

(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
2024年8月29日(29.08.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/176950 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 5/02253 (2021.01) *H01S 5/02355* (2021.01)
H01S 5/40 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/005360

(22) 国際出願日: 2024年2月15日(15.02.2024)

(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 2023-024582 2023年2月20日(20.02.2023) JP

(71) 出願人: ヌ ヲ ト ン テ ク ノ ロ ジ ー ジ ャ
パン 株 式 会 社 (NUVOTON TECHNOLOGY

CORPORATION JAPAN) [JP/JP]; 〒6178520 京
都府長岡京市神足焼町1番地 Kyoto (JP).

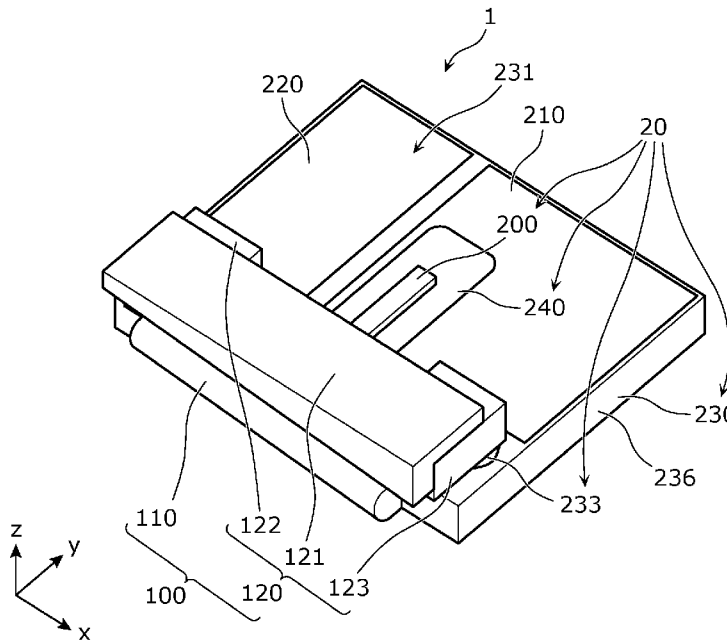
(72) 発明者: 浅 香 浩 (ASAKA, Hiroshi). 畑 雅 幸
(HATA, Masayuki). 山 中 一 彦 (YAMANAKA,
Kazuhiko). 林 茂 生 (HAYASHI, Shigeo).

(74) 代理人: 新 居 広 守, 外 (NII, Hiromori et al.);
〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁
目3番10号イトーピア新大阪ビル6階新
居国際特許事務所内 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER DEVICE, LIGHT SOURCE MODULE, AND METHOD FOR MANUFAC-
TURING LIGHT SOURCE MODULE

(54) 発明の名称: 半導体レーザ装置、光源モジュール及び光源モジュールの製造方法



(57) Abstract: Provided is a semiconductor laser device (1) comprising a semiconductor laser element (200) that emits a laser beam, and a lens unit (100) that includes a first cylindrical lens (110) and an installation plane, wherein: the semiconductor laser element (200) includes an active layer; the first cylindrical lens (110) reduces the spread angle of a laser beam in the fast axis direction when the laser beam enters said lens; the installation plane is fixed to a first installation target plane; the generatrix of the first cylindrical lens (110) is inclined with respect to the first installation target plane,

[続葉有]

HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

and the angle θ formed between the generatrix and the active layer is such that $|\theta| < 22.5^\circ$.

(57) 要約: 半導体レーザ装置 (1) は、レーザ光を出射する半導体レーザ素子 (2 0 0) と、第 1 シリンドリカルレンズ (1 1 0) 及び設置平面を有するレンズ部 (1 0 0) と、を備え、半導体レーザ素子 (2 0 0) は、活性層を有し、第 1 シリンドリカルレンズ (1 1 0) は、レーザ光が入射し、ファスト軸方向にレーザ光の拡がり角を小さくし、設置平面が第 1 被設置平面に固定され、第 1 シリンドリカルレンズ (1 1 0) の母線は、第 1 被設置平面に対して傾斜しており、母線と活性層とのなす角度 θ は、 $|\theta| < 22.5^\circ$ である。

明 細 書

発明の名称：

半導体レーザ装置、光源モジュール及び光源モジュールの製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、半導体レーザ装置、光源モジュール及び光源モジュールの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、半導体レーザ素子と、当該半導体レーザ素子から出射されるレーザ光を、ファスト軸方向にコリメートするコリメータレンズとを備える半導体レーザ装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2014-170888号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1に開示される半導体レーザ装置においては、当該半導体レーザ装置のファスト軸方向のコリメータレンズの位置調整精度が低いため、光源モジュールが複数の当該半導体レーザ装置を備えるときに、光ファイバなどの対象物とレーザ光との位置ずれが大きくなり、レーザ光と対象物との結合効率が低い半導体レーザ装置が多く発生する。レーザ光と対象物との結合効率が低い半導体レーザ装置が多く発生すると、光源モジュールの結合効率が低下してしまう。

[0005] そこで、本開示は、光源モジュールの結合効率を容易に高めることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するため、本開示の一態様に係る半導体レーザ装置は、レ

ーザ光を出射する半導体レーザ素子と、第1シリンドリカルレンズ及び設置平面を有するレンズ部と、を備え、前記半導体レーザ素子は、活性層を有し、前記第1シリンドリカルレンズは、前記レーザ光が入射し、ファスト軸方向に前記レーザ光の拡がり角を小さくし、前記設置平面が第1被設置平面に固定され、前記第1シリンドリカルレンズの母線は、前記第1被設置平面に対して傾斜しており、前記母線と前記活性層とのなす角度 θ は、 $|\theta| < 22.5^\circ$ である。

[0007] また、本開示の一態様に係る半導体レーザ装置は、レーザ光を出射する半導体レーザ素子と、第1シリンドリカルレンズ及び設置平面を有するレンズ部と、を備え、前記半導体レーザ素子は、活性層を有し、前記第1シリンドリカルレンズは、前記レーザ光が入射し、ファスト軸方向に前記レーザ光の拡がり角を小さくし、前記設置平面が第1被設置平面に固定され、前記第1シリンドリカルレンズの母線は、前記設置平面に対して傾斜しており、前記母線と前記活性層とのなす角度 θ は、 $|\theta| < 22.5^\circ$ である。

[0008] また、本開示の一態様に係る光源モジュールは、上記記載の半導体レーザ装置を複数備え、複数の前記半導体レーザ装置のそれぞれが備える前記半導体レーザ素子から出射される前記レーザ光は、合波される。

[0009] また、本開示の一態様に係る光源モジュールの製造方法は、光源モジュールの製造方法であって、前記光源モジュールは、レーザ光を出射する半導体レーザ素子と、第1被設置平面と、第1シリンドリカルレンズ及び設置平面を有するレンズ部と、を備え、前記半導体レーザ素子は、活性層を有し、前記第1シリンドリカルレンズはファスト軸方向に前記レーザ光の拡がり角を小さくし、前記設置平面は前記第1被設置平面に固定され、前記製造方法は、前記第1シリンドリカルレンズの母線が前記第1被設置平面に対して傾斜するように、前記レンズ部を前記第1被設置平面に配置する配置ステップと、前記半導体レーザ素子から出射された前記レーザ光を前記第1シリンドリカルレンズに入射させ、かつ、配置された前記レンズ部を、前記第1被設置平面に平行な互いに直交する2つの方向に移動させるアライメントステップ

と、移動された前記レンズ部を前記第 1 被設置平面に固定する固定ステップと、を含み、前記配置ステップにおいて、前記母線と前記活性層とのなす角度 θ は、 $|\theta| < 22.5^\circ$ である。

[0010] また、本開示の一態様に係る光源モジュールの製造方法は、光源モジュールの製造方法であって、前記光源モジュールは、レーザ光を出射する半導体レーザ素子と、第 1 被設置平面と、第 1 シリンドリカルレンズ及び設置平面を有するレンズ部と、を備え、前記半導体レーザ素子は、活性層を有し、前記第 1 シリンドリカルレンズはファスト軸方向に前記レーザ光の拡がり角を小さくし、前記設置平面は前記第 1 被設置平面に固定され、前記製造方法は、前記第 1 シリンドリカルレンズの母線が前記設置平面に対して傾斜するように、前記レンズ部を前記第 1 被設置平面に配置する配置ステップと、前記半導体レーザ素子から出射された前記レーザ光を前記第 1 シリンドリカルレンズに入射させ、かつ、配置された前記レンズ部を、前記第 1 被設置平面に平行な互いに直交する 2 つの方向に移動させるアライメントステップと、移動された前記レンズ部を前記第 1 被設置平面に固定する固定ステップと、を含み、前記配置ステップにおいて、前記母線と前記活性層とのなす角度 θ は、 $|\theta| < 22.5^\circ$ である。

発明の効果

[0011] 本開示によれば、光源モジュールの結合効率を容易に高めることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図 1 は、実施の形態 1 に係る光源モジュールの全体構成を示す斜視図である。

[図2]図 2 は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置の構成を示す斜視図である。

[図3]図 3 は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置の構成を示す正面図である。

[図4]図 4 は、実施の形態 1 に係るレンズ部の分解斜視図である。

[図5]図5は、図3におけるV-V線での半導体レーザ装置の切断面を示す断面図である。

[図6]図6は、図5における発光領域及び第1シリンドリカルレンズを拡大して示す断面図である。

[図7]図7は、実施の形態1に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図8]図8は、実施の形態1に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図9]図9は、実施の形態1に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図10]図10は、実施の形態1に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図11]図11は、実施の形態1に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図12]図12は、実施の形態1に係る角度 β と、第1シリンドリカルレンズのz軸方向移動量 Δz 及びx軸方向移動量 Δx との関係が示された図である。

[図13]図13は、実施の形態1に係るアライメントステップにおいてx軸方向にレンズ部が移動した例を示す正面図である。

[図14]図14は、実施の形態1に係る角度 β と、z軸方向移動量 Δz と、x軸方向移動量 Δx との関係を示す図である。

[図15]図15は、比較例に係る半導体レーザ装置を示す断面図である。

[図16]図16は、比較例に係る半導体レーザ装置を備える光源モジュールにおけるFACレンズのz軸方向の位置の変化と結合効率との関係を示す図である。

[図17]図17は、図16のシミュレーション条件を説明する表を示す図である。

[図18]図18は、実施の形態1に係る角度 ϕ が 0° かつ角度 θ が 2° である

場合の光強度分布がシミュレーションにより計算された結果を示す図である。

[図19A]図19Aは、実施の形態1に係る第1シリンドリカルレンズを被設置平面に対して傾斜させた半導体レーザ装置において、第1シリンドリカルレンズを被設置平面に沿って移動させた場合の、結合効率の変化がシミュレーションにより計算された結果を示す図である。

[図19B]図19Bは、実施の形態1に係る角度 θ が変化した場合の結合効率の最大値がシミュレーションにより計算された結果を示す図である。

[図20]図20は、実施の形態1の変形例1に係る半導体レーザ装置の構成を示す正面図である。

[図21]図21は、実施の形態1の変形例2に係る半導体レーザ装置の構成を示す正面図である。

[図22]図22は、実施の形態1の変形例2に係る第1シリンドリカルレンズの形状を示す図である。

[図23]図23は、実施の形態1の変形例2に係るレンズ部の分解斜視図である。

[図24]図24は、実施の形態1の変形例3に係る半導体レーザ装置の構成を示す正面図である。

[図25]図25は、実施の形態1の変形例4に係る半導体レーザ装置の構成を示す正面図である。

[図26]図26は、図25の領域XXV Iにおける第2支持部材の周囲が拡大された正面図である。

[図27]図27は、検討例に係る半導体レーザ装置の正面図である。

[図28]図28は、実施の形態2に係る光源モジュールの全体構成を示す斜視図である。

[図29]図29は、実施の形態2に係る半導体レーザ装置の構成を示す斜視図である。

[図30]図30は、実施の形態2に係るレンズ部の斜視図である。

[図31]図3 1は、実施の形態2に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図32]図3 2は、実施の形態2に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図33]図3 3は、実施の形態2に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図34]図3 4は、実施の形態2に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図35]図3 5は、実施の形態2の変形例1に係る半導体レーザ装置の構成を示す正面図である。

[図36]図3 6は、実施の形態2の変形例2に係る半導体レーザ装置の構成を示す正面図である。

[図37]図3 7は、実施の形態2の変形例3に係る半導体レーザ装置の構成を示す正面図である。

[図38]図3 8は、実施の形態3に係る光源モジュールの一部を示す斜視図である。

[図39]図3 9は、実施の形態3に係る第1シリンドリカルレンズと、第2シリンドリカルレンズとの正面図である。

[図40]図4 0は、実施の形態3に係る角度 θ 及び角度 α と結合効率との関係を示す図である。

[図41A]図4 1 Aは、図4 0のシミュレーション条件を説明する表を示す図である。

[図41B]図4 1 Bは、実施の形態3に係る光源モジュールにおいて、レンズ部をx軸方向に移動させた結合効率の変化を示す図である。

[図42]図4 2は、実施の形態3の変形例に係る光源モジュールの一部を示す斜視図である。

[図43]図4 3は、実施の形態4に係る半導体レーザ装置を示す斜視図である。

[図44]図44は、実施の形態4に係るレンズ部及び固定部材の分解正面図である。

[図45]図45は、実施の形態4に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図46]図46は、実施の形態4に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図47]図47は、実施の形態4に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図48A]図48Aは、実施の形態4に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図48B]図48Bは、実施の形態4に係る光源モジュールとして図17のNo. 1の条件で、角度 β が 0° 、 0.5° 、 2° 、 5° のときに、レンズ部が被設置平面に沿ってx軸方向に移動するときの結合効率の変化を示す図である。

[図49]図49は、実施の形態4の変形例1に係る半導体レーザ装置の構成を示す正面図である。

[図50]図50は、実施の形態4の変形例1に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図51]図51は、実施の形態4の変形例1に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図52]図52は、実施の形態4の変形例1に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図53]図53は、実施の形態4の変形例1に係る光源モジュールの半導体レーザ装置近傍の製造方法の工程を示す模式図である。

[図54]図54は、実施の形態4の変形例2に係る半導体レーザ装置の構成を示す上面図である。

[図55]図55は、実施の形態4の変形例2に係る半導体レーザ装置の構成を示す正面図である。

[図56]図56は、実施の形態5に係る半導体レーザ装置の構成を示す正面図である。

[図57]図57は、実施の形態5に係る半導体レーザ装置の構成を示す側面図である。

[図58]図58は、実施の形態5に係る半導体レーザ装置の構成を示す上面図である。

[図59]図59は、実施の形態6に係る光源モジュールの全体構成を示す斜視図である。

[図60]図60は、実施の形態6に係る光源モジュールが備える半導体レーザ装置の斜視図である。

[図61]図61は、実施の形態6に係る半導体レーザ装置の側面図である。

[図62]図62は、実施の形態6に係る第1シリンドリカルレンズの製造方法を示す正面図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下では、本開示の実施の形態に係る半導体レーザ装置について、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、いずれも本開示の一具体例を示すものである。したがって、以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置及び接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、本開示を限定する趣旨ではない。

[0014] また、各図は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。したがって、例えば、各図において縮尺などは必ずしも一致しない。また、各図において、実質的に同一の構成については同一の符号を付しており、重複する説明は省略又は簡略化する。

[0015] また、本明細書において、等しいなどの要素間の関係性を示す用語、及び、平板形状又は矩形状などの要素の形状を示す用語、並びに、数値範囲は、厳格な意味のみを表す表現ではなく実質的に同等な範囲、例えば数%程度の差異をも含むことを意味する表現である。

[0016] また、本明細書において、「上方」及び「下方」という用語は、絶対的な

空間認識における上方向（鉛直上方）及び下方向（鉛直下方）を指すものではなく、積層構成における積層順を基に相対的な位置関係により規定される用語として用いる。また、「上方」及び「下方」という用語は、2つの構成要素が互いに間隔を空けて配置されて2つの構成要素の間に別の構成要素が存在する場合のみならず、2つの構成要素が互いに密着して配置されて2つの構成要素が接する場合にも適用される。

[0017] また、 x 軸、 y 軸及び z 軸は、半導体レーザ素子に関する三次元直交座標系の三軸を示す。また、 z 軸正方向を上方と記載し、 z 軸負方向を下方と記載する場合がある。さらに、上方側の面を上面と記載し、下方側の面を下面と記載する場合がある。

[0018] 各実施の形態及び各変形例では、半導体レーザ素子から出射された直後のレーザ光の光軸に沿った進行方向を y 軸負方向とし、半導体レーザ素子から出射された直後のレーザ光のファスト軸に平行な方向を z 軸方向、スロー軸に平行な方向を x 軸方向としている。

[0019] 以下で説明する実施の形態において、「上面視」とは、半導体レーザ装置を z 軸正側から見ることを意味し、このときの図を上面図という。「正面視」とは、半導体レーザ装置を y 軸負側から見ることを意味し、このときの図を正面図という。「側面視」とは、半導体レーザ装置を x 軸正側又は負側から見ることを意味し、このときの図を側面図という。

[0020] （実施の形態1）

〔構成〕

まず、実施の形態1に係る光源モジュール10の構成について、図1を用いて説明する。

[0021] 図1は、本実施の形態に係る光源モジュール10の全体構成を示す斜視図である。

[0022] 図1が示すように、光源モジュール10は、ケース501と、複数の半導体レーザ装置（ここでは半導体レーザ装置1、2、3、4、5及び6）と、複数のスロー軸コリメータレンズ600（SACレンズ600）と、複数の

反射ミラー700と、集光レンズ800と、光ファイバ550と、一对のリードピン552とを備える。光ファイバ550は、レーザ光を導波させるコア550aを有する。また、光源モジュール10は、ブーツ551を備える。また、光源モジュール10は、階段基台510を備える。

[0023] 光源モジュール10は、複数の半導体レーザ装置のそれぞれから出射されたレーザ光を光学系により空間的に合波して出射させることができるモジュールである。合波されたレーザ光は、光源モジュール10内で、対象物であるコア550aに入射し、レーザ光は光ファイバ550を伝搬し、光源モジュール10から外部へ出射される。このときレーザ光がコア550aに入射することを結合すると言い換えることができる。また、光源モジュール10は、複数の半導体レーザ装置のそれぞれから出射されたレーザ光を光学系により波長合波して出射させることができるモジュールであってもよい。なお、図1以下においては、レーザ光の光強度が、ピーク値の $1/(e^2)$ の値となる位置に破線が記載されており、レーザ光の拡がり表現されている。

[0024] ケース501は、ベース502と、側壁503と、蓋（不図示）と、を有する。

[0025] 側壁503は、ケース501のベース502に対して、垂直に配置されている。また、側壁503は、複数の半導体レーザ装置などを囲む。また、側壁503には一对のリードピン552が挿通され、一对のリードピン552によってケース501の外部と内部とが電氣的に接続される。側壁503は、平面視で枠形状かつ矩形状を有し、例えば、Cu、Cu合金、Fe-Ni-C合金又はAlで構成される。また、ベース502は、例えばCu、Cu合金、Al、高熱伝導率を有すセラミック（例えば、AlN又はBeO）等で構成される。蓋は、ケース501の上方を覆う部材であり、例えば、金属もしくはセラミック材料などの無機材料で構成されている。平面視で蓋の形状は矩形状であり、側壁503の上面の全てを覆う。

[0026] ケース501は、半導体レーザ装置1～6を収容する空間を有する。半導体レーザ装置1～6を収容する空間は気密封止されており、ケース501は

、半導体レーザ装置 1 ～ 6 を気密封止する気密パッケージに相当する。

[0027] ケース 5 0 1 内には、階段状の複数のステージが設けられた階段基台 5 1 0 が設けられている。なお、本実施の形態では、階段状の複数のステージが設けられた階段基台 5 1 0 が設けられたがこれに限られず、階段状でない基台が用いられもよい。複数のステージは、第 1 ステージ 5 1 1、第 2 ステージ 5 1 2、第 3 ステージ 5 1 3、第 4 ステージ 5 1 4、第 5 ステージ 5 1 5 及び第 6 ステージ 5 1 6 からなる。第 1 ～ 第 6 ステージ 5 1 1 ～ 5 1 6 のそれぞれは、第 1 段及び第 2 段を有する。例えば、第 1 ステージ 5 1 1 は、第 1 段 5 1 1 a 及び第 2 段 5 1 1 b を有する。第 1 ～ 第 6 ステージ 5 1 1 ～ 5 1 6 のそれぞれにおいて、第 1 段よりも第 2 段の方が z 軸正側に位置し、つまりは、上方に位置している。また、第 1 ステージ 5 1 1、第 2 ステージ 5 1 2、第 3 ステージ 5 1 3、第 4 ステージ 5 1 4、第 5 ステージ 5 1 5 及び第 6 ステージ 5 1 6 の順に、それぞれの第 1 段の z 軸位置が正側に位置し、かつ、それぞれの第 2 段の z 軸位置が正側に位置する。複数の第 1 段のそれぞれ及び複数の第 2 段のそれぞれは、いずれも x y 平面に平行な平面である。

[0028] 本実施の形態において、複数の半導体レーザ装置のそれぞれは、複数のステージのそれぞれの第 2 段に位置している。複数の半導体レーザ装置は、一対のリードピン 5 5 2 に入力された電力を変換し、レーザ光を出射する装置である。本実施の形態においては、6 つの半導体レーザ装置が設けられている。識別のため、6 つの半導体レーザ装置を、半導体レーザ装置 1、半導体レーザ装置 2、半導体レーザ装置 3、半導体レーザ装置 4、半導体レーザ装置 5 及び半導体レーザ装置 6 と記載する場合がある。複数の半導体レーザ装置のそれぞれは、x 軸方向に並んで配置されている。複数の半導体レーザ装置のそれぞれは、同じ構成を有するが、ここでは、半導体レーザ装置 1 について説明する。

[0029] 図 2 は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置 1 の構成を示す斜視図である。図 3 は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置 1 の構成を示す正面図で

ある。

[0030] 半導体レーザ装置 1 は、レーザユニット 20 とレンズ部 100 とを備える。レーザユニット 20 は、半導体レーザ素子 200 と、第 1 接合部材 240 と、サブマウント 230 と、第 2 接合部材 233 とを備える。本実施の形態では、サブマウント 230 は、基材 236 と、第 1 電極 210 と、第 2 電極 220 と、2 つの下地層 232 とを備える。また、レンズ部 100 は、第 2 接合部材 233 によりサブマウント 230 に固定されている。半導体レーザ装置 1 は、第 2 段 511b に設置される。以下、半導体レーザ装置 1 が備える構成要素について説明する。

[0031] サブマウント 230 は、半導体レーザ素子 200 が取り付けられる平板形状の取り付け台である。サブマウント 230 は、当該平板形状の上面である第 1 上面 231 を有している。本実施の形態に係る第 1 上面 231 は、 x y 平面と平行な平面である。サブマウント 230 の第 1 上面 231 側には、パターンニングされた金属層で構成された第 1 電極 210 と、第 2 電極 220 と、2 つの下地層 232 とが互いに絶縁されて配置されている。つまり第 1 電極 210 の上面と、第 2 電極 220 の上面と、2 つの下地層 232 の上面とは同一平面からなり、サブマウントの第 1 上面 231 である。また、第 1 電極 210 の上方に第 1 接合部材 240 が配置されている。半導体レーザ素子 200 は、第 1 上面 231 の上方に、より具体的には、第 1 接合部材 240 の上方に設置されている。

[0032] サブマウント 230 の基材 236 は、例えば、AlN 若しくは SiC などの結晶又はセラミックなどの絶縁材料などによって構成されている。第 1 電極 210、第 2 電極 220 及び 2 つの下地層 232 は、例えば、Ni、Cu、Pt 及び Au などの金属のうち、一つ又は複数の金属膜によって構成される。第 1 接合部材 240 は、例えば、AuSn 又は SnAgCu などの半田材料などの無機材料によって構成される。

[0033] 第 1 電極 210 は、図示しない金属ワイヤーにより半導体レーザ素子 200 と電氣的に接続される。

- [0034] 第1電極210及び第2電極220は、リードピン552と電氣的に接続され、半導体レーザ素子200に、電力を供給する。
- [0035] 半導体レーザ素子200は、半導体基板上に形成された半導体積層膜と光導波路とを備えるレーザ素子である。半導体積層膜は活性層を含み、つまり半導体レーザ素子200は活性層を含む。
- [0036] 半導体レーザ素子200は、光導波路の導波方向に長い矩形状である。半導体レーザ素子200の幅（x軸方向の幅）は、例えば100 μ m以上1mm以下であり、長さ（y軸方向の長さ）は、例えば500 μ m以上10mm以下である。また光導波路の幅（x軸方向の幅）が、例えば5 μ m以上500 μ m以下であり、マルチ横モードレーザである。光導波路の長さ（y軸方向の長さ）は半導体レーザ素子200の長さと同様の値となる。半導体レーザ素子200が含む活性層のうち、レーザ光L1を出射する領域が発光領域201である。発光領域201の大きさは、半導体積層膜の積層方向の幅が活性層の幅と同様の値となり、半導体積層膜の積層面に平行な方向の幅が光導波路の幅と同様の値となる。
- [0037] 半導体レーザ素子200は、所定の波長と所定の広がり角とを有するレーザ光L1を出射する。より具体的には、半導体レーザ素子200は、外部から光導波路に入力された電力をレーザ光L1などの誘導放出光に変換して光導波路の一方の端である発光領域201から出射させる。このときレーザ光L1のファスト軸は、半導体レーザ素子200の半導体積層膜の積層方向の軸である。また、ファスト軸と直交するスロー軸は、半導体積層膜の積層面に平行な軸である。
- [0038] 半導体レーザ素子200は、構成する半導体材料により出射するレーザ光L1の波長を変えることができる。例えば、半導体レーザ素子200をAl、Ga、Inの窒化物を主成分とする窒化物系半導体レーザ素子とすることで、半導体レーザ素子200は、例えば波長350nm以上550nm以下にピーク波長を有するレーザ光L1を出射することができる。また、例えば、半導体レーザ素子200をAl、Ga、In、As、Pから構成される半

導体を主成分とする半導体レーザ素子とすることで、半導体レーザ素子200は、例えば波長600nm以上1600nm以下にピーク波長を有するレーザ光L1を出射することができる。なお、半導体レーザ素子200は、上記の半導体材料で構成される半導体レーザ素子に限られず、また、半導体レーザ素子200が出射するレーザ光L1の波長は、上記の波長に限られない。

[0039] レーザ光L1は、発光領域201から広がりながら出射される。発光領域201のスロー軸方向（半導体積層膜の積層面に平行な方向）の幅を幅 W_s とする。出射されたレーザ光L1の広がり角を、レーザ光L1の光強度のピーク値の $1/(e^2)$ の値となる角度の幅とすると、ファスト軸方向の広がり角は、例えば30°から70°の間にあり、スロー軸方向の広がり角は例えば、3°から25°の間にある。

[0040] 本実施の形態においては、半導体レーザ素子200の光導波路は、サブマウント230側に配置されている。つまり、半導体レーザ素子200は、いわゆるジャンクションダウン実装で固定されている。そして、半導体レーザ素子200が有する活性層は、サブマウント230の第1上面231に平行になるように配置される。つまり、活性層は、半導体レーザ素子200のサブマウント230側の表面に平行である。また、サブマウント230と半導体レーザ素子200の間の第1接合部材240を均一な厚みとして構成することができる。

[0041] したがって活性層は、 $x-y$ 平面に平行な層であり、半導体レーザ素子200から出射された直後のレーザ光L1のファスト軸は z 軸方向、レーザ光L1のスロー軸は、 x 軸方向に平行な軸である。

[0042] レンズ部100は、第1シリンドリカルレンズ110と、支持部材120とを有する部材である。レンズ部100について、図4および図5を用いて説明する。

[0043] 図4は、本実施の形態に係るレンズ部100の分解斜視図である。図5は、図3におけるV-V線での半導体レーザ装置1の切断面を示す断面図であ

る。図5においては、簡単のため、半導体レーザ素子200、サブマウント230及び第1シリンドリカルレンズ110のみが記載されている。なお、図4においては、図2と比べて、x軸及びz軸が反転している状態が示されている。また、図4においては、設置の方向などが破線の矢印で記載されている。

[0044] 第1シリンドリカルレンズ110は、半導体レーザ素子200から出射されたレーザ光L1が入射し、ファスト軸方向における広がり角が小さいレーザ光L1を出射する。第1シリンドリカルレンズ110から出射されたレーザ光L1のファスト軸方向の広がり角は、例えば -1° から $+1^{\circ}$ の間である。マイナスの符号の角度は収光を表す。本実施の形態において、半導体レーザ素子200から出射されたレーザ光L1は、直接第1シリンドリカルレンズ110に入射する。第1シリンドリカルレンズ110は、レーザ光L1をファスト軸方向に疑似コリメートするレンズである。

[0045] 第1シリンドリカルレンズ110は、パワー（屈折力）を有するパワー軸とノンパワー軸とを有する光学部品である。また、当該パワー軸と当該ノンパワー軸とは、垂直な関係に配置されている。すなわち第1シリンドリカルレンズ110は、シリンドリカル面を有する。第1シリンドリカルレンズ110は、当該パワー軸に凸状の曲面の円柱面、すなわち凸状の円柱の表面を有する。第1シリンドリカルレンズ110は凸シリンドリカルレンズである。第1シリンドリカルレンズ110は凸レンズである。また、当該パワー軸は、レーザ光L1のファスト軸に対して傾斜している。

[0046] また、図5に示すように、第1シリンドリカルレンズ110は、レーザ光L1が入射する入射面117とレーザ光が出射する出射面116とを有する。本実施の形態においては、入射面が平面で、出射面が凸面である平凸型のシリンドリカルレンズである。本実施の形態において、入射面117は、zx平面に平行な面である。出射面116は、第1シリンドリカル面であり、曲面が球面関数もしくは非球面関数で表される凸面である。そして、パワー軸はzx平面に平行な軸であり、z軸に対して傾斜している。なお、本実施

の形態では、第1シリンドリカルレンズ110として平凸型のシリンドリカルレンズが用いられたが、このほか両凸型のシリンドリカルレンズでも、一方が凸状で他方が凹状の凸メニスカス型のシリンドリカルレンズが用いられてもよい。

[0047] 第1シリンドリカルレンズ110は、ガラスなどの無機透明材料により構成される部材であり、レーザ光L1の入射面117と出射面116とにレーザ光L1の波長に合わせた反射防止コート膜が形成される。

[0048] 支持部材120は、第1シリンドリカルレンズ110に接合され、第1シリンドリカルレンズ110を支持する部材である。支持部材120は、第1支持部材121、第2支持部材122及び第3支持部材123を含む。

[0049] 第1支持部材121は、 xy 平面に平行な下面1212を含む板状部と、 xy 平面に対して傾斜している下面1211を含むスロープ部とを含む部材である。つまり、下面1211は、 xy 平面から x 軸方向に傾斜している面であり、換言すると、 xy 平面から y 軸の周りに回転した方向に傾斜している面である。第2支持部材122及び第3支持部材123は、直方体形状を有し、直方体形状の z 軸正側の面で第1支持部材121の下面1212と接合される。第2支持部材122は、下面1212と接合される面に背向する面であって、直方体形状の z 軸負側の面である下面1221を含む。第3支持部材123は、下面1212と接合される面に背向する面であって、直方体形状の z 軸負側の面である下面1231を含む。下面1221及び下面1231は、 xy 平面と平行な面であり、同一平面上に位置する。下面1221及び下面1231は、レンズ部100が被設置平面（第1被設置平面）に接合されるための平面であり、設置平面と呼ぶ。本実施の形態に係る設置平面は、第2支持部材122の下面1221及び第3支持部材123の下面1231である。第1シリンドリカルレンズ110は、下面1211に接合される。このため、第1シリンドリカルレンズ110は、 xy 平面から傾斜した状態で、支持部材120に接合される。

[0050] なお、支持部材120は接合面を含み、当該接合面とは、支持部材120

が第1シリンドリカルレンズ110と接合される面である。本実施の形態においては、第1支持部材121が含むスロープ部の下面1211が接合面である。

[0051] 第1支持部材121、第2支持部材122及び第3支持部材123は、例えば、ガラス若しくはシリコンなどの半導体材料の基板を部分エッチング、研磨又は切断などの加工することで構成される。また、Fe又はFe合金などの金属などで構成されてもよく、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Si_3N_4 若しくはAlNなどのセラミックなどで構成されてもよい。

[0052] 第1シリンドリカルレンズ110、第1支持部材121、第2支持部材122及び第3支持部材123は、例えば、オプティカルコンタクトなどの直接接合法により互いに接合される。若しくは、第1シリンドリカルレンズ110、第1支持部材121、第2支持部材122及び第3支持部材123は、低融点ガラスなどの接合材を介して互いに接合される。接合材については、AuSn半田などの半田材料を用いてもよい。

