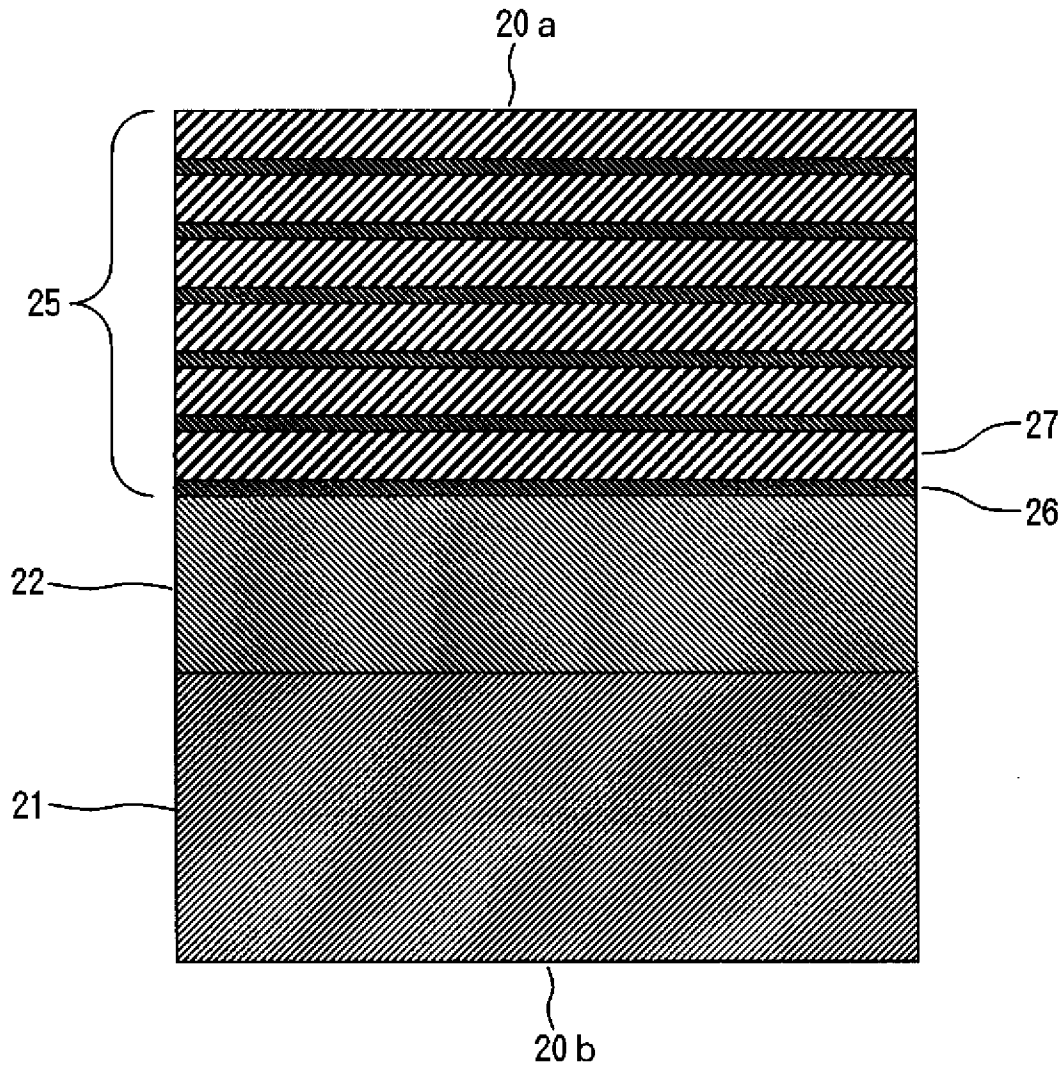
(a)



