

(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
2014 年 9 月 25 日(25.09.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/148541 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 5/14 (2006.01) G02F 1/37 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/057504
- (22) 国際出願日: 2014 年 3 月 19 日(19.03.2014)
- (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 2013-060338 2013 年 3 月 22 日(22.03.2013) JP
- (71) 出願人: 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: 吉田 和弘(YOSHIDA, Kazuhiro); 〒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). 五十嵐 彩(IKARASHI, Aya); 〒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: 特許業務法人 ユニウス国際特許事務所 (UNIUS PATENT ATTORNEYS OFFICE); 〒

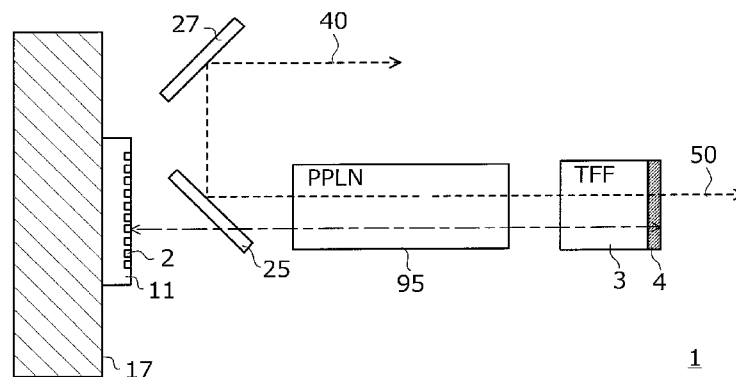
5320011 大阪府大阪市淀川区西中島 5 丁目 1 3
ー 9 新大阪MTビル 1 号館 Osaka (JP).

- (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, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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), ユーロピア (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).

[続葉有]

(54) Title: LASER LIGHT SOURCE DEVICE

(54) 発明の名称: レーザ光源装置



(57) Abstract: The present invention achieves a laser light source device in which extraction efficiency is improved by effectively utilizing fundamental light emitted from a plurality of light-emitting parts mounted on a semiconductor element to extract laser light. The laser light source device (1) is provided with: a semiconductor element (11) provided with a plurality of light-emitting parts (2) that emit fundamental light; a wavelength selection element (3) that selects a prescribed wavelength band of the fundamental light, and extracts a first light; and a wavelength conversion element (95) that converts the wavelength of a portion of the first light, and extracts a second light. The wavelength selection element (3) has a configuration in which a prescribed wavelength band, which can be selected in a first selection region through which fundamental light emitted from a first light-emitting part among the plurality of light-emitting parts passes, becomes shorter in wavelength than the prescribed wavelength band, which can be selected in a second selection region through which fundamental light emitted from a second light-emitting part, wherein a rise in temperature caused by heat produced when light is emitted from other light-emitting parts is higher than the first light-emitting part, passes.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/148541 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

半導体素子上に搭載された複数の発光部から放射される基本光を効率的に活用してレーザ光を取り出すことで、取り出し効率を高めたレーザ光源装置を実現する。レーザ光源装置 1 は、基本光を放射する複数の発光部 2 を備える半導体素子 1 1 と、基本光の所定波長帯を選択して第 1 光を取り出す波長選択素子 3 と、第 1 光の一部を波長変換して第 2 光を取り出す波長変換素子 9 5 を備える。波長選択素子 3 は、複数の発光部のうちの第 1 発光部から放射された基本光が通過する第 1 選択領域において選択可能な所定波長帯が、他の発光部の発光時に生じる熱に起因した温度上昇が第 1 発光部よりも高い第 2 発光部から放射された基本光が通過する第 2 選択領域において選択可能な前記所定波長帯よりも短波長となる構成である。

明 細 書

発明の名称： レーザ光源装置

技術分野

[0001] 本発明は外部共振型のレーザ光源装置に関する。より詳細には、本発明は、非線形光学結晶を用いた外部共振型の半導体レーザ光源装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、面発光型の半導体レーザに外部共振器を設け、当該半導体レーザと当該外部共振器との間に非線形光学結晶で形成された波長変換素子を配置した波長変換型レーザ光源装置が知られている。この外部共振器としては波長選択性反射鏡が用いられ、波長変換素子としては分極反転型ニオブ酸リチウム（PPLN：Periodically Poled Lithium Niobate）などの光学結晶を用いる技術が知られている（下記特許文献1参照）。また、外部共振器に用いる反射鏡に変わり体積ブラッググレーティング（VBG：Volume Bragg Grating）を用いる技術も知られている（下記特許文献2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表2003-526930号公報

特許文献2：特開2012-098495号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] レーザ光源装置を形成するに当たっては、目標となる波長成分がピーク値近傍となるように発光部を設計し、更にこのピーク値を含む狭い波長帯を選択することで、狭い波長分布を示す放射光をレーザ光として生成する。また、必要に応じて、選択された狭い波長帯の光に対して波長変換を施すことで、所望の波長を有する放射光をレーザ光として生成する。

[0005] つまり、レーザ光源装置においては、各発光部から放射される、波長分布を有した光（以下、適宜「基本光」と呼ぶ。）から、波長選択素子において

効率的に所望の波長を選択することが重要となる。

[0006] 本発明者は、鋭意研究により、従来のレーザ光源装置の構成では発光部からの放射される光を完全に有効には活用できていないという課題を見出した。以下では、この内容につき、従来のレーザ光源装置の構成を説明しつつ、明らかにする。

[0007] 図1は、特許文献2に開示されている従来のレーザ光源装置の構成を模式的に示したものである。従来のレーザ光源装置90は、発光部を備える半導体素子11、波長選択素子としての体積ブラッググレーティング(VBG)93及び波長変換素子としての周期的分極反転型ニオブ酸リチウム(PPLN)95を含む。

[0008] 図2に示すように、半導体素子11上には複数の発光部2がアレイ状に配列されている。図2では、半導体素子11上に複数の発光部2が一行に配置された構成が図示されている。この図では、24個の発光部2が配置された例を図示している。これらの発光部2から基本光が放射される。なお、半導体素子11は、発光部2から生じる熱を放熱するためのヒートシンク17上に当接されている。

[0009] 各発光部2から放射される基本光は、所定の波長分布を有する光である。VBG93は、この光から特定の波長帯を選択するために設けられている。また、PPLN95は、入射される光のうち、特定の波長帯の光の一部に対して波長変換を施して出射する機能を有する。

[0010] 半導体素子11上に搭載された各発光部2は、基本光を放射する。この基本光は、特定の波長帯の成分のみを有する光ではなく、一定の波長分布を有する光である。この基本光がVBG93を通過すると、所定の波長帯の光のみが選択的に反射される。以下、波長選択素子としてのVBG93によって選択された光を「第1光」と呼ぶ。なお、このVBG93は、後述する第2光の波長帯の光は透過する機能を有している。

[0011] VBG93から反射された第1光は、PPLN95内を通過する。PPLN95は、上述したように、特定の波長帯の光の一部に対して波長変換を施

して出射する構成である。ここでは、P P L N 9 5 は、第 1 光が有する波長成分の光の一部の波長を変換して、別の異なる波長の光を生成する。以下、P P L N 9 5 によって変換された変換後の波長を有する光を「第 2 光」と呼ぶ。

[0012] なお、第 1 光の波長帯が P P L N 9 5 による波長変換可能な波長帯内である場合であっても、入射される全ての第 1 光が一度に第 2 光に変換されるわけではなく、一部は変換されないまま P P L N 9 5 を通過する。このため、P P L N 9 5 からは、半導体素子 1 1 に向かって、P P L N 9 5 によって生成された第 2 光と、P P L N 9 5 で波長変換されなかった第 1 光が出射する。

[0013] P P L N 9 5 と半導体素子 1 1 の間には、反射部材 2 5 及び 2 7 が設けられている。これらの反射部材 2 5 及び 2 7 は、第 2 光が有する波長帯の光を反射し、少なくとも第 1 光が有する波長帯の光を透過するような構成である。このため、P P L N 9 5 から半導体素子 1 1 に向かって出射された第 2 光は、反射部材 2 5 及び 2 7 で反射されることで光の向きが変えられた後、装置 9 0 の外部へと出射される（第 2 光 4 0）。

[0014] 一方、P P L N 9 5 によって波長変換されずにそのまま透過した第 1 光は、反射部材 2 5 を透過して半導体素子 1 1 内に進入する。半導体素子 1 1 には、反射部材（内部ミラー）が設けられており（不図示）、入射された第 1 光は、P P L N 9 5 の方向に向かって反射する。

[0015] 半導体素子 1 1 側から入射された第 1 光は、前述したのと同様、P P L N 9 5 内を通過する際に、一部が波長変換されて第 2 光になる。この第 2 光は、V B G 9 3 に達する。上述したように、V B G 9 3 は、第 2 光が有する波長帯の光を透過する構成のため、入射された第 2 光はそのまま透過して装置 9 0 の外部へと出射される（第 2 光 5 0）。一方、波長変換されなかった第 1 光は、再び V B G 9 3 で反射されて P P L N 9 5 に向かう。

[0016] つまり、レーザ光源装置 9 0 は、半導体素子 1 1 内に形成された内部ミラーと V B G 9 3 の間で外部共振器が形成されており、第 1 光はこの両者間で

反射が繰り返される。そして、この反射が繰り返されている間に、P P L N 9 5 を通過した第 1 光が次々と第 2 光へと波長変換されて、V B G 9 3 又は反射部材 2 7 から装置 9 0 の外部へと取り出される。

[0017] すなわち、レーザ光源装置 9 0 は、複数の発光部 2 から放射された基本光から、V B G 9 3 によって選択された第 1 の波長帯を有する第 1 光を選択し、この第 1 光から、P P L N 9 5 によって波長変換されて第 2 の波長帯を有する第 2 光を生成して、この第 2 光を、目的とするレーザ光として外部に出射する構成である。一例として、第 1 光をピーク波長が 1 0 6 5 n m 程度の赤外光とし、第 2 光をピーク波長が 5 3 2 . 5 n m 程度の緑色可視光とすることができる。

[0018] 図 3 は、基本光の波長分布 4 1、V B G 9 3 によって波長選択可能な波長分布 4 2（以下、「選択波長分布」と呼ぶ。）、及び P P L N 9 5 によって波長変換可能な波長分布 4 3（以下、「変換波長分布」と呼ぶ。）を重ねて図示したものである。

[0019] 図 3 によれば、基本光は約 1 0 6 5 n m をピーク波長として、広い波長分布を示している。上述したように、この基本光から所望のレーザ光を生成するためには、まず V B G 9 3 によって所定の波長帯の光を選択する必要がある。V B G 9 3 の選択波長分布 4 2 は、図 3 に示すように急峻な曲線を描く。図 3 に示す選択波長分布 4 2 は、選択可能な波長帯のピークを約 1 0 6 5 n m としているため、V B G 9 3 によって基本光から約 1 0 6 5 n m の波長の第 1 光を選択することができる。

[0020] 更に、V B G 9 3 によって選択された第 1 光から、P P L N 9 5 によって所望の波長の第 2 光に変換する必要がある。図 3 では、広帯域の P P L N 9 5 を用いた場合の変換波長分布 4 3 が示されている。図 3 に示す変換波長分布 4 3 は、変換可能な波長帯のピークを約 1 0 6 5 n m としているため、P P L N 9 5 によってピーク波長が約 1 0 6 5 n m の第 1 光に対して波長変換が施される。

[0021] つまり、発光部 2 から放射される基本光から所望の波長のレーザ光を生成

するためには、基本光の波長分布 4 1、選択波長分布 4 2、及び変換波長分布 4 3 が相互に重なり合う必要がある。この重なり合う面積が広いほど、基本光からレーザ光を高効率で生成できることになる。現実的には、基本光の波長分布 4 1、選択波長分布 4 2、及び変換波長分布 4 3 の各ピーク波長の位置を合わせることで、最も効率的にレーザ光を取り出すことが可能となる。