[0053] ここで、第1被設置平面の一例である被設置平面について説明する。なお、特に記載のない限り序数を付さずに記載された被設置平面は、第1被設置平面を意味する。被設置平面は、レンズ部100の設置平面（下面1221及び下面1231）と接合され、レンズ部100が固定される平面である。また、被設置平面は、光源モジュール10が備える平面であり、ここでは、半導体レーザ装置1が備える平面である。本実施の形態においては、被設置平面は、サブマウント230が有する第1上面231である。

[0054] 本実施の形態において、図3が示すように、被設置平面（第1上面231）は、レンズ部100が有する支持部材120に固定される。より具体的には、被設置平面（第1上面231）は、支持部材120が含む第2支持部材122の下面1221及び第3支持部材123の下面1231に固定される。

[0055] このように、支持部材120は、被設置平面（第1上面231）に固定される部材であり、また、第1シリンドリカルレンズ110に接合される部材

である。つまり、第1シリンドリカルレンズ110は、支持部材120を介して、被設置平面（第1上面231）に接合されている。

[0056] さらに、第1シリンドリカルレンズ110の母線115について説明する。

[0057] 第1シリンドリカルレンズ110は、第1シリンドリカル面を有するシリンドリカルレンズである。第1シリンドリカル面は、一点鎖線で図示される母線115を有する。第1シリンドリカルレンズ110の出射面116は、凸状の第1シリンドリカル面である。なお、一般的に母線とは、第1シリンドリカル面の柱面（曲面）が直線の移動によってできるとき（直線の移動によって描かれるとき）の、各々の位置における直線であり、母線115は、無数にある母線のうちの一つである。母線115は、出射面116である凸状の円柱の表面のうち凸状の頂点部分に沿った直線である。本実施の形態に係る第1シリンドリカルレンズ110の母線115は、被設置平面（第1上面231）に対して傾斜している。また、母線115は、レンズ部100の設置平面（下面1221及び下面1231）に対して傾斜している。被設置平面（第1上面231）、活性層及びxy平面は平行であることから、母線115は、半導体レーザ素子200が有する活性層、及び、xy平面に対して傾斜している。また、設置平面（下面1221及び下面1231）、活性層及びxy平面は、互いに平行である。

[0058] ここで、母線115と活性層とのなす角度を角度 θ とする。 θ を、 $|\theta| < 22.5^\circ$ の角度範囲とすることで、レーザ光L1のファスト軸の方向が、z軸からx軸に変化することを防ぐことができる。母線115が活性層に対して傾斜していることから、本実施の形態において、 θ は、 $0^\circ < |\theta| < 22.5^\circ$ を満たす。

[0059] なお、図3が示すように、本実施の形態においては、母線115は、正面視では、被設置平面（第1上面231）及びxy平面に対して、右回りに傾斜している。本実施の形態では、母線115と被設置平面とのなす角度 β は、 θ に等しい。また、活性層と被設置平面とがなす角度 ϕ は 0° である。

[0060] 再度図1を用いて、光源モジュール10が備える構成要素について説明する。

[0061] 上記の通り半導体レーザ装置1（より具体的には、半導体レーザ素子200）は、レーザ光L1を出射する。同様に、半導体レーザ装置2～6は、それぞれレーザ光L2、L3、L4、L5及びL6を出射する。複数の半導体レーザ装置から出射された複数のレーザ光（つまりはレーザ光L1～L6）は、スロー軸コリメータレンズ600（以下SACレンズ600と記載）に入射する。

[0062] SACレンズ600は、凸面の円柱の表面を有するレンズである。SACレンズ600は、一例として、表面に反射防止コート膜が形成されたガラスからなり、本実施の形態では、平凸型のシリンダリカルレンズである。なお、本実施の形態では、SACレンズ600として平凸型のシリンダリカルレンズが用いられたが、このほか両凸型のシリンダリカルレンズでも、一方が凸状で他方が凹状の凸メニスカス型のシリンダリカルレンズが用いられてもよい。また、SACレンズ600として凹状反射型のシリンダリカルミラーが用いられてもよい。

[0063] SACレンズ600は、パワー軸に凸状の曲面の円柱面、すなわち、凸状の円柱の表面を有する。SACレンズ600は、パワー軸に直交する方向にノンパワー軸を有する。SACレンズ600は、レーザ光のスロー軸においてパワーを有するレンズである。複数のSACレンズ600は、それぞれ入射するレーザ光のスロー軸方向の成分をコリメートする。

[0064] 上記構成により、複数の半導体レーザ装置から出射し、複数のSACレンズ600を通過したレーザ光は、ファスト軸、スロー軸のいずれもコリメートされた出射光となり進行する。複数のSACレンズ600のそれぞれは、複数のステージのそれぞれの第1段に設置される。例えば、レーザ光L1が入射するSACレンズ600は、第1段511aに設置される。

[0065] さらに、複数の半導体レーザ装置のそれぞれのレーザ光の出射方向には、反射ミラー700が配置される。

- [0066] 複数の反射ミラー700のそれぞれは、複数のSACレンズ600のそれぞれを通過したレーザ光が入射する入射面を有する光学部品である。複数の反射ミラー700は、前述した複数の第1シリンドリカルレンズ110及び複数のSACレンズ600によってコリメートされたレーザ光を各々反射して、レーザ光の方向を90° 偏向する。複数の反射ミラー700のそれぞれは、複数のステージのそれぞれの第1段に設置される。例えば、レーザ光L1が入射する反射ミラー700は、第1段511aに設置される。
- [0067] それぞれが反射ミラー700によって反射された複数のレーザ光は、それぞれのレーザ光が半導体レーザ素子200から出射されたときのファスト軸、つまりz軸方向において同一の光学軸になるように空間的に合波され、ベース502に固定されている集光レンズ800に到達する。
- [0068] 集光レンズ800は、複数のSACレンズ600のそれぞれを通過したレーザ光が入射する入射面を有する光学部品である。さらに、集光レンズ800は、反射ミラー700を通過した複数のレーザ光が入射する光学部品でもある。本実施の形態においては、集光レンズ800は、到達した複数のレーザ光を集光するレンズである。それぞれが反射ミラー700によりファスト軸が同一の光学軸となった平行な複数のレーザ光は、集光レンズ800に入射する。さらに、集光レンズ800によって集光された複数のレーザ光は、対象物の一例である光ファイバ550のコア550aの端面である入射面に入射する。このような集光レンズ800が設けられることで複数のレーザ光は、効率よく対象物であるコア550aの端面部に集光されることができる。つまり、反射ミラー700によって集光された複数の半導体レーザ装置から出射されたレーザ光は、光ファイバ550およびコア550aに結合される。
- [0069] 光ファイバ550は、側壁503を貫通する。したがって、光ファイバ550に結合されたレーザ光は、光源モジュール10の外部へと導光される。なお、ブーツ551は光ファイバ550の周囲を覆い保護するための部材である。

- [0070] なお、複数の半導体レーザ装置に対応する複数のSACレンズ600は、全て同一形状のものを使用することができ、複数の半導体レーザ装置に対応する複数の反射ミラー700は、全て同一形状のものを使用することができる。
- [0071] なお、図1が示すように、階段基台510の複数のステージのそれぞれに、1つの半導体レーザ装置、1つのSACレンズ600及び1つの反射ミラー700が配置されている。
- [0072] さらに、図5及び図6を用いて、第1シリンドリカルレンズ110についてより詳細に説明する。
- [0073] 図6は、図5における発光領域201及び第1シリンドリカルレンズ110を拡大して示す断面図である。また、本明細書においては、断面図とは、断面に表れる面のみを示す図である。図5以下では、レーザ光L1の光軸A1が一点鎖線で示されている場合がある。なお、図6では、説明のため、発光領域201が点として図示されている。
- [0074] 図5が示すように、本実施の形態に係る第1シリンドリカルレンズ110は、入射面117、出射面116、第1側面111及び第2側面112を有する部材である。
- [0075] 上記の通り、レーザ光L1は、半導体レーザ素子200の発光領域201から出射された後、第1シリンドリカルレンズ110の入射面117に入射する。さらに、入射面117から入射されたレーザ光L1は、出射面116から出射される。出射面から出射されたレーザ光L1は、疑似コリメートされた光である。
- [0076] 第1側面111は、母線115に平行な側面である。第2側面112は、第1側面111に背向し母線115に平行な側面である。第1側面111はz軸正側に位置することから第1シリンドリカルレンズ110の上面であるとも言え、また、第2側面112はz軸負側に位置することから第1シリンドリカルレンズ110の下面であるとも言える。
- [0077] 上記の通り、第1支持部材121が含むスロープ部の下面1211が接合

面である。接合面（下面 1 2 1 1）は、第 1 側面 1 1 1 又は第 2 側面 1 1 2 に接合されるが、ここでは、第 1 側面 1 1 1 に接合される。また、接合面（下面 1 2 1 1）は、第 1 側面 1 1 1、第 2 側面 1 1 2 及び母線 1 1 5 に平行な面である。

[0078] さらに、図 6 を用いて、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 の詳細を説明する。第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 についての定義は以下の通りである。

[0079] まず、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 の寸法として、y 軸方向の厚みを厚み T 1、z 軸方向の幅を幅 W 2 とする。第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 の屈折率は、n である。第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 の主点の位置を主点 P 1、有効焦点距離を有効焦点距離 F 1、焦点位置から入射面 1 1 7 までの距離を距離 B F L とする。また、レーザ光 L 1 の出射側の有効開口幅を有効開口幅 W 3 とする。半導体レーザ素子 2 0 0 の発光領域 2 0 1 は、焦点位置に配置され、主点 P 1 と発光領域 2 0 1 との距離は有効焦点距離 F 1 となる。発光領域 2 0 1 から所定の広がり角で出射されたレーザ光 L 1 は、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 で疑似コリメートされ、ファスト軸方向のビーム幅は幅 W 4 であるレーザ光 L 1 となる。

[0080] [光源モジュールの製造方法]

さらに、図 7 ～図 1 1 を用いて光源モジュール 1 0 の製造方法の一例を説明する。ここでは、特に、光源モジュール 1 0 の半導体レーザ装置 1 近傍について詳細に説明するが、その他の半導体レーザ装置 2 ～6 近傍も同様の方法で製造される。

[0081] 図 7、図 8、図 9、図 1 0 及び図 1 1 は、本実施の形態に係る光源モジュール 1 0 の半導体レーザ装置 1 近傍の製造方法の工程を示す模式図である。なお、以下、製造方法が示される図面においては、設置の方向などが破線の矢印で記載されている場合がある。また、図 7 ～図 9 においては、図 2 と比べて、x 軸及び z 軸が反転している状態が示されている。

[0082] 半導体レーザ装置 1 は、図 7 ～図 1 1 が示すように以下の順番で製造される。

- [0083] まずは、準備ステップが行われる。準備ステップでは、レンズ部１００と、レーザユニット２０が製造され準備される。
- [0084] まず、図７が示すように、支持部材１２０が製造される。第２支持部材１２２及び第３支持部材１２３が、第１支持部材１２１に接合される。より具体的には、第２支持部材１２２の上面（下面１２２１と背向する面）、及び、第３支持部材１２３の上面（下面１２３１と背向する面）が、それぞれ、第１支持部材１２１の下面１２１２と接合される。
- [0085] さらに、図８及び図９が示すように、支持部材１２０に第１シリンダリカルレンズ１１０が接合される。より具体的には、支持部材１２０の第１支持部材１２１が含むスロープ部の下面１２１１に、第１シリンダリカルレンズ１１０の第１側面１１１が接合される。つまりは、第１シリンダリカルレンズ１１０が第１支持部材１２１の接合面（下面１２１１）に接合される。これにより、第１シリンダリカルレンズ１１０と、第１支持部材１２１と、第２支持部材１２２と、第３支持部材１２３との位置関係が固定され、レンズ部１００が製造される。
- [0086] 続いて、図１０が示すように、レンズ部１００が被設置平面に配置される前に、レーザユニット２０が製造される。このとき、サブマウント２３０は、より詳しく説明すると、基材２３６の第１上面２３１側に第１電極２１０及び第２電極２２０の他、あらかじめ、２つの下地層２３２が形成される。２つの下地層２３２は、第１電極２１０及び第２電極２２０を形成する際に、同じ金属材料が矩形状にパターニングされて、半導体レーザ素子２００が配置される第１電極２１０と離間されて形成される。したがって、被設置平面である第１上面２３１は、同一平面である、第１電極２１０、第２電極２２０および下地層２３２の表面（上面）となる。
- [0087] また本実施の形態においては、サブマウント２３０には、あらかじめ第１接合部材２４０と、２つの第２接合部材２３３とが積層されている。
- [0088] ２つの第２接合部材２３３は、それぞれ下地層２３２に積層された層であり、ここでは半田材料により構成される半田層である。２つの第２接合部材

２３３は円形状を有しており、サブマウント２３０の第１上面２３１とレンズ部１００（より具体的には、支持部材１２０）とを接合するための層である。

[0089] 続いて、サブマウント２３０の第１接合部材２４０上の所定の位置には、半導体レーザ素子２００が第１接合部材２４０により接合される。具体的には、サブマウント２３０を加熱ステージ上に配置し、半導体レーザ素子２００を第１接合部材２４０上に配置し、加圧する。そして加熱ステージにより第１接合部材２４０の融点以上に加熱し、冷却される。これにより、サブマウント２３０と半導体レーザ素子２００とが接合され、レーザユニット２０が製造される。

[0090] 続いて、図１に示すように、レーザユニット２０を、ケース５０１の階段基台５１０の第２段５１１ｂ上に固定する。このときレーザユニット２０は、図示しない接合材により階段基台５１０に固定される。続いて、ケース５０１に、光ファイバ５５０、集光レンズ８００、及び、反射ミラー７００が所定の位置に固定される。

[0091] 次に、配置ステップが行われる。配置ステップでは、レンズ部１００を、レーザユニット２０の所定の位置に配置する工程が行われる。より具体的には、レンズ部１００を、被設置平面であるサブマウント２３０の第１上面２３１に配置する。ここでは、半導体レーザ素子２００から出射されたレーザ光Ｌ１が第１シリンドリカルレンズ１１０に入射するように、かつ、第１シリンドリカルレンズ１１０の母線１１５が被設置平面（第１上面２３１）に対して傾斜するように、レンズ部１００を配置する工程が行われる。

[0092] より具体的には、配置ステップでは、図９に示されるレンズ部１００の上下を反転した状態で、１つの第２接合部材２３３は第２支持部材１２２の下面１２２１と接し、他の１つの第２接合部材２３３は第３支持部材１２３の下面１２３１と接するように、レンズ部１００が配置される。このとき、レーザ光Ｌ１が第１シリンドリカルレンズ１１０に入射するように、かつ、母線１１５が被設置平面（第１上面２３１）に対して傾斜するように、レンズ

部 1 0 0 が配置される。母線 1 1 5 と平行な第 1 側面 1 1 1 が $x y$ 平面に対して傾斜している下面 1 2 1 1 に接合されていること、及び、被設置平面（第 1 上面 2 3 1）が $x y$ 平面と平行であることから、母線 1 1 5 が被設置平面（第 1 上面 2 3 1）に対して傾斜するように、レンズ部 1 0 0 が配置されることができる。

[0093] なお、この配置ステップが完了しても、レンズ部 1 0 0 とレーザユニット 2 0 とは接合されておらず、つまりは、レンズ部 1 0 0 とサブマウント 2 3 0 との互いの位置が固定されてはいない。この段階では、サブマウント 2 3 0 の位置に対して、レンズ部 1 0 0 を移動させることができる。

[0094] また、この配置ステップにおいて、ケース 5 0 1 には、SAC レンズ 6 0 0 も所定の位置に配置されるが、レンズ部 1 0 0 と同様に、ケース 5 0 1 には固定されていない。

[0095] 次に、アライメントステップが行われる。アライメントステップは、配置ステップで配置されたレンズ部 1 0 0 を移動させる工程である。また、アライメントステップは、半導体レーザ素子 2 0 0 から出射されたレーザ光 L 1 を第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 に入射させる工程である。より具体的には、アライメントステップは、レンズ部 1 0 0 を、被設置平面（第 1 上面 2 3 1）に平行な互いに直交する 2 つの方向に移動させる工程である。ここでは、被設置平面（第 1 上面 2 3 1）は、 $x y$ 平面と平行であることから、レンズ部 1 0 0 が x 軸方向及び y 軸方向に移動されることができる。レンズ部 1 0 0 は被設置平面（第 1 上面 2 3 1）に沿って移動されることができ、ここでは、レンズ部 1 0 0 の設置平面（下面 1 2 2 1 及び下面 1 2 3 1）が被設置平面（第 1 上面 2 3 1）に対して移動する。

[0096] ここで例えば、レンズ部 1 0 0 が被設置平面に沿って x 軸方向に移動されると、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 の母線 1 1 5 は、 x 軸に対して傾斜しているため、 x 軸方向の特定の位置において、 z 軸方向に移動する。つまり、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 に到達したレーザ光 L 1 に対して、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 の母線 1 1 5 との z 軸方向ズレ d が変化する

。以下、第1シリンドリカルレンズ110に到達したレーザ光L1の光軸の位置において、レーザ光L1の光軸のz方向の位置から、第1シリンドリカルレンズ110の母線のz軸方向の位置までの距離をz軸方向ズレdと定義する。

[0097] この結果、第1シリンドリカルレンズ110から出射されるレーザ光L1の進行方向の角度を、ファスト軸方向（z軸方向）について変化させることができる。つまり、レーザ光L1の光軸A1と光源モジュール10の光学系の光軸（図示なし）との間の角度を制御することができる。例えば、光源モジュール10の光学系が設計位置通りに配置されている場合、図5に示すように、z軸方向ズレdをゼロにすることにより、出射されたレーザ光L1の光軸A1が光源モジュール10の光学系の光軸と平行となる。この結果、光ファイバ550の端面において、レーザ光L1とコア550aとの結合効率を高くすることができる。なお以下では、簡単のため、当該結合効率を、レーザ光L1の結合効率、又は、単に、結合効率と記載する場合がある。

[0098] また、レンズ部100がy軸方向に移動されると、第1シリンドリカルレンズ110の入射面117と、発光領域201との距離が変更される。この結果、第1シリンドリカルレンズ110から出射されたレーザ光L1の平行度を制御することができる。この結果、レーザ光L1とコア550aの結合効率をより高くすることができる。

[0099] また、レンズ部100が移動される際には、例えばコレットなどの装置が支持部材120に接触することで、レンズ部100が移動される。つまり、コレットは、第1シリンドリカルレンズ110には直接接触することはない。

[0100] なお、アライメントステップでは、レンズ部100が一体となって、移動されることができる。つまり、第1シリンドリカルレンズ110、第1支持部材121、第2支持部材122及び第3支持部材123の位置関係が固定された状態で、レンズ部100の全体が移動されることができる。

[0101] アライメントステップでは、出射されたレーザ光L1と光ファイバ550

との結合効率が高くなるように、レンズ部１００の位置が移動され、つまりはレンズ部１００の位置が調整される。

[0102] ここで例えば、このアライメントステップでは、半導体レーザ素子２００がレーザ光Ｌ１を出射しながら、レンズ部１００を移動させるとよい。半導体レーザ素子２００から出射されたレーザ光Ｌ１は、第１シリンдриカルレンズ１１０、ＳＡＣ６００、反射ミラー７００及び集光レンズ８００を経由して、光ファイバ５５０の端面部に集光される。

[0103] このとき、光ファイバ５５０から出射されるレーザ光Ｌ１の光強度が観測されながら、レンズ部１００の位置が調整される。具体的には、レンズ部１００をｘ軸方向及びｙ軸方向に微小移動する。このとき、光ファイバ５５０から出射されるレーザ光Ｌ１の光強度が最大になるようにレンズ部１００の位置が調整される、いわゆるアクティブアライメントが行われる。

[0104] さらに、固定ステップが行われる。固定ステップは、アライメントステップで移動されたレンズ部１００を被設置平面（第１上面２３１）に固定する工程である。

[0105] 例えば、２つの第２接合部材２３３に熱が与えられることにより、第２接合部材２３３を構成する半田材料が溶融し、レンズ部１００と被設置平面（第１上面２３１）とが固定される。固定ステップが行われることにより、図１１が示す半導体レーザ装置１が製造される。

[0106] このように、レンズ部１００（より具体的には、支持部材１２０）とサブマウント２３０とは、設置平面（下面１２２１及び下面１２３１）と被設置平面（第１上面２３１）とで接合される。このため例えば、レンズ部１００とサブマウント２３０とが点と点とで接合される場合に比べて、接合する面積を大きくすることができ、これにより２つの第２接合部材２３３の厚みを薄くすることができる。例えば、２つの第２接合部材２３３の厚みは、０μm以上１０μm以下である。なお、第２接合部材２３３の厚みが０μmというのは、設置平面と被設置平面の一部が接している箇所があるという意味である。

[0107] このように、本実施の形態に係る光源モジュール10の製造方法は、配置ステップと、アライメントステップと、固定ステップとを含む方法である。

[0108] また、上記の通り、アライメントステップは、レンズ部100、つまりは、第1シリンダリカルレンズ110を移動させる工程である。つまり、本実施の形態に係る第1シリンダリカルレンズ110は、半導体レーザ装置1におけるレーザ光L1の光軸と平行度とを最適化するために、位置を調整することができる位置調整レンズである。

[0109] [角度 β が与える影響]

本実施の形態において、第1シリンダリカルレンズ110の母線115は、被設置平面（第1上面231）に対して傾斜しており、さらに、半導体レーザ素子200が有する活性層に対しても傾斜している。母線115と、被設置平面（第1上面231）とのなす角度 β が、アライメントに与える影響について、以下説明する。

[0110] 図12は、本実施の形態に係る角度 β と、第1シリンダリカルレンズ110の z 軸方向移動量（ Δz ）及び x 軸方向移動量（ Δx ）との関係が示された図である。なお、以下では、 z 軸方向移動量を Δz 、 x 軸方向移動量を Δx と記載する場合がある。図12においては、横軸が角度 β であり、縦軸が第1シリンダリカルレンズ110の Δz を第1シリンダリカルレンズ110の Δx で割った値である。

[0111] ここで、図13を用いて Δz 及び Δx について説明する。

[0112] 図13は、本実施の形態に係るアライメントステップにおいて x 軸方向にレンズ部100（第1シリンダリカルレンズ110）が移動した例を示す正面図である。より具体的には、図13の（a）はレンズ部100（第1シリンダリカルレンズ110）が移動する前の正面図であり、図13の（b）はレンズ部100（第1シリンダリカルレンズ110）が移動した後の正面図である。なお、簡単のため、図13では、第1シリンダリカルレンズ110と半導体レーザ素子200とが主に図示されている。

[0113] 図13が示すように、アライメントステップにおいて第1シリンダリカル

レンズ110が、図13の(a)の位置から図13の(b)の位置まで移動した場合について説明する。図13の(a)の位置から図13の(b)の位置までのx軸方向移動量を Δx とする。なお、説明を簡単にするため、ここでは第1シリンダリカルレンズ110に到達したレーザ光L1の光軸の位置と発光領域201の中心位置とが一致している場合を示している。この場合、正面視において、発光領域201と母線115とのz軸方向ズレdは、図13の(a)が示すd1から図13の(b)が示すd2まで変化する。つまり、本実施の形態においては、第1シリンダリカルレンズ110がx軸方向に移動すると、母線115と発光領域201とのz軸方向ズレdが変化する。この時、 $\Delta z = d2 - d1$ となる。

[0114] 図12が示す第1シリンダリカルレンズ110の Δx とは、上記のアライメントステップにおいて第1シリンダリカルレンズ110がx軸方向に移動した変化量を示す。第1シリンダリカルレンズ110の Δz とは、第1シリンダリカルレンズ110がx軸方向に移動したときに、正面視において発光領域201と母線115とのz軸方向ズレdの変化量を示す。

[0115] 図12が示すように、母線115と、被設置平面(第1上面231)とのなす角度 β が、 $0^\circ < |\beta| < 45^\circ$ を満たす場合、 $\Delta z / \Delta x$ は1未満となる。つまり、アライメントステップでのレンズ部100の位置調整において、 Δz は、必ず Δx よりも小さくなる。従って、レンズ部100のx軸方向の位置が製造設備によって調整された場合に、x軸方向の位置は製造設備精度に等しい精度で調整され、z軸方向の位置は製造設備精度よりも高い精度で調整されることができる。したがって、第1シリンダリカルレンズ110から出射されるレーザ光L1の光軸A1を精密にxy平面に平行にすることができる。例えば角度 β が 6° の場合、図12の縦軸は0.1であり、設備精度の10倍の精度でz軸方向の位置の調整ができる。なお、本実施形態では、 $\theta = \beta$ であるので、 $0^\circ < |\beta| < 22.5^\circ$ となる。

[0116] さらに、 Δz 及び Δx について説明する。

[0117] 図14は、本実施の形態に係る角度 β と、 Δz と、 Δx との関係を示す図

である。図14には、角度 β が $\beta = 0^\circ$ 、 1° 、 3° 、 6° 及び 10° のそれぞれの場合における、 Δx と、 Δz とが示されている。

[0118] 上記の通り、第1シリンドリカルレンズ110がx軸方向に移動すると、母線115と発光領域201とのz軸方向ズレdが変化する。つまりは、第1シリンドリカルレンズ110のx軸方向の移動を第1シリンドリカルレンズ110のz軸方向の移動に変換することができる。また、 $\Delta z / \Delta x$ が1未満となる場合には、x軸方向の位置の変化量に比べてz軸方向の位置の変化量を緩やかにすることができる。なお、本実施の形態では、 $\beta = \theta$ であるので、 $0^\circ < |\beta| < 22.5^\circ$ となる。

[0119] 例えば、発光領域201と母線115とのz軸方向ズレdが $\pm 1 \mu\text{m}$ の範囲で調整されるために、以下のように制御が行われるとよい。角度 β が $\beta = 1^\circ$ の場合においては、x軸方向の方向に $\pm 57 \mu\text{m}$ の範囲でレンズ部100の位置が変化されるとよい。角度 β が $\beta = 6^\circ$ の場合においては、x軸方向の方向に $\pm 9.5 \mu\text{m}$ の範囲でレンズ部100の位置が変化されるとよい。このように、発光領域201と母線115とのz軸方向の距離をわずかなだけ変化させたい場合に、x軸方向により大きな移動量でレンズ部100を移動させればよい。つまりは、第1シリンドリカルレンズ110（より具体的には、母線115）のz軸方向の位置をより簡単に調整することができるという効果が得られる。 $\Delta z / \Delta x$ は0.01以上かつ、レーザ光と対象物との結合効率が0.7以上を満たすために、 $0.5^\circ \leq |\beta| \leq 2^\circ$ であればさらによい。

[0120] なお、図14が示すように、角度 β が $\beta = 0^\circ$ の場合（つまり母線115と被設置平面（第1上面231）とが平行の場合）には、レンズ部100をx軸方向に移動させても、レンズ部100（第1シリンドリカルレンズ110の母線115）はz軸方向に移動しない。従って、上記効果が得られない。

[0121] ここで、比較例を用いて説明する。

[0122] 図15は、比較例に係る半導体レーザ装置1xを示す断面図である。半導

体レーザ装置 1 x は、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 にかえてファスト軸コリメータレンズ（以下、FAC レンズ） 1 1 0 x を備える点、及び、支持部材 1 2 0 にかえて半田などによって構成される接合材 1 2 0 x を備える点を除いては、半導体レーザ装置 1 と同じ構成を有する。比較例においては、母線 1 1 5 x と被設置平面（第 1 上面 2 3 1）及び活性層とが平行であり、つまりは比較例に係る半導体レーザ装置 1 x は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置 1 において角度 θ 、 β および ϕ が $\theta = \beta = \phi = 0^\circ$ の場合の装置に相当する。また、FAC レンズ 1 1 0 x は、接合材 1 2 0 x によってサブマウント 2 3 0 に接合される。

[0123] 比較例に係る光源モジュールは、半導体レーザ装置 1 ~ 6 にかえて 6 つの半導体レーザ装置 1 x を備える点を除いて、本実施の形態に係る光源モジュール 1 0 と同じ構成を有する。

[0124] 図 1 6 は、比較例に係る半導体レーザ装置 1 x を備える光源モジュールにおける FAC レンズ 1 1 0 x の z 軸方向の位置の変化と、レーザ光の光ファイバ 5 5 0 への結合効率との関係を示す図である。図 1 6 においては、半導体レーザ装置 1 x において 3 つの異なる条件（No. 1、No. 2、No. 3）の結合効率が、シミュレーションにより計算された結果が示されている。

[0125] 図 1 7 は、図 1 6 のシミュレーション条件を説明する表を示す図である。

[0126] 光源モジュール 1 0 からの出射光の光出力を高くするためには、半導体レーザ素子 2 0 0 の発光領域 2 0 1 の幅 W_s を広くし、光出力を高くする必要がある。また、光源モジュール 1 0 の出射光の放射輝度を高くするためには、光ファイバ 5 5 0 のコア 5 5 0 a のコア径（直径）を小さくする必要がある。一方で、所定の光源モジュール（例えば比較例に係る光源モジュール）の光学系において、レーザ光の光ファイバ 5 5 0 への結合効率は、半導体レーザ素子 2 0 0 の発光領域 2 0 1 の幅 W_s と、光ファイバ 5 5 0 のコア 5 5 0 a のコア径（直径）に強く依存する。

[0127] No. 1 ~ No. 3 の条件において、光源モジュール 1 0 の光学系の一例

として、FACレンズ110xの有効焦点距離F1及び距離BFLが0.38mm及び0.09mm、SACレンズ600の有効焦点距離は13.5mm、集光レンズ800の有効焦点距離は7.3mmとして、幅Wsとコア550aのコア径との組み合わせを変化させている。このとき半導体レーザ素子200のピーク波長を450nm、光ファイバ550の開口数NAは0.22としている。

[0128] そして、No. 1の条件においては、Wsを50 μ m、コア径を50 μ mとした。No. 2の条件においては、Wsを50 μ m、コア径を70 μ mとした。No. 3の条件においては、Wsを100 μ m、コア径を100 μ mとした。

[0129] 図16における横軸であるz軸方向の位置が0である場合について説明する。図16においては、3つの異なる条件のそれぞれにおいて最も高い結合効率を示したz軸方向の位置を0とし、このときの結合効率を1として規格化がされている。図16では、z軸方向の位置が0である場合から、6つのFACレンズ110xの全てがz軸正方向又はz軸負方向に同じ移動量だけ移動したときの結合効率の変化が示されている。

[0130] FACレンズ110xの位置がz軸正方向へずれた場合、レーザ光L1の光軸A1と半導体レーザ素子200の光軸とのなす角がz軸正方向へ変化するため、光ファイバ550のコア550aの入射面におけるレーザ光L1の位置がz軸正方向へずれ、結合効率が低下する。図16が示すように、例えばNo. 1の条件において、FACレンズ110xの位置がz軸正方向へわずかに1.0 μ m移動しただけでも、結合効率が約0.4にまで低下する。さらに、例えばNo. 2の条件において、FACレンズ110xの位置がz軸正方向へわずかに1.5 μ m移動しただけでも、結合効率が約0.3にまで低下する。さらに、例えばNo. 3の条件において、FACレンズ110xの位置がz軸正方向へわずかに2.0 μ m移動しただけでも、結合効率が約0.3にまで低下する。つまり、FACレンズ110xの位置がz軸正方向又は負方向へわずかに移動した場合に、No. 1～No. 3のいずれの条件にお

いても、結合効率が急激に低下する。

[0131] また、図17で示したように、比較例においては、距離BFLは0.09mmであり、非常に大きい。このため、接合材120xのy軸方向の厚みは0.09mm程度となり、前述の結合効率に影響を与えるズレ量である数 μ mに対し、非常に大きくなる。このような比較例においては、FACレンズ110xとサブマウント230とを接合する製造工程において、接合材120xが溶融しているときに、例えば重力により接合材120xがz軸負方向に垂れ、接合材120xの分布がz軸方向に変わることがある。例えば、本比較例においては、接合材120xがFACレンズ110xの下部（z軸負方向側の表面）に付着している。このとき、接合材120xのy軸方向の厚みが非常に厚く、z軸方向の厚みに分布があるため、接合材120xが溶融した後に硬化する際に、接合材120xが容易にz軸方向に数 μ m程度収縮する場合がある。このように、接合材120xが垂れること及び収縮量が大きいため、比較例に係るFACレンズ110xの位置は、設計位置からz軸方向にずれる。その結果、光ファイバ550の端面において、レーザ光L1の入射位置がコア550aの中央からずれ、結合効率が低下する。また実際の距離BFLが、設計値の0.09mmからずれ、レーザ光L1の平行度は悪化し、光ファイバ550の入射面におけるレーザ光L1の長径及び短径（大きさ）が増大する。このとき、例えば、光ファイバ550の入射面におけるレーザ光L1の長径が光ファイバ550のコア径よりも大きくなった場合には、結合効率が低下する。