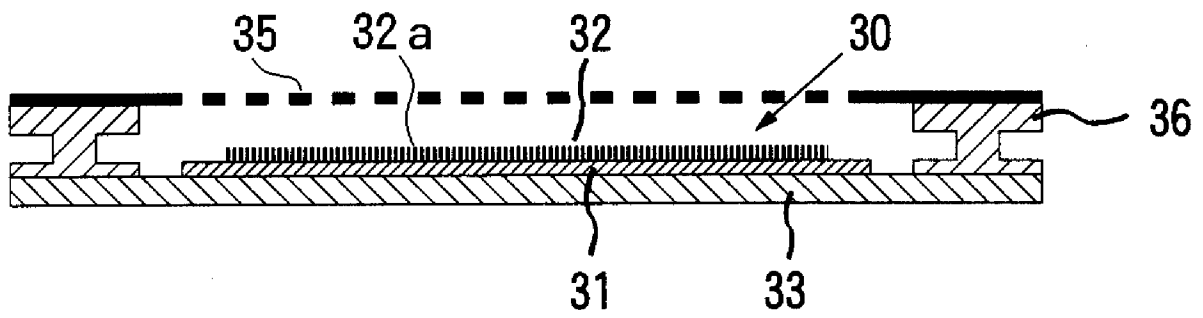
(b)



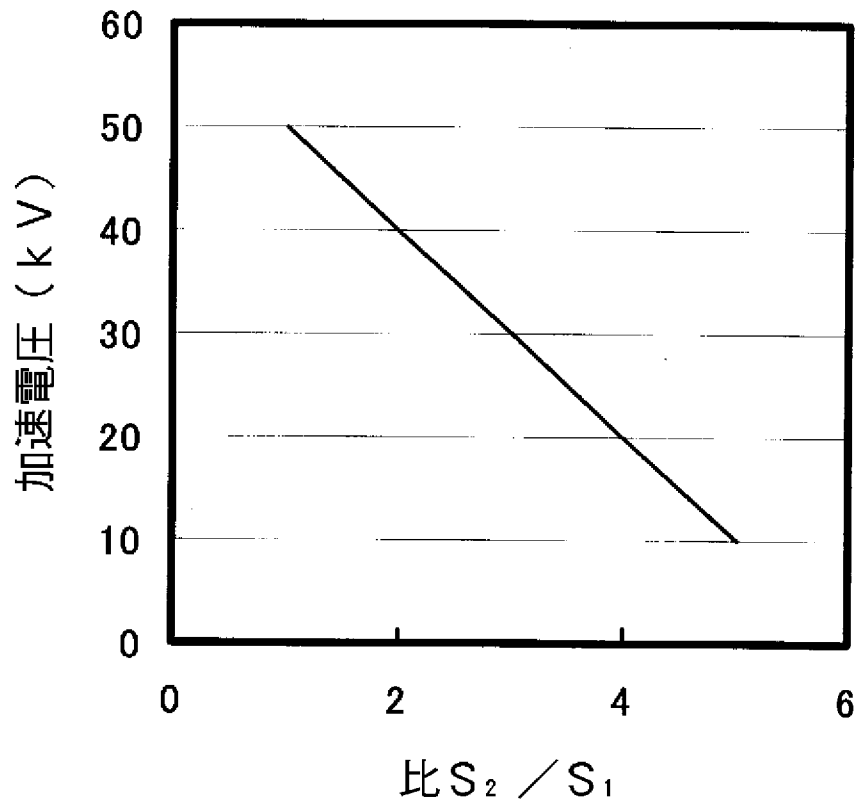
[図2]



[図3]

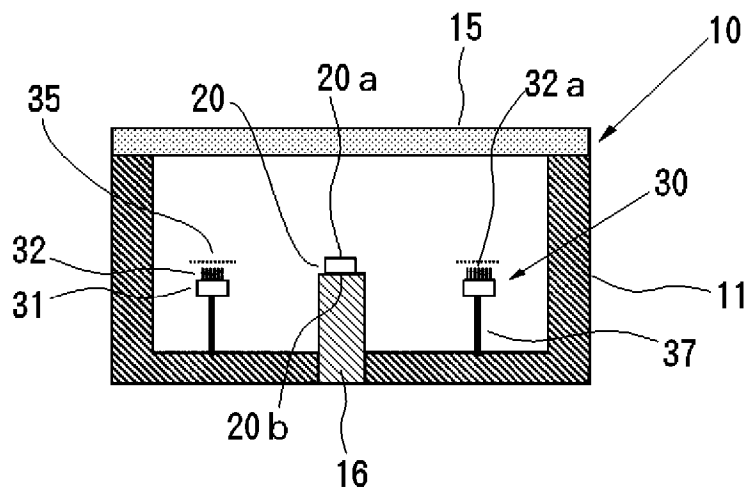


[図4]