[0022] ところで、発光部 2 から放射される光（基本光）の波長は、発光部 2 の温度が高くなるほど長波長側にシフトすることが実験的に認められている。図 4 は、ある発光部 2 に対して温度を変化させたときに放射される基本光の波長分布を示したグラフである。発光部 2 の温度が 25℃、30℃、35℃、40℃と高温になるほど、ピーク波長及び波長帯が長波長側にシフトしていることが認められる。

[0023] また、図 5 は、図 4 において、各発光部 2 から放射される光のピーク波長と各発光部 2 の温度の関係をグラフに示したものである。図 5 のグラフからは、発光部 2 の温度が上昇するほど光のピーク波長が長波長側にシフトしていることが、より明らかに見て取れる。なお、図 5 によれば、発光部 2 の温度と発光部 2 から放射される光のピーク波長には、ほぼ線形的な関係があることが分かる。

[0024] 各発光部 2 は、発光時に通電による発熱を生じる。図 2 のように複数の発光部 2 が配列された半導体素子 1 1 において、自己の発光部 2 から生じた熱、並びに隣接又は周囲の発光部 2 から生じた熱が、各発光部 2 を昇温させる。本発明者は、各発光部 2 の配置位置に応じて、周囲の発光部 2 からの発熱に起因した温度上昇の程度に差異が生じていることに着目した。

[0025] 図 6 は、半導体レーザ装置 9 0 の駆動中における複数の発光部 2 の温度分布を示すグラフである。温度条件を同一にするために、ヒートシンク 1 7 底面を均一温度に冷却した場合において、各発光部 2 の温度を測定した。図 2 における発光部 2 a の位置からの距離を横軸とし、温度を縦軸としてグラフ化したものである。

- [0026] 図6によれば、アレイ状に配置された各発光部2において、アレイの外縁に近い位置の発光部2 a, 2 b, 2 w, 2 xは、中央部に近いその他の発光部よりも温度が低くなっていることが認められる。
- [0027] アレイの中央部に近い位置に配置された発光部2は、周囲に他の発光部2を多く有する状態であるため、これらの発光部が生じる熱が伝わりやすく、温度が上昇しやすい環境下にある。他方、アレイの外縁に近い位置に配置された発光部(2 a, 2 b, 2 w, 2 xなど)は、中央部に近い位置に配置された発光部に比べて、周囲に存在する発光部2の数(密度)が少ない。よって、中央部に近い位置に配置された発光部2に比べて、温度の上昇程度が低くなっていると考えられる。
- [0028] 本発明者は、図4及び図6の結果から、半導体素子11に搭載された複数の発光部2から放射される基本光は、位置に応じて波長分布にバラツキがあるのではないかと推察した。
- [0029] 図7は、複数の発光部2から放射される基本光のピーク波長の値を示すグラフである。図6と同様、発光部2 aの位置からの距離を横軸とし、ピーク波長の値を縦軸としてグラフ化したものである。図7によれば、本発明者の推察通り、位置に応じて基本光の波長にバラツキが生じていることが確認される。より詳細には、アレイ状に配置された各発光部2において、アレイの外縁に近い位置の発光部2 a, 2 b, 2 w, 2 xは、中央部に近いその他の発光部よりも短波長側にシフトしていることが認められる。
- [0030] 図3を参照して上述したように、発光部2から放射される基本光から所望の波長のレーザ光を効率的に取り出すためには、基本光の波長分布41、選択波長分布42、及び変換波長分布43の重なり合う面積をできるだけ広くする必要がある。
- [0031] 従来のレーザ光源装置90では、VBG93として予め選択したい波長毎に設計されたものが用いられていた。例えば、各発光部2から放射された基本光から波長1065nmの光を選択したい場合には、各発光部2を、基本光のピーク波長が1065nmの波長分布となるように設計すると共に、1

065 nmの波長の光の選択性が高くなるように設計されたVBG93が用いられる。

[0032] しかし、上述したように、各発光部2の位置に応じて基本光の波長分布にバラツキが生じている場合、発光部2の位置によっては基本光のピーク波長が1065 nmからずれた基本光が生じることになる。

[0033] 例えば、図7の結果によれば、半導体素子11上に24個の発光部2を備えた場合において、中央部に配置された発光部2からの基本光とアレイの外縁に近い位置に配置された発光部2からの基本光には、約1 nm程度のピーク波長のズレが生じている。この結果を図3に併せて鑑みれば、アレイの外縁に近い位置に配置された発光部(2a, 2b, 2w, 2xなど)から放射された基本光の波長分布は、図3に示される波長分布41よりも1 nm程度短波長側にシフトされることになる。

[0034] この結果、選択波長分布42との重なり合う領域の面積は小さくなる。つまり、この領域の発光部2から放射された基本光から選択される第1光の強度は、アレイの中央部付近に配置された発光部2から放射された基本光から選択される第1光よりも低下する。このことは、アレイの外縁に位置する発光部2からの放射光を高効率でレーザ光に変換できていないことを示唆するものである。

[0035] なお、上記の例では発光部2が24個一列に配列されている場合について考察したが、この数が増加するほど、配置位置に応じて各発光部2から放射される基本光の波長分布に差異が生じることが分かる。このことは、基本光の波長分布41と選択波長分布42の重なり合う領域の面積が更に縮小化されること、すなわち、基本光から第1光を取り出す効率が更に低下することを意味するものである。

[0036] ここで、位置に応じて発光部2から放射される基本光の波長分布41のピーク波長値にバラツキが生じる場合において、各発光部2から放射される基本光の波長分布41と選択波長分布42の重なり合う面積を増加させることのみを考えれば、広帯域を示す選択波長分布42となるような波長選択素子

を用いる方法も考えられる。しかし、そもそもレーザ光は狭波長帯の光であることが特徴であるところ、発光部 2 から放射される基本光から狭帯域の波長の第 1 光を選択することにこそ、波長選択素子の意義が存在する。つまり、波長選択素子（ここでは V B G 9 3）の選択波長分布 4 2 を広帯域化させることで、上記の問題に対処することは現実的ではない。

[0037] 本発明者は、以上において説明したように、従来のレーザ光源装置の場合、半導体素子 1 1 に複数の発光部 2 を配置した構成としても、一部の発光部 2 から放射された基本光を有効に活用していないことを見出した。

[0038] 本発明は、上記の課題に鑑み、半導体素子上に搭載された複数の発光部から放射される基本光を効率的に活用してレーザ光を取り出すことで、取り出し効率を高めたレーザ光源装置を実現することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0039] 本発明のレーザ光源装置は、
基本光を放射する複数の発光部を備える半導体素子と、
前記基本光の所定波長帯を選択して第 1 光を取り出す波長選択素子と、
前記第 1 光の一部を波長変換して第 2 光を取り出す波長変換素子を備え、
前記波長選択素子は、前記複数の発光部のうちの第 1 発光部から放射された前記基本光が通過する第 1 選択領域において選択可能な前記所定波長帯が、前記複数の発光部のうち、他の前記発光部の発光時に生じる熱に起因した温度上昇が前記第 1 発光部よりも高い第 2 発光部から放射された前記基本光が通過する第 2 選択領域において選択可能な前記所定波長帯よりも短波長となる構成であることを特徴とする。

[0040] このレーザ光源装置が備える波長選択素子は、異なる領域で選択可能な波長帯を異ならせた構成である。すなわち、複数の発光部のうち、他の発光部からの発熱の影響を受けて温度が上昇しやすい箇所に配置された発光部（上記「第 2 発光部」）から放射された光が通過する領域（上記「第 2 選択領域」）においては、比較的長い波長の光が選択される構成としている。逆に、他の発光部からの発熱の影響を第 2 発光部ほどは受けずに、第 2 発光部より

は温度が上昇しにくい箇所に配置された発光部（上記「第1発光部」）から放射された光が通過する領域（上記「第1選択領域」）においては、第2選択領域よりも短い波長の光が選択される構成としている。

[0041] 他の発光部からの発熱の影響を受けて温度が上昇しやすい箇所に配置された発光部（第2発光部）から放射される基本光は、長波長の波長分布を示す基本光が放射される。逆に、第2発光部に比べると、他の発光部からの発熱の影響を受けにくく、温度が上昇しにくい箇所に配置された発光部（第1発光部）から放射される基本光は、第2発光部よりも短波長の波長分布を示す基本光が放射される。

[0042] 上記の波長選択素子は、長波長の波長分布を示す基本光が通過する領域（上記「第2選択領域」）は、選択可能な波長帯が長波長であり、短波長の波長分布を示す基本光が通過する領域（上記「第1選択領域」）は、選択可能な波長帯が短波長となっている。よって、第1発光部から放射される基本光も、第2発光部から放射される基本光も、波長選択素子によって効率的に波長選択が行える。

[0043] 従来のレーザ光源装置が備える波長選択素子は、入射される基本光の波長分布から一の波長帯の光を選択する構成であった。つまり、発光部の発熱に起因して各発光部に温度分布が生じることにより、各発光部から放射される基本光の波長分布にも位置に応じたバラツキが生じていることは考慮されていなかった。従って、各発光部から放射される基本光の波長分布が最も重なり合っている波長帯を選択するように、発光部と波長選択素子を設計していた。この結果、波長選択素子で選択されない波長分布の基本光を放射する発光部については、その発光部から放射された光が波長選択素子において選択されない状態であり、有効に光が活用されているとはいえなかった。

[0044] 上記の構成のように、位置に応じて発光部から放射される基本光の波長分布にバラツキがあることを前提とし、このバラツキに応じて波長選択素子の選択可能な波長帯にも分布を持たせることで、全ての発光部から放射される基本光を効率的に波長選択素子によって選択させることができる。よって、

この選択された波長の光を、波長変換素子によって波長変換させて取り出すことで、取り出されるレーザ光の光量を従来よりも高めることができる。

[0045] 特に、複数の発光部がアレイ状に配置されている場合、発光部の位置に応じた発熱の影響の受けやすさに差異が生じる。すなわち、アレイの中央部に近い位置に配置された発光部は、周囲に他の発光部を多く有する状態であるため、これらの発光部が生じる熱が伝わりやすく、温度が上昇しやすい環境下にある。他方、アレイの外縁に近い位置に配置された発光部は、中央部に近い位置に配置された発光部に比べて、周囲に存在する発光部の数（密度）が少ない。これにより、中心に近い位置に配置された発光部に比べて、温度の上昇程度は低くなる。

[0046] つまり、波長選択素子として、アレイの外縁に近い位置に配置された第1発光部から放射される基本光が通過する第1選択領域において、選択可能な波長帯を短波長とし、第1発光部よりもアレイの中央部に近い位置に配置された第2発光部から放射される基本光が通過する第2選択領域において、選択可能な波長帯を長波長とすることで、全ての発光部から放射される基本光に対して効率的に波長選択が行える。

[0047] 半導体素子上に複数の発光部を形成する場合、一般的にはウェハ上に半導体素子を形成し、その上に複数の発光部を形成する。このとき、なるべく一枚のウェハ上に多くの半導体素子を形成すべく、密集して半導体素子が形成される。当然に、各半導体素子上には、密集して発光部が配列される。このようにして形成された半導体素子が、所定の個数の発光部毎に分割され、各レーザ光源装置に搭載される。

[0048] 従って、製造効率を高める観点からも、各半導体素子上には複数の発光部を密集して配置するのが一般的であり、このとき、発光部は半導体素子上にアレイ状に配置される。この場合、上述したように、アレイの中央部に近い発光部とアレイの外縁に近い発光部との間には、発光波長に差異が生じる。つまり、上記の構成によれば、高い製造効率を維持しながらレーザ光源装置を製造した場合において、各発光部から放射される基本光を有効に活用する