[0132] このように、比較例においてはy軸方向の厚みが厚い接合材120xにより、FACレンズ110xとサブマウント230とが接合されるため、上記の事象が発生し易く、この事象が発生すると結合効率が低下するという問題が発生する。

[0133] しかしながら、本実施の形態においては、レンズ部100（より具体的には、支持部材120）とサブマウント230とを接合する2つの第2接合部材233の厚みは、0.1 μ m以上10 μ m以下程度とすることができ、つ

まりは十分に薄くすることができる。このため、第2接合部材233が熔融した後に硬化する際の収縮量は、比較例に係る接合材120xの収縮量に比べて小さい。またさらに、一例として、z軸方向が鉛直方向でありつまりはxy平面が水平方向と平行であれば、2つの第2接合部材233が熔融したときにz軸負方向に垂れることが抑制される。このように、収縮量が小さいこと及び第2接合部材233が垂れにくいことから、本実施の形態に係る半導体レーザ装置1を備える光源モジュール10における結合効率は、低下し難い。

[0134] 再度本実施の形態に係る半導体レーザ装置1について検討する。ここでは、第1シリンドリカルレンズ110の母線115が被設置平面（第1上面231）及び活性層に対して傾斜していることによる、半導体レーザ装置1の光学特性への影響について検討する。

[0135] 母線115が活性層に対して傾斜しているため、収差が発生する。従って、集光レンズ800の入射面でのレーザ光L1～L6の光強度分布、及び、光ファイバ550の入射面でのレーザ光L1～L6の光強度分布のそれぞれに、歪が生じることが予想される。

[0136] 図18は、本実施の形態に係る角度 ϕ が 0° かつ角度 θ が 2° である場合の光強度分布がシミュレーションにより計算された結果を示す図である。より具体的には、図18の(a)は集光レンズ800の入射面でのレーザ光L1～L6の光強度分布を示す図であり、図18の(b)は光ファイバ550の入射面でのレーザ光L1～L6の光強度分布を示す図である。また対象物であるコア550aの外形が破線で示されている。図18においては、レーザ光L1～L6のビームスポットが示されており、色の濃い箇所ほど光強度が高いことが示されている。

[0137] 図18においては、発光領域201の幅 W_s が $50\mu\text{m}$ 、コア径Dが $50\mu\text{m}$ 及び角度 θ が 2° の条件で、光強度分布が計算されている。

[0138] 母線115が被設置平面（第1上面231）及び活性層に対して傾斜していること、つまりは角度 ϕ が $\phi=0^\circ$ で、角度 θ が $\theta=2^\circ$ であることと、

反射ミラー700で左右が反転するために、レーザ光L1～L6のビームスポットは、図18の(a)が示すように横軸の値が増加すると縦軸の値が増加している。つまり、図18の(a)においては、レーザ光L1～L6のそれぞれのビームスポットは、右肩上がりの形状となっている。

[0139] また、図18の(b)が示すように、レーザ光L1～L6は集光レンズ800により集光され、光ファイバ550の入射面ではレーザ光L1～L6は一塊のビームスポットとなっている。この一塊のビームスポットは、図18の(a)と同じく右肩上がりであり、その長径は光ファイバ550のコア径Dを超えるサイズである。このためレーザ光L1～L6の一部はコア550aの外側に集光されるが、レーザ光L1～L6の大部分はコア550aに集光される。つまりレーザ光L1～L6は、コア550aに結合される。

[0140] ここで、本実施の形態において、図19Aを用いて本実施の形態に係る第1シリンドリカルレンズ110を被設置平面に対して傾斜させた場合の効果と影響とを、角度 θ および角度 β の値に対して説明する。

[0141] 図19Aは、本実施の形態に係る第1シリンドリカルレンズ110を被設置平面に対して傾斜させた半導体レーザ装置1において、第1シリンドリカルレンズ110を被設置平面に沿って移動させた場合の結合効率の変化が、シミュレーションにより計算された結果を示す図である。図19Bは、本実施の形態に係る角度 θ および β が変化した場合の結合効率の最大値がシミュレーションにより計算された結果を示す図である。

[0142] 図19Aに示すシミュレーションにおいて、光源モジュールとして、図17のNo. 1の条件のものを用いている。つまり、発光領域201の幅 W_s が $50\mu\text{m}$ 及びコア径Dが $50\mu\text{m}$ の条件である。また角度 ϕ は $\phi=0^\circ$ である。そして、光源モジュールにおいて、6個の第1シリンドリカルレンズが最適位置からz軸負方向に $1\mu\text{m}$ ずれたと仮定している。すなわち $d_1=1\mu\text{m}$ を調整開始位置と仮定している。このとき、角度 θ および β が $\theta=\beta=0^\circ$ のとき、つまり比較例に係る光源モジュールにおいては、図17に示すように結合効率は0.4程度と小さくなる。この状態において、比較例の

第1シリンドリカルレンズ、つまりFACレンズ110xをx軸方向に移動させても結合効率は変化せずに低いままである。

[0143] 一方で、本実施の形態に係る角度 β を0より大きく、具体的には角度 β を0.5°、1°、2°とするとともに、第1シリンドリカルレンズ110をx軸方向に移動させる場合の結合効率の変化が図19Aに記載されている。このとき角度 ϕ は0°、つまり角度 β および θ は、 $\beta = \theta$ である。角度 β がいずれの場合も、調整開始位置、つまり移動量0 μ mのときは結合効率が0.4程度であるが、x軸正方向に移動させることにより結合効率が向上する。そして、角度 β が2°のときは、x軸正方向に約29 μ m移動させることで、結合効率は0.7まで回復する。角度 β が1°のときは、x軸正方向に約57 μ m移動させることで、結合効率が0.9以上まで回復する。さらに角度 β が0.5°のときは、x軸正方向に約120 μ m移動させることで、結合効率が約0.98まで回復する。つまり角度 β を0°より大きくし、レンズ部100（第1シリンドリカルレンズ110）をx軸方向に移動させることで、母線115と発光領域201とのz軸方向ズレdを変化させ、結合効率を向上させることができる。

[0144] また、各々の角度で、結合効率が最大になる点から、結合効率がその最大値の90%になるx軸方向の範囲は、角度 β が2°のときは $\pm 10\mu$ m以上であり、角度 β が1°のときは $\pm 20\mu$ m以上であり、角度 β が0.5°のときは $\pm 30\mu$ m以上である。つまり、本実施の形態においては、第1シリンドリカルレンズ110のx軸方向の移動を第1シリンドリカルレンズ110のz軸方向の移動に変換するとともに、 $\Delta z / \Delta x$ を小さくすることができる。このため、レンズ部100が意図せず移動しても、第1シリンドリカルレンズ110のz軸方向の位置の変化量を緩やかにすることができる。したがって、第1シリンドリカルレンズ110を固定する際にx軸方向に数 μ m程度ずれたとしても、図17に示す比較例の光源モジュールのFACレンズ110xと比較して、結合効率の低下量を小さくすることができる。

[0145] 図19Bにおいて、発光領域201の幅 W_s が50 μ m及びコア径Dが5

0 μm の条件と、発光領域 201 の幅 W_s が 50 μm 及びコア径 D が 70 μm の条件と、発光領域 201 の幅 W_s が 100 μm 及びコア径 D が 100 μm の条件とで、結合効率の最大値が計算されている。また、いずれの条件においても比較例 ($\theta = \beta = 0^\circ$) の結合効率の最大値を 1 として規格化がされている。

[0146] 図 19B が示すように、いずれの条件においても角度 β が増加するに従って、結合効率が低下する。しかしながら、角度 β が 0° から 2° までの範囲であれば、結合効率は 0.7 から 0.9 程度を示す。一方、図 17 に示す比較例においては、FAC レンズ 110x が最適位置から z 軸負方向に数 μm ずれただけで結合効率が 0.4 以下と急激に低下する。

[0147] したがって角度 β を、例えば 0.5° から 2° までの間に設定するなど、最適な角度 β が用いられることで、高い結合効率を示す半導体レーザ装置 1 が実現される。

[0148] また本実施の形態に係る光源モジュール 10 の製造方法は以下のとおりである。

[0149] まず、ケース 501 が準備される。ケース 501 内に階段基台 510 と集光レンズ 800 と、光ファイバ 550 と、ブーツ 551 とが設置される。階段基台 510 上に複数の半導体レーザ装置 1~6 が固定される。階段基台 510 上に複数のスロー軸コリメータレンズ 600 (SAC レンズ 600) と、複数の反射ミラー 700 とが仮設置される。

[0150] 半導体レーザ装置 1~6 がリードピン 552 で配線接続される。半導体レーザ装置 1~6 が駆動されながら SAC レンズ 600 と反射ミラー 700 とのそれぞれの x 軸方向の位置及び y 軸方向の位置が動かされ、光ファイバ 550 に入射する光量が最大になるように (結合効率が最大になるように) 調整しながら固定される (つまりは、アクティブアライメントがおこなわれる)。ケース 501 が蓋を閉められたのちにケース 501 が封止される。この一般的な製造方法では被設置平面がすべて xy 平面に平行であり、 z 軸方向の高さ及び角度調整が行われないので、各部品の光学的精度がそのまま直接

結合効率に寄与することになっている。

[0151] 以下、実施の形態 1 の変形例 1 ～ 4 について説明する。以下では、実施の形態 1 との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0152] [実施の形態 1 の変形例 1]

図 20 は、実施の形態 1 の変形例 1 に係る半導体レーザ装置 1 a の構成を示す正面図である。より具体的には、図 20 の (a) は半導体レーザ装置 1 a が備えるレンズ部 100 a が移動する前の正面図であり、図 20 の (b) はレンズ部 100 a が移動した後の正面図である。

[0153] 本変形例に係る半導体レーザ装置 1 a は、レンズ部 100 にかえてレンズ部 100 a を備える点、及び、さらに固定部材 300 を備える点を除いて、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 1 と同じ構成を備える。

[0154] レンズ部 100 a は、支持部材 120 a と、第 1 シリンドリカルレンズ 110 とを有する部材である。支持部材 120 a は、実施の形態 1 に係る第 1 支持部材 121 により構成されている。

[0155] 固定部材 300 は、レンズ部 100 a が固定される被設置平面である第 3 上面を有する部材である。固定部材 300 は、第 1 固定部材 310 と第 2 固定部材 320 とを有する部材である。第 1 固定部材 310 と第 2 固定部材 320 とは、直方体形状を有し、ここでは互いに同じ形状を有する。第 1 固定部材 310 は、直方体形状の z 軸正側の面である上面 311 を含む。第 2 固定部材 320 は、直方体形状の z 軸正側の面である上面 321 を含む。上面 311 及び上面 321 は、x y 平面と平行な面であり、同一平面上に位置する。第 1 固定部材 310 の上面 311 及び第 2 固定部材 320 の上面 321 とで、レンズ部 100 a が固定される被設置平面である第 3 上面を構成する。つまり、上面 311 及び上面 321 がレンズ部 100 a の支持部材 120 a と接合され、より具体的には、第 1 支持部材 121 の下面 1212 と接合される。また、第 1 固定部材 310 と第 2 固定部材 320 とは z 軸方向に同じ高さであるため、第 1 被設置平面は活性層と平行である。つまり、活性層は、第 1 被設置平面に対して平行である。

[0156] また、設置平面とは、レンズ部100aが被設置平面（上面311及び321）に接合される面であり、本変形例においては、第1支持部材121の下面1212である。

[0157] 第1固定部材310及び第2固定部材320は、例えば、ガラス若しくはシリコンなどの半導体材料の基板を部分エッチング、研磨又は切断などの加工することで構成される。また、Fe又はFe合金などの金属などで構成されてもよく、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Si_3N_4 若しくはAlNなどのセラミックなどで構成されてもよい。

[0158] 本変形例において、2つの第2接合部材233（不図示）は、サブマウント230の第1上面231と固定部材300とを接合するための層である。つまりは、第1固定部材310の下面及び第2固定部材320の下面は、それぞれ第2接合部材233と接する。

[0159] また、本変形例においても、母線115と、活性層とのなす角度 θ は、 $0^\circ < |\theta| < 22.5^\circ$ を満たす。

[0160] 続いて、製造方法について説明する。本変形例に係る配置ステップでは、レンズ部100aと固定部材300とが接合される前に、固定部材300（第1固定部材310及び第2固定部材320）はサブマウント230に接合されている。

[0161] また、本変形例に係るアライメントステップは、以下のように行われる。

[0162] アライメントステップは、レンズ部100aを、被設置平面（上面311及び321）に平行な互いに直交する2つの方向に移動させる工程である。ここでは、被設置平面（上面311及び321）は、xy平面と平行であることから、レンズ部100aがx軸方向及びy軸方向に移動されることができ。例えば、図20の（a）が示すレンズ部100aに比べて、図20の（b）が示すレンズ部100aは、よりx軸正方向へ移動している。

[0163] 実施の形態1と同様に、本変形例に係るアライメントステップでは、レンズ部100aは被設置平面（上面311及び321）に沿って移動されることができ、ここでは、レンズ部100aの設置平面（第1支持部材121の

下面 1 2 1 2) が被設置平面 (上面 3 1 1 及び 3 2 1) に対して移動する。

[0164] このように、アライメントステップでは、レンズ部 1 0 0 a が一体となって、移動されることができる。つまり、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 及び支持部材 1 2 0 a (第 1 支持部材 1 2 1) の位置関係が固定された状態で、レンズ部 1 0 0 a の全体が移動されることができる。

[0165] 変形例 1 においても、実施の形態 1 で示した効果と同様に、レンズ部 1 0 0 a の x 軸方向の位置を変化させることで、母線 1 1 5 と発光領域 2 0 1 との z 軸方向ズレ d を変化させ、結合効率を向上させることができる。またレンズ部 1 0 0 a の x 軸方向の位置が製造設備によって調整された場合に、x 軸方向の位置は製造設備精度に等しい精度で調整され、z 軸方向の位置は製造設備精度よりも高い精度で調整されることができる。

[0166] [実施の形態 1 の変形例 2]

図 2 1 は、実施の形態 1 の変形例 2 に係る半導体レーザ装置 1 b の構成を示す正面図である。より具体的には、図 2 1 の (a) は半導体レーザ装置 1 b が備えるレンズ部 1 0 0 b が移動する前の正面図であり、図 2 1 の (b) はレンズ部 1 0 0 b が移動した後の正面図である。

[0167] 本変形例に係る半導体レーザ装置 1 b は、レンズ部 1 0 0 にかえてレンズ部 1 0 0 b を備える点を除いて、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 1 と同じ構成を備える。

[0168] レンズ部 1 0 0 b は、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 b と、支持部材 1 2 0 b とを有する部材である。ここで、図 2 2 及び図 2 3 を用いて第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 b 及び支持部材 1 2 0 b について説明する。

[0169] 図 2 2 は、本変形例に係る第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 b の形状を示す図である。より具体的には、図 2 2 の (a) は第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 b の斜視図であり、図 2 2 の (b) は第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 b の正面図である。図 2 3 は、本変形例に係るレンズ部 1 0 0 b の分解斜視図である。

[0170] 図 2 2 が示すように、本変形例に係る第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 b

は、実施の形態 1 に係る第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 の第 1 側面 1 1 1 又は第 2 側面 1 1 2 のいずれかが、付加又は除去により傾斜面が形成される。本変形例では第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 の第 1 側面 1 1 1 側の一部が切り取られた場合について説明する。第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 及び第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 b は、それぞれ、母線 1 1 5 と垂直な第 3 側面 1 1 3、及び、第 3 側面 1 1 3 に背向し母線 1 1 5 と垂直な第 4 側面 1 1 4 を有している。なお、第 3 側面 1 1 3 及び第 4 側面 1 1 4 は母線 1 1 5 と垂直でなくても良い。第 3 側面 1 1 3 及び第 4 側面 1 1 4 は、平行であれば、長いシリンドリカルレンズから同形状の複数の第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 b を切り出すときに加工ロスが少ない。

[0171] ここで、図 2 2 の (a) では、一部が切り取られる前の第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 の形状が破線で示され、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 b が実線で示される。第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 b は母線 1 1 5 に対して傾斜する第 1 側面 1 1 1 b (傾斜側面) を有する。図 2 2 の (b) は、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 b の正面図である。第 1 側面 1 1 1 b は、第 3 側面 1 1 3 と第 4 側面 1 1 4 と接続される。第 1 側面 1 1 1 b は切断面であってもよい。なお、第 2 側面 1 1 2 は、傾斜側面 (第 1 側面 1 1 1 b) に背向する背向側面である。

[0172] 第 1 側面 1 1 1 b は、平面形状であり、母線 1 1 5 及び第 2 側面 1 1 2 とは平行ではなく、つまり、母線 1 1 5 に対して傾斜している。また、第 1 側面 1 1 1 b は、レーザ光の進行方向である y 軸方向には平行である。また、被設置平面に対向する側に、母線 1 1 5 に対して傾いた傾斜側面である第 1 側面 1 1 1 b が配置される。第 1 側面 1 1 1 b は、正面視では母線 1 1 5 よりも z 軸正側に位置し、第 3 側面 1 1 3、第 4 側面 1 1 4、出射面 1 1 6 及び入射面 1 1 7 と接続される面である。

[0173] さらに、図 2 3 が示すように、支持部材 1 2 0 b は、第 1 支持部材 1 2 1 b と、第 2 支持部材 1 2 2 と、第 3 支持部材 1 2 3 とを有する部材である。

[0174] 第 1 支持部材 1 2 1 b は、x y 平面に平行な下面 1 2 1 1 b を含む部材で

ある。

[0175] 第2支持部材122及び第3支持部材123は、z軸正側の面で第1支持部材121bの下面1211bと接合される。

[0176] 支持部材120bは接合面を含み、当該接合面とは、支持部材120bが第1シリンドリカルレンズ110bと接合される面である。本変形例においては、第1支持部材121bの下面1211bが接合面である。

[0177] 本変形例において、接合面（下面1211b）は、第1シリンドリカルレンズ110bの第1側面111bに接合する。従って、第1側面111bはxy平面と平行な面となる。このように、傾斜側面である第1側面111bは、接合面である下面1211bに設置される。

[0178] 本変形例においても、実施の形態1と同じく、被設置平面がサブマウント230の第1上面231、設置平面が第2支持部材122の下面1221及び第3支持部材123の下面1231である。また、半導体レーザ素子200の活性層と、被設置平面（第1上面231）と、設置平面（下面1221及び下面1231）と、接合面（下面1211b）と、第1側面111bとは、xy平面と平行な面となる。

[0179] 上記の通り、本変形例に係る第1側面111bは、母線115に対して傾斜していることから、母線115は、被設置平面（第1上面231）及び活性層に対して傾斜している。母線115と被設置平面（第1上面231）とのなす角度 β は、 $0^\circ < |\beta| < 22.5^\circ$ 、母線115と活性層とのなす角度 θ は、 $0^\circ < |\theta| < 22.5^\circ$ を満たす。本変形例では角度 ϕ は 0° である。

[0180] また、本変形例に係るアライメントステップは、以下のように行われる。

[0181] アライメントステップは、レンズ部100bを、被設置平面（第1上面231）に平行な互いに直交する2つの方向に移動させる工程である。ここでは、被設置平面（第1上面231）は、xy平面と平行であることから、レンズ部100bがx軸方向及びy軸方向に移動されることができる。例えば、図21の（a）が示すレンズ部100bに比べて、図21の（b）が示す

レンズ部１００ｂは、よりｘ軸正方向へ移動している。

[0182] 実施の形態１と同様に、本変形例に係るアライメントステップでは、レンズ部１００ｂは被設置平面（第１上面２３１）に沿って移動されることができ、ここでは、レンズ部１００ｂの設置平面（下面１２２１及び下面１２３１）が被設置平面（第１上面２３１）に対して移動する。

[0183] このように、アライメントステップでは、レンズ部１００ｂが一体となって、移動されることができる。つまり、第１シリンドリカルレンズ１１０ｂ及び支持部材１２０ｂの位置関係が固定された状態で、レンズ部１００ｂの全体が移動されることができる。

[0184] 変形例２においても、実施の形態１で示した効果と同様に、レンズ部１００ｂのｘ軸方向の位置を変化させることで、母線１１５と発光領域２０１とのｚ軸方向ズレｄを変化させ、結合効率を向上させることができる。またレンズ部１００ｂのｘ軸方向の位置が製造設備によって調整された場合に、ｘ軸方向の位置は製造設備精度に等しい精度で調整され、ｚ軸方向の位置は製造設備精度よりも高い精度で調整されることができる。

[0185] [実施の形態１の変形例３]

図２４は、実施の形態１の変形例３に係る半導体レーザ装置１ｃの構成を示す正面図である。より具体的には、図２４の（ａ）は半導体レーザ装置１ｃが備えるレンズ部１００ｃが移動する前の正面図であり、図２４の（ｂ）はレンズ部１００ｃが移動した後の正面図である。

[0186] 本変形例に係る半導体レーザ装置１ｃは、レンズ部１００にかえてレンズ部１００ｃを備える点、及び、さらに固定部材３００を備える点を除いて、実施の形態１に係る半導体レーザ装置１と同じ構成を備える。

[0187] レンズ部１００ｃは、支持部材１２０ｃと、第１シリンドリカルレンズ１１０ｂとを有する部材である。支持部材１２０ｃは、ｘｙ平面に平行な下面１２１２を含む板状部と、ｘｙ平面に平行な下面１２１１ｃを含む凸状部を含む部材である。凸状部が含む下面１２１１ｃは、板状部が含む下面１２１２よりも、ｚ軸負側に突出している。支持部材１２０ｃがｘ軸方向に見られ

ると、支持部材 120c は、L 字型の形状を有している。

[0188] 本変形例において、被設置平面は第 1 固定部材 310 の上面 311 及び第 2 固定部材 320 の上面 321 である。そして第 1 固定部材 310 と第 2 固定部材 320 とは、z 軸方向に同じ高さであるため、第 1 被設置平面は活性層と平行である。つまり、活性層は、第 1 被設置平面に対して平行である。設置平面は支持部材 120c の下面 1212 である。また、半導体レーザ素子 200 の活性層と、被設置平面（上面 311 及び 321）と、設置平面（下面 1212）と、接合面（下面 1211c）と、第 1 側面 111b とは、x y 平面と平行な面となる。

[0189] 本変形例においても、母線 115 は、被設置平面（上面 311 及び 321）及び活性層に対して傾斜しており、母線 115 と被設置平面（上面 311 及び 321）とのなす角度 β は、 $0^\circ < |\beta| < 22.5^\circ$ を満たし、母線 115 と活性層とのなす角度 θ は、 $0^\circ < |\theta| < 22.5^\circ$ を満たす。

[0190] また、本変形例に係るアライメントステップは、以下のように行われる。

[0191] ここでは、被設置平面（上面 311 及び 321）は、x y 平面と平行であることから、レンズ部 100c が x 軸方向及び y 軸方向に移動されることができる。例えば、図 24 の（a）が示すレンズ部 100c に比べて、図 24 の（b）が示すレンズ部 100c は、より x 軸正方向へ移動している。

[0192] 実施の形態 1 と同様に、本変形例に係るアライメントステップでは、レンズ部 100c は被設置平面（上面 311 及び 321）に沿って移動されることができ、ここでは、レンズ部 100c の設置平面（支持部材 120c の下面 1212）が被設置平面（上面 311 及び 321）に対して移動する。

[0193] このように、アライメントステップでは、レンズ部 100c が一体となって、移動されることができる。つまり、第 1 シリンドリカルレンズ 110b 及び支持部材 120c の位置関係が固定された状態で、レンズ部 100c の全体が移動されることができる。

[0194] 変形例 3 においても、実施の形態 1 で示した効果と同様に、レンズ部 100c の x 軸方向の位置を変化させることで、母線 115 と発光領域 201 と

の z 軸方向ズレ d を変化させ、結合効率を向上させることができる。またレンズ部100cの x 軸方向の位置が製造設備によって調整された場合に、 x 軸方向の位置は製造設備精度に等しい精度で調整され、 z 軸方向の位置は製造設備精度よりも高い精度で調整されることができるとよい。

[0195] [実施の形態1の変形例4]

図25は、実施の形態1の変形例4に係る半導体レーザ装置1dの構成を示す正面図である。

[0196] 本変形例に係る半導体レーザ装置1dは、主に、サブマウント230にかえてサブマウント230dを備える点を除いて、実施の形態1に係る半導体レーザ装置1と同じ構成を備える。

[0197] 図26は、図25の領域XXV Iにおける第2支持部材122の周囲が拡大された正面図である。より具体的には、図26の(a)はレンズ部100が移動する前の正面図であり、図26の(b)はレンズ部100が移動した後の正面図であり、図26の(c)はレンズ部100の位置が固定されレンズ部100が接合された後の正面図である。また、図26では簡単のため、第2支持部材122とサブマウント230dとを主に図示する。

[0198] まずは、図26の(a)を用いて、サブマウント230dについて説明する。

[0199] サブマウント230dは、下記に記載の内容を除いてサブマウント230と同じ構成を有する。サブマウント230dには、第2接合部材233dが埋め込まれるための窪み2351及び2352が設けられている。本変形例において、窪み2351及び2352は、 y 軸方向に延びる溝形状であるといよい。

[0200] サブマウント230dには、窪みが1以上設けられているといよい。また、正面視で、窪みは第2支持部材122および第3支持部材123の端を横切るように設けられるといよい。例えば、1つの窪み2352が第2支持部材122の x 軸正側の端の下方、及び、1つの窪み2351が x 軸負側の端の下方の両方に、設けられているといよい。そして、窪み2351の一部は第2支

持部材 1 2 2 の下方に配置され、窪み 2 3 5 1 の他の一部は第 2 支持部材 1 2 2 の下方に対して横方向（x 軸負方向）に配置される。同様に、窪み 2 3 5 2 の一部は第 2 支持部材 1 2 2 の下方に配置され、窪み 2 3 5 2 の他の一部は第 2 支持部材 1 2 2 の下方に対して横方向（x 軸正方向）に配置される。

[0201] さらに、第 1 上面 2 3 1（下地層 2 3 2 の上面）は、支持面 2 3 1 1 を有する。支持面 2 3 1 1 は、第 1 上面 2 3 1（下地層 2 3 2 の上面）の一部であり、2 つの第 2 接合部材 2 3 3 d のそれぞれの上面の間に位置する面である。支持面 2 3 1 1 は、第 2 支持部材 1 2 2 の下面 1 2 2 1 を支持する。ここで、支持面 2 3 1 1 は被設置平面であり、下面 1 2 2 1 は設置平面である。そして支持面 2 3 1 1 は、下面 1 2 2 1 と接する。そして、窪み 2 3 5 2 および窪み 2 3 5 1 は、サブマウント 2 3 0 d と第 2 支持部材 1 2 2 とで閉じられた空間とはならず、外部とつながっている。

[0202] 窪み 2 3 5 1 及び 2 3 5 2 は、具体的には、以下のように形成される。サブマウント 2 3 0 d の基材 2 3 6 d の第 1 上面 2 3 1 側に、例えば T i、P t、A u などの金属から保護金属膜を形成し、その後、パターニングされた所定の厚みの例えば、C u、N i、A u などで構成される金属層（つまりは下地層 2 3 2）が形成される。つまり、窪み 2 3 5 1 及び 2 3 5 2 の上部は、金属層（つまりは下地層 2 3 2）の上面と同じ高さであり、窪み 2 3 5 1 及び 2 3 5 2 の下部は保護金属膜もしくは基材 2 3 6 d の上面に接している。

[0203] そして、図 2 6 が示すように、サブマウント 2 3 0 d の当該窪み 2 3 5 1 及び 2 3 5 2 に、サブマウント 2 3 0 d と第 2 支持部材 1 2 2 とを接合するための第 2 接合部材 2 3 3 d が埋め込まれている。第 2 接合部材 2 3 3 は、例えば、S u A g C u などの半田材料である。図 2 6 の（c）が示すように、2 つの窪み 2 3 5 1 及び 2 3 5 2 に埋め込まれた 2 つの第 2 接合部材 2 3 3 d のそれぞれ上面の一部は、第 2 支持部材 1 2 2 の下面 1 2 2 1 と接する。

- [0204] なお、サブマウント 230 d は、第 3 支持部材 123 の下方においても同様の構成を有している。
- [0205] さらに、第 2 支持部材 122 の下面 1221 及び第 3 支持部材 123 の下面 1231 は、表面に、例えば、Au などの膜が形成され、第 2 接合部材 233 d に対して濡れ性の高い表面となっている。
- [0206] また、本変形例に係る製造方法は、以下のように行われる。
- [0207] 図 26 の (a) が示す配置ステップでは、レンズ部 100 がサブマウント 230 d の所定の位置に配置される。そして、被設置平面（支持面 2311）が下面 1221 と接する。このとき、第 2 接合部材 233 d の上面は、支持面 2311 より少し下方（z 軸負方向）に配置されるのがよい。そして図 26 の (b) が示すアライメントステップでは、レンズ部 100 が例えば x 軸正方向（白抜き矢印方向）に移動する。このとき、支持面 2311 が下面 1221 を支持し、一部もしくは全部が接して移動するため、z 軸方向に第 2 支持部材 122 の位置ずれが起こりにくい。第 3 支持部材 123 においても同様である。このため、本変形例では、アライメントステップにおいて、レンズ部 100 が有する第 1 シリンドリカルレンズ 110 の z 軸方向の位置ずれが起こりにくい。
- [0208] さらに、図 26 の (c) が示す固定ステップにおいて、第 2 接合部材 233 d が溶融した後に硬化することで、レンズ部 100 の位置が固定され接合される。このとき、支持面 2311 と下面 1221 は、一部若しくは全部が接した状態で、第 2 接合部材 233 d が溶融し硬化する。つまりは、z 軸方向に第 2 支持部材 122 の位置ずれが起こりにくい。より具体的には、第 2 接合部材 233 d は溶融することで体積膨張するとともに流動する。溶融した第 2 接合部材 233 d は、窪み 2351 および 2352 の側面から第 2 支持部材 122 の下面 1221 へと濡れ広がる。このとき、第 2 接合部材 233 d は体積膨張しても、窪み 2351 及び 2352 は閉じられた空間でないため、支持面 2311 と下面 1221 との間に入り込み、支持面 2311 と下面 1221 とが離れることがない。同時に、サブマウント 230 d と第 2

支持部材 1 2 2 との間の窪み 2 3 5 1 及び 2 3 5 2 に配置された第 2 接合部材 2 3 3 d により、サブマウント 2 3 0 d に対して、第 2 支持部材 1 2 2 及び第 3 支持部材 1 2 3 が強固に固定される。

[0209] 例えば、ここで、検討例について説明する。

[0210] 図 2 7 は、検討例に係る半導体レーザ装置 1 y の正面図である。より具体的には、図 2 7 は、図 2 6 の拡大図に相当する半導体レーザ装置 1 y を示す図である。

[0211] 半導体レーザ装置 1 y は、主に、第 2 支持部材 1 2 2 の下面 1 2 2 1 及び第 3 支持部材 1 2 3 の下面 1 2 3 1 のそれぞれとサブマウント 2 3 0 の第 1 上面 2 3 1 との間に、半田層である第 2 接合部材 2 3 3 y が設けられている点が、半導体レーザ装置 1 と異なる。

[0212] 図 2 7 の (a) はレンズ部 1 0 0 が固定される前の正面図であり、図 2 7 の (b) はレンズ部 1 0 0 の位置が固定されレンズ部 1 0 0 が接合された後の正面図である。

[0213] 検討例に係る半導体レーザ装置 1 y においては、変形例 4 に係る半導体レーザ装置 1 d とは異なり、支持面 2 3 1 1 が設けられておらず、第 1 上面 2 3 1 と下面 1 2 2 1 とが接していない。そのため、第 2 接合部材 2 3 3 y が溶融したときに、第 2 支持部材 1 2 2 が支持されず、第 2 支持部材 1 2 2 が第 2 接合部材 2 3 3 y に押し付けられた状態で、第 2 支持部材 1 2 2 が固定される。このため、第 2 接合部材 2 3 3 y の厚みが増加し、第 2 支持部材 1 2 2 (つまりはレンズ部 1 0 0) の z 軸方向の位置ずれが起こる。