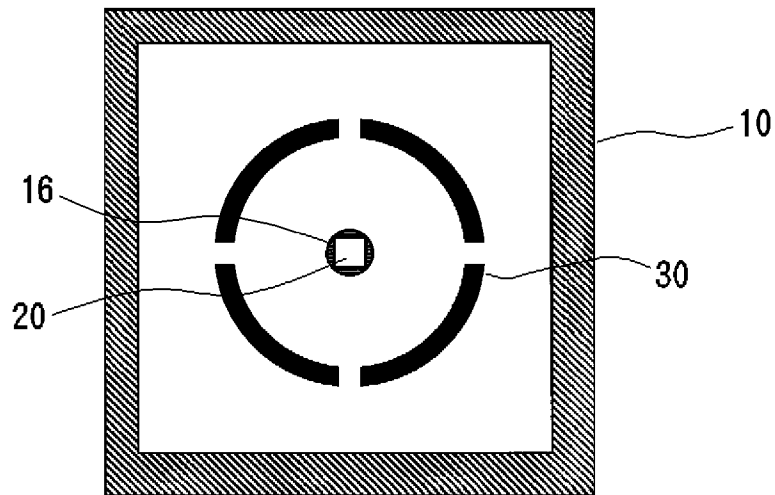


[図5]

(a)

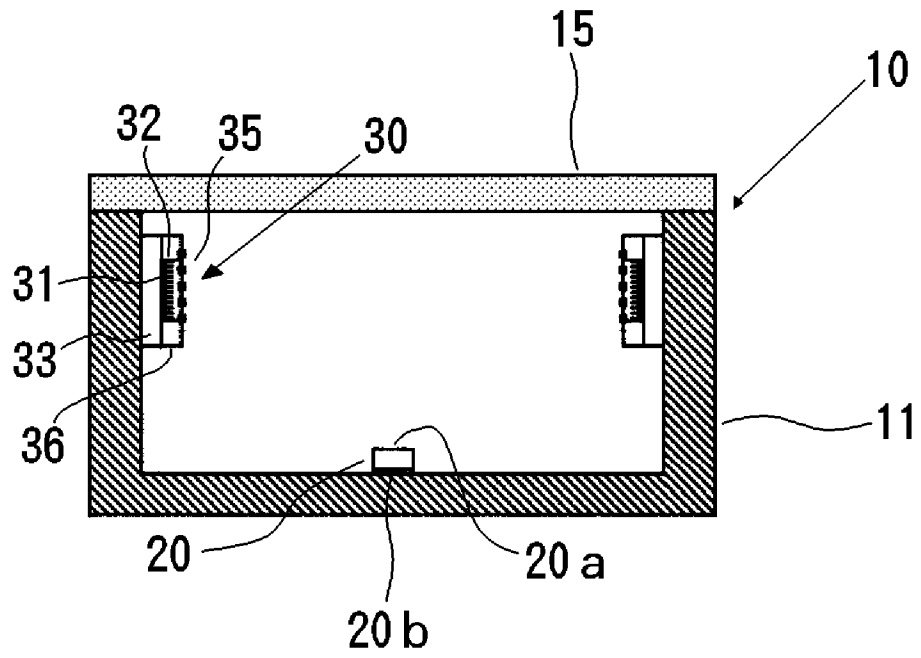


(b)