効果が得られる。

[0049] 波長選択素子の選択可能な波長に分布を持たせる具体的な方法としては、以下の方法がある。

[0050] 一の方法としては、波長選択素子を誘電体多層膜バンドパスフィルタで構成し、第1選択領域の膜厚を第2選択領域の膜厚よりも薄く形成することで実現できる。

[0051] 別の方法としては、波長選択素子をエタロンフィルタで構成し、第1選択領域のギャップ長を第2選択領域のギャップ長よりも短く形成することで実現できる。

[0052] 更に別の方法としては、波長選択素子を体積ブラッググレーティング（VBG）で構成し、第1選択領域の層の厚みを第2選択領域の層の厚みよりも薄く形成することで実現できる。

[0053] また、上記の構成に加えて、波長変換素子を、波長選択素子の第1選択領域で選択された第1光が通過する第1変換領域において変換可能な波長帯が、波長選択素子の第2選択領域で選択された第1光が通過する第2変換領域において変換可能な波長帯よりも短波長となる構成とするのが好適である。

[0054] 第1発光部から放射された基本光が波長選択素子の第1選択領域を通過することで選択された第1光と、第2発光部から放射された基本光が波長選択素子の第2選択領域を通過することで選択された第1光には、波長に差異が生じている。

[0055] 波長変換素子が、広帯域な波長に対して変換可能な構成であれば、このように位置に応じてピーク波長に差異の有する第1光が入射されても、これらを第2光に変換させることが可能である。しかし、このような広帯域の波長に対して変換可能な波長変換素子を設計した場合、変換後に得られる第2光の強度が比較的低くなってしまう。

[0056] 逆に、変換可能な波長帯の帯域が狭い波長変換素子を設計した場合には、変換後に得られる第2光の強度を高くすることが可能となる。しかしこの場合、位置に応じて異なるピーク波長を示す第1光が入射されるため、変換可

能な波長帯の帯域をあまりに狭くすると、位置に応じては第1光の波長が変換可能な帯域の外に位置する、又は変換効率が極めて低下することが想定される。

[0057] そこで、波長変換素子においても、波長選択素子と同様に、位置に応じて変換可能な波長帯に分布を持たせる。これにより、一の箇所における変換可能な波長帯の帯域は狭くして変換後の光強度を高めつつ、全ての箇所において入射される第1光を変換させることが可能となる。より具体的には、第1選択領域によって選択された、比較的短波長の第1光が通過する領域（上記「第1変換領域」）において変換可能な波長帯を、第2選択領域によって選択された、比較的長波長の第1光が通過する領域（上記「第2変換領域」）において変換可能な波長帯よりも短波長となるように構成する。これにより、強度の高い第2光が生成され、取り出し効率が向上する。

[0058] 波長変換素子の変換可能な波長に分布を持たせる具体的な方法としては、波長変換素子を周期的分極反転型ニオブ酸リチウム（PPLN）で構成し、第1変換領域の層の厚みを第2変換領域の層の厚みよりも薄く形成することで実現できる。

発明の効果

[0059] 本発明の構成によれば、発光部の発熱に起因した温度上昇の程度が異なる複数の発光部を備えたレーザ光源装置において、各発光部から放射される基本光の波長分布にバラツキが生じていても、波長選択素子によって各発光部から放射された基本光が示す波長分布から効率的に所定の波長帯の光を選択することができる。これにより、外部に取り出されるレーザ光の光量を増やすことができ、取り出し効率が高められる。

図面の簡単な説明

[0060] [図1]従来のレーザ光源装置の構成を模式的に示した図である。

[図2]発光部を構成する半導体素子をアレイ状に配置した基板を模式的に図示したものである。

[図3]基本光の波長分布、選択波長分布、及び変換波長分布を重ねて図示した

ものである。

[図4]発光部から放射される光の波長と発光部の温度の関係を示すグラフである。

[図5]発光部から放射される光のピーク波長と発光部の温度の関係を示すグラフである。

[図6]各発光部を発光させたときの各発光部の温度分布をグラフにしたものである。

[図7]各発光部を発光させたときの各発光部から放射される波長分布をグラフにしたものである。

[図8]第1実施形態のレーザ光源装置の構成を模式的に示した図である。

[図9]T F Fの模式的な断面構造の一例である。

[図10]図9のT F Fにおける波長選択分布を示すグラフである。

[図11]第2実施形態のレーザ光源装置の構成を模式的に示した図である。

[図12]第3実施形態のレーザ光源装置の構成を模式的に示した図である。

[図13]第4実施形態のレーザ光源装置の構成を模式的に示した図である。

[図14]基本光の波長分布、選択波長分布、及び変換波長分布を重ねて図示したものである。

[図15]別実施形態のレーザ光源装置の構成を模式的に示した図である。

発明を実施するための形態

[0061] 本発明のレーザ光源装置につき、図面を参照して説明する。なお、各図において図面の寸法比と実際の寸法比は必ずしも一致しない。

[0062] [第1実施形態]

レーザ光源装置の第1実施形態につき説明する。

[0063] 図8は、本実施形態におけるレーザ光源装置の構成を模式的に示す図である。レーザ光源装置1は、図1に示す従来のレーザ光源装置90と比較して、波長選択素子としてV B G 93に代えて、T F F（誘電体薄膜フィルタ）3及び光学部材4を備える点が異なる。他の構成は、レーザ光源装置90と同様であるため、説明を省略する。本実施形態では、T F F 3が「波長選択

素子」に対応する。

[0064] T F F 3 は、半導体素子 1 1 に搭載された複数の発光部 2 から放射される基本光の波長分布から、所定の波長帯の第 1 光を選択して透過させる機能を有する。また、光学部材 4 は、第 1 の特定の波長帯の光を反射し、且つ第 2 の特定の波長帯の光を透過する構成である。より具体的には、T F F 3 で選択された波長帯の光（第 1 光）を反射し、P P L N 9 5 で変換された波長帯の光（第 2 光）を透過するように設計される。光学部材 4 は、例えば、第 1 の特定の波長帯に対する高反射（H R）コートと第 2 の特定の波長帯に対する減反射（A R）コートが T F F 3 のガラス基板上に形成されることで実現される。

[0065] この構成においても、発光部 2 からレーザ光 4 0、5 0 を取り出す仕組みの基本的な原理は、図 1 のレーザ光源装置 9 0 と共通する。

[0066] すなわち、半導体素子 1 1 に搭載された複数の発光部 2 から放射された基本光は、波長選択素子としての T F F 3 を通過することで、所定の波長帯の光のみが選択的に透過される。T F F 3 で選択透過された光が「第 1 光」に対応する。この第 1 光は、光学部材 4 によって反射されて P P L N 9 5 の方に進行する。P P L N 9 5 は、第 1 光のうちの一部の光に対して波長変換を施して第 2 光を生成し、この第 2 光が反射部材 2 5 及び 2 7 を介して外部に取り出される（第 2 光 4 0）。

[0067] また、P P L N 9 5 によって波長変換されずにそのまま透過した第 1 光は、反射部材 2 5 を透過して半導体素子 1 1 内に進入し、内部ミラーによって反射されて P P L N 9 5 へと送られる。P P L N 9 5 において一部の第 1 光が第 2 光へと波長変換され、これが光学部材 4 を透過して外部に取り出される（第 2 光 5 0）。また、波長変換されなかった第 1 光は、再度、光学部材 4 で反射されて P P L N 9 5 へと送られる。

[0068] すなわち、レーザ光源装置 1 は、半導体素子 1 1 内に形成された内部ミラーと反射素子としての光学部材 4 の間で外部共振器が形成されており、第 1 光はこの両者間で反射が繰り返される。そして、この反射が繰り返されてい

る間に、P P L N 9 5 を通過した第 1 光が次々と第 2 光へと波長変換されて、光学部材 4 又は反射部材 2 7 から装置 9 0 の外部へと取り出される。

[0069] T F F 3 は、高屈折率の材料と低屈折率の材料とが複数積層されることで構成される。これらの材料の屈折率と膜厚を調整することで、選択される光の波長帯が設定される。なお、選択される光の波長分布（上記「選択波長分布」）は、図 3 に示す V B G 9 3 の曲線 4 2 と同様に、急峻な曲線を描く。

[0070] ここで、レーザ光源装置 1 が備える T F F 3 は、位置に応じて選択可能な波長帯を異ならせている。図 9 は、T F F 3 の模式的な断面構造の一例である。領域 3 1、領域 3 2、及び領域 3 3 において膜厚をそれぞれ異ならせることで T F F 3 を設計している。なお、図 9 では、基板上に 4 層の膜が成膜されているかのように図示されているが、これは単に領域毎に膜厚が異なっていることを示すために模式的に示したものであり、実際は成膜する層数はもっと多いものとして構わない。

[0071] より具体的な構成例として、T F F 3 は、低屈折材料として SiO_2 を、高屈折材料として Ta_2O_5 を用い、これらを交互に積層して形成している。T F F 3 の設計としては最も一般的な B P F（バンドパスフィルタ）の設計パターンであるワンキャビティ（1つのキャビティ層を有する構成）とし、 SiO_2 のキャビティ層（6 q w）を高屈折率層／低屈折率層（各 1 q w）を 8 ペアで挟んだ構成とした。なお、q w とは 1 / 4 波長（quarter wave）を指しており、6 q w とは 1 / 4 波長の 6 倍の厚みの層であることを表している。このときの透過率を、膜設計ツールとして知られる T F C a l c を用いて計算した結果を図 1 0 に示す。なお、領域 3 2 は、領域 3 1 における各層の膜厚を 1. 0 0 1 倍し、領域 3 3 は領域 3 1 における各層の膜厚を 1. 0 0 2 倍して積層させた。

[0072] 図 1 0 は、図 3 に示した V B G の選択波長分布 4 2 と同様の描画方法で図示されたものである。選択波長分布 3 1 a が、T F F 3 内の領域 3 1 において波長選択可能な波長分布に対応する。同様に、選択波長分布 3 2 a が、T F F 3 内の領域 3 2 において波長選択可能な波長分布に対応し、選択波長分

布 3 3 a が、T F F 3 内の領域 3 3 において波長選択可能な波長分布に対応する。

[0073] 図 1 0 によれば、基本光が T F F 3 を通過した場合、領域 3 1 を通過した基本光については 1 0 6 4 . 0 4 n m 近傍の波長が選択され、領域 3 2 を通過した基本光については 1 0 6 5 . 1 0 n m 近傍の波長が選択され、領域 3 3 を通過した基本光については 1 0 6 6 . 1 6 n m 近傍の波長が選択される。つまり、T F F 3 を通過する領域に応じて、基本光から選択される波長帯を異ならせることができる。

[0074] つまり、T F F 3 の膜厚を位置に応じて異ならせることで、T F F 3 の選択波長分布を位置に応じて変化させることが可能となる。より詳細には、選択したい波長を長波長側にしたい場合には膜厚を厚く形成し、逆に選択したい波長を短波長側にしたい場合には膜厚を薄く形成すればよい。

[0075] レーザ光源装置 1 が備える T F F 3 は、この点に鑑み、位置に応じて膜厚を変化させている。より詳細には、半導体素子 1 に搭載された複数の発光部 2 のうち、周囲の発光部 2 からの発熱によって温度が上昇しやすい位置に配置されている発光部 2 (「第 2 発光部」に対応) から放射される基本光が通過する領域 (「第 2 選択領域」に対応) については、膜厚を厚く形成する。逆に、周囲の発光部 2 からの発熱による影響を比較的受けにくい位置に配置されている発光部 2 (「第 1 発光部」に対応) から放射される基本光が通過する領域 (「第 1 選択領域」に対応) については、膜厚を薄く形成する。