[0214] 上記説明したように、変形例 4 に係る半導体レーザ装置 1 d においては、第 2 接合部材 2 3 3 d が溶融したときに、支持面 2 3 1 1 が第 2 支持部材 1 2 2 を支持し、第 1 上面 2 3 1 と下面 1 2 2 1 とが一部もしくは全部が接する。このため、第 1 上面 2 3 1 に対して下面 1 2 2 1 の位置が下方に移動しない。つまりは、第 2 支持部材 1 2 2 の位置が z 軸方向にずれにくい。従って、このような半導体レーザ装置 1 d を備える光源モジュールにおいては、半導体レーザ素子 2 0 0 から出射されたレーザ光 L 1 と光ファイバ 5 5 0 と

の結合効率が高くなるように、レンズ部 100（第 1 シリンドリカルレンズ 110）が調整されることが容易である。つまりは、結合効率の高い光源モジュールが実現される。

[0215] [効果など]

実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 1 は、レーザ光 L1 を出射する半導体レーザ素子 200 と、第 1 シリンドリカルレンズ 110 及び設置平面（下面 1221 及び下面 1231）を有するレンズ部 100 と、を備える。半導体レーザ素子 200 は、活性層を有する。第 1 シリンドリカルレンズ 110 は、レーザ光 L1 が入射し、ファスト軸方向にレーザ光 L1 の拡がり角を小さくする。設置平面が第 1 被設置平面（第 1 上面 231）に固定される。第 1 シリンドリカルレンズ 110 の母線 115 は、第 1 被設置平面に対して傾斜している。母線 115 と活性層とのなす角度 θ は、 $|\theta| < 22.5^\circ$ である。特に本実施の形態においては、 $0^\circ < |\theta| < 22.5^\circ$ である。

[0216] 半導体レーザ装置 1 において、母線 115 が被設置平面（第 1 上面 231）に対して傾斜しているので、レンズ部 100 を被設置平面（第 1 上面 231）に沿って、x 軸方向に移動させることで、レンズ部 100 の z 軸方向の位置を調整されることができる。

[0217] このような半導体レーザ装置 1 においては、図 19A が示すように、光源モジュール 10 の結合効率を高めるためにレンズ部 100（第 1 シリンドリカルレンズ 110）の位置が調整されることが容易である。つまりは、光源モジュール 10 がこの半導体レーザ装置 1 を備えると、結合効率の高い光源モジュール 10 が実現される。

[0218] 実施の形態 1 においては、母線 115 と、第 1 被設置平面（第 1 上面 231）とのなす角度 β は、 $0^\circ < |\beta| < 45^\circ$ である。また、母線 115 と設置平面（下面 1221 及び下面 1231）とのなす角度 β は、 $0^\circ < |\beta| < 22.5^\circ$ である。

[0219] これにより、レンズ部 100 の z 軸方向の位置をより精密に調整されることができる。

[0220] 実施の形態1においては、母線115と、第1被設置平面（第1上面231）とのなす角度 β は、 $0.5^\circ \leq |\beta| \leq 2^\circ$ であるとよい。また、母線115と、設置平面（下面1221及び下面1231）とのなす角度 β は、 $0.5^\circ \leq |\beta| \leq 2^\circ$ であるとよい。

[0221] これにより、レンズ部100のz軸方向の位置をさらに精密に調整されることができる。

[0222] 実施の形態1に係る半導体レーザ装置1は、レーザ光L1を出射する半導体レーザ素子200と、第1シリンドリカルレンズ110及び設置平面（下面1221及び下面1231）を有するレンズ部100と、を備える。半導体レーザ素子200は、活性層を有する。第1シリンドリカルレンズ110は、レーザ光L1が入射し、ファスト軸方向にレーザ光L1の拡がり角を小さくする。設置平面が第1被設置平面（第1上面231）に固定される。第1シリンドリカルレンズ110の母線115は、設置平面に対して傾斜している。母線115と活性層とのなす角度 θ は、 $|\theta| < 22.5^\circ$ である。特に本実施の形態においては、 $0^\circ < |\theta| < 22.5^\circ$ である。

[0223] 半導体レーザ装置1において、母線115が設置平面（下面1221及び下面1231）に対して傾斜しているので、レンズ部100の設置平面（下面1221及び下面1231）を被設置平面（第1上面231）に沿って、x軸方向に移動させることで、レンズ部100のz軸方向の位置を調整されることができる。

[0224] このような半導体レーザ装置1においては、図19Aが示すように、光源モジュール10の結合効率を高めるためにレンズ部100（第1シリンドリカルレンズ110）の位置が調整されることが容易である。つまりは、光源モジュール10がこの半導体レーザ装置1を備えると、結合効率の高い光源モジュール10が実現される。

[0225] 実施の形態1においては、母線115と、設置平面（下面1221及び下面1231）とのなす角度 β は、 $0^\circ < |\beta| < 45^\circ$ である。

[0226] これにより、レンズ部100のz軸方向の位置をより精密に調整されること

ができる。

- [0227] 実施の形態1においては、母線115と、設置平面（下面1221及び下面1231）とのなす角度 β は、 $0.5^{\circ} \leq |\beta| \leq 2^{\circ}$ である。
- [0228] これにより、レンズ部100のz軸方向の位置をさらに精密に調整されることができる。
- [0229] 実施の形態1の変形例4においては、設置平面（下面1221）と第1被設置平面（支持面2311）とが、一部又は全部接している。
- [0230] これにより、例えば、固定ステップにおいて、第2支持部材122の位置がz軸方向にずれにくい。
- [0231] 実施の形態1の変形例4においては、第1被設置平面（支持面2311）に一つ又は複数の窪み（例えば窪み2351及び2352）が設けられている。
- [0232] これにより、例えば窪み2351及び2352に第2接合部材233dが埋め込まれ、サブマウント230dに対して、第2支持部材122及び第3支持部材123が強固に固定される。
- [0233] 実施の形態1に係る半導体レーザ装置1においては、活性層は、第1被設置平面（支持面2311）に対して平行である。
- [0234] これにより、角度 θ と角度 β とが同じ値となる半導体レーザ装置1を実現することができる。
- [0235] 実施の形態1に係る半導体レーザ装置1においては、活性層は、設置平面（下面1221及び下面1231）に対して平行である。
- [0236] これにより、角度 θ と角度 β とが同じ値となる半導体レーザ装置1を実現することができる。
- [0237] 実施の形態1に係る半導体レーザ装置1は、第1上面231を有するサブマウント230を備え、半導体レーザ素子200は、第1上面231の上方に設置される。
- [0238] これによりサブマウント230の上方に半導体レーザ素子200が設置された半導体レーザ装置1を実現することができる。

[0239] 実施の形態１に係る半導体レーザ装置１は、第１被設置平面は、第１上面２３１である。

[0240] これにより、サブマウント２３０が有する第１上面２３１を被設置平面とすることができ、レンズ部１００が被設置平面（第１上面２３１）に沿って移動されることで、レンズ部１００（第１シリンダリカルレンズ１１０）の位置を容易に調整することができる。つまりは、光源モジュール１０がこの半導体レーザ装置１を備えると、結合効率の高い光源モジュール１０を実現することができる。

[0241] 実施の形態１の変形例１に係る半導体レーザ装置１ａにおいては、第１被設置平面（上面３１１及び３２１）は、活性層よりも上方に設置される。また、設置平面（下面１２１２）は、活性層よりも上方に設置される。

[0242] これにより、レンズ部１００ａが被設置平面（上面３１１及び３２１）に沿って移動されることで、レンズ部１００ａの位置を容易に調整することができる。つまりは、光源モジュールがこの半導体レーザ装置１ａを備えると、結合効率の高い光源モジュールを実現することができる。

[0243] 実施の形態１の変形例１に係る半導体レーザ装置１ａにおいては、設置平面（下面１２１２）は、活性層より上方に設置される。

[0244] これにより、レンズ部１００ａの設置平面（下面１２１２）が被設置平面（上面３１１及び３２１）に沿って移動されることで、レンズ部１００ａの位置を容易に調整することができる。つまりは、光源モジュールがこの半導体レーザ装置１ａを備えると、結合効率の高い光源モジュールを実現することができる。

[0245] 実施の形態１の変形例１に係る半導体レーザ装置１ａは、第１被設置平面（上面３１１及び３２１）を有する固定部材３００を備える。固定部材３００は、サブマウント２３０に固定される。

[0246] これにより、レンズ部１００ａが被設置平面（上面３１１及び３２１）に沿って移動されることで、レンズ部１００ａの位置を容易に調整することができる。つまりは、光源モジュールがこの半導体レーザ装置１ａを備えると

、結合効率の高い光源モジュールを実現することができる。

[0247] 実施の形態１に係る半導体レーザ装置１においては、レンズ部１００は、設置平面を備える支持部材１２０を備える。支持部材１２０は、第１シリンダリカルレンズ１１０が接合される接合面（下面１２１１）を備える。支持部材１２０は、第１被設置平面（第１上面２３１）に固定される。

[0248] これにより、第１シリンダリカルレンズ１１０が直接被設置平面（第１上面２３１）に接合されることはない。このため、アライメントステップにおいて、コレットが第１シリンダリカルレンズ１１０に触れずに、レンズ部１００の位置が調整されることができると、第１シリンダリカルレンズ１１０にコレット由来の汚れなどの異物が付着するなどの問題の発生が抑制される。

[0249] 実施の形態１に係る半導体レーザ装置１においては、第１シリンダリカルレンズ１１０は、母線１１５に平行な第１側面１１１、及び、第１側面１１１に背向し母線１１５に平行な第２側面１１２を有する。接合面（下面１２１１）は、母線１１５に平行であり、かつ、第１側面１１１又は第２側面１１２に接合する。

[0250] これにより、第１シリンダリカルレンズ１１０と支持部材１２０とが面（第１側面１１１）と面（接合面（下面１２１１））とで接合されることができると、例えば第１シリンダリカルレンズ１１０と支持部材１２０とが点と点とで接合される場合に比べて、ｚ軸方向の位置ずれが起こりにくい。

[0251] 実施の形態１の変形例２に係る半導体レーザ装置１ｂにおいては、第１シリンダリカルレンズ１１０ｂは、第１被設置平面に対向する側に母線１１５に対して傾いた傾斜側面（第１側面１１１ｂ）、及び、傾斜側面に背向する背向側面（第２側面１１２）を有する。傾斜側面は、接合面（下面１２１１ｂ）に設置される。

[0252] これにより、第１シリンダリカルレンズ１１０ｂと支持部材１２０ｂとが面（傾斜側面（第１側面１１１ｂ））と面（接合面（下面１２１１ｂ））とで接合されることができると、例えば第１シリンダリカルレンズ１１０ｂ

と支持部材 120b とが点と点とで接合される場合に比べて、z 軸方向の位置ずれが起こりにくい。

[0253] 実施の形態 1 に係る光源モジュール 10 は、上記の半導体レーザ装置を複数備える。より具体的には、実施の形態 1 に係る光源モジュール 10 は、半導体レーザ装置 1 と、それぞれが半導体レーザ装置 1 と同じ構成を有する半導体レーザ装置 2～6 とを備える。複数の半導体レーザ装置のそれぞれが備える半導体レーザ素子 200 から出射されるレーザ光は、合波される。

[0254] 上記の通り、半導体レーザ装置 1 はレーザ光 L1 の光軸精度が高い装置であり、同じ構成を有する半導体レーザ装置 2～6 のそれぞれもレーザ光 L2～L6 の光軸精度が高い装置である。従って、このような半導体レーザ装置 1 及び半導体レーザ装置 2～6 を備える光源モジュール 10 は、光ファイバ 550 に集光させるレンズに対して、複数のレーザ光 L1～L6 を空間的に重なることなく集めることができ、結合効率が高いモジュールである。

[0255] 実施の形態 1 に係る光源モジュール 10 は、複数の半導体レーザ装置を気密封止する気密パッケージを備える。

[0256] 実施の形態 1 においては、ケース 501 が気密パッケージに相当し、複数の半導体レーザ装置がケース 501 によって気密封止される。例えば半導体レーザ装置 1 の半導体レーザ素子 200、レンズ部 100 及び被設置平面（第 1 上面 231）に汚れなどの異物が付着すると、出射されるレーザ光 L1 の性能が劣化する可能性がある。

[0257] しかし、上記構成により、半導体レーザ素子 200、レンズ部 100 及び被設置平面（第 1 上面 231）が、汚れなどの異物から保護されるため、出射されるレーザ光 L1 の性能の劣化が抑制される。

[0258] 実施の形態 1 に係る製造方法は、光源モジュール 10 の製造方法である。光源モジュール 10 は、レーザ光 L1 を出射する半導体レーザ素子 200 と、第 1 被設置平面（第 1 上面 231）と、第 1 シリンドリカルレンズ 110 及び設置平面（下面 1221 及び下面 1231）を有するレンズ部 100 と、を備える。半導体レーザ素子 200 は、活性層を有する。第 1 シリンドリ

カルレンズ 110 はファスト軸方向にレーザ光 L1 の拡がり角を小さくする。設置平面は第 1 被設置平面に固定される。製造方法は、配置ステップと、アライメントステップと、固定ステップとを含む。配置ステップは、第 1 シリンドリカルレンズ 110 の母線 115 が第 1 被設置平面に対して傾斜するように、レンズ部 100 を第 1 被設置平面に配置する。アライメントステップは、半導体レーザ素子 200 から出射されたレーザ光 L1 を第 1 シリンドリカルレンズ 110 に入射させ、かつ、配置されたレンズ部 100 を、第 1 被設置平面に平行な互いに直交する 2 つの方向に移動させる。固定ステップは、移動されたレンズ部 100 を第 1 被設置平面に固定する。配置ステップにおいて、母線 115 と活性層とのなす角度 θ は、 $|\theta| < 22.5^\circ$ である。特に本実施の形態においては、 $0^\circ < |\theta| < 22.5^\circ$ である。

[0259] 光源モジュール 10 においては、母線 115 が被設置平面（第 1 上面 231）に対して傾斜している。このため、アライメントステップにおいて、レンズ部 100 を被設置平面（第 1 上面 231）に沿って、x 軸方向に移動させることで、レンズ部 100 の z 軸方向の位置を調整されることができる。

[0260] このような製造方法により製造された光源モジュール 10 においては、図 19A が示すように、光源モジュール 10 の結合効率を高めるためにレンズ部 100（第 1 シリンドリカルレンズ 110）の位置が調整されることが容易である。つまりは、このような製造方法により、結合効率の高い光源モジュール 10 が実現される。

[0261] 実施の形態 1 に係る製造方法は、光源モジュール 10 の製造方法である。光源モジュール 10 は、レーザ光 L1 を出射する半導体レーザ素子 200 と、第 1 被設置平面（第 1 上面 231）と、第 1 シリンドリカルレンズ 110 及び設置平面（下面 1221 及び下面 1231）を有するレンズ部 100 と、を備える。半導体レーザ素子 200 は、活性層を有する。第 1 シリンドリカルレンズ 110 はファスト軸方向にレーザ光 L1 の拡がり角を小さくする。設置平面は第 1 被設置平面に固定される。製造方法は、配置ステップと、アライメントステップと、固定ステップとを含む。配置ステップは、第 1 シ

リンドリカルレンズ 110 の母線 115 が設置平面に対して傾斜するように、レンズ部 100 を第 1 被設置平面に配置する。アライメントステップは、半導体レーザ素子 200 から出射されたレーザ光 L1 を第 1 シリンドリカルレンズ 110 に入射させ、かつ、配置されたレンズ部 100 を、第 1 被設置平面に平行な互いに直交する 2 つの方向に移動させる。固定ステップは、移動されたレンズ部 100 を第 1 被設置平面に固定する。配置ステップにおいて、母線 115 と活性層とのなす角度 θ は、 $|\theta| < 22.5^\circ$ である。特に本実施の形態においては、 $0^\circ < |\theta| < 22.5^\circ$ である。

[0262] 光源モジュール 10 においては、母線 115 が設置平面（下面 1221 及び下面 1231）に対して傾斜している。このため、アライメントステップにおいて、レンズ部 100 の設置平面（下面 1221 及び下面 1231）を被設置平面（第 1 上面 231）に沿って、x 軸方向に移動させることで、レンズ部 100 の z 軸方向の位置を調整されることができる。

[0263] このような製造方法により製造された光源モジュール 10 においては、図 19A が示すように、光源モジュール 10 の結合効率を高めるためにレンズ部 100（第 1 シリンドリカルレンズ 110）の位置が調整されることが容易である。つまりは、このような製造方法により、結合効率の高い光源モジュール 10 が実現される。

[0264] 実施の形態 1 に係る製造方法においては、アライメントステップでは、半導体レーザ素子 200 がレーザ光 L1 を出射しながら、レンズ部 100 を移動させる。

[0265] これにより、光源モジュール 10 においては、レンズ部 100（第 1 シリンドリカルレンズ 110）の位置を調整することが容易である。つまりは、このような製造方法により、結合効率の高い光源モジュール 10 が実現される。

[0266] 実施の形態 1 に係る製造方法においては、レンズ部 100 は、支持部材 120 を有する。支持部材 120 は、第 1 シリンドリカルレンズ 110 が接合される接合面（下面 1211）を備える。製造方法は、第 1 シリンドリカル

レンズ 110 が接合面（下面 1211）に接合される準備ステップをさらに備え、準備ステップが配置ステップの前に実施される。

[0267] これにより、準備ステップでは、第 1 シリンドリカルレンズ 110 が支持部材 120 に接合され、レンズ部 100 が形成される。配置ステップでは、第 1 シリンドリカルレンズ 110 と支持部材 120 とが接合され一体となったレンズ部 100 が第 1 被設置平面に配置されることができる。このため、より容易に配置ステップを実施することができる。

[0268] 実施の形態 1 に係る製造方法においては、活性層は、第 1 被設置平面（第 1 上面 231）に対して平行である。

[0269] これにより、例えば、角度 θ と角度 β とが同じ値となる光源モジュール 10 を実現することができる。

[0270] 実施の形態 1 に係る製造方法においては、活性層は、設置平面（下面 1221 及び下面 1231）に対して平行である。

[0271] これにより、例えば、角度 θ と角度 β とが同じ値となる光源モジュール 10 を実現することができる。

[0272] なお、上記において、支持部材 120 が、第 1 支持部材 121、第 2 支持部材 122 及び第 3 支持部材 123 の異なる部材で構成されたとしたがこれに限らない。支持部材 120 は同一の部材で一体に成型されても良い。また、レンズ部 100 として、第 1 シリンドリカルレンズ 110 と支持部材 120 とを異なる部材としたがこれに限らない。例えば、支持部材 120 をガラスで構成し、第 1 シリンドリカルレンズ 110 と一体に成型しても良い。

[0273] また、光源モジュール 10 の製造方法として、準備ステップにおいて、レーザユニット 20 を、ケース 501 の階段基台 510 の第 2 段 511b 上に固定するとしたが、これに限らない。準備ステップにおいては、少なくとも、レンズ部 100 と、レーザユニット 20 が製造され準備される。そして配置ステップの実施後に、仮の光学系を用いて、アライメントステップと固定ステップとを行い、レーザユニット 20 に対してレンズ部 100 の位置を調整し固定してもよい。このような準備ステップ、配置ステップ、アライメン

トステップ及び固定ステップで構成した半導体レーザ装置 1 をケース 5 0 1 の階段基台 5 1 0 の第 2 段 5 1 1 b 上に固定してもよい。

[0274] (実施の形態 2)

以下、実施の形態 2 について説明する。以下では、実施の形態 1 との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0275] [構成]

まず、実施の形態 2 に係る光源モジュール 1 0 f の構成について、図 2 8 を用いて説明する。

[0276] 図 2 8 は、本実施の形態に係る光源モジュール 1 0 f の全体構成を示す斜視図である。光源モジュール 1 0 f は、半導体レーザ装置 1 ~ 6 にかえて半導体レーザ装置 1 f ~ 6 f を備える点を除いて、実施の形態 1 に係る光源モジュール 1 0 と同じ構成を有する。

[0277] 半導体レーザ装置 1 f ~ 6 f のそれぞれは、同じ構成を有するが、ここでは、半導体レーザ装置 1 f について説明する。

[0278] 図 2 9 は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置 1 f の構成を示す斜視図である。

[0279] 半導体レーザ装置 1 f は、半導体レーザ素子 2 0 0 と、サブマウント 2 3 0 と、第 1 接合部材 2 4 0 と、固定基台 2 5 0 と、レンズ部 1 0 0 f とを備える。なお、半導体レーザ素子 2 0 0 と、サブマウント 2 3 0 と、第 1 接合部材 2 4 0 とを併せてレーザユニット 2 0 f と記載する場合がある。以下、半導体レーザ装置 1 f が備える構成要素について説明する。

[0280] 半導体レーザ素子 2 0 0 と、サブマウント 2 3 0 と、第 1 接合部材 2 4 0 とは、実施の形態 1 と同様の構成を有している。

[0281] 固定基台 2 5 0 は、サブマウント 2 3 0 が取り付けられる平板形状の取り付け台である。固定基台 2 5 0 は、当該平板形状の上面である第 2 上面 2 5 1 を有している。本実施の形態に係る第 2 上面 2 5 1 は、x y 平面と平行な平面である。第 2 上面 2 5 1 の上方には、サブマウント 2 3 0 及びレンズ部 1 0 0 f が固定される。被設置平面は、レンズ部 1 0 0 f が固定される平面

である。つまり、本実施の形態においては、被設置平面は第2上面251である。また、サブマウント230の基材236は、第1上面231側の表面と対向する下面とが平行である平行平板であるため、第1被設置平面は活性層と平行である。つまり、活性層は、第1被設置平面に対して平行である。固定基台250は、例えば、Cuなどの金属、AlN若しくはSiCなどのセラミックなどの熱伝導率の高い材料によって構成されている。

[0282] また、図28が示すように、固定基台250は階段基台510の第1ステージ511の第2段511bの上方に設置される。

[0283] レンズ部100fは、支持部材120fと第1シリンдриカルレンズ110とを有する部材である。本実施の形態においては、支持部材120fの上方に第1シリンдриカルレンズ110が設けられている。図30を用いて、支持部材120fについて説明する。

[0284] 図30は、本実施の形態に係るレンズ部100fの斜視図である。

[0285] 支持部材120fは、第1支持部材121fと第2支持部材122fとを含む。第1支持部材121fは、xy平面に平行な上面1211fと、xy平面に平行な下面である下面1213fとを含む板状部材である。第2支持部材122fは、xy平面に対して傾斜している上面1221fと、xy平面に平行な下面1222fとを含む部材である。第1支持部材121fの上面1211fに、下面1222fが接するように、第2支持部材122fが設けられている。また、上面1211fのうち、第2支持部材122fに覆われていない領域は、ツバ領域1214fである。なお、ツバ領域1214fは、製造方法が含むアライメントステップにおいて、コレットなどが接触する領域として利用される。

[0286] また、本実施の形態においては、第1シリンдриカルレンズ110と支持部材120fとが接合される。図30が示すように、第1シリンдриカルレンズ110の第2側面112と、第2支持部材122fの上面1221fとが接合される。つまり、本実施の形態においては、支持部材120fが含む接合面は、第2支持部材122fが含む上面1221fである。

[0287] 図29が示すように、本実施の形態においては、被設置平面（第2上面251）と、レンズ部100fとが接合される。被設置平面（第2上面251）は、支持部材120fが含む第1支持部材121fの下面1213fに接合される。つまり、本実施の形態においては、被設置平面（第2上面251）に接合される設置平面は、下面1213fである。なお、被設置平面（第2上面251）と設置平面（下面1213f）との間には、半田層である第3接合部材260が設けられており、第3接合部材260により被設置平面（第2上面251）と設置平面（下面1213f）とが接合される。

[0288] 本実施の形態においては、被設置平面（第2上面251）と、設置平面（下面1213f）と、半導体レーザ素子200の活性層とは、 xy 平面と平行な面となる。また、接合面（上面1221f）と、第2側面112と、母線115とは互いに平行であり、 xy 平面に対して傾斜している。

[0289] つまり、本実施の形態においては、母線115は、被設置平面（第2上面251）及び活性層に対して傾斜しており、母線115と被設置平面（第2上面251）とのなす角度 β は、 $0^\circ < |\beta| < 22.5^\circ$ を満たし、母線115と活性層とのなす角度 θ は、 $0^\circ < |\theta| < 22.5^\circ$ を満たす。

[0290] [光源モジュールの製造方法]

さらに、図31～図34を用いて光源モジュール10fの製造方法の一例を説明する。ここでは、例として、光源モジュール10fの半導体レーザ装置1f近傍について詳細に説明するが、その他の半導体レーザ装置2f～6fも同様の方法で製造される。

[0291] 図31～図34のそれぞれは、本実施の形態に係る光源モジュール10fの半導体レーザ装置1f近傍の製造方法の工程を示す模式図である。なお、以下、製造方法が示される図面においては、設置の方向などが破線の矢印で記載されている場合がある。

[0292] 半導体レーザ装置1fは、図31～図34が示すように以下の順番で製造される。

[0293] まずは、準備ステップが行われる。

[0294] 準備ステップでは、はじめに、図31及び図32が示すように、レンズ部100fが製造される。第2支持部材122fが第1支持部材121fに接合され、さらに、支持部材120f（第2支持部材122f）に第1シリンドリカルレンズ110が接合される。より具体的には、第2支持部材122fの上面1221fと、第1シリンドリカルレンズ110の第2側面112とが接合される。これにより、第1シリンドリカルレンズ110と、第1支持部材121fと、第2支持部材122fとの位置関係が固定され、レンズ部100fが製造される。

[0295] 続いて、図33が示すように、レンズ部100fとサブマウント230とが接合される前に、半導体レーザ素子200及び第1接合部材240が設置されたサブマウント230と、第3接合部材260が設置された固定基台250とが接合されている。つまり、レンズ部100fとサブマウント230とが接合される前に、レーザユニット20f及び固定基台250の位置関係が固定されている。そして、固定基台250は、階段基台510の所定の位置に固定される。

[0296] 続いて、レンズ部100fを配置する工程である配置ステップが行われる。ここでは、半導体レーザ素子200から出射されたレーザ光L1が第1シリンドリカルレンズ110に入射するように、かつ、第1シリンドリカルレンズ110の母線115が被設置平面（第2上面251）に対して傾斜するように、レンズ部100fを配置する工程が行われる。

[0297] 次に、アライメントステップが行われる。アライメントステップは、配置ステップで配置されたレンズ部100fを移動させる工程である。より具体的には、アライメントステップは、レンズ部100fを、被設置平面（第2上面251）に平行な互いに直交する2つの方向に移動させる工程である。ここでは、被設置平面（第2上面251）は、xy平面と平行であることから、レンズ部100fがx軸方向及びy軸方向に移動されることができる。レンズ部100fは被設置平面（第2上面251）に沿って移動されることができ、ここでは、レンズ部100fの設置平面（下面1213f）が被設

置平面（第2上面251）に対して移動する。

[0298] なお、アライメントステップでは、レンズ部100fが一体となって、移動されることができる。つまり、第1シリンドリカルレンズ110、第1支持部材121f及び第2支持部材122fの位置関係が固定された状態で、レンズ部100fの全体が移動されることができる。

[0299] アライメントステップでは、出射されたレーザ光L1の結合効率が高くなるように、レンズ部100fの位置が移動され、つまりは母線115と発光領域201とのz軸方向ズレdが小さくなるようにレンズ部100fの位置が調整される。

[0300] さらに、固定ステップが行われる。例えば、第3接合部材260に熱が与えられることにより、第3接合部材260を構成する半田材料が溶融し、レンズ部100fと被設置平面（第2上面251）とが接合される。固定ステップが行われることにより、図34が示す半導体レーザ装置1fが製造される。

[0301] 実施の形態2においても、実施の形態1で示した効果と同様に、レンズ部100fのx軸方向の位置を変化させることで、母線115と発光領域201とのz軸方向ズレdを変化させ、結合効率を向上させることができる。また、レンズ部100fの位置調整において、 Δz は、必ず Δx よりも小さくなる。従って、レンズ部100fのx軸方向の位置が製造設備によって調整された場合に、x軸方向の位置は製造設備精度に等しい精度で調整され、z軸方向の位置は製造設備精度よりも高い精度で調整されることができる。

[0302] 以下、実施の形態2の変形例1～3について説明する。以下では、実施の形態2との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0303] [実施の形態2の変形例1]

図35は、実施の形態2の変形例1に係る半導体レーザ装置1gの構成を示す正面図である。より具体的には、図35の(a)は半導体レーザ装置1gが備えるレンズ部100gが移動する前の正面図であり、図35の(b)はレンズ部100gが移動した後の正面図である。

- [0304] 本変形例に係る半導体レーザ装置 1 g は、レンズ部 1 0 0 f にかえてレンズ部 1 0 0 g を備える点、及び、さらに固定部材 3 0 0 g を備える点を除いて、実施の形態 2 に係る半導体レーザ装置 1 f と同じ構成を備える。
- [0305] レンズ部 1 0 0 g は、支持部材 1 2 0 g と、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 とを有する部材である。支持部材 1 2 0 g は、実施の形態 2 に係る第 2 支持部材 1 2 2 f により構成されている。
- [0306] 固定部材 3 0 0 g は、レンズ部 1 0 0 g が固定される被設置平面である第 3 上面 3 0 1 g を有する平板形状の部材である。第 3 上面 3 0 1 g は、活性層と平行であり、x y 平面と平行な面である。ここでは、被設置平面（第 3 上面 3 0 1 g）と、第 2 支持部材 1 2 2 f の下面 1 2 2 2 f とが接合される。従って、本変形例においては、設置平面とは、下面 1 2 2 2 f である。
- [0307] 固定部材 3 0 0 g は、例えば、ガラス若しくはシリコンなどの半導体材料の基板を部分エッチング、研磨や切断などの加工することで構成される。また、F e や F e 合金などの金属などで構成されてもよく、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Si_3N_4 若しくは A l N などのセラミックなどで構成されてもよい。
- [0308] 本変形例においては、第 3 接合部材 2 6 0（不図示）は、固定基台 2 5 0 の第 2 上面 2 5 1 と固定部材 3 0 0 g とを接合するための層である。ここでは、固定基台 2 5 0 の第 2 上面 2 5 1 には、サブマウント 2 3 0 と固定部材 3 0 0 g とが設置される。また、レンズ部 1 0 0 g においては、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 は、第 2 支持部材 1 2 2 f の上面 1 2 2 1 f に接合されている。つまり、第 2 支持部材 1 2 2 f の上面 1 2 2 1 f が接合面である。
- [0309] 本変形例においても、母線 1 1 5 と被設置平面（第 3 上面 3 0 1 g）とのなす角度 β は、 $0^\circ < |\beta| < 22.5^\circ$ を満たし、母線 1 1 5 と活性層とのなす角度 θ は、 $0^\circ < |\theta| < 22.5^\circ$ を満たす。
- [0310] 続いて、製造方法について、説明する。本変形例に係る準備ステップでは、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 が接合面（上面 1 2 2 1 f）に接合され、固定部材 3 0 0 g とサブマウント 2 3 0 とが、固定基台 2 5 0 に接合され

る。さらに、配置ステップでは、レンズ部 100g が固定部材 300g の被設置平面の所定の位置に配置される。

[0311] また、本変形例に係るアライメントステップは、以下のように行われる。

[0312] アライメントステップは、レンズ部 100g を、被設置平面（第3上面 301g）に平行な互いに直交する2つの方向に移動させる工程である。ここでは、被設置平面（第3上面 301g）は、 xy 平面と平行であることから、レンズ部 100g が x 軸方向及び y 軸方向に移動されることができる。例えば、図35の（a）が示すレンズ部 100g に比べて、図35の（b）が示すレンズ部 100g は、より x 軸正方向へ移動している。そして z 軸方向ずれ d が小さくなっている。

[0313] 実施の形態2と同様に、本変形例に係るアライメントステップでは、レンズ部 100g は被設置平面（第3上面 301g）に沿って移動されることができ、ここでは、レンズ部 100g の設置平面（下面 1222f）が被設置平面（第3上面 301g）に対して移動する。

[0314] このように、アライメントステップでは、レンズ部 100g が一体となって、移動されることができる。つまり、第1シリンドリカルレンズ 110 及び支持部材 120g（第2支持部材 122f）の位置関係が固定された状態で、レンズ部 100g の全体が移動されることができる。

[0315] 実施の形態2の変形例1においても、実施の形態2で示した効果と同様に、レンズ部 100g の x 軸方向の位置を変化させることで、母線 115 と発光領域 201 との z 軸方向ズレ d を変化させ、結合効率を向上させることができる。また、レンズ部 100g の x 軸方向の位置が製造設備によって調整された場合に、 x 軸方向の位置は製造設備精度に等しい精度で調整され、 z 軸方向の位置は製造設備精度よりも高い精度で調整されることができる。

[0316] [実施の形態2の変形例2]

図36は、実施の形態2の変形例2に係る半導体レーザ装置 1h の構成を示す正面図である。より具体的には、図36の（a）は半導体レーザ装置 1h が備えるレンズ部 100h が移動する前の正面図であり、図36の（b）