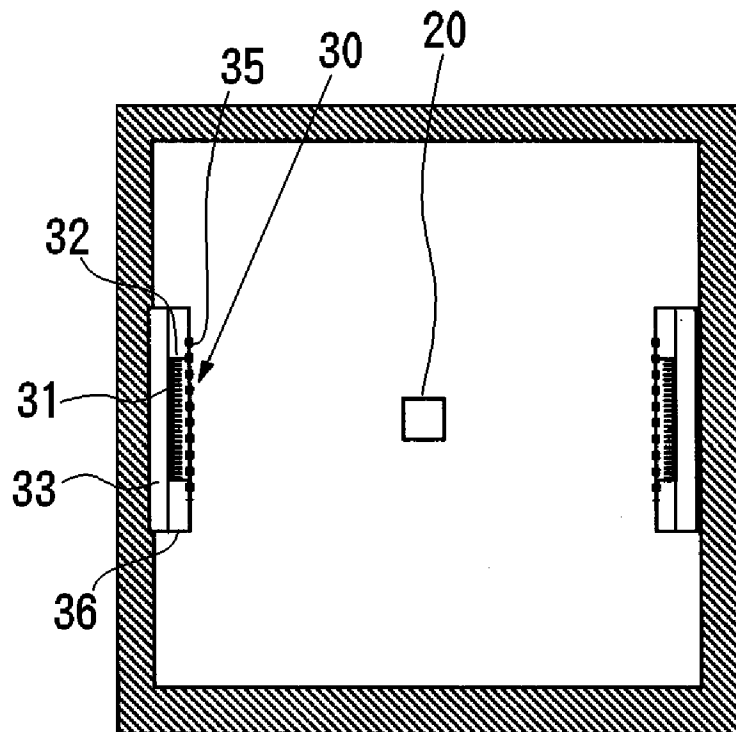


[図6]

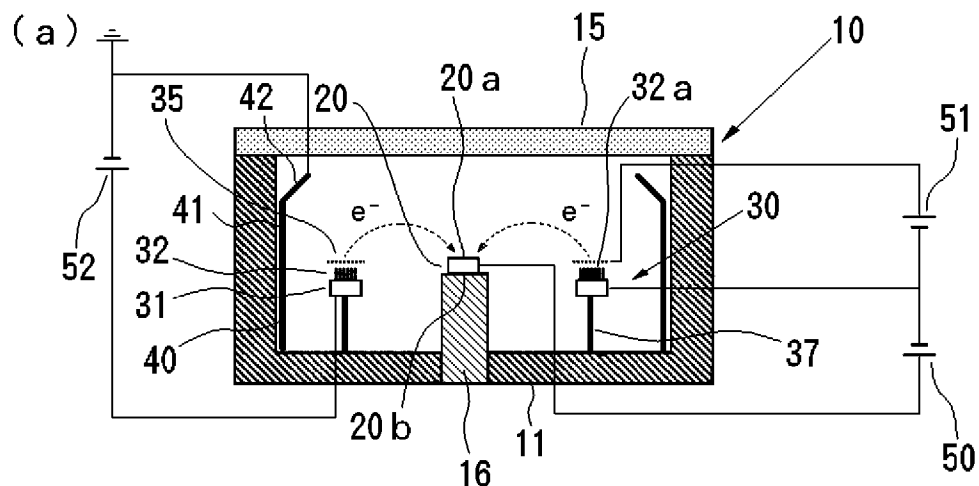
(a)



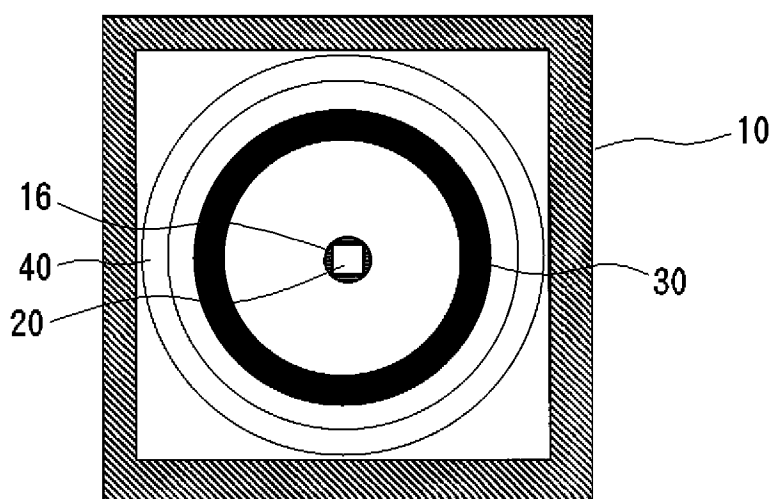
(b)