[0076] これにより、各発光部 2 から放射される基本光のピーク波長が、近接する発光部 2 からの発熱に起因して、位置に応じて異なる構成であっても、波長選択素子としての T F F 3 が、この基本光のピーク波長のズレに合わせてその波長選択分布を位置に応じてずらすことができる。これにより、各発光部 2 からの基本光の波長分布と波長選択素子としての T F F 3 の選択波長分布の重ね合わせの面積を大きく取ることができる。よって、発光部 2 の位置に関わらず、基本光から高い強度の第 1 光を選択することができるので、この第 1 光から波長変換素子 (ここでは P P L N 9 5) によって波長変換させて

第2光を取り出すことで、取り出されるレーザ光の光量を従来よりも高めることができる。

[0077] なお、図2に示すように、複数の発光部2が半導体素子11上にアレイ状に搭載されている場合、アレイの中央部に近い位置に配置された発光部2から放射される基本光の波長が、アレイの外縁に近い位置に配置された発光部2から放射される基本光の波長よりも長くなる傾向にある（図7参照）。よって、アレイの外縁に近い位置に配置された発光部2から放射される基本光が通過する第1選択領域のTF F3の膜厚を薄くし、逆に、アレイの中央部に近い位置に配置された発光部2から放射される基本光が通過する第2選択領域のTF F3の膜厚を厚くすることで、全ての発光部2から放射される基本光に対して効率的に波長選択が行える。

[0078] なお、TF F3の膜厚を位置に応じて異ならせる方法としては、種々の方法が採用され得る。一例としては、成膜時に真空蒸着を行う際に、蒸着源に対して基板を垂直に配置せず所定の傾斜角を設けて蒸着源からの距離を変化させることで膜厚を変化させることができる。また、基板と蒸着源の間に、マスク板を配置して、マスク形状を適切に設計、配置することによっても、位置に応じて膜厚を異ならせることが可能である。

[0079] [第2実施形態]

レーザ光源装置の第2実施形態につき、第1実施形態と異なる箇所のみを説明する。

[0080] 図11は、本実施形態におけるレーザ光源装置の構成を模式的に示す図である。本実施形態のレーザ光源装置1aは、図8に示す第1実施形態の構成と比較して、波長選択素子としてTF F3に代えてエタロンフィルタ5を備えた点異なる。このエタロンフィルタ5は、より詳細には光学部材6をPPLN95と離間を有して対向して配置することで実現される。

[0081] 光学部材6は、入射された光をそのまま透過して出射する光学部材であり、例えば石英ガラスで構成される。PPLN95の第1面95aと、光学部材6の第1面6aの間に設けられたギャップにより、エタロンフィルタ5が

形成される。なお、光学部材6の第1面6aとは反対の第2面6b側には、光学部材4が形成されている。この光学部材4は、エタロンフィルタ5で選択された波長帯の光（第1光）を反射し、PPLN95で変換された波長帯の光（第2光）を透過するように設計される。

[0082] レーザ光源装置1aは、波長選択素子として、TFF3に代えてエタロンフィルタ5が採用された点を除けば、第1実施形態のレーザ光源装置1と同じであるため、発光部2から放射された基本光から、所望波長のレーザ光（第2光40, 50）を取り出すまでの原理は共通である。従って、この説明を省略する。

[0083] 本実施形態においては、エタロンフィルタ5に対して、位置に応じて選択される波長分布を異ならせる。エタロンフィルタ5は、対向する光学面の面間隔によって、選択される波長が決定される。より詳細には、PPLN95の第1面95aと、光学部材6の第1面6aの間に設けられたギャップ長dを長くすると、選択波長が長波長側にシフトされ、逆にギャップ長dを短くすると、選択波長が短波長側にシフトされる。すなわち、位置に応じてギャップ長dを異ならせることで、位置に応じて選択される波長分布を異ならせることができる。

[0084] より詳細には、半導体素子1に搭載された複数の発光部2のうち、周囲の発光部2からの発熱によって温度が上昇しやすい位置に配置されている発光部2（「第2発光部」に対応）から放射される基本光が通過する領域（「第2選択領域」に対応）については、エタロンフィルタ5のギャップ長dを長く形成する。逆に、周囲の発光部2からの発熱による影響を比較的受けにくい位置に配置されている発光部2（「第1発光部」に対応）から放射される基本光が通過する領域（「第1選択領域」に対応）については、エタロンフィルタ5のギャップ長dを短く形成する。これにより、第1実施形態のレーザ光源装置1と同様の効果が得られる。

[0085] すなわち、各発光部2から放射される基本光のピーク波長が、近接する発光部2からの発熱に起因して位置に応じて異なる構成であっても、波長選択

素子としてのエタロンフィルタ 5 の波長選択分布のピーク波長の値を、その位置に応じてずらすことができる。これにより、各発光部 2 からの基本光の波長分布と波長選択素子としてのエタロンフィルタ 5 の選択波長分布の重ね合わせの面積を大きく取ることができる。

[0086] よって、発光部 2 の位置に関わらず、基本光から高い強度の第 1 光を選択することができるので、この第 1 光から波長変換素子（ここでは P P L N 9 5）によって波長変換させて第 2 光を取り出すことで、取り出されるレーザ光の光量を従来よりも高めることができる。

[0087] なお、図 2 に示すように、複数の発光部 2 が半導体素子 1 1 上にアレイ状に搭載されている場合には、アレイの外縁に近い位置に配置された発光部 2 から放射される基本光が通過する第 1 選択領域のエタロンフィルタ 5 のギャップ長 d を短くし、アレイの中央部に近い位置に配置された発光部 2 から放射される基本光が通過する第 2 選択領域のエタロンフィルタ 5 のギャップ長 d を長くする。これにより、全ての発光部 2 から放射される基本光に対して効率的に波長選択が行える。

[0088] なお、エタロンフィルタ 5 のギャップ長 d を位置に応じて異ならせる方法としては、種々の方法が採用され得る。一例としては、光学部材 6 の第 1 面 6 a を曲面で構成する。より具体的には、複数の発光部 2 が半導体素子 1 1 上にアレイ状に搭載されている場合には、中央部が外縁部よりも P P L N 9 5 の第 1 面 9 5 a から遠ざかるように、光学部材 6 の第 1 面 6 a を凹面形状にすることで実現できる。なお、P P L N 9 5 の第 1 面 9 5 a を曲面で構成してもよいし、両方を曲面で構成してもよい。

[0089] [第 3 実施形態]

レーザ光源装置の第 3 実施形態につき、第 1 実施形態と異なる箇所のみを説明する。

[0090] 図 1 2 は、本実施形態におけるレーザ光源装置の構成を模式的に示す図である。本実施形態のレーザ光源装置 1 b は、図 8 の第 1 実施形態の構成と比較して、波長選択素子として T F F 3 に代えて V B G 7 を備えた点異なる

。つまり、図1に示す従来のレーザ光源装置90のVBG93を、本実施形態の構成が備えるVBG7に代えたものに対応する。

[0091] このVBG7は、従来のVBG93とは異なり、位置に応じて選択波長分布を異ならせた構成としている。より詳細には、周囲の発光部2からの発熱によって温度が上昇しやすい位置に配置されている発光部2（「第2発光部」に対応）から放射される基本光が通過する領域（「第2選択領域」に対応）については、選択波長分布が長波長側となるように設計する。逆に、周囲の発光部2からの発熱による影響を比較的受けにくい位置に配置されている発光部2（「第1発光部」に対応）から放射される基本光が通過する領域（「第1選択領域」に対応）については、選択波長分布が短波長側となるように設計する。これにより、第1実施形態、第2実施形態のレーザ光源装置と同様の効果が得られる。

[0092] VBG7に対して、位置に応じて選択波長分布を異ならせる方法としては、種々の方法が採用され得る。VBG7は、2光束干渉などの技術を用いて、感光性ガラス材料に層構造の屈折率分布を作り出すことで形成される。そして、VBG7によって反射される光の波長 λ は、層の厚さを Δ 、VBG7に入射される光の入射角を θ とした場合に、 $\lambda = 2n \cdot \Delta \cdot \cos \theta$ で表される。よって、層の厚さ Δ を変化させることで、VBG7から反射される光の波長 λ を変化させることができる。

[0093] よって、感光性ガラス材料に光を照射して屈折率分布を作り出す際に、所定のマスクを形成して光を照射することで、マスクの形状（例えば縞形状のマスクを利用するなど）によって位置に応じて層の厚さ Δ を変化させることが可能である。

[0094] [第4実施形態]

レーザ光源装置の第4実施形態につき、第1実施形態と異なる箇所のみを説明する。

[0095] 図13は、本実施形態におけるレーザ光源装置の構成を模式的に示す図である。本実施形態のレーザ光源装置1cは、図8の第1実施形態の構成と比

較して、波長変換素子としてP P L N 9 5に代えてP P L N 8を備えた点が異なる。

[0096] このP P L N 8は、P P L N 9 5とは異なり、位置に応じて変換波長分布を異ならせた構成としている。

[0097] このため、上述したように、第1発光部から放射された基本光が波長選択素子の第1選択領域を通過することで選択された第1光と、第2発光部から放射された基本光が波長選択素子の第2選択領域を通過することで選択された第1光には、波長に差異が生じている。

[0098] 上述した第1～第3実施形態のレーザ光源装置は、位置に応じて選択波長分布が異なる特性を示す波長選択素子（T F F 3、エタロンフィルタ5、V B G 7）を備えた構成であった。この構成の場合、温度上昇の影響を受けにくい位置に配置された第1発光部から放射された基本光が波長選択素子の第1選択領域を通過することで選択された第1光と、温度上昇の影響を受けやすい位置に配置された第2発光部から放射された基本光が波長選択素子の第2選択領域を通過することで選択された第1光には、波長に差異が生じている。これは、例えば図10において、領域31、領域32、領域33を通過する各基本光から選択される光（各第1光）のピーク波長が、それぞれ異なることから理解できる。

[0099] しかし、このような状態であっても、第1～第3実施形態のレーザ光源装置が備える波長変換素子が、P P L N 9 5のように図3の変換波長分布43のような広帯域な波長に対して変換可能な構成であれば、このように位置に応じてピーク波長に差異の有する第1光が入射されても、これらを第2光に変換させることが可能である。

[0100] しかし、このような広帯域の波長に対して変換可能な波長変換素子を設計した場合、変換後に得られる第2光の強度が比較的低くなってしまう。

[0101] P P L Nの分極反転のピッチを精度よく製作すると、変換効率を高めることができる。しかし、この場合、変換波長分布も狭帯域になってしまう（図14参照）。図14は、図3と同様に、基本光の波長分布41、V B G 9 3

の選択波長分布 4 2、及び狭帯域で高効率に変換可能な P P L N 9 5 の変換波長分布 4 4 を重ねて図示したものである。

[0102] 第 1 ～第 3 実施形態の構成において、図 1 4 の変換波長分布 4 4 のような特性を示す P P L N 9 5 を用いた場合について検討する。上述したように、波長選択素子によって選択された第 1 光は、位置に応じて波長に差異が生じる構成である。つまり、P P L N 9 5 に対して位置に応じて異なるピーク波長を示す第 1 光が入射されるため、変換可能な波長帯の帯域をあまりに狭くすると、位置に応じては第 1 光の波長が変換可能な帯域の外に位置する、又は変換効率が極めて低下することが想定される。

[0103] そこで、本実施形態の P P L N 8 は、変換波長分布 4 4 のように、狭帯域で高効率に変換可能な特性を有し、且つ、位置に応じて変換可能な波長帯に分布を持たせた構成としている。より詳細には、第 1 選択領域によって選択された、比較的短波長の第 1 光が通過する領域（「第 1 変換領域」に対応）において変換可能な波長帯を、第 2 選択領域によって選択された、比較的長波長の第 1 光が通過する領域（「第 2 変換領域」に対応）において変換可能な波長帯よりも短波長となるように構成する。これにより、発光部 2 の位置に関わらず、基本光から高い強度の第 1 光が選択され、更にこの第 1 光が高い強度の第 2 光に変換されるので、取り出されるレーザ光の光量を従来よりも高めることができる。