はレンズ部100hが移動した後の正面図である。

[0317] 本変形例に係る半導体レーザ装置1hは、レンズ部100fにかえてレンズ部100hを備える点を除いて、実施の形態2に係る半導体レーザ装置1fと同じ構成を備える。

[0318] レンズ部100hは、第1シリンドリカルレンズ110bと、支持部材120hとを有する部材である。第1シリンドリカルレンズ110bは、実施の形態1の変形例2における設置方向と比べて、z軸逆方向（上下逆方向）に設置されている。

[0319] 支持部材120hは、平板形状の部材である。また、支持部材120hは、支持部材120hが第1シリンドリカルレンズ110b（より具体的には、第1側面111b）と接合される面である接合面を含む。支持部材120hは、当該平板形状の上方の面であってxy平面に平行な上面1201hと、当該平板形状の下方の面であってxy平面に平行な下面1202hとを含む。本変形例においては、接合面は、上面1201hである。

[0320] 実施の形態2と同じく、本変形例においても被設置平面は第2上面251である。図36が示すように、被設置平面（第2上面251）と、レンズ部100hとが接合される。被設置平面（第2上面251）は、支持部材120hの下面1202hに接合される。つまり、本変形例においては、被設置平面（第2上面251）に接合される設置平面は、下面1202hである。なお、被設置平面（第2上面251）と設置平面（下面1202h）の間には、半田層である第3接合部材260（不図示）が設けられており、第3接合部材260により被設置平面（第2上面251）と設置平面（下面1202h）とが接合される。

[0321] このように、本変形例においては、レンズ部100hは、被設置平面（第2上面251）に対向する側に母線115に対して傾いた傾斜側面（第1側面111b）、及び、傾斜側面に背向する背向側面（第2側面）を有している。

[0322] 支持部材120hは、例えば、ガラス若しくはシリコンなどの半導体材料

の基板を部分エッチング、研磨や切断などの加工することで構成される。また、FeやFe合金などの金属などで構成されてもよく、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Si_3N_4 若しくはAlNなどのセラミックなどで構成されてもよい。

[0323] 本変形例においては、半導体レーザ素子200の活性層と、被設置平面（第2上面251）と、設置平面（下面1202h）と、接合面（上面1201h）と、第1シリンドリカルレンズ110bの第1側面111bとは、xy平面と平行な面となる。

[0324] 第1側面111bは、母線115に対して傾斜していることから、母線115は、被設置平面（第2上面251）及び活性層に対して傾斜しており、母線115と被設置平面（第2上面251）とのなす角度 β は、 $0^\circ < |\beta| < 22.5^\circ$ を満たし、母線115と活性層とのなす角度 θ は、 $0^\circ < |\theta| < 22.5^\circ$ を満たす。

[0325] また、本変形例に係るアライメントステップは、以下のように行われる。

[0326] アライメントステップは、レンズ部100hを、被設置平面（第2上面251）に平行な互いに直交する2つの方向に移動させる工程である。ここでは、被設置平面（第2上面251）は、xy平面と平行であることから、レンズ部100hがx軸方向及びy軸方向に移動されることができる。例えば、図36の（a）が示すレンズ部100hに比べて、図36の（b）が示すレンズ部100hは、よりx軸正方向へ移動している。そしてz軸方向ずれdが小さくなっている。

[0327] 実施の形態2と同様に、本変形例に係るアライメントステップでは、レンズ部100hは被設置平面（第2上面251）に沿って移動されることができ、ここでは、レンズ部100hの設置平面（下面1202h）が被設置平面（第2上面251）に対して移動する。

[0328] このように、アライメントステップでは、レンズ部100hが一体となって、移動されることができる。つまり、第1シリンドリカルレンズ110b及び支持部材120hの位置関係が固定された状態で、レンズ部100hの全体が移動されることができる。

[0329] 実施の形態2の変形例2においても、実施の形態2で示した効果と同様に、レンズ部100hのx軸方向の位置を変化させることで、母線115と発光領域201とのz軸方向ズレdを変化させ、結合効率を向上させることができる。また、レンズ部100hのx軸方向の位置が製造設備によって調整された場合に、x軸方向の位置は製造設備精度に等しい精度で調整され、z軸方向の位置は製造設備精度よりも高い精度で調整されることができる。

[0330] [実施の形態2の変形例3]

図37は、実施の形態2の変形例3に係る半導体レーザ装置1jの構成を示す正面図である。より具体的には、図37の(a)は半導体レーザ装置1jが備えるレンズ部100jが移動する前の正面図であり、図37の(b)はレンズ部100jが移動した後の正面図である。

[0331] 本変形例に係る半導体レーザ装置1jは、レンズ部100fにかえてレンズ部100jを備える点、及び、さらに固定部材300gを備える点を除いて、実施の形態2に係る半導体レーザ装置1fと同じ構成を備える。

[0332] レンズ部100jは、第1シリンドリカルレンズ110bのみによって構成される部材である。つまりレンズ部100jは、支持部材を有さない。

[0333] 本変形例においては、変形例1と同じく被設置平面は第3上面301gである。被設置平面(第3上面301g)は、第1シリンドリカルレンズ110bの第1側面111bに接合する。つまり、被設置平面(第3上面301g)に接合される設置平面は、第1側面111bである。つまり、本変形例においては、設置平面(第1側面111b)は、第1シリンドリカルレンズ110bに設けられている。また、半導体レーザ素子200の活性層と、被設置平面(第3上面301g)と、設置平面(第1側面111b)とは、xy平面と平行な面となる。

[0334] このように、本変形例においては、レンズ部100jは、被設置平面(第3上面301g)に対向する側に母線115に対して傾いた傾斜側面(第1側面111b)、及び、傾斜側面(第1側面111b)に背向する背向側面(第2側面112)を有する。傾斜側面(第1側面111b)は、被設置平

面（第3上面301g）に設置される。

[0335] 母線115は、被設置平面（第3上面301g）及び活性層に対して傾斜しており、母線115と被設置平面（第3上面301g）とのなす角度 β は、 $0^\circ < |\beta| < 22.5^\circ$ を満たし、母線115と活性層とのなす角度 θ は、 $0^\circ < |\theta| < 22.5^\circ$ を満たす。

[0336] また、本変形例に係るアライメントステップは、以下のように行われる。

[0337] アライメントステップは、レンズ部100jを、被設置平面（第3上面301g）に平行な互いに直交する2つの方向に移動させる工程である。ここでは、被設置平面（第3上面301g）は、xy平面と平行であることから、レンズ部100jがx軸方向及びy軸方向に移動されることができる。例えば、図37の（a）が示すレンズ部100jに比べて、図37の（b）が示すレンズ部100jは、よりx軸正方向へ移動している。そしてz軸方向ずれdが小さくなっている。

[0338] 実施の形態2と同様に、本変形例に係るアライメントステップでは、レンズ部100jは被設置平面（第3上面301g）に沿って移動されることができ、ここでは、レンズ部100jの設置平面（第1側面111b）が被設置平面（第3上面301g）に対して移動する。

[0339] 実施の形態2の変形例3においても、実施の形態2で示した効果と同様に、レンズ部100jのx軸方向の位置を変化させることで、母線115と発光領域201とのz軸方向ズレdを変化させ、結合効率を向上させることができる。また、レンズ部100jのx軸方向の位置が製造設備によって調整された場合に、x軸方向の位置は製造設備精度に等しい精度で調整され、z軸方向の位置は製造設備精度よりも高い精度で調整されることができる。

[0340] [効果など]

実施の形態2に係る半導体レーザ装置1fは、第1上面231を有するサブマウント230を備える。第1被設置平面（例えば第2上面251）は、第1上面231より下方に設置される。

[0341] これにより、第1被設置平面が第1上面231より下方に設置された半導

体レーザ装置 1 f を実現することができる。

[0342] 実施の形態 2 に係る半導体レーザ装置 1 f は、第 2 上面 2 5 1 を有する固定基台 2 5 0 を備える。サブマウント 2 3 0 は、第 2 上面 2 5 1 の上方に設置される。半導体レーザ素子 2 0 0 は、第 1 上面 2 3 1 の上方に設置される。

[0343] これにより、固定基台 2 5 0 が有する第 2 上面 2 5 1 を被設置平面とすることができる。従って、レンズ部 1 0 0 f が被設置平面（第 2 上面 2 5 1）に沿って移動されることで、レンズ部 1 0 0 f（第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0）の位置を容易に調整することができる。つまりは、光源モジュール 1 0 f がこの半導体レーザ装置 1 f を備えると、結合効率の高い光源モジュール 1 0 f を実現することができる。

[0344] 実施の形態 2 の変形例 1 に係る半導体レーザ装置 1 g は、第 1 上面 2 3 1 を有するサブマウント 2 3 0 と、第 3 上面 3 0 1 g を有する固定部材 3 0 0 g と、第 2 上面 2 5 1 を有する固定基台 2 5 0 とを備える。サブマウント 2 3 0 及び固定部材 3 0 0 g は、第 2 上面 2 5 1 の上方に設置される。半導体レーザ素子 2 0 0 は、第 1 上面 2 3 1 の上方に設置される。

[0345] これにより、例えば、固定部材 3 0 0 が有する第 3 上面 3 0 1 g を被設置平面とすることができる。従って、レンズ部 1 0 0 g が被設置平面（第 3 上面 3 0 1 g）に沿って移動されることで、レンズ部 1 0 0 g（第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0）の位置を容易に調整することができる。つまりは、光源モジュールがこの半導体レーザ装置 1 g を備えると、結合効率の高い光源モジュールを実現することができる。

[0346] 実施の形態 2 の変形例 3 に係る半導体レーザ装置 1 j においては、設置平面（第 1 側面 1 1 1 b）は、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 b に設けられる。

[0347] これにより、レンズ部 1 0 0 j は例えば支持部材を有する必要がなく、レンズ部 1 0 0 j である第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 b を直接、被設置平面（第 3 上面 3 0 1 g）に接合することができる。つまりは、部品点数を減

らした半導体レーザ装置 1 j を実現することができる。

[0348] 実施の形態 2 の変形例 3 に係る半導体レーザ装置 1 j においては、レンズ部 1 0 0 j は、第 1 被設置平面（第 3 上面 3 0 1 g）に対向する側に母線 1 1 5 に対して傾いた傾斜側面（第 1 側面 1 1 1 b）、及び、傾斜側面に背向する背向側面（第 2 側面 1 1 2）を有する。傾斜側面は、第 1 被設置平面に設置される。

[0349] これにより、レンズ部 1 0 0 j は例えば支持部材を有する必要がなく、レンズ部 1 0 0 j である第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 b は、傾斜側面（第 1 側面 1 1 1 b）で直接、被設置平面（第 3 上面 3 0 1 g）に接合することができる。つまりは、部品点数を減らした半導体レーザ装置 1 j を実現することができる。

[0350] （実施の形態 3）

以下、実施の形態 3 について説明する。以下では、実施の形態 1 との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0351] [構成]

まず、実施の形態 3 に係る光源モジュール 1 0 k の構成について、図 3 8 を用いて説明する。

[0352] 図 3 8 は、本実施の形態に係る光源モジュール 1 0 k の一部を示す斜視図である。光源モジュール 1 0 k は、半導体レーザ装置 1 及び 2 にかえて半導体レーザ装置 1 k 及び 2 k を備える点と、半導体レーザ装置 3 ~ 6 にかえてそれぞれが半導体レーザ装置 1 k と同じ構成を有する 4 つの半導体レーザ装置を備える点と、を除いて、実施の形態 1 に係る光源モジュール 1 0 と同じ構成を有する。なお、図 3 8 では、光源モジュール 1 0 k が備える構成要素のうち、半導体レーザ装置 1 k 及び 2 k と、半導体レーザ装置 1 k 及び 2 k のそれぞれから出射されたレーザ光 L 1 及び L 2 のそれぞれが経由する S A C レンズ 6 0 0 及び反射ミラー 7 0 0 とが図示されている。しかし、光源モジュール 1 0 k は、上記 4 つの半導体レーザ装置のそれぞれに対応する S A C レンズ 6 0 0 及び反射ミラー 7 0 0 も備えている。なお、簡単のため、光

ファイバ550との結合部は省略されている。

[0353] 半導体レーザ装置1k及び2kと上記4つの半導体レーザ装置とは、同じ構成を有するが、ここでは、半導体レーザ装置1kについて説明する。

[0354] 半導体レーザ装置1kは、半導体レーザ装置1とさらに第2シリンドリカルレンズ110kとを備える装置である。つまり、半導体レーザ装置1kには、第1シリンドリカルレンズ110及び第2シリンドリカルレンズ110kの2つのレンズが設けられている。また、第2シリンドリカルレンズ110kは、ビーム補正レンズである。半導体レーザ装置1kは、さらに、階段基台510の第1ステージ511を備える装置である。つまり、本実施の形態においては、第1ステージ511は、階段基台510に備えられる構成要素ではなく、半導体レーザ装置1kによって備えられる構成要素である。

[0355] なお、換言すると、図38が示すように、光源モジュール10kは、実施の形態1に係る光源モジュール10の構成要素と、さらに複数の第2シリンドリカルレンズ110kとを備えるモジュールである。複数の第2シリンドリカルレンズ110kのそれぞれは、複数のステージのそれぞれに配置され、複数の半導体レーザ素子200のそれぞれから出射されたレーザ光が入射し出射する。なお、本実施の形態においても、実施の形態1と同じく被設置平面は第1上面231である。

[0356] 第2シリンドリカルレンズ110kは、第1シリンドリカルレンズ110から出射されたレーザ光L1が入射する。第2シリンドリカルレンズ110kは、入射するレーザ光L1のビーム分布を補正して出射する。

[0357] 第2シリンドリカルレンズ110kは、パワー軸とノンパワー軸とを有するシリンドリカルレンズである。また、当該パワー軸と当該ノンパワー軸とは、垂直な関係に配置されている。第2シリンドリカルレンズ110kは、当該パワー軸に凸状もしくは凹状の曲面を有する。すなわち第2シリンドリカルレンズ110kは、凸状もしくは凹状の円柱の表面である第2シリンドリカル面を有する。また、第2シリンドリカルレンズ110kは、レーザ光L1が入射する入射面117kとレーザ光L1が出射する出射面116kと

を有する。第2シリンドリカル面は、入射面117kと出射面116kとのうち曲率半径が小さい方の面でもある。

[0358] 本実施の形態に係る第2シリンドリカルレンズ110kは、平面形状の入射面117kと、凸状の円柱の表面である出射面116kと、を有し、平凸型のシリンドリカルレンズである。本実施の形態に係る第2シリンドリカルレンズ110kの入射面117kは、平面であり z - x 平面に平行な面である。出射面116kの第2シリンドリカル面のパワー軸は、半導体レーザ素子200から出射されたレーザ光L1のファスト軸に対して傾斜している。また第2シリンドリカルレンズ110kは、 x - y 平面に平行な底面を有し、第1ステージ511の第1段511aに設置される。つまりは、第2シリンドリカルレンズ110kが固定される第2被設置平面は、第1段511aである。

[0359] 第2シリンドリカルレンズ110kは、ガラスなどの無機透明材料により構成される部材であり、入射面117kと出射面116kとにレーザ光L1の波長に合わせた反射防止コート膜が形成される。第2シリンドリカルレンズ110kの底面は、第1段511aに、例えば半田層である接合部材を介して固定される。

[0360] 第2シリンドリカルレンズ110kの母線115kと、第1シリンドリカルレンズ110の母線115との関係について図39を用いて説明する。

[0361] 図39は、本実施の形態に係る第1シリンドリカルレンズ110と、第2シリンドリカルレンズ110kとの正面図である。より具体的には、図39の(a)は、第1シリンドリカルレンズ110の正面図であり、図39の(b)は、第2シリンドリカルレンズ110kの正面図である。

[0362] 実施の形態1などで説明の通り、第1シリンドリカルレンズ110の母線115は、被設置平面（第1上面231）に対して傾斜している。被設置平面（第1上面231）、活性層及び x - y 平面は平行であることから、母線115は、半導体レーザ素子200が有する活性層、及び、 x - y 平面に対して傾斜している。本実施の形態において、図39の(a)が示すように、母線

115は、被設置平面（第1上面231）及び xy 平面に対して、右回りに角度 β で傾斜している場合について示す。なお、母線115は、左回りに傾斜しても問題ない。つまり β の値が負の値でも問題ない。

[0363] 第2シリンドリカルレンズ110kは、母線115kを有する。母線115kは、出射面116kである凸状の円柱の表面のうち凸状の頂点部分に沿った直線である。本実施の形態に係る第2シリンドリカルレンズ110kの母線115kは、第2被設置平面（第1段511a）、つまりは xy 平面に対して傾斜している。第2被設置平面（第1段511a）、活性層及び xy 平面は平行であることから、母線115kは、半導体レーザ素子200が有する活性層、及び、 xy 平面に対して傾斜している。

[0364] 本実施の形態においては、第2シリンドリカルレンズ110kの母線115kは、図39の（b）が示すように、第2被設置平面（第1段511a）及び xy 平面に対して、左回りに角度 α で傾斜している場合について示す。なお、母線115kは、右回りに傾斜しても問題ない。つまり α の値が負の値でも問題ない。

[0365] ここで、母線115kは第2被設置平面に対して傾斜していることから、 $0^\circ < |\alpha|$ を満たす。なお、 $0^\circ < |\alpha| < 22.5^\circ$ であればよく、 α の最適値は β に依存する。

[0366] このように、半導体レーザ装置1kは、第1シリンドリカルレンズ110と第2シリンドリカルレンズ110kとを備えている。さらに、第1シリンドリカルレンズ110の母線115が被設置平面（第1上面231）に対して傾斜している方向は、第2シリンドリカルレンズ110kの母線115kが第2被設置平面（第1段511a）に対して傾斜している方向とは逆向きである。

[0367] 本実施の形態においては、半導体レーザ素子200から出射されたレーザ光L1は、第1シリンドリカルレンズ110に入射する。第1シリンドリカルレンズ110から出射されたレーザ光L1は、広がり角が $-1^\circ \sim +1^\circ$ の疑似コリメートされたレーザ光である。

- [0368] さらに第1シリンドリカルレンズ110から出射されたレーザ光L1は、第2シリンドリカルレンズ110kの入射面117kに入射する。第2シリンドリカルレンズ110kは、入射したレーザ光L1のファスト軸における拡がり角を僅かに狭くし、レーザ光L1はコリメートされる。さらに第2シリンドリカルレンズ110kの出射面116kから出射されたレーザ光L1は、SACレンズ600、反射ミラー700及び集光レンズ800を経由して、光ファイバ550に到達する。
- [0369] さらに、図38には、レーザ光L1のビームスポットB1及びビームスポットB2が示されている。ビームスポットB1は、第1シリンドリカルレンズ110から出射されたレーザ光L1の形状であり、ビームスポットB2は、第2シリンドリカルレンズ110kから出射されたレーザ光L1の形状である。
- [0370] ここで、実施の形態1の図18を用いて、ビームスポットB1及びB2について説明する。図18が示すように、第2シリンドリカルレンズ110kを備えていない光源モジュール10においては、レーザ光L1～L6の光強度分布に歪が生じ、つまりは、レーザ光L1のビームスポットは右肩上がりの形状となることが明らかであった。これは、上記説明の通り、母線115が活性層に対して傾斜しているため、収差が発生することと、反射ミラー700による左右反転に起因する。
- [0371] しかしながら、本実施の形態においては、第2シリンドリカルレンズ110kが設けられており、母線115が被設置平面（第1上面231）に対して傾斜している方向は、母線115kが第2被設置平面（第1段511a）に対して傾斜している方向とは逆向きである。このため、第1シリンドリカルレンズ110に起因する収差による光強度分布の歪が、逆向き方向に傾斜する母線115kを有する第2シリンドリカルレンズ110kによって解消され则认为られる。つまり、図38が示すビームスポットB1は正面視で右肩下がりの形状であるが、第2シリンドリカルレンズ110kを通過したレーザ光L1のビームスポットB2は、xy平面と平行な形状に近づくと考

えられる。この結果、光源モジュール 10k における結合効率が向上されることが期待される。

[0372] そこで次に、角度 θ と角度 α との関係について、図 40 を用いて説明する。

[0373] 図 40 は、本実施の形態に係る角度 θ 及び角度 α と結合効率との関係を示す図である。このとき活性層は被設置平面と平行、つまり $\phi = 0^\circ$ であり、つまり、 $\theta = \beta$ である。図 40 においては、角度 θ をパラメータとして、角度 α が変化した場合の結合効率が、シミュレーションにより計算された結果が示されている。

[0374] 図 40 の (a) は、角度 θ が $\theta = 2^\circ$ の場合の角度 α と結合効率との関係を示している。図 40 の (b) は、角度 θ が $\theta = 3^\circ$ の場合の角度 α と結合効率との関係を示している。図 40 の (c) は、角度 θ が $\theta = 4^\circ$ の場合の角度 α と結合効率との関係を示している。なお、図 40 の (a)、(b) 及び (c) のいずれの場合においても、角度 α が $\alpha = 0^\circ$ のときの結合効率が 1 に規格されて図示されている。

[0375] さらに、図 41 A は、図 40 のシミュレーション条件を説明する表を示す図である。図 41 A が示すように、図 40 のシミュレーションにおいては、半導体レーザ素子 200 のピーク波長は、450 nm、発光領域 201 の幅 W_s は $100 \mu\text{m}$ とする。また、第 1 シリンドリカルレンズ 110 の有効焦点距離 F_1 及び距離 BFL は 0.38 mm 及び 0.09 mm、第 2 シリンドリカルレンズ 110k の有効焦点距離は 38.1 mm、SAC レンズ 600 の有効焦点距離は 13.5 mm、集光レンズ 800 の有効焦点距離は 7.3 mm とする。そして、光ファイバ 550 のコア径及び開口数 NA はそれぞれ $100 \mu\text{m}$ 及び 0.22 である。上記条件で、各光学素子の位置にずれがない状態で、シミュレーションを行っている。

[0376] 図 40 が示すように角度 θ がいずれの場合であっても、角度 α が 0° から増加することで結合効率が増加し、極大値を有する。 $\theta = 2^\circ$ の場合では $\alpha = 15^\circ$ 付近のときに結合効率が最も高くなる。 $\theta = 2^\circ$ の場合では $\alpha = 1$

8° 付近のときに結合効率が最も高くなる。 $\theta = 4^\circ$ の場合では $\alpha = 20^\circ$ のときに、結合効率が最も高くなる。つまり、 $\theta = 2^\circ \sim 4^\circ$ の場合に角度 α を最適化することで、半導体レーザ装置 1 k の結合効率を向上させることができる。上記の通り、本実施の形態においては、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 に起因する収差による光強度分布の歪が、逆向き方向に傾斜する母線 1 1 5 k を有する第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0 k によって解消されていると考えられる。つまりは、第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0 k により、レーザ光 L 1 のビームスポット B 2 が x y 平面と平行な形状に近づいたため、半導体レーザ装置 1 k における結合効率が向上すると考えられる。

[0377] 続いて、図 4 1 B を用いて、母線 1 1 5 k が傾斜する第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0 k を光源モジュール 1 0 k に配置する場合の、結合効率への影響を説明する。図 4 1 B は、光源モジュール 1 0 k において、レンズ部 1 0 0 を x 軸方向に移動させた結合効率の変化を示す図である。このとき結合効率は、角度 θ および角度 α が 0° で、光源モジュール 1 0 k の光学部品が全て最適な位置にあるときを 1 とする。今、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 の母線 1 1 5 の角度 θ は 3° あり、最適位置から z 軸負の方向に $2 \mu\text{m}$ ずれているとする。このとき結合効率は 0.5 以下であり、結合効率を高めるためにアライメントステップにおいて、レンズ部 1 0 0 は x 軸方向に移動される。このとき図 4 1 B においては、第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0 k の母線 1 1 5 k の角度 α が、0° の場合と 18° の場合とにおいて比較する。第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0 k は、レンズ部 1 0 0 のアライメントステップの前に、第 1 ステージ 5 1 1 に固定されている。角度 α が 0° の場合においても、レンズ部 1 0 0 を x 軸正方向に移動することで結合効率を高めることができ、x 軸方向が $38 \mu\text{m}$ 移動することで結合効率が極大値を有する。また、極大値から 90% の強度の範囲は、 $-20 \mu\text{m} \sim +20 \mu\text{m}$ であり、レンズ部 1 0 0 が z 軸方向に移動する影響に比べて小さい。一方で、極大値においても、結合効率は 0.8 程度であり、レンズ部 1 0 0 の角度 θ の影響が発生する。一方で、角度 α が 18° である第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0

kを配置する場合は、極大値が0.9程度まで高まり、また極大値から90%の強度の範囲も、 $-18\mu\text{m}\sim+18\mu\text{m}$ である。したがって、本実施の形態の構成の光源モジュール10kを用いることで、結合効率の高い光源モジュール10kを実現できる。

[0378] また、本実施の形態に係る製造方法が含むアライメントステップについて説明する。アライメントステップは、第2シリンドリカルレンズ110kを移動させる工程も含む。アライメントステップでは、第2シリンドリカルレンズ110kが設置される第1段511aに平行な2つの方向に第2シリンドリカルレンズ110kを移動させることができる。第1段511aがxy平面に平行な平面であることから、当該2つの方向とは、互いに直交する方向であって、一例として、x軸方向及びy軸方向である。

[0379] [実施の形態3の変形例]

以下、実施の形態3の変形例について説明する。以下では、実施の形態3との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0380] まず、実施の形態3の変形例に係る光源モジュール10mの構成について、図42を用いて説明する。

[0381] 図42は、本変形例に係る光源モジュール10mの一部を示す斜視図である。光源モジュール10mは、半導体レーザ装置1k及び2kにかえて半導体レーザ装置1m及び2mを備える点と、それぞれが半導体レーザ装置1kと同じ構成を有する4つの半導体レーザ装置にかえて、それぞれが半導体レーザ装置1mと同じ構成を有する4つの半導体レーザ装置を備える点とを除いて、実施の形態3に係る光源モジュール10kと同じ構成を有する。なお、図42では、光源モジュール10mが備える構成要素のうち、半導体レーザ装置1m及び2mと、半導体レーザ装置1m及び2mのそれぞれから出射されたレーザ光L1及びL2のそれぞれが経由するSACレンズ600及び反射ミラー700とが図示されている。しかし、光源モジュール10mは、上記4つの半導体レーザ装置のそれぞれに対応するSACレンズ600及び反射ミラー700も備えている。なお、簡単のため、光ファイバ550との

結合部は省略されている。

- [0382] 半導体レーザ装置 1 m 及び 2 m と上記 4 つの半導体レーザ装置とは、同じ構成を有するが、ここでは、半導体レーザ装置 1 m について説明する。
- [0383] 半導体レーザ装置 1 m は、実施の形態 2 で説明されたレンズ部 1 0 0 f 及びレーザユニット 2 0 f と、実施の形態 3 で説明された第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0 k とを備える装置である。半導体レーザ装置 1 m は、さらに、階段基台 5 1 0 の第 1 ステージ 5 1 1 を備える装置である。つまり、本変形例においては、第 1 ステージ 5 1 1 は、階段基台 5 1 0 に備えられる構成要素ではなく、半導体レーザ装置 1 m によって備えられる構成要素である。換言すると、半導体レーザ装置 1 m は、固定基台 2 5 0 を備えていない点と、第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0 k 及び第 1 ステージ 5 1 1 を備える点とを除いて、実施の形態 2 に係る半導体レーザ装置 1 f と同じ構成を有する。
- [0384] 上記の通り、固定基台 2 5 0 が設けられていないため、半導体レーザ装置 1 m が備えるレンズ部 1 0 0 f 及びレーザユニット 2 0 f は、第 1 ステージ 5 1 1 の第 2 段 5 1 1 b に設置され接合される。なお、半導体レーザ装置 1 m は、半導体レーザ装置 1 k と同じように固定基台 2 5 0 を備えている構成でもよい。
- [0385] レンズ部 1 0 0 f は、半田層などの接合層によって、第 2 段 5 1 1 b に接合されている。また、レーザユニット 2 0 f も、半田層などの接合層によって、第 2 段 5 1 1 b に接合されている。
- [0386] 上記の通り、被設置平面は、レンズ部 1 0 0 f が固定される平面であることから、ここでは、 $x y$ 平面と平行な平面である第 2 段 5 1 1 b である。
- [0387] 実施の形態 3 と同様に、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 の母線 1 1 5 が被設置平面（第 2 段 5 1 1 b）に対して傾斜している方向は、第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0 k の母線 1 1 5 k が第 2 被設置平面（第 1 段 5 1 1 a）に対して傾斜している方向とは逆向きである。
- [0388] このため、図 4 0 で示した通り、本変形例においても、 $\theta = 2^{\circ} \sim 4^{\circ}$ の場合に角度 α を最適化することで、半導体レーザ装置 1 m における結合効率

を向上させることができる。半導体レーザ装置 1 m が第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0 k を備えることで、レーザ光 L 1 のビームスポット B 1 に比べて、レーザ光 L 1 のビームスポット B 2 が x y 平面と平行な形状に近づいたため、半導体レーザ装置 1 m における結合効率が向上する。

[0389] [効果など]

実施の形態 3 に係る半導体レーザ装置 1 k は、第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0 k と第 2 被設置平面（第 1 段 5 1 1 a）をさらに備える。第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0 k は、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 から出射されたレーザ光 L 1 が入射し、レーザ光 L 1 のファスト軸方向の拡がり角を小さくする。第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0 k は、第 2 被設置平面（第 1 段 5 1 1 a）に固定される。第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0 k の母線 1 1 5 k は、第 2 被設置平面（第 1 段 5 1 1 a）に対して傾斜する。第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 の母線 1 1 5 が第 1 被設置平面（第 1 上面 2 3 1）に対して傾斜している方向は、第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0 k の母線 1 1 5 k が第 2 被設置平面（第 1 段 5 1 1 a）に対して傾斜している方向とは逆向きである。

[0390] これにより、第 2 シリンドリカルレンズ 1 1 0 k により、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 に起因する収差による光強度分布の歪が解消され、つまりは、レーザ光 L 1 のビームスポット B 2 が x y 平面と平行な形状に近づく。このため、図 4 0 が示すように、 $\theta = 1^{\circ} \sim 4^{\circ}$ の場合に角度 α を最適化することで、結合効率が向上した半導体レーザ装置 1 k を実現することができる。

[0391] （実施の形態 4）

以下、実施の形態 4 について説明する。以下では、実施の形態 2 との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0392] [構成]

まず、実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置 1 n の構成について、図 4 3 を用いて説明する。

[0393] 図43は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置1nを示す斜視図である。本実施の形態に係る光源モジュールは、半導体レーザ装置1f～6fにかえて半導体レーザ装置1n及びそれぞれが半導体レーザ装置1nと同じ構成を有する5つの半導体レーザ装置を備える点を除いて、実施の形態2に係る光源モジュール10fと同じ構成を有する。

[0394] 半導体レーザ装置1n及び上記5つの半導体レーザ装置とは、同じ構成を有するが、ここでは、半導体レーザ装置1nについて説明する。

[0395] 半導体レーザ装置1nは、レーザユニット20f（半導体レーザ素子200、サブマウント230及び第1接合部材240）と、固定基台250と、レンズ部100nと、固定部材300nとを備える。以下、半導体レーザ装置1nが備える構成要素について説明する。

[0396] 実施の形態2と同じく、レーザユニット20fは、固定基台250の第2上面251の上方に固定される。また、本実施の形態においては、レンズ部100nは、固定部材300nを介して、固定基台250の第2上面251の上方に固定される。

[0397] さらに、図44を用いて、レンズ部100n及び固定部材300nについて説明する。

[0398] 図44は、本実施の形態に係るレンズ部100n及び固定部材300nの分解正面図である。また、図44においては、設置の方向などが破線の矢印で記載されている。

[0399] レンズ部100nは、第1シリンダリカルレンズ110と支持部材120nとを有する部材である。本実施の形態に係る第1シリンダリカルレンズ110は、実施の形態1と同じ形状及び同じ構成材料を有する。また、本実施の形態に係る第1シリンダリカルレンズ110においては、主に母線115が、半導体レーザ素子200が有する活性層及びxy平面に平行である点を除いて、実施の形態1に係る第1シリンダリカルレンズ110と同じ構成を有する。

[0400] 支持部材120nは、よりz軸正側に位置しxy平面に平行な上面121

nと、よりz軸負側に位置しxy平面に対して傾斜している下面122nと含む部材である。支持部材120nは、例えば、ガラス若しくはシリコンなどの半導体材料の基板を部分エッチング、研磨や切断などの加工することで構成される。また、FeやFe合金などの金属などで構成されてもよく、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Si_3N_4 若しくはAlNなどのセラミックなどで構成されてもよい。上面121nは、第1シリンдриカルレンズ110（より具体的には、第2側面112）接合される面であって、本実施の形態に係る接合面である。接合面（上面121n）は、第1側面111又は第2側面112に接合されるが、ここでは、第2側面112に接合される。また、接合面（上面121n）は、第1側面111、第2側面112及び母線115に平行な面である。下面122nは、固定部材300nと接合される面である。