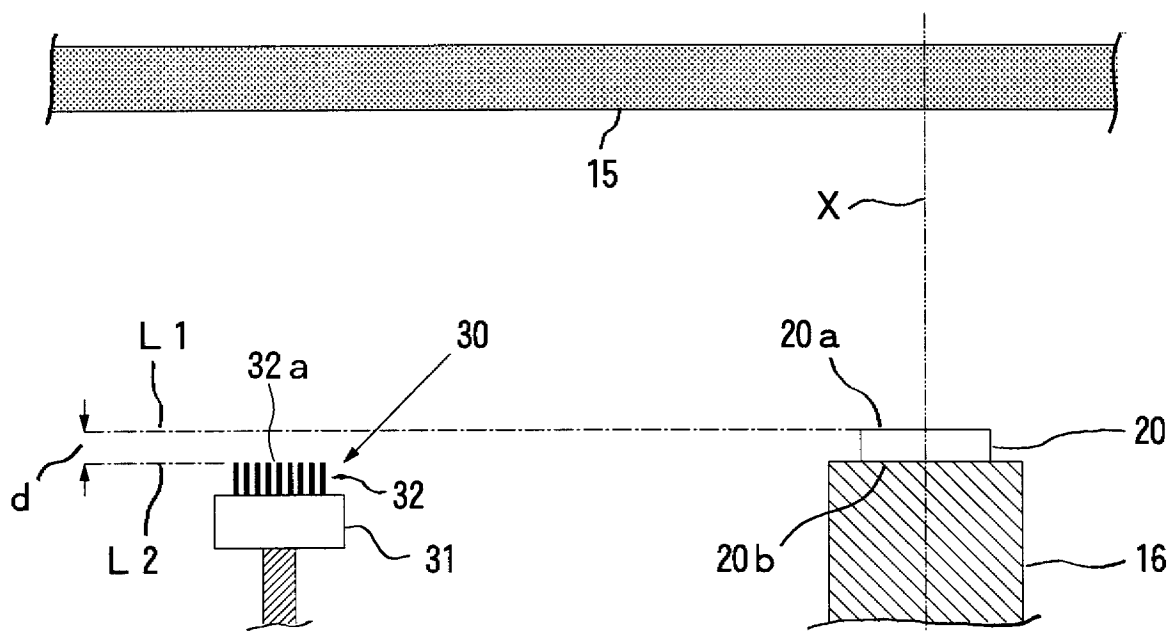
[図7]



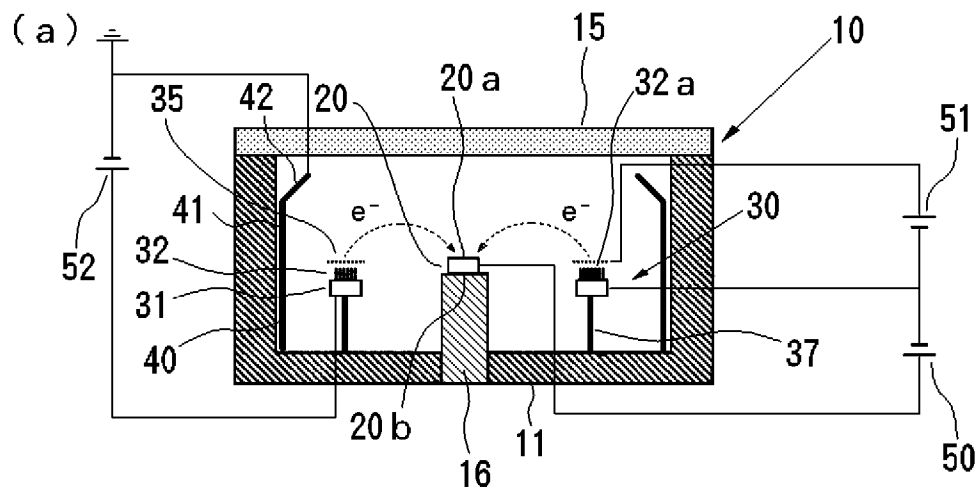
(b)