[0104] P P L N 8 に対して、位置に応じて変換波長分布を異ならせる方法としては、種々の方法が採用され得る。P P L N 8 は、 LiNbO_3 などのバルク結晶の内部に周期的な分極反転層を形成することで、所定波長の光に対して擬似的な位相整合を達成するものであり、分極反転層の周期を変えることで変換可能な波長帯域を調整することができる。この分極反転層の形成方法の一例としては、バルク結晶の上面及び一側面に所定間隔（分極反転層の周期と同一）でスリット状の電極を形成しておき、この電極に高電圧を印加することで、電極の位置に対応したバルク結晶内部に分極反転層が形成される。

[0105] よって、バルク結晶の面に形成する電極の位置の間隔を、位置に応じて所

定の規則の下で異ならせておくことで、位置に応じて異なる分極反転層の周期を形成することができる。これにより、P P L N 8 に対して、位置に応じて変換波長分布を異ならせることができる。なお、この電極の形成方法は、スパッタリング、写真製版によるパターニング、エッチングなどの半導体製造プロセスと同様の手法を用いることができる。

[0106] なお、図 1 3 のレーザ光源装置 1 c は、第 1 実施形態のレーザ光源装置 1 に対して、位置に応じて波長分布特性が異なる性質を有する P P L N 8 を備えた構成としたが、第 2 実施形態のレーザ光源装置 1 a や第 3 実施形態のレーザ光源装置 1 b に対しても同様に適用可能である。

[0107] [別実施形態]

上記各実施形態では、いずれも半導体素子 1 1 と波長選択素子 (T F F 3、エタロンフィルタ 5、V B G 7) の間に、波長変換素子 (P P L N 9 5、P P L N 8) を位置させた構成とした。これに対し、波長選択素子と波長変換素子の位置を入れ替えても構わない。

[0108] 図 1 5 は、図 8 に示す第 1 実施形態のレーザ光源装置 1 において、T F F 3 と P P L N 9 5 の位置関係を反転させた構成のレーザ光源装置 1 d を、模式的に示したものである。この場合、T F F 3 で選択された波長帯の光 (第 1 光) を反射し、P P L N 9 5 で変換された波長帯の光 (第 2 光) を透過するように設計された光学部材 4 は、T F F 3 とは反対側の面において P P L N 9 5 と対向する位置に設けられる。

[0109] この構成においても、図 8 に示すレーザ光源装置 1 と同様の原理により、第 2 光 4 0, 5 0 が外部に取り出される。なお、図 1 5 では、第 1 実施形態のレーザ光源装置 1 を例に挙げて説明したが、第 2 ~ 第 4 実施形態においても同様に、波長選択素子と波長変換素子の位置を入れ替えた構成とすることが可能である。

[0110] また、上記実施形態では、波長変換素子として、P P L N (P P L N 9 5、P P L N 8) を用いる場合につき説明したが、これに限らず、L i T a O₃ に分極反転構造を形成した周期的分極反転タンタル酸リチウム (P P L T : P

eriodically Poled Lithium Tantalate) を含む他の擬似位相整合型波長変換 (QPM: Quasi-Phase Matching) 素子を用いるものとしても構わない。

符号の説明

[0111]	1, 1 a, 1 b, 1 c, 1 d	:	レーザ光源装置
	2 (2 a, 2 b, ..., 2 w, 2 x)	:	発光部
	3	:	TFF (誘電体薄膜フィルタ)
	4	:	光学部材
	5	:	エタロンフィルタ
	6	:	光学部材
	6 a	:	光学部材の第 1 面
	6 b	:	光学部材の第 2 面
	7	:	VBG
	8	:	PPLN
	11	:	半導体素子
	17	:	ヒートシンク
	25	:	反射部材
	27	:	反射部材
	31, 32, 33	:	TFF の領域
	31 a, 32 a, 33 a	:	TFF の領域毎の選択波長分布
	40	:	第 2 光
	41	:	基本光の波長分布
	42	:	選択波長分布
	43	:	変換波長分布
	44	:	狭帯域の変換波長分布
	50	:	第 2 光
	90	:	従来のレーザ光源装置
	93	:	VBG
	95	:	PPLN

- 9 5 a : P P L N の 第 1 面
d : エタロンフィルタのギャップ長

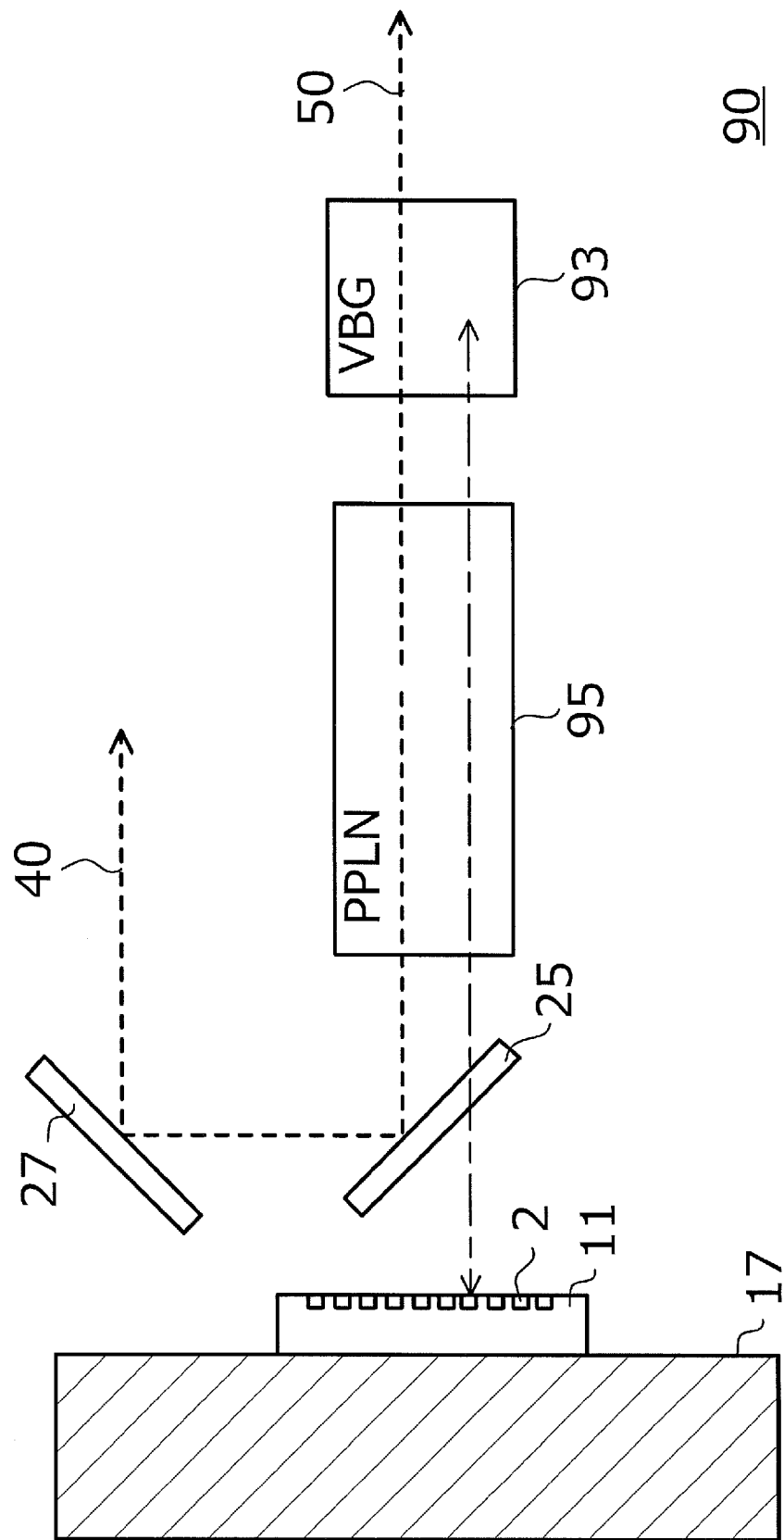
請求の範囲

- [請求項1] 基本光を放射する複数の発光部を備える半導体素子と、
 前記基本光の所定波長帯を選択して第1光を取り出す波長選択素子と、
 前記第1光の一部を波長変換して第2光を取り出す波長変換素子を備え、
 前記波長選択素子は、前記複数の発光部のうちの第1発光部から放射された前記基本光が通過する第1選択領域において選択可能な前記所定波長帯が、前記複数の発光部のうち、他の前記発光部の発光時に生じる熱に起因した温度上昇が前記第1発光部よりも高い第2発光部から放射された前記基本光が通過する第2選択領域において選択可能な前記所定波長帯よりも短波長となる構成であることを特徴とするレーザ光源装置。
- [請求項2] 前記複数の発光部がアレイ状に配置されており、
 前記第1発光部は、前記第2発光部よりもアレイの外縁に近い位置に配置されていることを特徴とする請求項1に記載のレーザ光源装置。
- [請求項3] 前記波長選択素子は誘電体多層膜バンドパスフィルタであり、前記第1選択領域の膜厚が前記第2選択領域の膜厚よりも薄く形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載のレーザ光源装置。
- [請求項4] 前記波長選択素子はエタロンフィルタであり、前記第1選択領域のギャップ長が前記第2選択領域のギャップ長よりも短く形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載のレーザ光源装置。
- [請求項5] 前記波長選択素子は体積ブラッググレーティング（VBG）であり、前記第1選択領域の層の厚みが前記第2選択領域の層の厚みよりも薄く形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載のレーザ光源装置。
- [請求項6] 前記波長変換素子は、前記波長選択素子の前記第1選択領域で選択

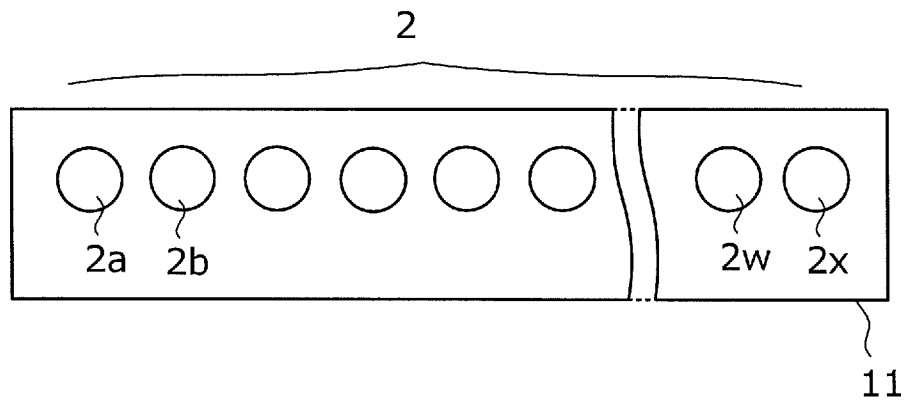
された前記第 1 光が通過する第 1 変換領域において変換可能な波長帯が、前記波長選択素子の前記第 2 選択領域で選択された前記第 1 光が通過する第 2 変換領域において変換可能な波長帯よりも短波長となる構成であることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載のレーザー光源装置。

[請求項 7] 前記波長変換素子は周期的分極反転型ニオブ酸リチウム（PPLN）であり、前記第 1 変換領域の層の厚みが前記第 2 変換領域の層の厚みよりも薄く形成されていることを特徴とする請求項 6 に記載のレーザー光源装置。