[0401] 固定部材300nは、第1固定部材310nと、第2固定部材320nとを含む部材である。第1固定部材310n及び第2固定部材320nは、例えば、支持部材120nと同様の材料が用いられる。

[0402] 第1固定部材310nは、よりz軸正側に位置しxy平面に対して傾斜している第3上面311nと、よりz軸負側に位置しxy平面と平行な下面312nとを含む部材である。本実施の形態に係る被設置平面は、レンズ部100n（より具体的には、支持部材120nの下面122n）が固定される平面である第3上面311nである。また、レンズ部100nが被設置平面（第3上面311n）に接合される平面である設置平面は、支持部材120nの下面122nである。

[0403] 設置平面（下面122n）と被設置平面（第3上面311n）とは、互いに平行な面である。また、本実施の形態においても、半導体レーザ素子200が有する活性層がxy平面と平行である。設置平面（下面122n）と被設置平面（第3上面311n）とは、xy平面に対して傾斜しており、つまりは、活性層に対しても傾斜している。また、活性層と被設置平面とがなす角度 ϕ は、母線と被設置平面とがなす角度 β と等しい。

[0404] 第2固定部材320nは、平板形状を有する部材であって、xy平面と平

行である上面 3 2 1 n 及び下面 3 2 2 n を有する。第 2 固定部材 3 2 0 n の上面 3 2 1 n が第 1 固定部材 3 1 0 n の下面 3 1 2 n に接合され、第 2 固定部材 3 2 0 n の下面 3 2 2 n が固定基台 2 5 0 の第 2 上面 2 5 1 に接合される。

[0405] このように、本実施の形態においては、固定基台 2 5 0 の第 2 上面 2 5 1 にサブマウント 2 3 0 及び固定部材 3 0 0 n が設置される。

[0406] さらにここで、被設置平面（第 3 上面 3 1 1 n）の傾斜の程度について説明する。図 4 4 には角度 β が示されている。角度 β は、x y 平面と被設置平面（第 3 上面 3 1 1 n）とのなす角度である。本実施の形態においては、母線 1 1 5 と被設置平面のなす角度 β が $0^\circ < |\beta| < 45^\circ$ を満たす。

[0407] [光源モジュールの製造方法]

さらに、図 4 5 ～図 4 8 A を用いて本実施の形態に係る光源モジュールの製造方法の一例を説明する。ここでは、例として、本実施の形態に係る光源モジュールの半導体レーザ装置 1 n 近傍について詳細に説明するが、他の 5 つの半導体レーザ装置も同様の方法で製造される。

[0408] 図 4 5、図 4 6、図 4 7 及び図 4 8 A のそれぞれは、本実施の形態に係る光源モジュールの半導体レーザ装置 1 n 近傍の製造方法の工程を示す模式図である。なお、以下、製造方法が示される図面においては、設置の方向などが破線の矢印で記載されている場合がある。

[0409] 半導体レーザ装置 1 n は、図 4 5 ～図 4 8 A が示すように以下の順番で製造される。

[0410] まずは、準備ステップが行われる。

[0411] 準備ステップでは、はじめに、図 4 5 が示すように、レンズ部 1 0 0 n が製造される。第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 が支持部材 1 2 0 n に接合される。これにより、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 と、支持部材 1 2 0 n との位置関係が固定され、レンズ部 1 0 0 n が製造される。

[0412] さらに、図 4 6 が示すように、第 1 固定部材 3 1 0 n が第 2 固定部材 3 2 0 n に接合され、固定部材 3 0 0 n が製造される。また、図示されないが、

製造された固定部材300nと、レーザユニット20fとが固定基台250の第2上面251に接合される。これにより、固定部材300nとレーザユニット20fと固定部材300nとの位置関係が固定される。ここでは、図47が示すように、レンズ部100nと固定部材300nとが接合される前に、第1シリンドリカルレンズ110と支持部材120nとの位置関係が固定され、かつ、固定部材300nとレーザユニット20fと固定部材300nとの位置関係が固定される。

[0413] つづいて、配置ステップが行われる。

[0414] 図47が示すように、レンズ部100nを配置する工程が行われる。ここでは、半導体レーザ素子200から出射されたレーザ光L1が第1シリンドリカルレンズ110に入射する位置に、かつ、第1シリンドリカルレンズ110の母線115が被設置平面（第3上面311n）に対して傾斜するように、レンズ部100nを配置する工程が行われる。

[0415] より具体的には、配置ステップでは、設置平面である支持部材120nの下面122nと、被設置平面である第1固定部材310nの第3上面311nとが接するように、レンズ部100nが配置される。このとき、レーザ光L1が第1シリンドリカルレンズ110に入射するように、かつ、母線115が被設置平面（第3上面311n）に対して傾斜するように、レンズ部100nが配置される。レンズ部100nが設置される被設置平面（第3上面311n）がxy平面に対して傾斜していること、及び、第1シリンドリカルレンズ110が設置される上面121nがxy平面に平行であることから、母線115が被設置平面（第3上面311n）に対して傾斜するように、レンズ部100nが配置されることができる。このとき活性層と被設置平面（第3上面311n）とがなす角度 ϕ は、母線115と被設置平面とがなす角度 β と等しい。そして母線115と活性層とは平行であり、母線115と活性層とがなす角度 θ は 0° である。

[0416] なお、この配置ステップが完了しても、レンズ部100nと固定部材300nとは接合されておらず、つまりは、レンズ部100nと固定部材300

nとの互いの位置が固定されてはいない。この段階では、固定部材300nの位置に対して、レンズ部100nを移動させることができる。

[0417] 次に、図48Aが示すように、アライメントステップ及び固定ステップが行われる。図48Aの(a)はレンズ部100nが移動する前の正面図であり、図48Aの(b)はレンズ部100nが移動した後の正面図である。図48Aの(c)はレンズ部100nが移動し、接合された後の正面図である。まず、アライメントステップが行われる。

[0418] アライメントステップは、配置ステップで配置されたレンズ部100nを移動させる工程である。より具体的には、アライメントステップは、レンズ部100nを、被設置平面(第3上面311n)に平行な互いに直交する2つの方向に移動させる工程である。レンズ部100nは、被設置平面(第3上面311n)に沿って移動されることができ、ここでは、レンズ部100nの設置平面(下面122n)が被設置平面(第3上面311n)に対して移動する。

[0419] なお、アライメントステップでは、レンズ部100nが一体となって、移動されることができ、つまり、第1シリンドリカルレンズ110及び支持部材120nの位置関係が固定された状態で、レンズ部100nの全体が移動されることができ、

[0420] アライメントステップでは、出射されたレーザ光L1の結合効率が高くなるように、レンズ部100nの位置が移動され、つまりはレンズ部100nの位置が調整される。本実施の形態では、レンズ部100nが被設置平面(第3上面311n)に沿って右方向(x軸正方向)に移動されることで、母線115が下方つまりz軸負方向に移動する。そして正面視において、母線115は発光領域201に近づいている。つまり、レンズ部100nが被設置平面(第3上面311n)に沿って右方向(x軸正方向)に移動されることで、母線115と発光領域201とのz軸方向ズレdを小さくしている。

[0421] ここで例えば、このアライメントステップでは、半導体レーザ素子200がレーザ光L1を出射しながら、レンズ部100nを移動させるとよい。

[0422] さらに、固定ステップが行われる。図48Aの(c)に示す固定ステップは、アライメントステップで移動されたレンズ部100nを被設置平面(第3上面311n)に接合する工程である。本実施の形態では、第1固定部材310nの第3上面311nと支持部材120nの側面とがつながるように第2接合部材233が塗布、硬化され、レンズ部100nが固定部材300nに固定される。このとき、設置平面と被設置平面とは、一部もしくは全部が接しているため、レンズ部100nがz軸方向にずれることがなく、結合効率を高くした状態でレンズ部100nを固定することができる。

[0423] 固定ステップが行われることにより、半導体レーザ装置1nが製造される。

[0424] このように、本実施の形態に係る光源モジュールの製造方法は、配置ステップと、アライメントステップと、固定ステップとを含む方法である。

[0425] 実施の形態4に係る半導体レーザ装置1nにおいては、母線115と、被設置平面(第3上面311n)とのなす角度 β が、 $0^\circ < |\beta| < 45^\circ$ を満たす場合に、実施の形態1の半導体レーザ装置1と同様の効果が得られる。角度 β が、 $0^\circ < |\beta| < 45^\circ$ を満たす場合に、レンズ部100nが被設置平面(第3上面311n)に沿って移動すると、 $\Delta z / \Delta x$ は1未満となる(図12及び図14参照、)。つまり、レンズ部100nの位置調整において、 Δz は、必ず Δx よりも小さくなる。従って、レンズ部100nのx軸方向の位置が製造設備によって調整された場合に、x軸方向の位置は製造設備精度に等しい精度で調整され、z軸方向の位置は製造設備精度よりも高い精度で調整されることができる。

[0426] より具体的に図48Bを用いて上記効果を説明する。図48Bは、本実施の形態に係る光源モジュールとして図17のNo. 1の条件で、角度 β が 0° 、 0.5° 、 2° 、 5° のときに、レンズ部100nが被設置平面(第3上面311n)に沿ってx軸方向に移動するときの結合効率の変化を示す図である。角度 θ および角度 ϕ については、 $\theta = 0^\circ$ であり、 $\phi = \beta$ である。このとき移動開始前に、第1シリンドリカルレンズ110が最適な位置から

z軸負方向に $1\mu\text{m}$ ズレているとする。このとき、図16に示すように、結合効率は0.4程度と大幅に低下している。 $\beta = 0^\circ$ のときは、レンズ部100nをx軸方向に移動しても結合効率は低いままである。一方で、 $\beta = 0.5^\circ$ 、 2° 、 5° いずれの場合も、レンズ部100nが被設置平面（第3上面311n）に沿ってx軸方向に移動することで、結合効率がほぼ1まで回復する。このとき角度 β が大きいほど短い距離で結合効率を回復させることができる。一方で、角度 β が小さいほど、広い移動範囲で結合効率を高い状態で保持できる。いずれの場合も、比較例で示した位置変化範囲よりも広い範囲で、本実施の形態に係る光源モジュールの結合効率を高くすることができる。つまり、レンズ部100nのx軸方向の位置を変化させることで、母線115と発光領域201とのz軸方向ズレdを精密に変化させ、結合効率を向上させることができる。さらに本実施の形態においては、母線115と活性層とは平行であり、母線115と活性層とがなす角度 θ は 0° である。このため活性層に対して母線115が傾斜することにより引き起こされるレーザ光L1における収差が発生しにくい。したがって、上述のように $\beta = 0.5^\circ$ 、 2° 、 5° いずれの場合も、レンズ部100nを被設置平面に沿って移動させることで、結合効率をほぼ1まで回復させることができる。つまり結合効率の光源モジュールを実現することができる。

[0427] 以下、実施の形態4の変形例1及び2について説明する。以下では、実施の形態4との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0428] [実施の形態4の変形例1]

以下、実施の形態4の変形例1について説明する。

[0429] 図49は、実施の形態4の変形例1に係る半導体レーザ装置1pの構成を示す正面図である。

[0430] 本変形例に係る半導体レーザ装置1pは、レンズ部100nにかえてレンズ部100pを備える点、及び、固定部材300nにかえて固定部材300pを備える点を除いて、実施の形態4に係る半導体レーザ装置1nと同じ構成を備える。

[0431] レンズ部100pは、支持部材120pと、第1シリンдриカルレンズ110とを有する部材である。支持部材120pは、下記に記載の内容を除いて支持部材120nと同じ構成を有する。支持部材120pには、第4接合部材130が埋め込まれるための窪みが設けられている。本変形例においては、当該窪みは、x軸方向に延びる溝形状であるとよい。図49が示すように、支持部材120pの当該窪みに、支持部材120pと第1シリンдриカルレンズ110とを接合するための半田層である第4接合部材130が埋め込まれている。

[0432] 固定部材300pは、第1固定部材310nと、第2固定部材320pとを有する部材である。第2固定部材320pは、下記に記載の内容を除いて第2固定部材320nと同じ構成を有する。第2固定部材320pには、第5接合部材270が埋め込まれるための窪みが設けられている。本変形例においては、当該窪みは、x軸方向に延びる溝形状であるとよい。図49が示すように、第2固定部材320pの当該窪みに、第2固定部材320pと固定基台250とを接合するための半田層である第5接合部材270が埋め込まれている。

[0433] さらに、図50～図53を用いて本変形例に係る光源モジュールの半導体レーザ装置1pの製造方法の一例を説明する。

[0434] 図50、図51、図52及び図53のそれぞれは、本変形例に係る光源モジュールの半導体レーザ装置1p近傍の製造方法の工程を示す模式図である。なお、以下、製造方法が示される図面においては、設置の方向などが破線の矢印で記載されている場合がある。

[0435] 半導体レーザ装置1pは、図50～図53が示すように以下の順番で製造される。

[0436] まずは、準備ステップが行われる。

[0437] 準備ステップでは、はじめに、図50が示すように、レンズ部100pが製造される。第1シリンдриカルレンズ110は、支持部材120pに接合される。より具体的には、第1シリンдриカルレンズ110と支持部材12

0 p とは第4 接合部材 1 3 0 により接合される。これにより、第1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 と、支持部材 1 2 0 p との位置関係が固定され、レンズ部 1 0 0 p が製造される。なおこのとき、上面 1 2 1 n が第2 側面 1 1 2 を支持するため、z 軸方向に第1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 の位置ずれが起こりにくい。このように、準備ステップでは、第1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 が接合面（上面 1 2 1 n）に接合される。

[0438] さらに、図5 1 が示すように、第1 固定部材 3 1 0 n が第2 固定部材 3 2 0 p に接合され、固定部材 3 0 0 p が製造される。第2 固定部材 3 2 0 p の窪みは、下面 3 2 2 n から z 軸正方向に向けた窪みである。図5 2 が示すように、製造された固定部材 3 0 0 p と、レーザユニット 2 0 f とが固定基台 2 5 0 の第2 上面 2 5 1 に接合される。ここでは、固定部材 3 0 0 p と固定基台 2 5 0 とは、第5 接合部材 2 7 0 によって接合される。これにより、固定部材 3 0 0 p とレーザユニット 2 0 f と固定部材 3 0 0 p との位置関係が固定される。図5 2 が示すように、レンズ部 1 0 0 p と固定部材 3 0 0 p とが接合される前に、第1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 と支持部材 1 2 0 p との位置関係が固定され、かつ、固定部材 3 0 0 p とレーザユニット 2 0 f と固定部材 3 0 0 p との位置関係が固定される。なおこのとき、第2 上面 2 5 1 が下面 3 2 2 n を支持するため、z 軸方向に固定部材 3 0 0 p の位置ずれが起こりにくい。

[0439] さらに、図5 2 が示すようにレンズ部 1 0 0 p を配置する工程である配置ステップが行われ、図5 3 が示すようにアライメントステップが行われる。図5 3 の（a）はレンズ部 1 0 0 p が移動する前の正面図であり、図5 3 の（b）はレンズ部 1 0 0 p が被設置平面（第3 上面 3 1 1 n）に沿って x 軸正方向に移動し、接合された後の正面図である。本変形例においては、実施の形態4 と同様に、レンズ部 1 0 0 p を配置する工程が行われ、アライメントステップが行われる。

[0440] 実施の形態4 の変形例1 に係る半導体レーザ装置 1 p においては、母線 1 1 5 と、被設置平面（第3 上面 3 1 1 n）とのなす角度 β が、 $0^\circ < |\beta|$

＜45°を満たす場合に、実施の形態4の半導体レーザ装置1nと同様の効果が得られる。

[0441] さらに、実施の形態4の変形例1に係る半導体レーザ装置1pにおいては、上面121nが第2側面112を支持するため、z軸方向に第1シリンダリカルレンズ110の位置ずれが起こりにくい。さらに、第2上面251が下面322nを支持するため、z軸方向に固定部材300pの位置ずれが起こりにくい。従って、このような半導体レーザ装置1pにおいては、半導体レーザ素子200から出射されたレーザ光L1の結合効率が高くなるように、レンズ部100pが調整されることが容易である。つまりは、結合効率の高い半導体レーザ装置1pが実現される。

[0442] またさらに、第1シリンダリカルレンズ110と、支持部材120pとは、異なる材料によって構成されている。このため、第2側面112と接合される上面121nは、異種材料接合面である。このような異種材料接合面においては、半導体レーザ装置1pに温度サイクルが与えられると、つまりは、高温及び低温が交互に与えられると、応力により剥離が起こりやすいことも想定される。より具体的には、第1シリンダリカルレンズ110と支持部材120pとが異なる材料によって構成されているため、温度サイクルにより熱膨張係数の差から応力が生じ、この結果、剥離が起こりやすい可能性がある。しかしながら、半導体レーザ装置1pにおいては、窪みに第4接合部材130が埋め込まれていることから、より第4接合部材130を厚くすることが可能となり、これにより、上記応力を緩和させるため、上記の剥離が生じ難い。つまりは、信頼性の高い半導体レーザ装置1pが実現される。

[0443] [実施の形態4の変形例2]

以下、実施の形態4の変形例2について説明する。

[0444] 図54は、実施の形態4の変形例2に係る半導体レーザ装置1qの構成を示す上面図である。図55は、実施の形態4の変形例2に係る半導体レーザ装置1qの構成を示す正面図である。図55の(a)は半導体レーザ装置1qが備えるレンズ部100qが移動する前の正面図であり、図55の(b)

はレンズ部100qが移動した後の正面図である。なお、図54の上面図が示す半導体レーザ装置1qは、図55の(a)の正面図が示す半導体レーザ装置1qに相当する。

[0445] 本変形例に係る半導体レーザ装置1qは、主に、第1シリンダリカルレンズ110の母線115が活性層及びx y平面に平行である点、及び、被設置平面がx y平面及び活性層に対して傾斜している点において、実施の形態4に係る半導体レーザ装置1nと同じ構成を有する。また、半導体レーザ装置1qは、レーザユニット20fにかえてレーザユニット20を備える点、レンズ部100nにかえてレンズ部100qを備える点、及び、固定部材300nにかえて固定部材300qを備える点が、実施の形態4に係る半導体レーザ装置1nとは異なる。

[0446] レーザユニット20は、実施の形態1で説明の通り、半導体レーザ素子200と、サブマウント230と、第1接合部材240と、2つの第2接合部材233とによって構成される。

[0447] レンズ部100qは、第1シリンダリカルレンズ110と支持部材120qとを有する部材である。

[0448] 支持部材120qは、第1支持部材121qと、第2支持部材122qとを含む。第1支持部材121q及び第2支持部材122qは、例えば、ガラス若しくはシリコンなどの半導体材料の基板を部分エッチング、研磨や切断などの加工することで構成される。また、FeやFe合金などの金属などで構成されてもよく、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Si_3N_4 若しくはAlNなどのセラミックなどで構成されてもよい。

[0449] 第1支持部材121qは、よりz軸正側に位置しx y平面に平行な上面と、よりz軸負側に位置しx y平面に対して傾斜している下面1211qと含む部材である。第2支持部材122qは、よりz軸正側に位置しx y平面に対して傾斜している上面と、よりz軸負側に位置しx y平面に平行な下面と含む部材である。第2支持部材122qの下面と、第1シリンダリカルレンズ110の第1側面111とが接合されている。

- [0450] 第2支持部材122qの下面がxy平面に平行であり、当該下面に第1シリンドリカルレンズ110の第1側面111が接合されることから、本変形例に係る母線115はxy平面に平行、つまりは、半導体レーザ素子200が有する活性層に平行であり、母線115と活性層とがなす角度 θ は 0° である。
- [0451] 第1支持部材121qの下面1211qと、第2支持部材122qの上面とは、互いに平行であり、xy平面に対して傾斜している。この下面1211qが固定部材300qと接合される。
- [0452] 固定部材300qは、第1固定部材310qと、第2固定部材320qとを有する部材である。第1固定部材310q及び第2固定部材320qは、例えば、ガラス若しくはシリコンなどの半導体材料の基板を部分エッチング、研磨や切断などの加工することで構成される。また、FeやFe合金などの金属などで構成されてもよく、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Si_3N_4 若しくはAlNなどのセラミックなどで構成されてもよい。
- [0453] 第1固定部材310q及び第2固定部材320qは、それぞれy軸方向に延びる角柱形状を有している。第1固定部材310qは上面311q及び下面を有し、第2固定部材320qは上面321q及び下面を有している。
- [0454] 第1固定部材310q及び第2固定部材320qのそれぞれの下面は、xy平面と平行a面であり、サブマウント230に接合される。第1固定部材310q及び第2固定部材320qの上面311q及び上面321qは、互いに平行であり、xy平面に対して傾斜しており、同一平面上に位置する。上面311q及び上面321qは、第1支持部材121qの下面1211qと接合される。
- [0455] このように、固定部材300qは、第1上面231の上方に設置される。また、図54が示すように、半導体レーザ素子200も、第1上面231の上方に設置される。
- [0456] 本変形例に係る被設置平面は、レンズ部100q（より具体的には、第1支持部材121qの下面1211q）が固定される平面である上面311q

及び上面 3 2 1 q である。また、レンズ部 1 0 0 q が被設置平面（上面 3 1 1 q 及び上面 3 2 1 q）に接合される平面である設置平面は、第 1 支持部材 1 2 1 q の下面 1 2 1 1 q である。

[0457] また、本変形例においても、実施の形態 4 と同じく、母線 1 1 5 と、被設置平面（上面 3 1 1 q 及び上面 3 2 1 q）とのなす角度 β が、 $0^\circ < |\beta| < 45^\circ$ を満たす。

[0458] また、本変形例に係るアライメントステップは、以下のように行われる。

[0459] アライメントステップは、レンズ部 1 0 0 q を、被設置平面（上面 3 1 1 q 及び上面 3 2 1 q）に平行な互いに直交する 2 つの方向に移動させる工程である。レンズ部 1 0 0 q は、被設置平面（上面 3 1 1 q 及び上面 3 2 1 q）に沿って移動されることができ、ここでは、レンズ部 1 0 0 q の設置平面（下面 1 2 1 1 q）が被設置平面（上面 3 1 1 q 及び上面 3 2 1 q）に対して移動する。

[0460] 実施の形態 4 の変形例 2 においても、実施の形態 4 で示した効果と同様の効果が得られる。まず、レンズ部 1 0 0 q の x 軸方向の位置を被設置平面（上面 3 1 1 q 及び上面 3 2 1 q）に沿って変化させることで、母線 1 1 5 と発光領域 2 0 1 との z 軸方向ズレ d を変化させ、結合効率を向上させることができる。また母線 1 1 5 と、被設置平面（上面 3 1 1 q 及び上面 3 2 1 q）とのなす角度 β が、 $0^\circ < |\beta| < 45^\circ$ を満たす場合に、レンズ部 1 0 0 q が被設置平面（上面 3 1 1 q 及び上面 3 2 1 q）に沿って移動すると、 $\Delta z / \Delta x$ は 1 未満となる（図 1 2 及び図 1 4 参照）。つまり、レンズ部 1 0 0 q の位置調整において、 Δz は、必ず Δx よりも小さくなる。従って、レンズ部 1 0 0 q の x 軸方向の位置が製造設備によって調整された場合に、x 軸方向の位置は製造設備精度に等しい精度で調整され、z 軸方向の位置は製造設備精度よりも高い精度で調整されることができ。

[0461] [効果など]

実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置 1 n は、レーザ光 L 1 を出射する半導体レーザ素子 2 0 0 と、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 及び設置平面（

下面 1 2 2 n) を有するレンズ部 1 0 0 n と、を備える。半導体レーザ素子 2 0 0 は、活性層を有する。第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 は、レーザ光 L 1 が入射し、ファスト軸方向にレーザ光 L 1 の拡がり角を小さくする。設置平面 (下面 1 2 2 n) が第 1 被設置平面 (第 3 上面 3 1 1 n) に固定される。第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 の母線 1 1 5 は、第 1 被設置平面 (第 3 上面 3 1 1 n) に対して傾斜している。母線 1 1 5 と活性層とのなす角度 θ は、 $|\theta| < 22.5^\circ$ である。特に本実施の形態においては、 $0^\circ = |\theta|$ である。

[0462] 半導体レーザ装置 1 n において、母線 1 1 5 が被設置平面 (第 3 上面 3 1 1 n) に対して傾斜しているので、レンズ部 1 0 0 n を被設置平面 (第 3 上面 3 1 1 n) に沿って、x 軸方向に移動させることで、レンズ部 1 0 0 n の z 軸方向の位置を調整されることができる。

[0463] このような半導体レーザ装置 1 n においては、図 4 8 B が示すように、本実施の形態に係る光源モジュールの結合効率を高めるためにレンズ部 1 0 0 n (第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0) の位置が調整されることが容易である。つまりは、本実施の形態に係る光源モジュールがこの半導体レーザ装置 1 n を備えると、結合効率の高い光源モジュールが実現される。

[0464] 実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置 1 n においては、母線 1 1 5 は、活性層と平行である。つまりは、 $0^\circ = |\theta|$ である。

[0465] これにより、上記説明の通り、活性層が母線 1 1 5 に対して傾斜することにより発生する収差を低減することができるため、本実施の形態に係る光源モジュールがこの半導体レーザ装置 1 n を備えると、結合効率の高い光源モジュールが実現される。

[0466] 実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置 1 n は、第 1 被設置平面である第 3 上面 3 1 1 n を有する固定部材 3 0 0 n を備える。レンズ部 1 0 0 n は、第 1 被設置平面に接合される設置平面 (下面 1 2 2 n) を有する。被設置平面と設置平面とは、平行であり、被設置平面及び設置平面は、活性層に対して傾斜している。

- [0467] これにより、母線 1 1 5 に対する活性層の傾きを調整することが容易となり、つまりは、上記の母線 1 1 5 が活性層と平行であることを実現しやすくなる。
- [0468] 実施の形態 4 の変形例 2 に係る半導体レーザ装置 1 q は、第 1 上面 2 3 1 を有するサブマウント 2 3 0 を備える。半導体レーザ素子 2 0 0 及び固定部材 3 0 0 q は、第 1 上面 2 3 1 の上方に設置される。
- [0469] これにより、固定部材 3 0 0 q が有する第 1 固定部材 3 1 0 q の上面 3 1 1 q、及び、固定部材 3 0 0 q が有する第 2 固定部材 3 2 0 q の上面 3 2 1 q を被設置平面とすることができる。そして、被設置平面及び母線 1 1 5 の位置を、活性層に対してより自由に配置することができる。
- [0470] 実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置 1 n は、第 1 上面 2 3 1 を有するサブマウント 2 3 0 と、サブマウント 2 3 0 及び固定部材 3 0 0 n が設置される第 2 上面 2 5 1 を有する固定基台 2 5 0 とを備える。半導体レーザ素子 2 0 0 は、第 1 上面 2 3 1 の上方に設置される。
- [0471] これにより、固定基台 2 5 0 の第 2 上面 2 5 1 の上方に半導体レーザ素子 2 0 0 を設置することができる。このような場合においても、本実施の形態に係る光源モジュールがこの半導体レーザ装置 1 n を備えることで、結合効率の高い光源モジュールが実現される。
- [0472] 実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置 1 n においては、レンズ部 1 0 0 n は、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 が接合される接合面を含む支持部材 1 2 0 n を、さらに有する。支持部材 1 2 0 n は、設置平面を含む。
- [0473] これにより、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 が直接被設置平面（第 3 上面 3 1 1 n）に接合されることはない。このため、アライメントステップにおいて、コレットが第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 に触れずに、レンズ部 1 0 0 n の位置が調整されることができると、第 1 シリンドリカルレンズ 1 1 0 にコレット由来の汚れなどの異物が付着するなどの問題の発生が抑制される。
- [0474] 実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置 1 n においては、第 1 シリンドリカ

ルレンズ 110 は、母線 115 に平行な第 1 側面 111、及び、第 1 側面 111 に背向し母線 115 に平行な第 2 側面 112 を有する。接合面は、第 1 側面 111 又は第 2 側面 112 に接合され、母線 115 と平行である。

[0475] これにより、第 1 シリンドリカルレンズ 110 と支持部材 120n とが面（第 2 側面 112）と面（接合面（上面 121n））とで接合されることができ、例えば第 1 シリンドリカルレンズ 110 と支持部材 120n とが点と点とで接合される場合に比べて、z 軸方向の位置ずれが起こりにくい。

[0476] 実施の形態 4 に係る製造方法においては、半導体レーザ素子 200 は、活性層を有する。母線 115 は、活性層と平行である。

[0477] これにより、実施の形態 4 に係る製造方法が示すように、母線 115 が半導体レーザ素子 200 が有する活性層と平行である光源モジュールが製造される。この光源モジュールの製造方法においては、アライメントステップにおいて、レンズ部 100n（第 1 シリンドリカルレンズ 110）を第 1 被設置平面（第 3 上面 311n）に沿って、x 軸方向に移動させることで、レンズ部 100n の z 軸方向の位置を調整されることができる。つまりは、このような製造方法により製造された光源モジュールにおいては、光源モジュールの結合効率を高めるためにレンズ部 100n（第 1 シリンドリカルレンズ 110）の位置が調整されることが容易である。つまりは、このような製造方法により、結合効率の高い光源モジュールが実現される。

[0478] （実施の形態 5）

以下、実施の形態 5 について説明する。以下では、実施の形態 1 との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0479] 図 56 は、実施の形態 5 に係る半導体レーザ装置 1r の構成を示す正面図である。図 57 は、実施の形態 5 に係る半導体レーザ装置 1r の構成を示す側面図である。図 58 は、実施の形態 5 に係る半導体レーザ装置 1r の構成を示す上面図である。

[0480] 本実施の形態に係る半導体レーザ装置 1r は、主に、レンズ部 100 にか

えてレンズ部100rを備える点を除いて、実施の形態1に係る半導体レーザ装置1と同じ構成を備える。

[0481] なお、半導体レーザ装置1rは半導体レーザ装置1と同じくレーザユニット20を備えているとよいが、図56～図58では、実施の形態1で示した第1電極210、第2電極220、第1接合部材240、2つの下地層232及び2つの第2接合部材233は図示が省略されている。

[0482] レンズ部100rは、第1シリンдриカルレンズ110と支持部材120rとを有する部材である。

[0483] 支持部材120rは、第1シリンдриカルレンズ110に接合され、第1シリンдриカルレンズ110を支持する部材である。支持部材120rは、上面視で、半導体レーザ素子200の周囲を囲うようなC字形状を有する。支持部材120rは、第1前面1201rと、第2前面1202rとを含む。第1前面1201r及び第2前面1202rは、zx平面と平行な平面である。

[0484] 第1前面1201r及び第2前面1202rは、第1シリンдриカルレンズ110の入射面117と接合される面であり、本実施の形態に係る接合面である。つまり、本実施の形態においては、実施の形態1とは異なり、zx平面と平行な接合面（第1前面1201r及び第2前面1202r）で第1シリンдриカルレンズ110を支持する。

[0485] また、支持部材120rは、側面視で示される下面1203rを有する。下面1203rは、xy平面と平行な面である。下面1203rは、サブマウント230の第1上面231に接合される面である。

[0486] 本実施の形態に係る被設置平面は、レンズ部100r（より具体的には、支持部材120rの下面1203r）が固定される平面である第1上面231である。また、レンズ部100rが被設置平面（第1上面231）に接合される平面である設置平面は、支持部材120rの下面1203rである。

[0487] 図56が示すように、本実施の形態に係る第1シリンдриカルレンズ110の母線115は、被設置平面（第1上面231）に対して傾斜している。

被設置平面（第1上面231）、活性層及びxy平面は平行であることから、母線115は、半導体レーザ素子200が有する活性層、及び、xy平面に対して傾斜している。母線115と被設置平面とのなす角度 β は、 $0 < |\beta| < 45^\circ$ を満たす。母線115と活性層とのなす角度 θ は、 $|\theta| < 22.5^\circ$ を満たす。また活性層と被設置平面とのなす角度 ϕ は $\phi = |\beta - \theta|$ であるが、本実施の形態では $\phi = 0^\circ$ である。

[0488] また、本実施の形態に係るアライメントステップは、以下のように行われる。

[0489] アライメントステップは、レンズ部100rを、被設置平面（第1上面231）に平行な互いに直交する2つの方向に移動させる工程である。ここでは、被設置平面（第1上面231）は、xy平面と平行であることから、レンズ部100rがx軸方向及びy軸方向に移動されることができる。レンズ部100rは、被設置平面（第1上面231）に沿って移動されることができ、ここでは、レンズ部100rの設置平面（下面1203r）が被設置平面（第1上面231）に対して移動する。