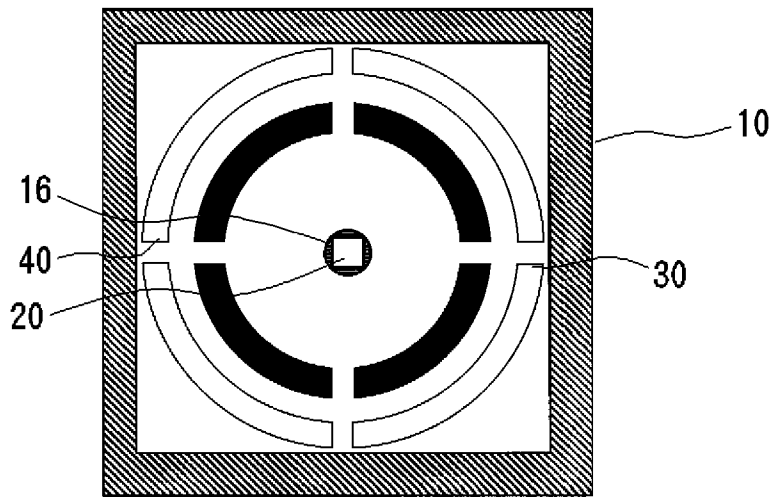
[図8]



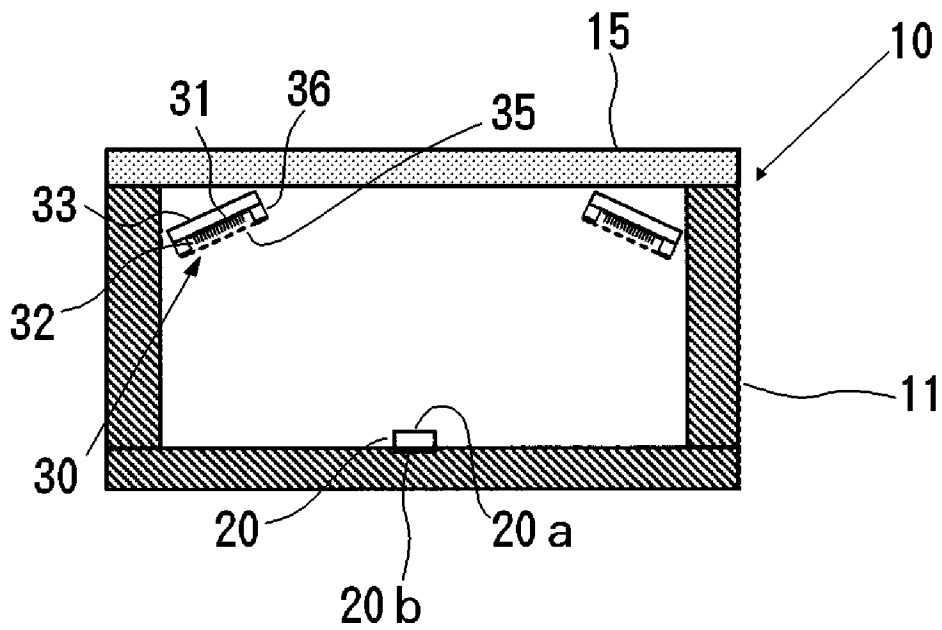
[図9]



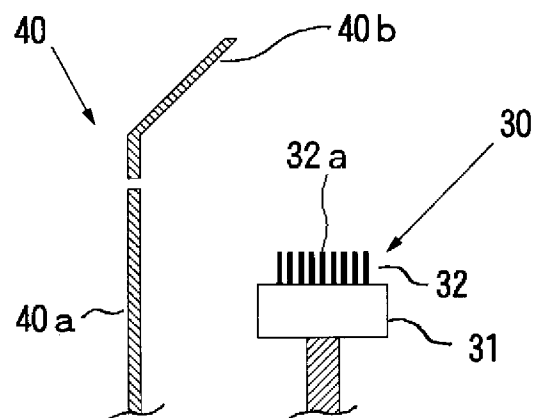
(b)