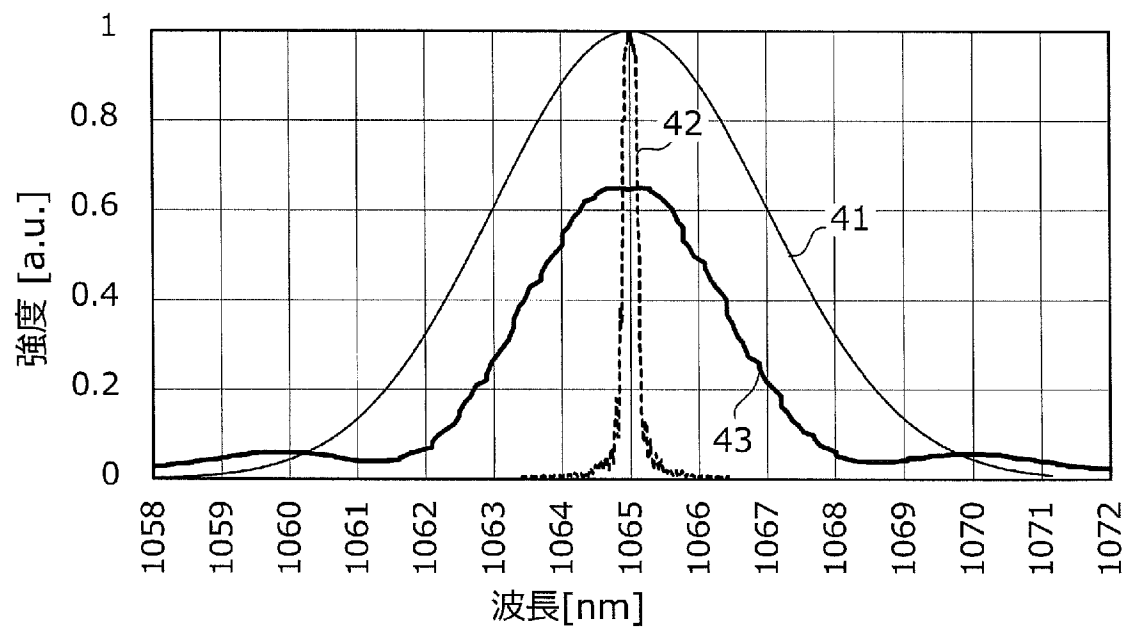
[図1]



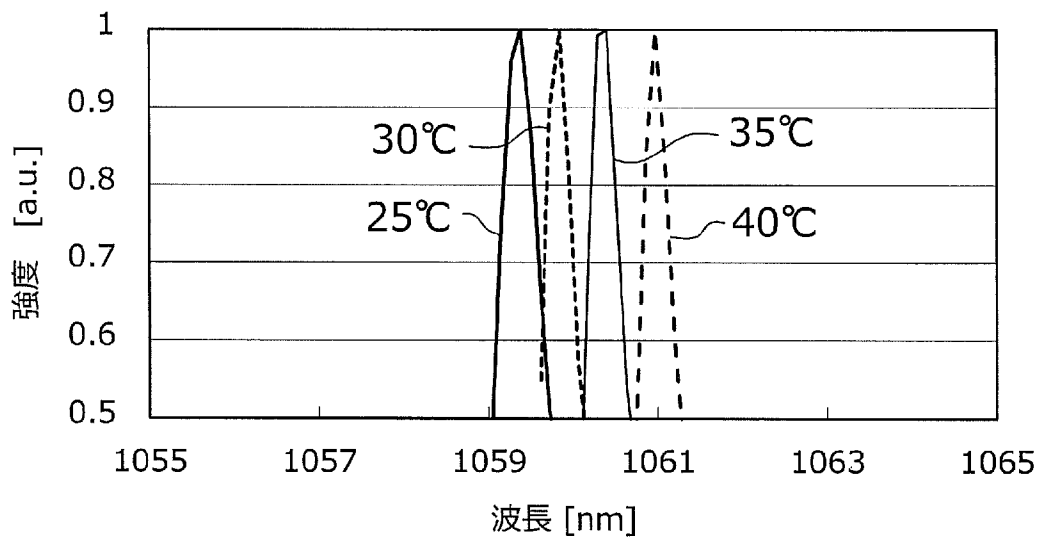
[図2]



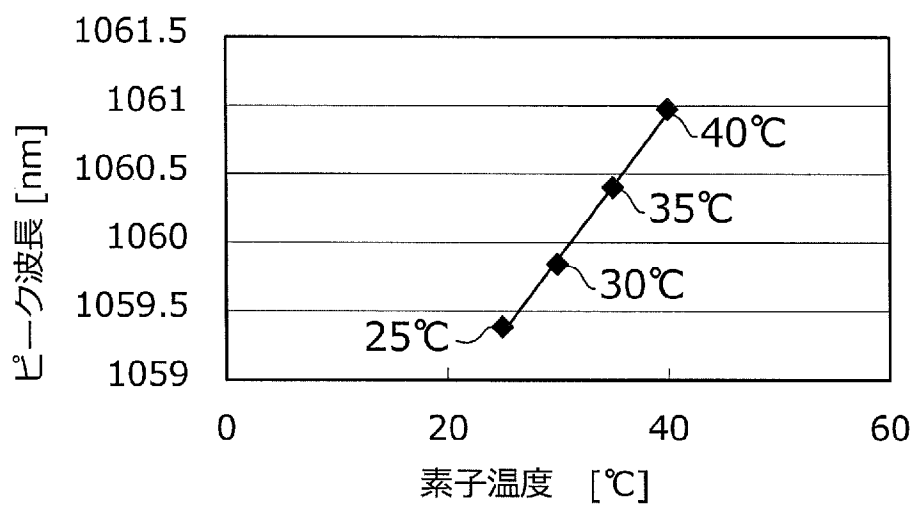
[図3]



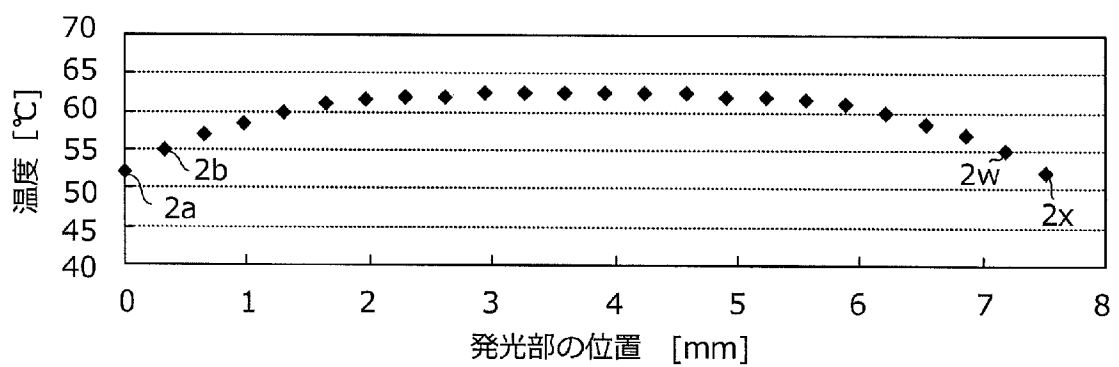
[図4]



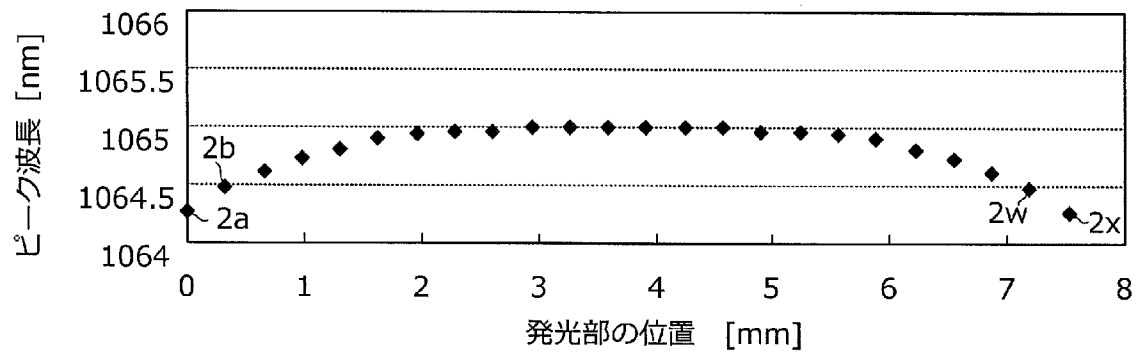
[図5]



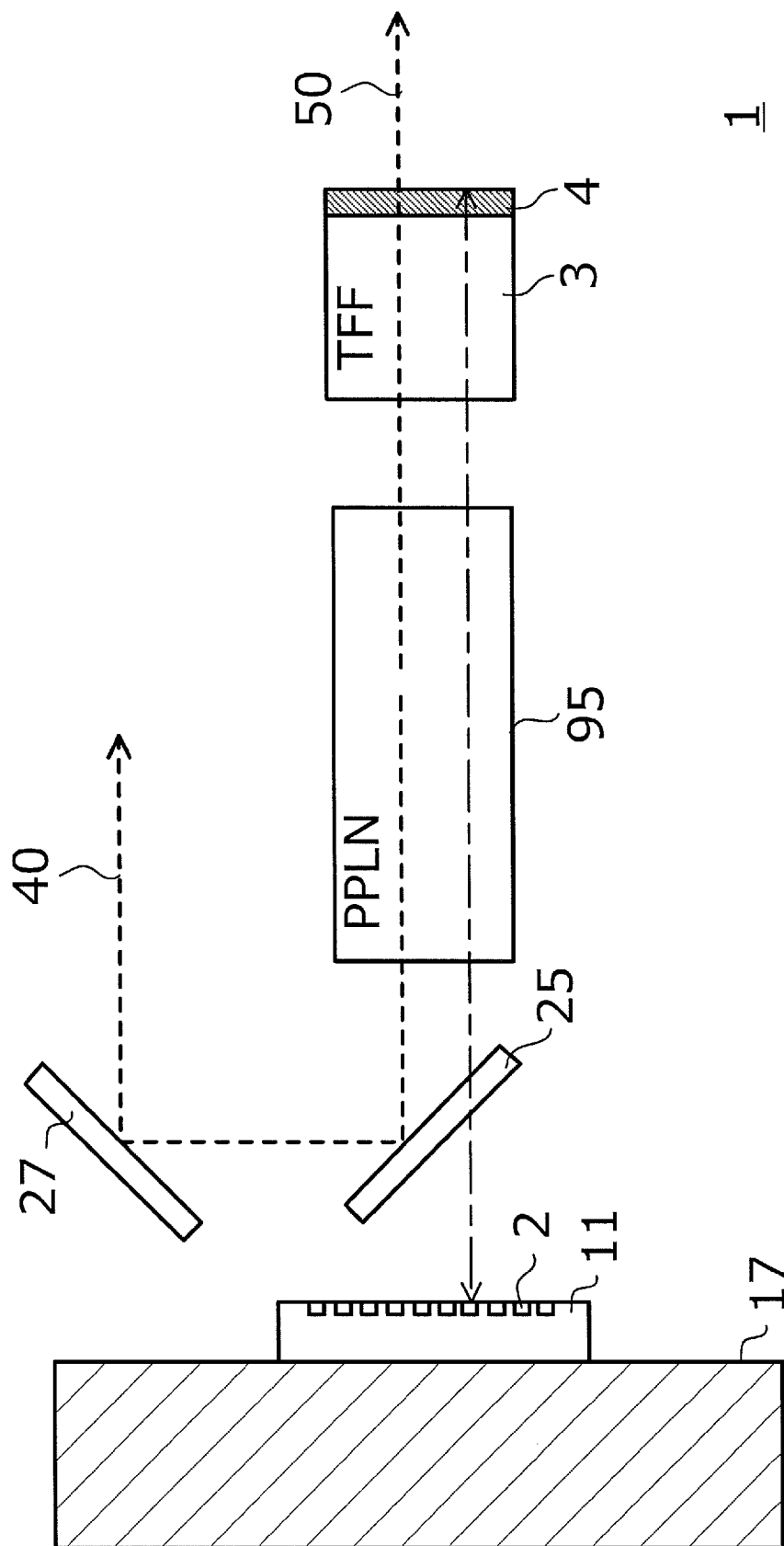
[図6]