[0490] 実施の形態5においても、実施の形態1で示した効果と同様の効果が得られる。レンズ部100rのx軸方向の位置を変化させることで、母線115と発光領域201とのz軸方向ズレdを変化させ、結合効率を向上させることができる。また、母線115と、被設置平面（第1上面231）及び活性層とのなす角度 θ が、 $0^\circ < |\beta| < 45^\circ$ を満たす場合に、レンズ部100rが被設置平面（第1上面231）に沿って移動すると、 $\Delta z / \Delta x$ は1未満となる（図12及び図14参照）。つまり、レンズ部100rの位置調整において、 Δz は、必ず Δx よりも小さくなる。従って、レンズ部100rのx軸方向の位置が製造設備によって調整された場合に、x軸方向の位置は製造設備精度に等しい精度で調整され、z軸方向の位置は製造設備精度よりも高い精度で調整されることができる。

[0491] （実施の形態6）

以下、実施の形態6について説明する。以下では、実施の形態1との相違

点を中心に説明し、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0492] [構成]

まず、実施の形態6に係る光源モジュール10s及び半導体レーザ装置1sの構成について、図59、図60、図61及び図62を用いて説明する。

[0493] 図59は、本実施の形態に係る光源モジュール10sの全体構成を示す斜視図である。図60は、本実施の形態に係る光源モジュール10sが備える半導体レーザ装置1s及び2sの斜視図である。図61は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置1sの側面図である。

[0494] 光源モジュール10sは、半導体レーザ装置1～6及び階段基台510に代えて半導体レーザ装置1s～6sを備える点を除いて、実施の形態1に係る光源モジュール10と同じ構成を有する。

[0495] 半導体レーザ装置1s～6sのそれぞれは、同じ構成を有するが、ここでは、半導体レーザ装置1sについて説明する。

[0496] 半導体レーザ装置1sは、レーザユニット20sとレンズ部100sとを備える。レーザユニット20sは、サブマウント230、第1接合部材240、半導体レーザ素子200に加えて階段基台510の第1ステージ511及びファスト軸シリンドリカルレンズ140sを有する。以下、半導体レーザ装置1sが備える構成要素について説明する。

[0497] 半導体レーザ素子200は第1接合部材240を介してサブマウント230に固定される。第1ステージ511は、xy平面に平行な平面で、互いに平行な第1段511a及び第2段511bを備える。サブマウント230は、第2段511bに固定される。第1段511aはレンズ部100sが固定される被設置平面である。第1ステージ511の第1段511aには窪み5101及び5102が形成される。レーザユニット20sが備えるファスト軸シリンドリカルレンズ140sは、半導体レーザ素子200の出射側に配置され、サブマウント230に固定される。ファスト軸シリンドリカルレンズ140sは、半導体レーザ素子200から出射されたレーザ光L10が入射され、ファスト軸方向の広がり角を小さくしたレーザ光L10に変換して

出射するレンズである。ファスト軸シリンダリカルレンズ140sから出射されるレーザ光L10は、広がり角が $-1^{\circ} \sim +1^{\circ}$ の間の疑似コリメートされたレーザ光である。

[0498] なお、本実施の形態においては、半導体レーザ装置1sの半導体レーザ素子200から出射されレンズ部100s（第1シリンダリカルレンズ110s）に入射するまでのレーザ光をレーザ光L10とする。同様に、半導体レーザ装置2sのファスト軸シリンダリカルレンズ140sから出射されレンズ部100s（第1シリンダリカルレンズ110s）に入射するまでのレーザ光をレーザ光L20とする。

[0499] ファスト軸シリンダリカルレンズ140sは、ガラスなどの無機透明材料により構成される部材であり、レーザ光L10が入射される入射面147sと、レーザ光L10を出射する出射面146sを有する。入射面147sと出射面146sとは、レーザ光L10の波長に合わせた反射防止コート膜が形成される。

[0500] 本実施の形態に係るファスト軸シリンダリカルレンズ140sは、図61が示すように、平面形状の入射面147sと、凸状の円柱の表面である出射面146sとを有する平凸型のシリンダリカルレンズである。つまり出射面146sはシリンダリカル面を有する。ファスト軸シリンダリカルレンズ140sの入射面147sは、zx平面に平行な面である。出射面146sのシリンダリカル面のパワー軸は、レーザ光L10のファスト軸に平行である。したがって、ファスト軸シリンダリカルレンズ140sの母線145sは、xy平面、半導体レーザ素子200が有する活性層及び被設置平面（第1段511a）に平行である。

[0501] なお、光源モジュール10sの製造方法においては、アライメントステップが行われる前に、ファスト軸シリンダリカルレンズ140sは接合部材を介してサブマウント230に固定され、ファスト軸シリンダリカルレンズ140sと半導体レーザ素子200との位置関係が固定される。つまり、アライメントステップでは、ファスト軸シリンダリカルレンズ140sは、移動

されないレンズである。従って、ファスト軸シリンダリカルレンズ140sは、位置調整レンズではない。

[0502] このような、ファスト軸シリンダリカルレンズ140sの出射面146sから出射されたレーザ光L10の光軸は、ファスト軸シリンダリカルレンズ140sのz軸方向の設置誤差の影響で、xy平面に平行でないものも含まれる。例えば、比較例で示したようにz軸方向に数 μm ずれるだけで、レーザ光L10の光軸が光ファイバ550に向かう光学系の光軸に対して傾斜して、結合効率が低下する。

[0503] レーザ光L10は、レンズ部100sに入射する。本実施の形態においては、レンズ部100sは、設置平面である下面112sと第1シリンダリカル面とを有する第1シリンダリカルレンズ110sで構成され、支持部材を有さない。第1シリンダリカルレンズ110sは、パワー軸とノンパワー軸とを有するシリンダリカルレンズである。当該パワー軸と当該ノンパワー軸とは、垂直な関係に配置されている。第1シリンダリカルレンズ110sは、当該パワー軸に凸状もしくは凹状の曲面である第1シリンダリカル面を有する。

[0504] 第1シリンダリカルレンズ110sは、ファスト軸シリンダリカルレンズ140sから出射されたレーザ光L10が入射する入射面117sとレーザ光L1を出射する出射面116sとを有する。

[0505] 第1シリンダリカルレンズ110sは、ガラスなどの無機透明材料により構成されるレンズであり、入射面117sと出射面116sとにレーザ光L10（レーザ光L1）の波長に合わせた反射防止コート膜が形成される。

[0506] 本実施の形態に係る第1シリンダリカルレンズ110sは、入射面117sが平面であり、出射面116sが凸状の円柱表面である第1シリンダリカル面を有する平凸型のシリンダリカルレンズである。第1シリンダリカルレンズ110sの入射面117はzx平面に平行な面である。また、下面112sはxy平面に平行で、さらに下面112sに平行な上面111sを有する。

[0507] 第1シリンドリカル面の母線115sは下面112sに対して傾斜している。そして、第1シリンドリカルレンズ110sは、第1ステージ511に接合される。より具体的には、第1シリンドリカルレンズ110sの下面112sは、第1段511aの窪み5101及び5102の上に配置され、第1段511aと一部もしくは全部が接している。そして、第1シリンドリカルレンズ110sと第1段511aとは、例えば半田層である第2接合部材233sによって固定される。つまり、母線115sは、被設置平面（第1段511a）に対して傾斜している。したがって、母線115sは、半導体レーザ素子200が有する活性層及びxy平面に対して傾斜している。また、本実施の形態においては、第1段511aと第2段511bとは平行であるため、活性層と被設置平面（第1段511a）とは平行である。つまり、活性層は、被設置平面に対して平行である。

[0508] さらに、本実施の形態においても、母線115sと被設置平面（第1段511a）とのなす角度 β は $0^\circ < |\beta| < 22.5^\circ$ を満たし、母線115sと活性層とのなす角度 θ は、 $0^\circ < |\theta| < 22.5^\circ$ を満たす。

[0509] 第1シリンドリカルレンズ110sは、入射したレーザ光L10のファスト軸における拡がり角を狭くするとともに光軸方向が変化したレーザ光L1として出射する。より具体的には、レーザ光L10の光軸と入射位置に対して、母線115sの位置が調整され、レーザ光L1の光軸をレーザ光L10の光軸を、光ファイバ550に結合される光軸と平行にする。図61では、ファスト軸シリンドリカルレンズ140sから出射されたレーザ光L10は、y軸方向に対して、上方、つまりz軸正方向に傾斜している。これに対して、第1シリンドリカルレンズ110sの母線115sは、下方、つまりz軸負方向に移動され、レーザ光L10の光軸をxy平面と平行にする。このとき、レーザ光L10は、ファスト軸方向にコリメートされ、xy平面に平行に進むレーザ光L1となり出射される。

[0510] 続いて、以下、本実施の形態に係る光源モジュール10sの製造方法を説明する。

- [0511] まず、準備ステップについて説明する。準備ステップでは、レンズ部 100s とレーザユニット 20s が準備される。
- [0512] 以下では、まずレンズ部 100s である第 1 シリンドリカルレンズ 110s の製造方法について説明する。図 62 は、本実施の形態に係る第 1 シリンドリカルレンズ 110s の製造方法を示す正面図である。
- [0513] より具体的には、図 62 の (a) は準備されたシリンドリカルレンズ 900 を示す正面図であり、図 62 の (b) は切断された複数の断片レンズ 901 を示す正面図であり、図 62 の (c) は複数の断片レンズ 901 の研磨を説明するための正面図であり、図 62 の (d) は製造された複数の第 1 シリンドリカルレンズ 110s を示す正面図である。
- [0514] まず、図 62 の (a) が示すように、母線 915 を有するシリンドリカルレンズ 900 が準備される。さらに、準備されたシリンドリカルレンズ 900 が図 62 の (a) の破線で示された複数の切断線 902 で切断される。ここで、複数の切断線 902 は互いに平行であり、複数の切断線 902 と母線 915 とのなす角度である角度 γ が、 $67.5^\circ < \gamma < 90^\circ$ を満たすように、シリンドリカルレンズ 900 が切断される。
- [0515] シリンドリカルレンズ 900 の切断により、複数の断片レンズ 901 が得られた。図 62 の (b) が示すように、複数の断片レンズ 901 は互いに切断面が接するように配置される。例えば、複数の断片レンズ 901 は、治具などにより、配置されるとよい。
- [0516] 続いて、複数の断片レンズ 901 が研磨される。ここでは、図 62 の (c) が示すように、一点鎖線で示される研磨面 903b まで下面と、研磨面 903a まで上面とが研磨され、複数の断片レンズ 901 が研磨される。なお、研磨面 903b と研磨面 903a とは互いに平行である。
- [0517] 複数の断片レンズ 901 が研磨されることにより、複数の第 1 シリンドリカルレンズ 110s が製造される。図 62 の (d) が示すように、母線 115s は、上面 111s 及び下面 112s に対して傾斜している。上述の製造方法によりレンズ部 100s が製造される。

- [0518] なお、実施の形態3の第2シリンドリカルレンズ110kも、第1シリンドリカルレンズ110sと同じ方法で製造可能である。また、第1シリンドリカルレンズ110sの製造方法において、研磨面903aを研磨せずに、研磨面903bのみを研磨することで、実施の形態1の変形例2などの第1シリンドリカルレンズ110bを製造することができる。
- [0519] 続いて、レーザユニット20sが準備される。半導体レーザ素子200は第1接合部材240を介してサブマウント230に固定される。サブマウント230は、第2段511bに固定される。そして、ファスト軸シリンドリカルレンズ140sが、半導体レーザ素子200の発光領域201付近の所定の位置に位置合わせされ固定される。
- [0520] 続いて、配置ステップにおいて、レンズ部100sが、第1ステージ511の第1段511aの所定の位置に配置される。
- [0521] 続いて、本実施の形態に係るアライメントステップは、以下のように行われる。
- [0522] アライメントステップは、レンズ部100s（第1シリンドリカルレンズ110s）を、被設置平面（第1段511a）に平行な互いに直交する2つの方向に移動させる工程である。ここでは、被設置平面（第1段511a）は、 x - y 平面と平行であることから、レンズ部100sが x 軸方向及び y 軸方向に移動されることができる。レンズ部100sは、被設置平面（第1段511a）に沿って移動されることができ、ここでは、レンズ部100sの設置平面（下面112s）が被設置平面（第1段511a）に対して移動する。
- [0523] 実施の形態6においても、実施の形態1で示した効果と同様の効果が得られる。レンズ部100sの x 軸方向の位置を変化させることで、母線115と発光領域201との z 軸方向ズレ d を変化させ、結合効率を向上させることができる。また、母線115sと、被設置平面（第1段511a）及び活性層とのなす角度 θ が、 $0^\circ < |\theta| < 22.5^\circ$ を満たす場合に、レンズ部100sが被設置平面（第1段511a）に沿って移動すると、 $\Delta z / \Delta$

xは1未満となる（図12及び図14参照）。つまり、レンズ部100sの母線115sの位置調整において、 Δz は、必ず Δx よりも小さくなる。従って、レンズ部100sのx軸方向の位置が製造設備によって調整された場合に、x軸方向の位置は製造設備精度に等しい精度で調整され、z軸方向の位置は製造設備精度よりも高い精度で調整されることができる。したがって、第1シリンドリカルレンズ110sから出射されるレーザ光L1の光軸を精密にxy平面に平行にすることができる。

[0524] 最後に固定ステップでは、第1シリンドリカルレンズ110sが配置される第1段511aには窪み5101及び5102が形成され、下面112sと第1段511aとは一部接している。したがって、固定ステップで、第1シリンドリカルレンズ110sがz軸方向にズレることを抑制することができ、光源モジュール10sにおいて結合効率を高い状態で維持することができる。

[0525] [効果など]

本実施の形態に係る半導体レーザ装置1sは、ファスト軸シリンドリカルレンズ140sをさらに備える。ファスト軸シリンドリカルレンズ140sは、半導体レーザ素子200から出射されたレーザ光L10が入射し、レーザ光L10のファスト軸方向の拡がり角を小さくする。ファスト軸シリンドリカルレンズ140sから出射されたレーザ光L10は、第1シリンドリカルレンズ110sに入射する。

[0526] このように、半導体レーザ素子200と第1シリンドリカルレンズ110sとの間に、ファスト軸シリンドリカルレンズ140sが設けられる。つまり、半導体レーザ装置1sにおいては、半導体レーザ素子200と第1シリンドリカルレンズ110sとが離間されて配置される。ここで、第1シリンドリカルレンズ110sの焦点を通らない光は、当該第1シリンドリカルレンズ110sを通過するときに光軸が変化する。ファスト軸シリンドリカルレンズ140sを通してxy平面に平行でない光軸を持つレーザ光L10に対して、対応する第1シリンドリカルレンズ110sの位置を調整すること

により、第1シリンドリカルレンズ110sを通過したレーザ光L1をxy平面に平行にすることができる。このような半導体レーザ装置1sにおいては、レンズ部100s（第1シリンドリカルレンズ110s）の位置を容易に調整することができる。つまりは、この半導体レーザ装置1を備える光源モジュール10sは、結合効率の高い光源モジュール10sとなる。

[0527] （その他の実施の形態）

以上、本開示に係る半導体レーザ装置について、各実施の形態及び各変形例に基づいて説明したが、本開示は、これらの各実施の形態及び各変形例に限定されるものではない。本開示の主旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を実施の形態に施したものや、各実施の形態及び各変形例における一部の構成要素を組み合わせる構築される別の形態も、本開示の範囲に含まれる。

[0528] 実施の形態1～3、5及び6において $\theta = \beta$ かつ $0 < |\beta| < 22.5^\circ$ の場合を説明し、実施の形態4において $\theta = 0$ かつ $0 < |\beta| < 45^\circ$ の場合を説明したが、本発明はこれらに限られるものではない。 $0 < |\beta| < 45^\circ$ かつ $0 \leq |\theta| < 22.5^\circ$ の場合であっても、同様の効果が得られる。 $0 < |\beta| < 45^\circ$ かつ $0 \leq |\theta| < 22.5^\circ$ の場合、 $0 \leq |\theta| \leq |\beta|$ であっても、同様の効果が得られる。 $0 < |\beta| < 45^\circ$ かつ $0 \leq |\theta| < 22.5^\circ$ の場合、 $0 \leq \theta \leq \beta$ または $\beta \leq \theta \leq 0$ であっても、同様の効果が得られる。

[0529] また、実施の形態1の変形例4において、被設置平面に窪み2351及び2352を有する場合を説明したが、被設置平面に窪み2351及び2352がなく、設置平面に窪みを有する場合でも、同様の効果が得られる。

[0530] 加えて、被設置平面および設置平面の形状は図26の形状に限られるものではない。設置平面が平坦な形状であり、複数の突出部からなる表面を被設置平面として用いてもよい。この場合、複数の突出部の先端を通る平面が被設置平面となる。同様に、被設置平面が平坦な形状であり、複数の突出部からなる表面を設置平面として用いてもよい。この場合、複数の突出部の先端

を通る平面が設置平面となる。

[0531] なお、上記実施の形態において、対象物を光ファイバ550のコア550aとしたがこの限りではない。例えば、対象物をレーザ結晶とし、光源モジュールをレーザ励起固体レーザモジュールとしてもよい。

[0532] また、上記の実施の形態は、請求の範囲又はその均等の範囲において種々の変更、置き換え、付加、省略などを行うことができる。

産業上の利用可能性

[0533] 本開示によれば、結合効率が高い光源モジュールを提供することができる。

符号の説明

[0534] 1、1a、1b、1c、1d、1f、1g、1h、1j、1k、1m、1n、1p、1q、1r、1s、1x、1y、2、2f、2k、2m、2s、3、4、5、6、6f、6s 半導体レーザ装置
10、10f、10k、10m、10s 光源モジュール
20、20f、20s レーザユニット
100、100a、100b、100c、100f、100g、100h、100j、100n、100p、100q、100r、100s レンズ部
110、110b、110s 第1シリンドリカルレンズ
110x FACレンズ
110k 第2シリンドリカルレンズ
111、111b 第1側面
111s、121n、311、321、321n、311q、321q、1201h、1211f、1221f 上面
112 第2側面
112s、122n、312n、322n、1202h、1203r、1211、1211b、1211c、1211q、1212、1213f、1221、1222f、1231 下面
113 第3側面

114 第4側面

115、115k、115s、115x、145s、915 母線

116、116k、116s、146s 出射面

117、117k、117s、147s 入射面

120、120a、120b、120c、120f、120g、120h、

120n、120p、120q、120r 支持部材

120x 接合材

121、121b、121f、121q 第1支持部材

122、122f、122q 第2支持部材

123 第3支持部材

130 第4接合部材

140s ファスト軸シリンドリカルレンズ

200 半導体レーザ素子

201 発光領域

210 第1電極

220 第2電極

230、230d サブマウント

231 第1上面

232 下地層

233、233d、233y、233s 第2接合部材

236、236d 基材

240 第1接合部材

250 固定基台

251 第2上面

260 第3接合部材

270 第5接合部材

300、300g、300n、300p、300q 固定部材

301g、311n 第3上面

3 1 0、3 1 0 n、3 1 0 q 第1固定部材
3 2 0、3 2 0 n、3 2 0 p、3 2 0 q 第2固定部材
5 0 1 ケース
5 0 2 ベース
5 0 3 側壁
5 1 0 階段基台
5 1 1 第1ステージ
5 1 1 a 第1段
5 1 1 b 第2段
5 1 2 第2ステージ
5 1 3 第3ステージ
5 1 4 第4ステージ
5 1 5 第5ステージ
5 1 6 第6ステージ
5 5 0 光ファイバ
5 5 0 a コア
5 5 1 ブーツ
5 5 2 リードピン
6 0 0 S A C レンズ
7 0 0 反射ミラー
8 0 0 集光レンズ
9 0 0 シリンドリカルレンズ
9 0 1 断片レンズ
9 0 3 a、9 0 3 b 研磨面
1 2 0 1 r 第1前面
1 2 0 2 r 第2前面
1 2 1 4 f ツバ領域
2 3 1 1 支持面

2 3 5 1、2 3 5 2、5 1 0 1、5 1 0 2 窪み

A 1 光軸

B 1 ビームスポット

B 2 ビームスポット

B F L 距離

D コア径

d z 軸方向ズレ

L 1、L 2、L 3、L 4、L 5、L 6、L 1 0、L 2 0 レーザ光

N A 開口数

P 1 主点

F 1 有効焦点距離

W 2 幅

W 3 有効開口幅

W 4 幅

W s 幅

α 角度

β 角度

θ 角度

請求の範囲

- [請求項1] レーザ光を出射する半導体レーザ素子と、
第1シリンドリカルレンズ及び設置平面を有するレンズ部と、
を備え、
前記半導体レーザ素子は、活性層を有し、
前記第1シリンドリカルレンズは、
前記レーザ光が入射し、
ファスト軸方向に前記レーザ光の拡がり角を小さくし、
前記設置平面が第1被設置平面に固定され、
前記第1シリンドリカルレンズの母線は、前記第1被設置平面に対して傾斜しており、
前記母線と前記活性層とのなす角度 θ は、
 $|\theta| < 22.5^\circ$
である
半導体レーザ装置。
- [請求項2] 前記母線と、前記第1被設置平面とのなす角度 β は、
 $0^\circ < |\beta| < 45^\circ$
である
請求項1記載の半導体レーザ装置。
- [請求項3] 前記母線と、前記第1被設置平面とのなす角度 β は、
 $0.5^\circ \leq |\beta| \leq 2^\circ$
である
請求項1記載の半導体レーザ装置。
- [請求項4] レーザ光を出射する半導体レーザ素子と、
第1シリンドリカルレンズ及び設置平面を有するレンズ部と、
を備え、
前記半導体レーザ素子は、活性層を有し、
前記第1シリンドリカルレンズは、

前記レーザ光が入射し、
ファスト軸方向に前記レーザ光の拡がり角を小さくし、
前記設置平面が第1被設置平面に固定され、
前記第1シリンドリカルレンズの母線は、前記設置平面に対して傾斜しており、

前記母線と前記活性層とのなす角度 θ は、

$$|\theta| < 22.5^\circ$$

である

半導体レーザ装置。

[請求項5] 前記母線と、前記設置平面とのなす角度 β は、

$$0^\circ < |\beta| < 45^\circ$$

である

請求項4記載の半導体レーザ装置。

[請求項6] 前記母線と、前記設置平面とのなす角度 β は、

$$0.5^\circ \leq |\beta| \leq 2^\circ$$

である

請求項4記載の半導体レーザ装置。

[請求項7] 前記設置平面と前記第1被設置平面とが、一部又は全部接している
請求項1～6のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置。

[請求項8] 前記第1被設置平面に一つ又は複数の窪みが設けられている
請求項7に記載の半導体レーザ装置。

[請求項9] 前記レンズ部は、前記第1被設置平面に対向する側に前記母線に対して傾いた傾斜側面、及び、前記傾斜側面に背向する背向側面を有し、

前記傾斜側面は、前記第1被設置平面に設置される

請求項1～7のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置。

[請求項10] 前記活性層は、前記第1被設置平面に対して平行である

請求項1～6のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置。

- [請求項11] 前記活性層は、前記設置平面に対して平行である
請求項1～6のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置。
- [請求項12] 第1上面を有するサブマウントを備え、
前記半導体レーザ素子は、前記第1上面の上方に設置される
請求項1～7のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置。
- [請求項13] 前記第1被設置平面は、前記第1上面である
請求項12に記載の半導体レーザ装置。
- [請求項14] 第1上面を有するサブマウントを備え、
前記第1被設置平面は、前記第1上面より下方に設置される
請求項1～7のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置。
- [請求項15] 第2上面を有する固定基台を備え、
前記サブマウントは、前記第2上面の上方に設置され、
前記半導体レーザ素子は、前記第1上面の上方に設置される
請求項14に記載の半導体レーザ装置。
- [請求項16] 前記第1被設置平面は、前記活性層より上方に設置される
請求項1～12のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置。
- [請求項17] 前記設置平面は、前記活性層より上方に設置される
請求項1～12のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置。
- [請求項18] 前記第1被設置平面を有する固定部材を備え、
前記固定部材は、前記サブマウントに固定される
請求項12に記載の半導体レーザ装置。
- [請求項19] 第1上面を有するサブマウントと、
第3上面を有する固定部材と、
第2上面を有する固定基台と、
を備え、
前記サブマウント及び前記固定部材は、前記第2上面の上方に設置
され、
前記半導体レーザ素子は、前記第1上面の上方に設置される

- 請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。
- [請求項20] 前記設置平面は、前記第 1 シリンドリカルレンズに設けられる
請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。
- [請求項21] 前記レンズ部は、前記設置平面を備える支持部材を備え、
前記支持部材は、前記第 1 シリンドリカルレンズが接合される接合面を備え、
前記支持部材は、前記第 1 被設置平面に固定される
請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。
- [請求項22] 前記第 1 シリンドリカルレンズは、前記母線に平行な第 1 側面、及び、前記第 1 側面に背向し前記母線に平行な第 2 側面を有し、
前記接合面は、前記母線に平行であり、かつ、前記第 1 側面又は前記第 2 側面に接合される
請求項 2 1 に記載の半導体レーザ装置。
- [請求項23] 前記第 1 シリンドリカルレンズは、前記第 1 被設置平面に対向する側に前記母線に対して傾いた傾斜側面、及び、前記傾斜側面に背向する背向側面を有し、
前記傾斜側面は、前記接合面に設置される
請求項 2 1 に記載の半導体レーザ装置。
- [請求項24] 前記母線は、前記活性層と平行である
請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。
- [請求項25] 前記第 1 被設置平面である第 3 上面を有する固定部材を備え、
前記レンズ部は、前記第 1 被設置平面に接合される前記設置平面を有し、
前記第 1 被設置平面と前記設置平面とは、平行であり、
前記第 1 被設置平面及び前記設置平面は、前記活性層に対して傾いている
請求項 2 4 に記載の半導体レーザ装置。
- [請求項26] 第 1 上面を有するサブマウントを備え、

前記半導体レーザ素子及び前記固定部材は、前記第 1 上面の上方に設置される

請求項 2 5 に記載の半導体レーザ装置。

[請求項27]

第 1 上面を有するサブマウントと、

前記サブマウント及び前記固定部材が設置される第 2 上面を有する固定基台と、

を備え、

前記半導体レーザ素子は、前記第 1 上面の上方に設置される

請求項 2 5 に記載の半導体レーザ装置。

[請求項28]

前記レンズ部は、前記第 1 シリンドリカルレンズが接合される接合面を含む支持部材を、さらに有し、

前記支持部材は、前記設置平面を含む

請求項 2 5 に記載の半導体レーザ装置。

[請求項29]

前記第 1 シリンドリカルレンズは、前記母線に平行な第 1 側面、及び、前記第 1 側面に背向し前記母線に平行な第 2 側面を有し、

前記接合面は、前記第 1 側面又は前記第 2 側面に接合され、前記母線と平行である

請求項 2 8 に記載の半導体レーザ装置。

[請求項30]

前記半導体レーザ装置は、

第 2 シリンドリカルレンズと第 2 被設置平面とをさらに備え、

前記第 2 シリンドリカルレンズは、

前記第 1 シリンドリカルレンズから出射された前記レーザ光が入射し、

前記レーザ光のファスト軸方向の拡がり角を小さくし、

前記第 2 シリンドリカルレンズは、前記第 2 被設置平面に固定され、

前記第 2 シリンドリカルレンズの母線は、前記第 2 被設置平面に対して傾斜し、

前記第 1 シリンドリカルレンズの前記母線が前記第 1 被設置平面に対して傾斜している方向は、前記第 2 シリンドリカルレンズの前記母線が前記第 2 被設置平面に対して傾斜している方向とは逆向きである請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

[請求項31]

ファスト軸シリンドリカルレンズをさらに備え、
前記ファスト軸シリンドリカルレンズは、
前記半導体レーザ素子から出射された前記レーザ光が入射し、
前記レーザ光のファスト軸方向の拡がり角を小さくし、
前記ファスト軸シリンドリカルレンズから出射された前記レーザ光は、前記第 1 シリンドリカルレンズに入射する
請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

[請求項32]

請求項 1 ～ 3 1 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置を複数備え、
複数の前記半導体レーザ装置のそれぞれが備える前記半導体レーザ素子から出射される前記レーザ光は、合波される
光源モジュール。

[請求項33]

複数の前記半導体レーザ装置を気密封止する気密パッケージを備える
請求項 3 2 に記載の光源モジュール。

[請求項34]

光源モジュールの製造方法であって、
前記光源モジュールは、
レーザ光を出射する半導体レーザ素子と、
第 1 被設置平面と、
第 1 シリンドリカルレンズ及び設置平面を有するレンズ部と、
を備え、
前記半導体レーザ素子は、活性層を有し、
前記第 1 シリンドリカルレンズはファスト軸方向に前記レーザ光の拡がり角を小さくし、

前記設置平面は前記第1被設置平面に固定され、

前記製造方法は、

前記第1シリンドリカルレンズの母線が前記第1被設置平面に対して傾斜するように、前記レンズ部を前記第1被設置平面に配置する配置ステップと、

前記半導体レーザ素子から出射された前記レーザ光を前記第1シリンドリカルレンズに入射させ、かつ、配置された前記レンズ部を、前記第1被設置平面に平行な互いに直交する2つの方向に移動させるアライメントステップと、

移動された前記レンズ部を前記第1被設置平面に固定する固定ステップと、

を含み、

前記配置ステップにおいて、前記母線と前記活性層とのなす角度 θ は、

$$|\theta| < 22.5^\circ$$

である

製造方法。

[請求項35]

光源モジュールの製造方法であって、

前記光源モジュールは、

レーザ光を出射する半導体レーザ素子と、

第1被設置平面と、

第1シリンドリカルレンズ及び設置平面を有するレンズ部と、

を備え、

前記半導体レーザ素子は、活性層を有し、

前記第1シリンドリカルレンズはファスト軸方向に前記レーザ光の拡がり角を小さくし、

前記設置平面は前記第1被設置平面に固定され、

前記製造方法は、

前記第1シリンドリカルレンズの母線が前記設置平面に対して傾斜するように、前記レンズ部を前記第1被設置平面に配置する配置ステップと、

前記半導体レーザ素子から出射された前記レーザ光を前記第1シリンドリカルレンズに入射させ、かつ、配置された前記レンズ部を、前記第1被設置平面に平行な互いに直交する2つの方向に移動させるアライメントステップと、