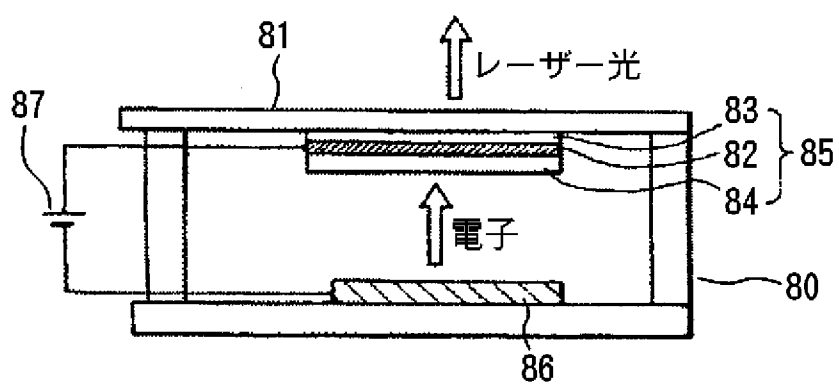
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/073292

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S5/04(2006.01) i, H01L33/48(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)

H01S5/00-5/50, H01L33/00-33/64, H01S3/00-3/02; 3/04-3/06; 3/07-3/094;
3/0943-3/0959; 3/098-3/102; 3/105-3/131; 3/136-3/213; 3/23-4/00

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
Y	JP 09-214027 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 15 August 1997 (15.08.1997), paragraphs [0020] to [0025]; fig. 1 (Family: none)	1, 2, 5, 7, 10, 11 3, 4, 6, 8, 9
A		
Y	WO 2007/023832 A1 (Independent Administrative Institution National Institute for Materials Science), 01 March 2007 (01.03.2007), paragraph [0033]; fig. 3 (Family: none)	1, 2, 5, 7, 10, 11
Y	JP 2006-261150 A (Ricoh Co., Ltd.), 28 September 2006 (28.09.2006), paragraph [0096]; fig. 4 (Family: none)	5, 10, 11

 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
28 October, 2011 (28.10.11)Date of mailing of the international search report
08 November, 2011 (08.11.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/073292

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 2001-015840 A (Director General, Agency of Industrial Science and Technology), 19 January 2001 (19.01.2001), paragraph [0029]; fig. 4 & JP 3051930 B	7
A	JP 04-096281 A (Kawasaki Steel Corp.), 27 March 1992 (27.03.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2006-287028 A (Shin'ichi HIRAMATSU), 19 October 2006 (19.10.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01S5/04(2006.01) i, H01L33/48(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. H01S5/00-5/50, H01L33/00-33/64,
H01S3/00-3/02;3/04-3/06;3/07-3/094;3/0943-3/0959;3/098-3/102;3/105-3/131;3/136-3/213;3/23-4/00

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	1971-2011年
日本国実用新案登録公報	1996-2011年
日本国登録実用新案公報	1994-2011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
Y A	JP 09-214027 A (松下電器産業株式会社) 1997. 08. 15, 段落 0020-0025, 図 1 (ファミリーなし)	1, 2, 5, 7, 10, 11 3, 4, 6, 8, 9
Y	WO 2007/023832 A1 (独立行政法人物質・材料研究機構) 2007. 03. 01, 段落 0033, 図 3 (ファミリーなし)	1, 2, 5, 7, 10, 11
Y	JP 2006-261150 A (株式会社リコー) 2006. 09. 28, 段落 0096, 図 4 (ファミリーなし)	5, 10, 11

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、一般的な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

28. 10. 2011

国際調査報告の発送日

08. 11. 2011

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/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)

高 椋 健 司

2K

3715

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 2001-015840 A (工業技術院長) 2001. 01. 19, 段落 0029, 図 4 & JP 3051930 B	7
A	JP 04-096281 A (川崎製鉄株式会社) 1992. 03. 27, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2006-287028 A (平林 真一) 2006. 10. 19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11