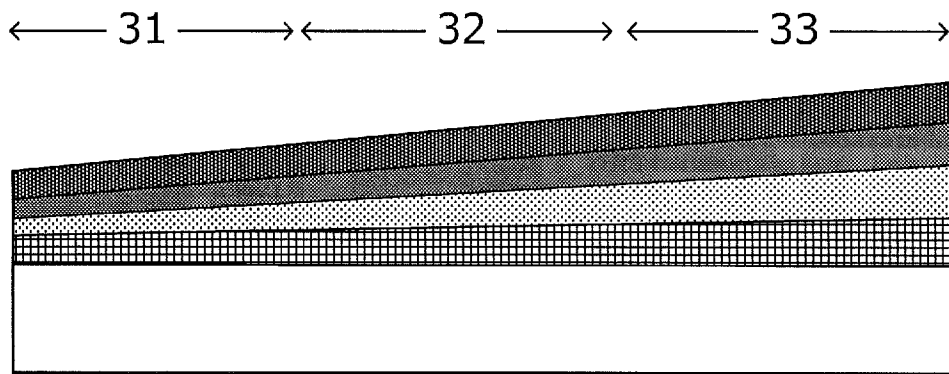
[図7]



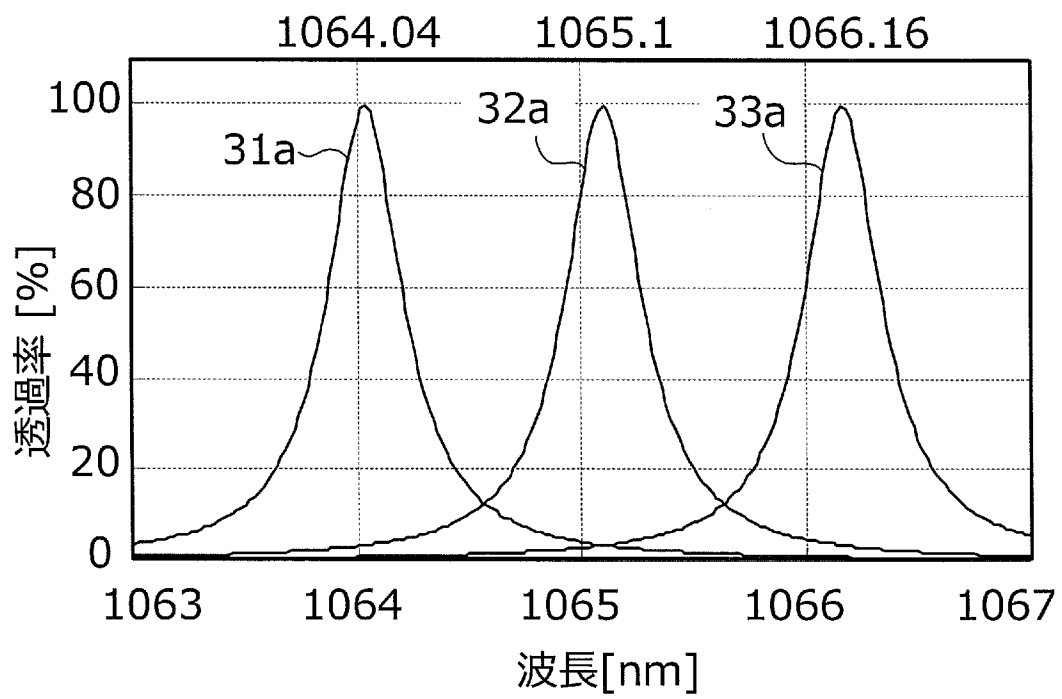
[図8]



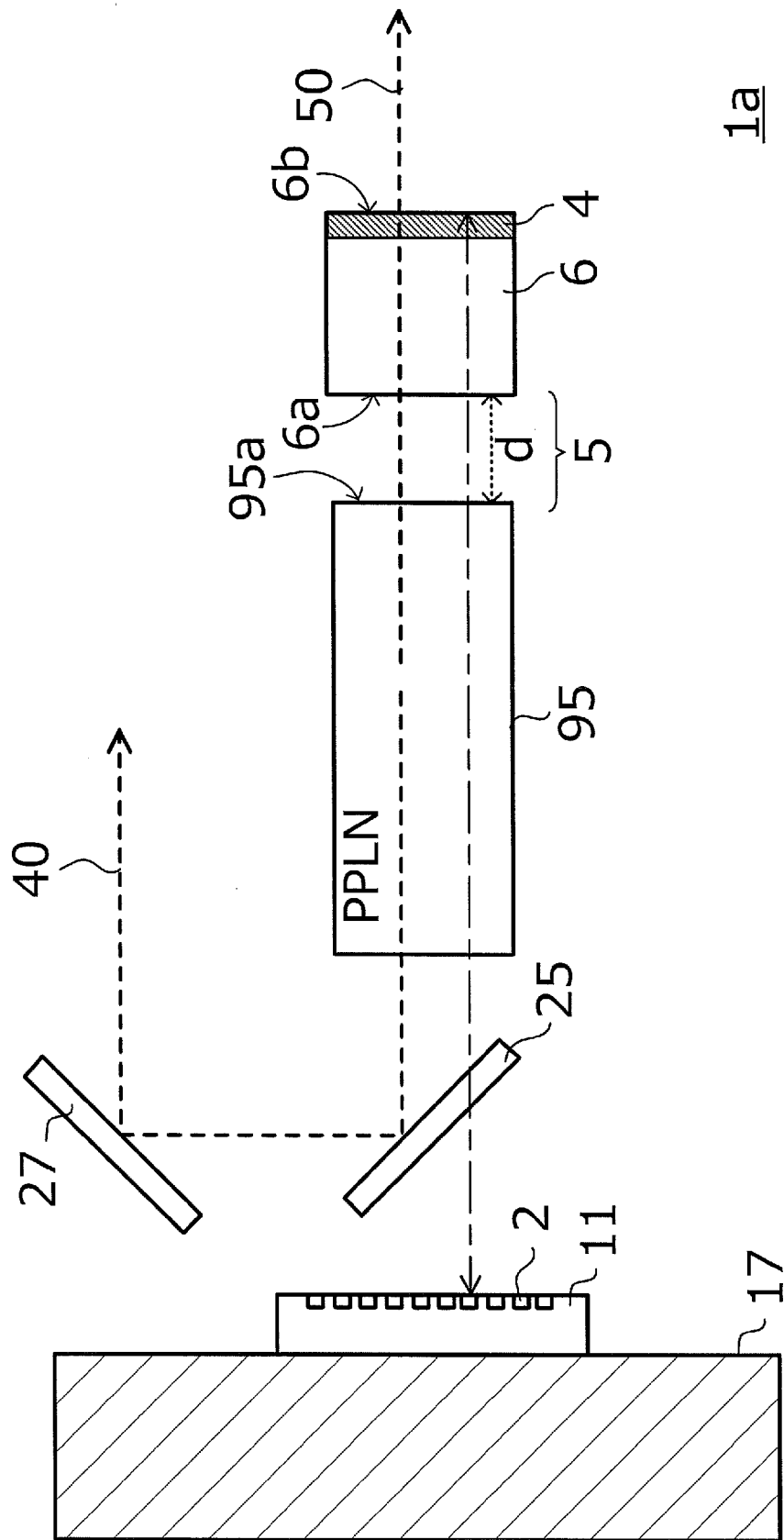
[図9]

3

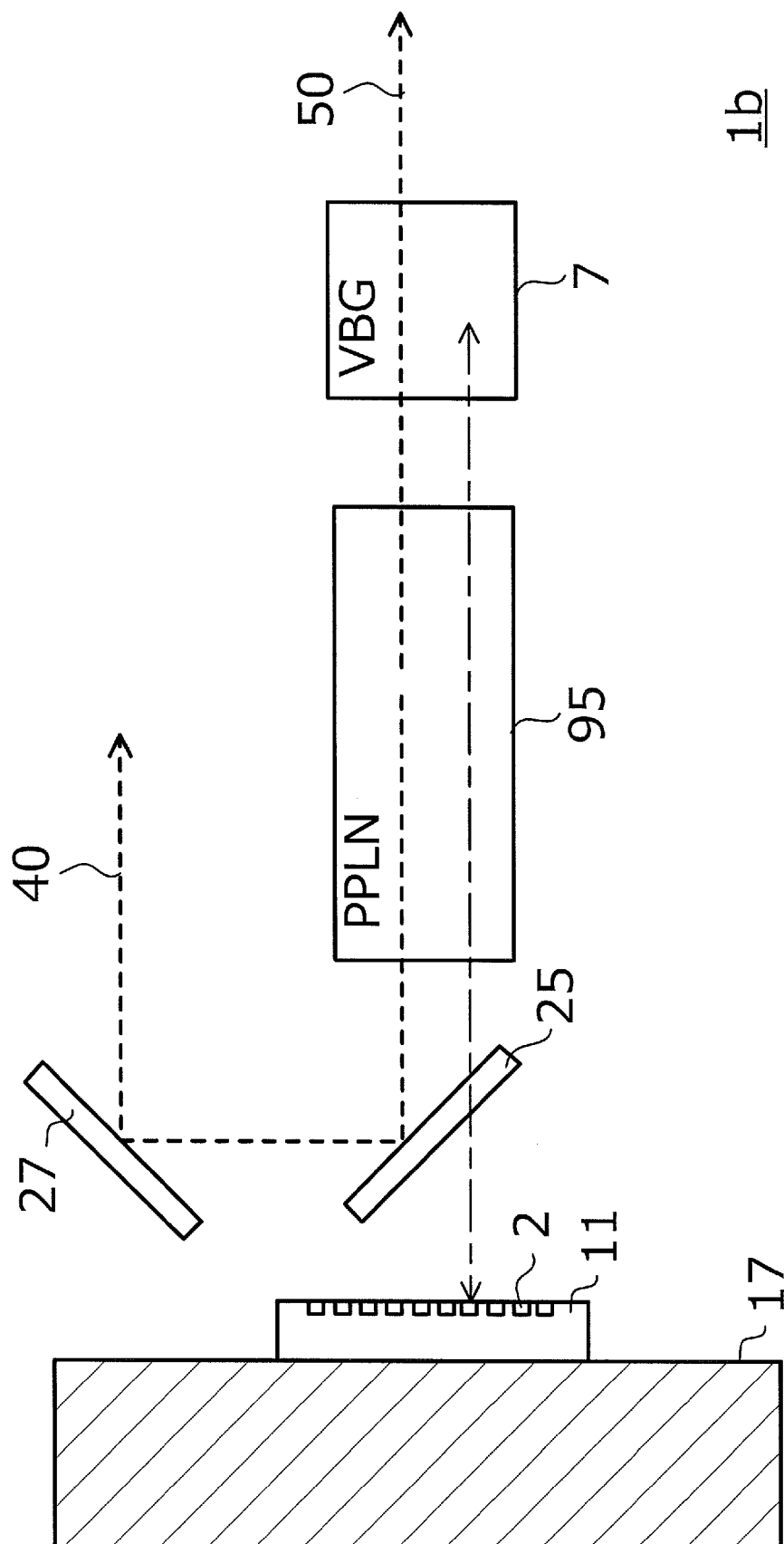
[図10]



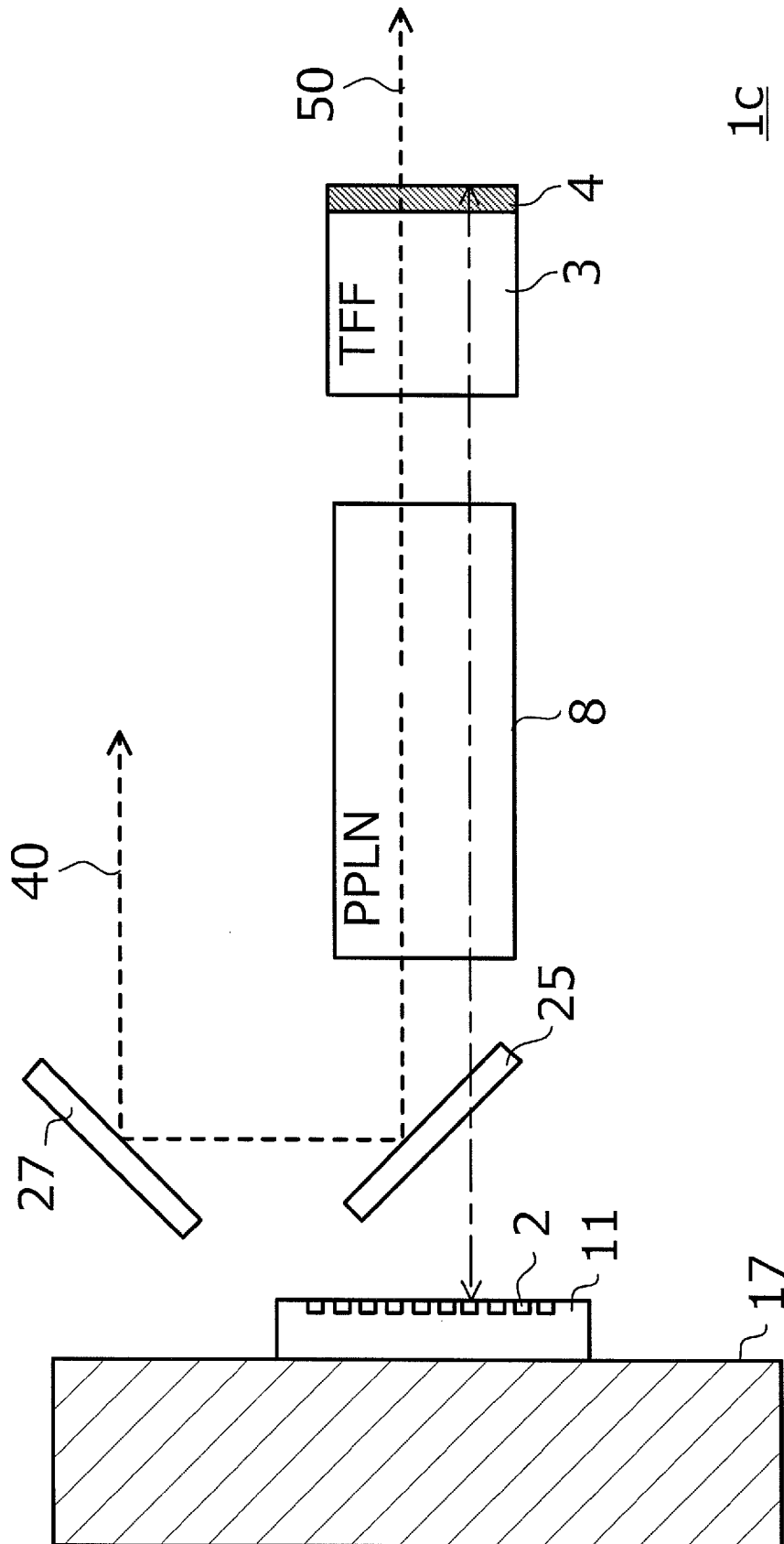
[図11]



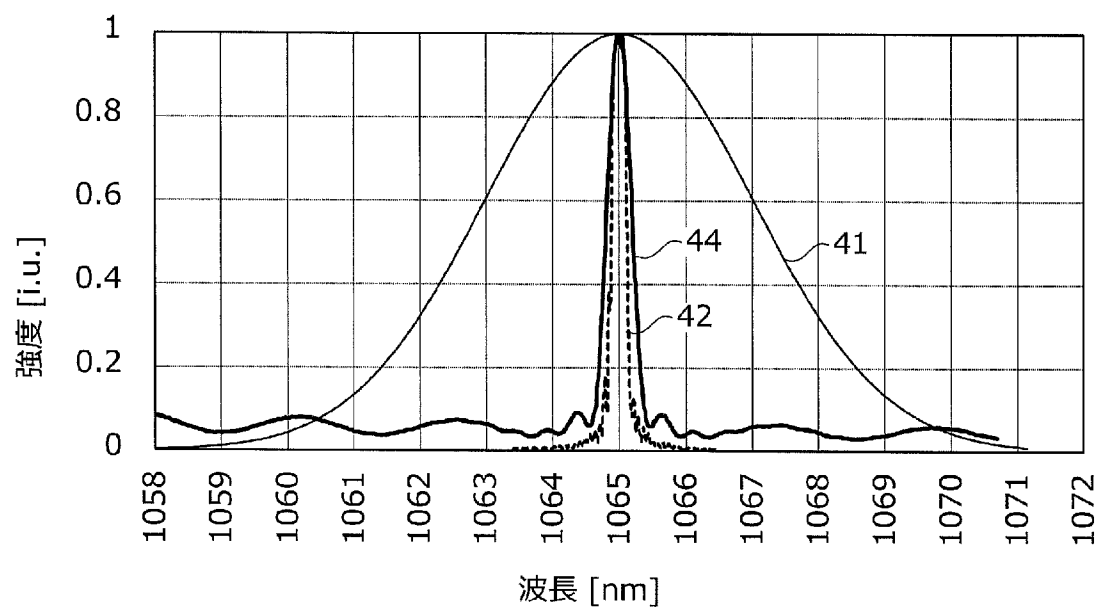
[図12]



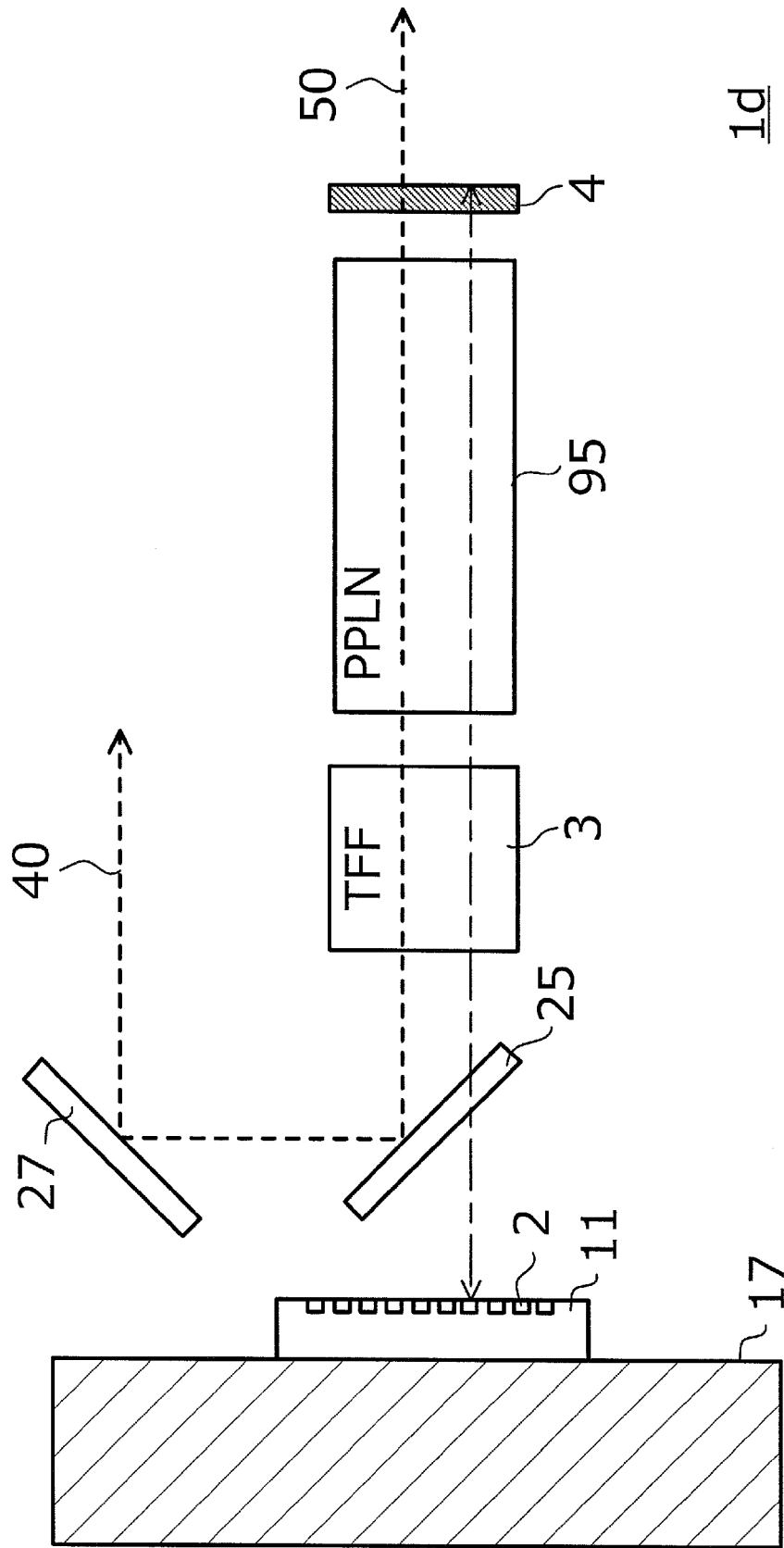
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/057504

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S5/14(2006.01)i, G02F1/37(2006.01)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)

H01S5/14, G02F1/37

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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

Thomson Innovation

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2008-205342 A (Seiko Epson Corp.), 04 September 2008 (04.09.2008), entire text; all drawings & US 2008/0205459 A1 & US 7936800 B2	1-3, 6, 7 4, 5
Y	JP 2009-58646 A (Seiko Epson Corp.), 19 March 2009 (19.03.2009), entire text; all drawings & US 2009/059992 A1 & US 8057051 B2 & CN 101377602 A	4, 5
A	JP 2012-98495 A (Ushio Inc.), 24 May 2012 (24.05.2012), entire text; all drawings & US 2012/0105943 A1 & CN 102468606 A & KR 10-2012-0046680 A & TW 201220627 A	5

☐ 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
22 May, 2014 (22.05.14)

Date of mailing of the international search report
24 June, 2014 (24.06.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01S5/14(2006.01)i, G02F1/37(2006.01)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. H01S5/14, G02F1/37

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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）

Thomson Innovation

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 Y	JP 2008-205342 A（セイコーエプソン株式会社）2008.09.04, 全文、 全図 & US 2008/0205459 A1 & US 7936800 B2	1-3, 6, 7 4, 5
Y	JP 2009-58646 A（セイコーエプソン株式会社）2009.03.19, 全文、 全図 & US 2009/059992 A1 & US 8057051 B2 & CN 101377602 A	4, 5
A	JP 2012-98495 A（ウシオ電機株式会社）2012.05.24, 全文、全図 & US 2012/0105943 A1 & CN 102468606 A & KR 10-2012-0046680 A & TW 201220627 A	5

☐ 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

2 2 . 0 5 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 6 . 2 0 1 4

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

佐藤 宙子

2 X

9 3 1 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4