移動された前記レンズ部を前記第1被設置平面に固定する固定ステップと、

を含み、

前記配置ステップにおいて、前記母線と前記活性層とのなす角度 θ は、

$$|\theta| < 22.5^\circ$$

である

製造方法。

[請求項36] 前記アライメントステップでは、前記半導体レーザ素子が前記レーザ光を出射しながら、前記レンズ部を移動させる
請求項34又は35に記載の製造方法。

[請求項37] 前記レンズ部は、支持部材を有し、
前記支持部材は、前記第1シリンドリカルレンズが接合される接合面を備え、

前記製造方法は、前記第1シリンドリカルレンズが前記接合面に接合される準備ステップをさらに備え、

前記準備ステップが前記配置ステップの前に実施される、
請求項34～36のいずれか1項に記載の製造方法。

[請求項38] 前記活性層は、前記第1被設置平面に対して平行である
請求項34～37のいずれか1項に記載の製造方法。

[請求項39] 前記活性層は、前記設置平面に対して平行である

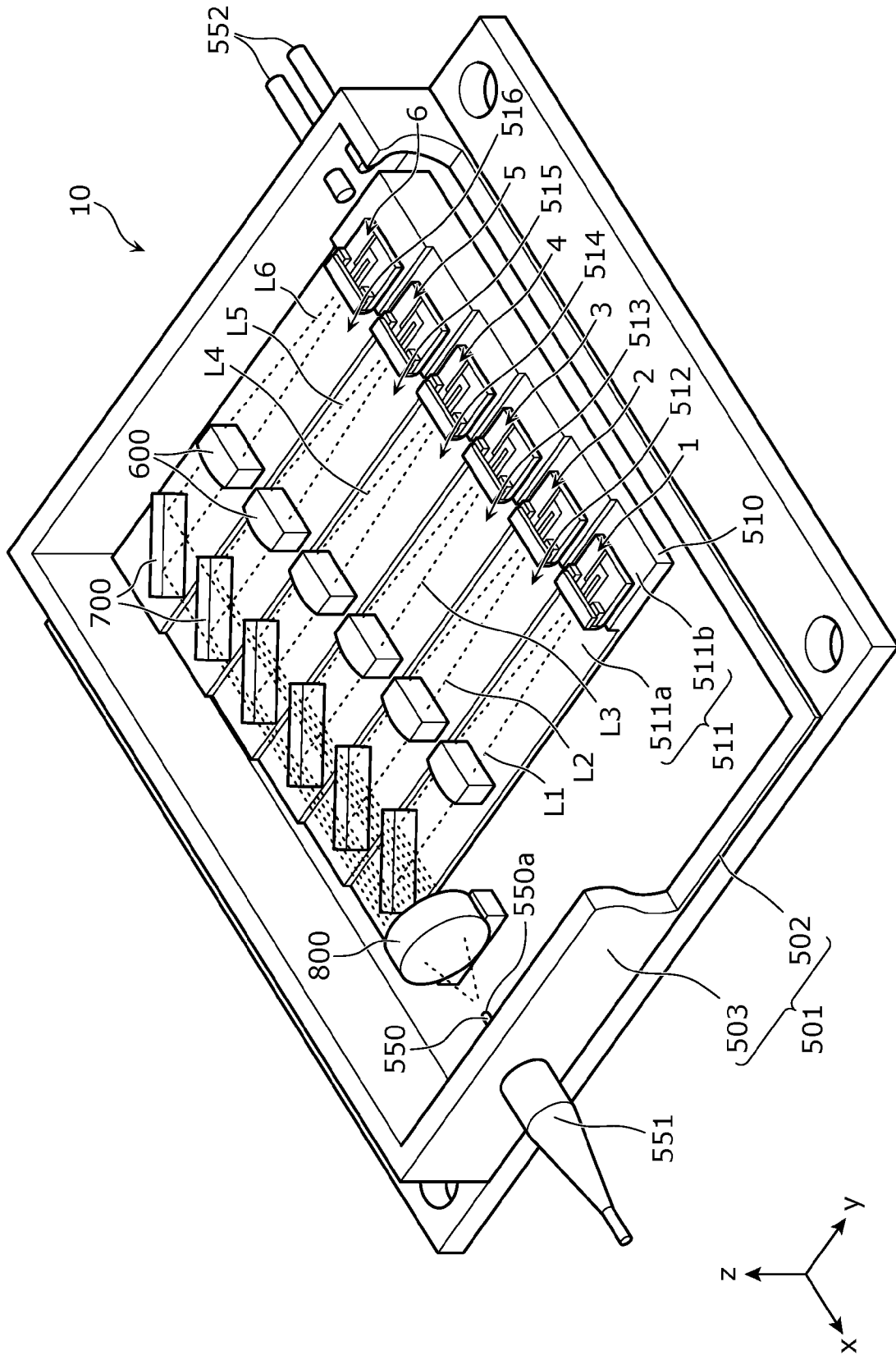
請求項 3 4 ～ 3 8 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

[請求項40]

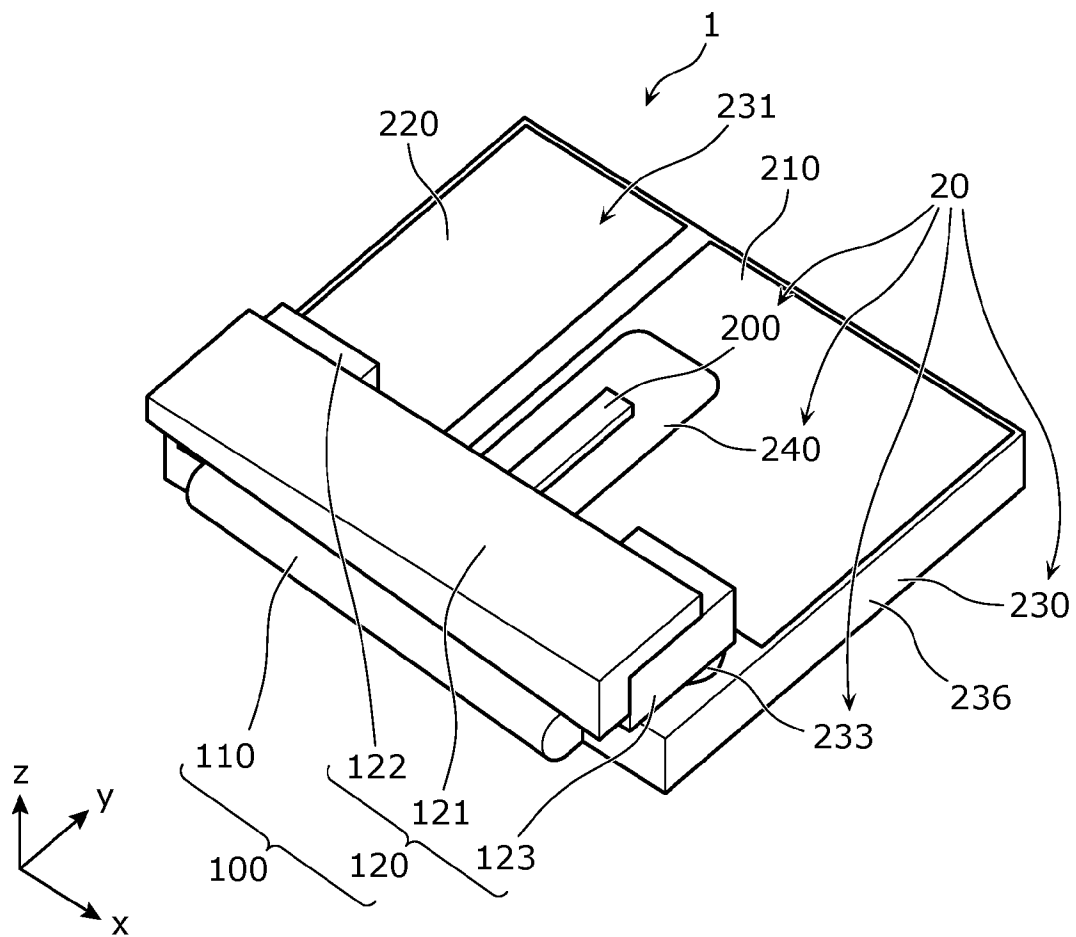
前記母線は、前記活性層と平行である

請求項 3 4 ～ 3 7 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

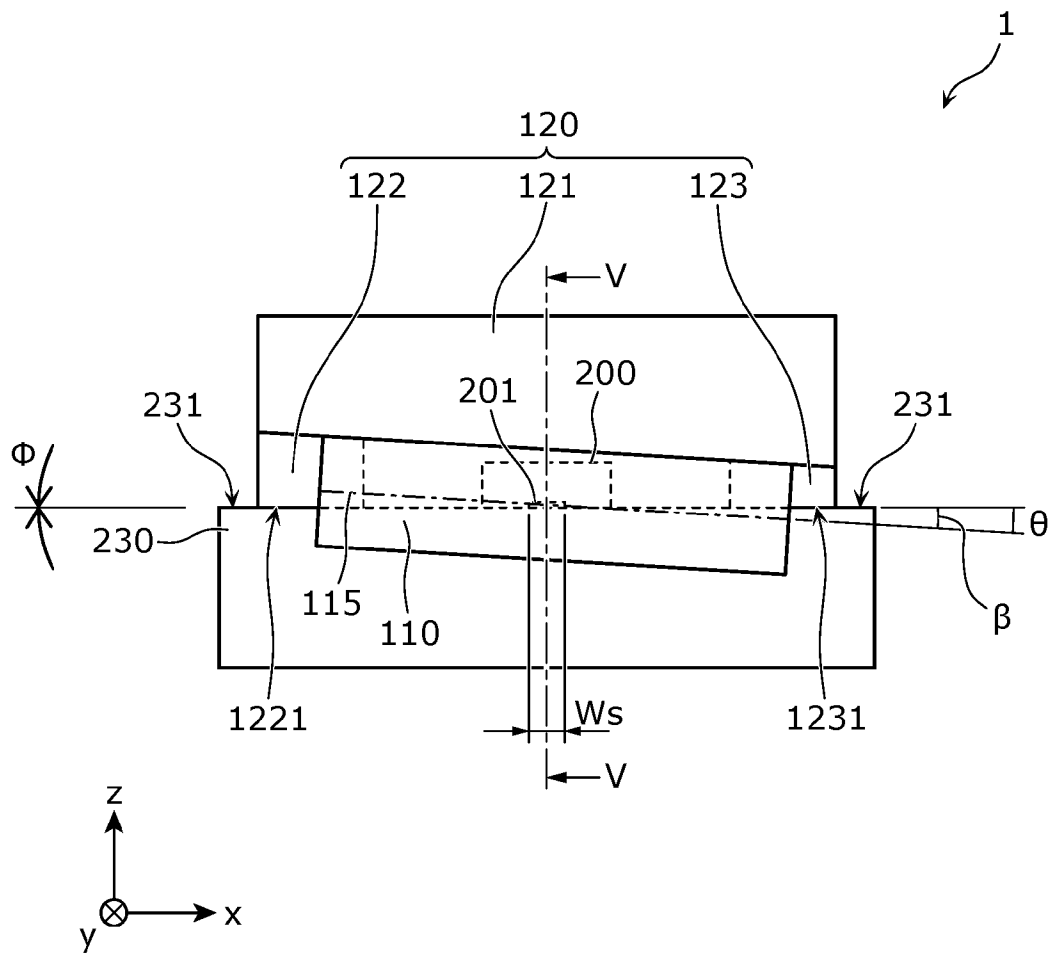
[図1]



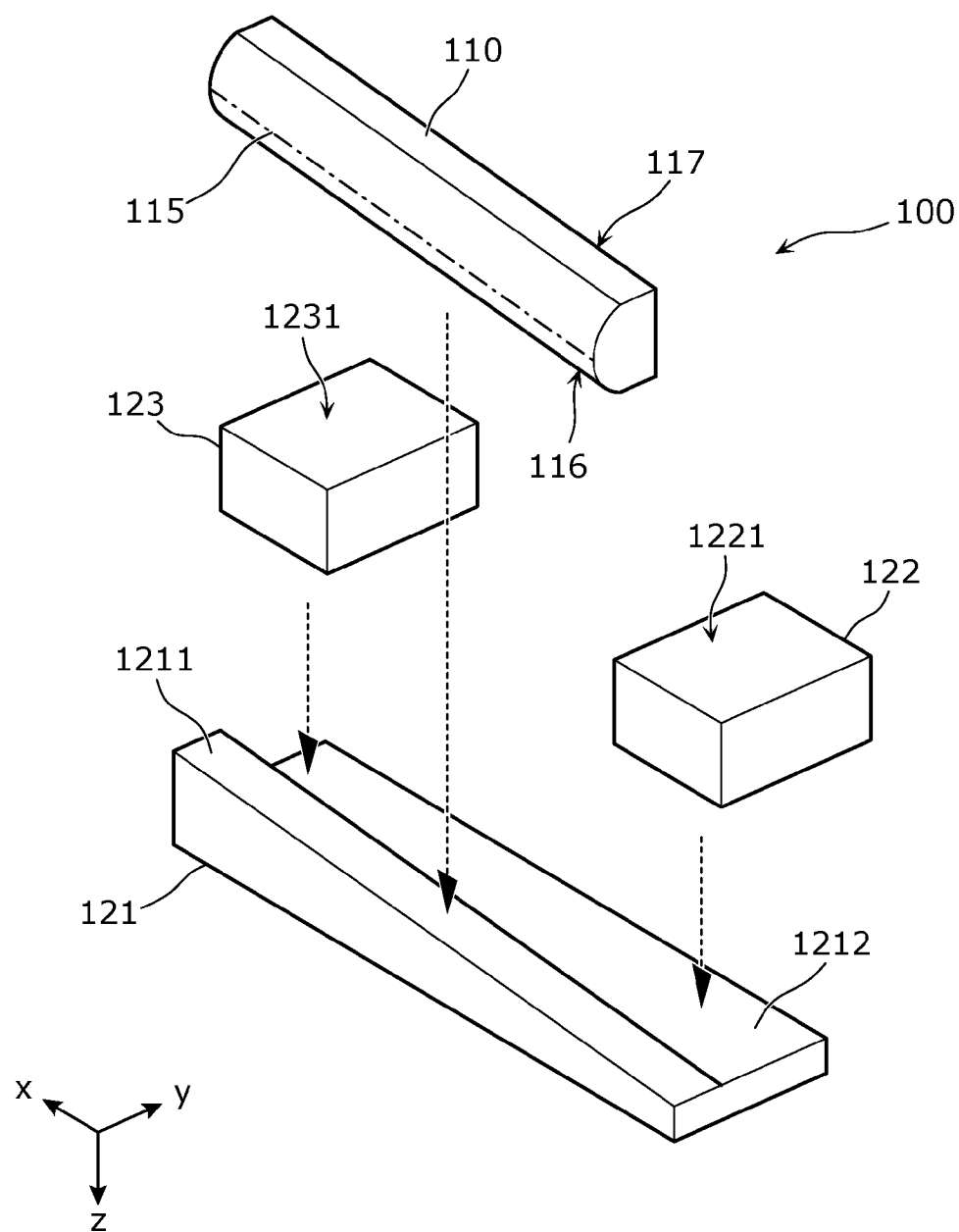
[図2]



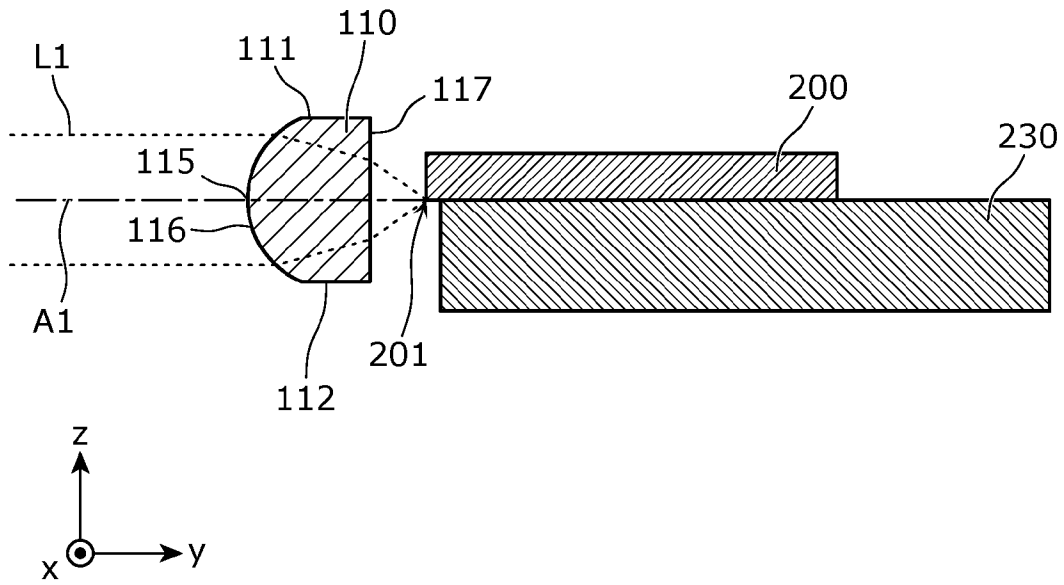
[図3]



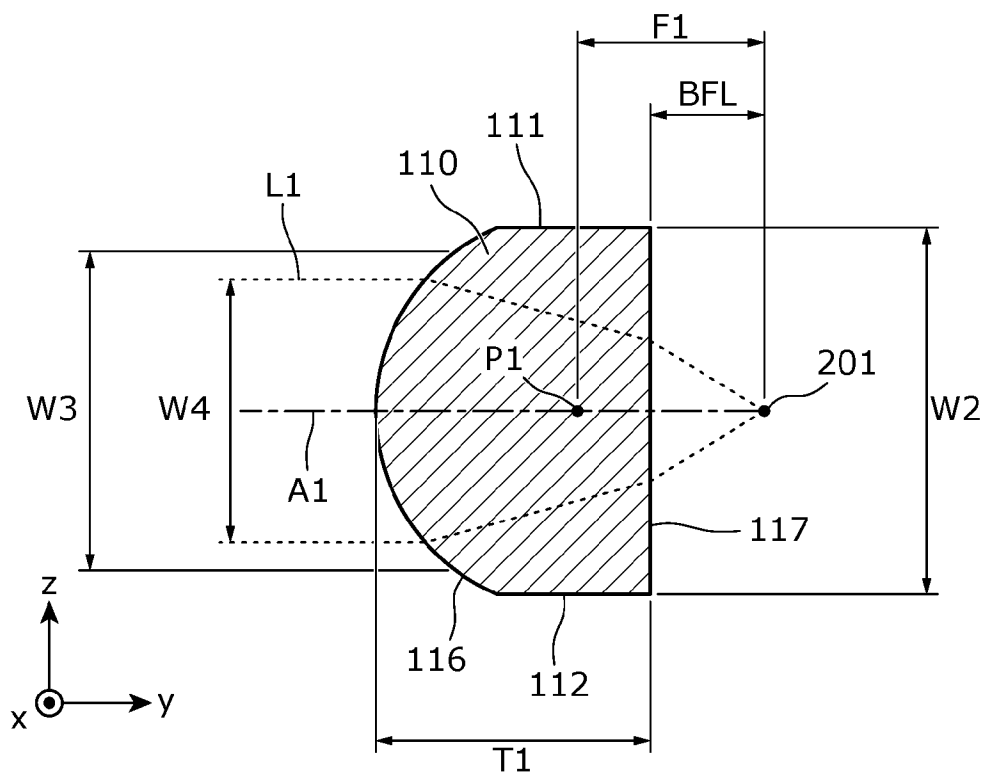
[図4]



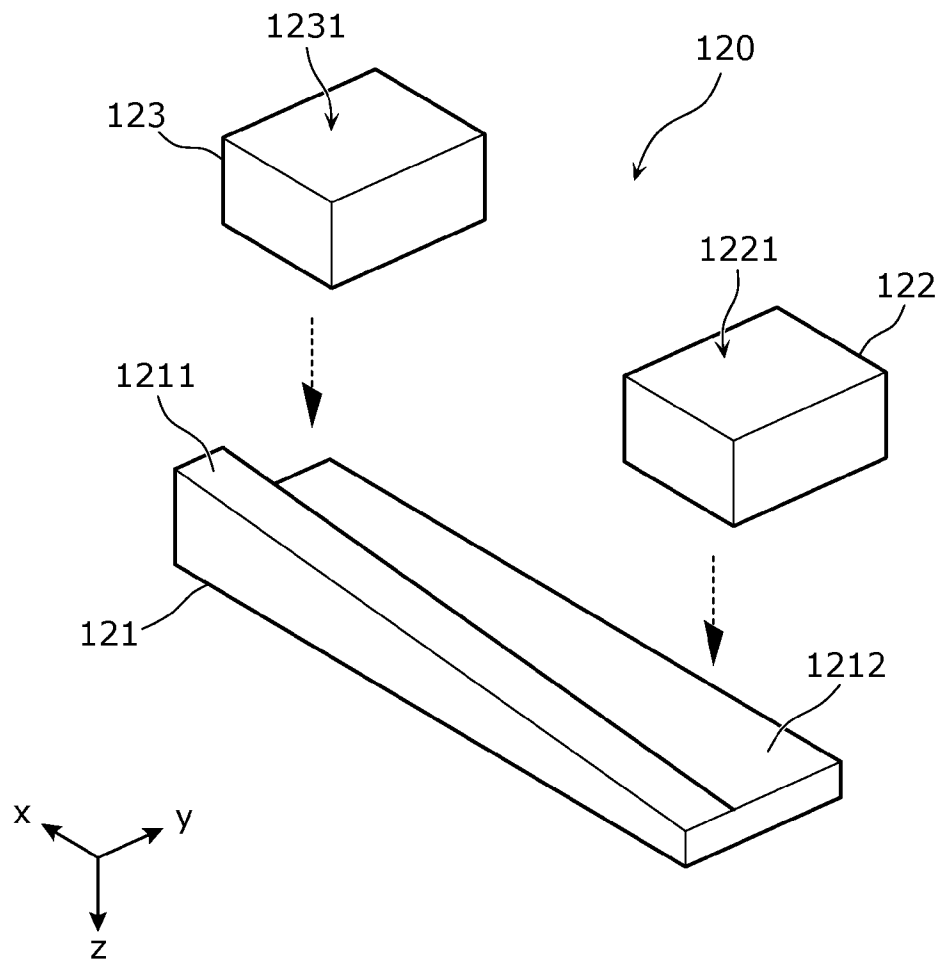
[図5]



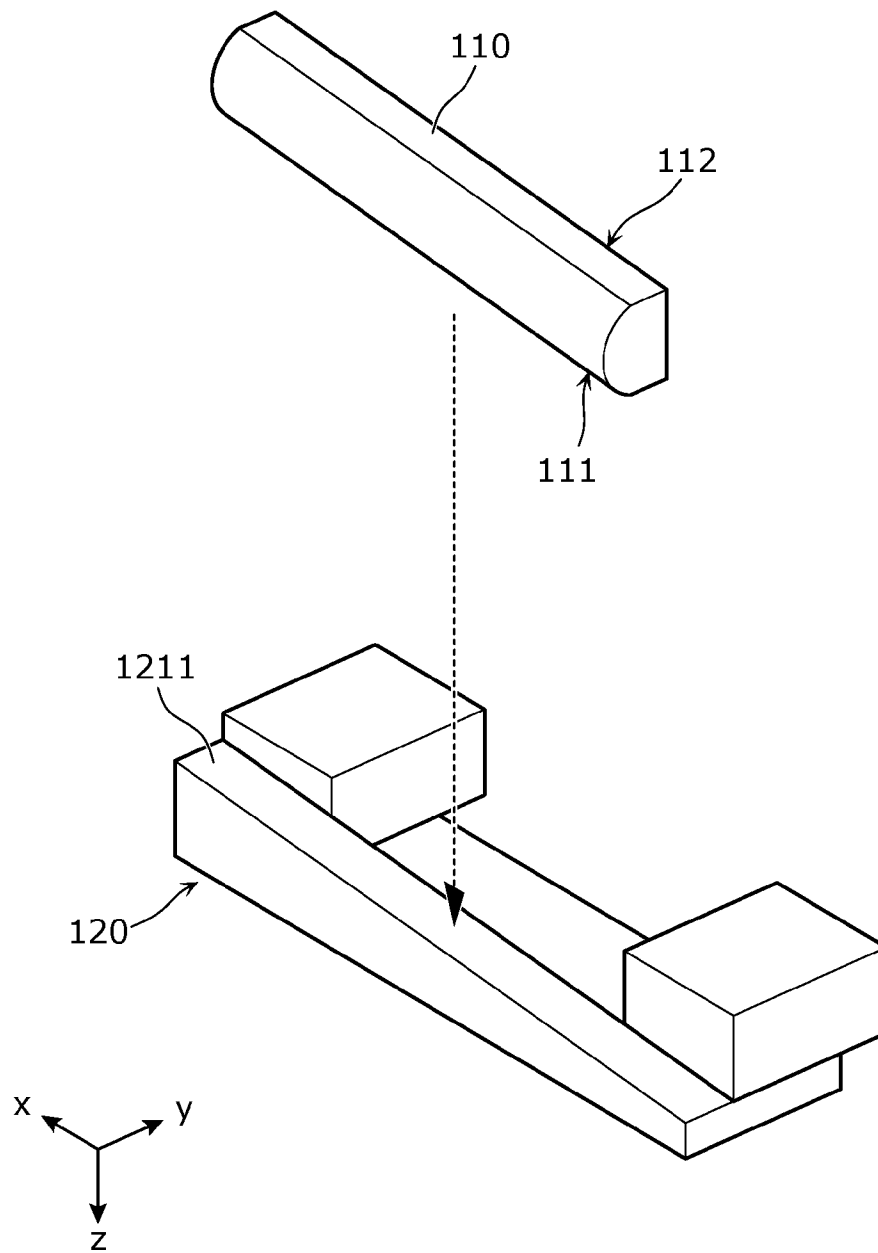
[図6]



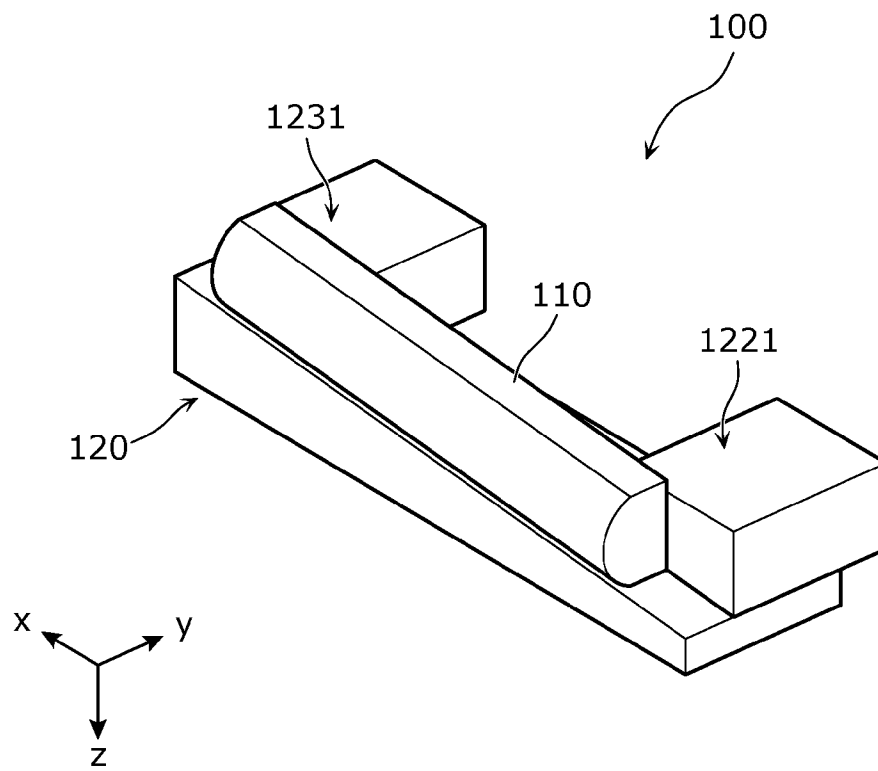
[図7]



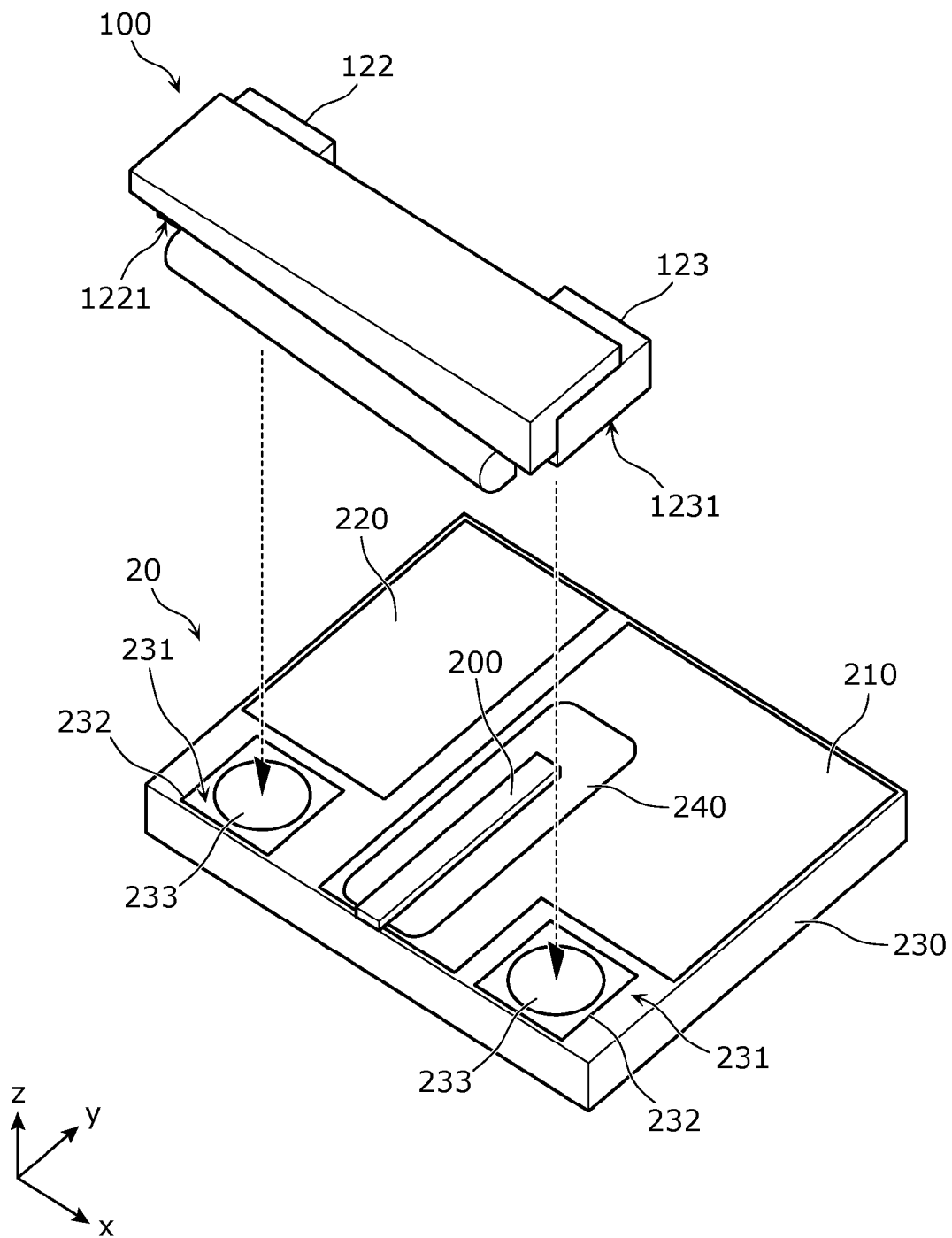
[図8]



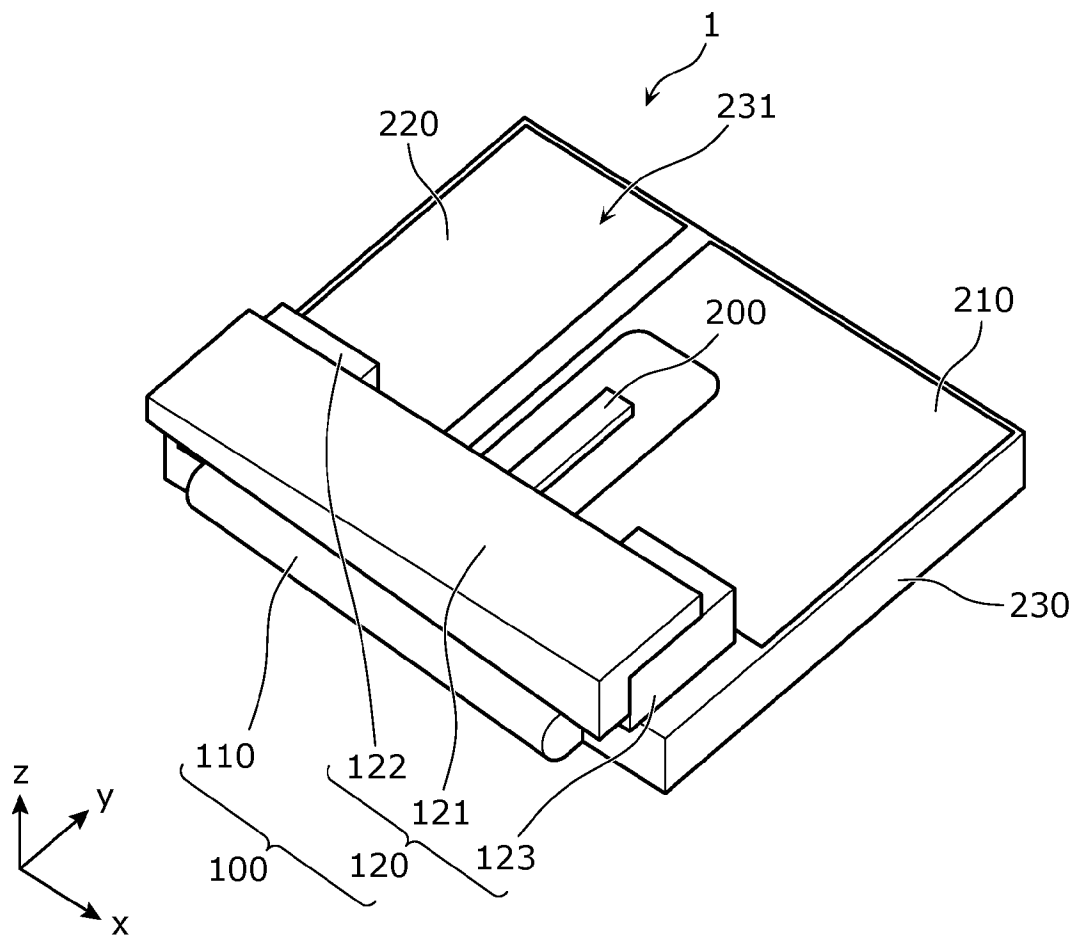
[図9]



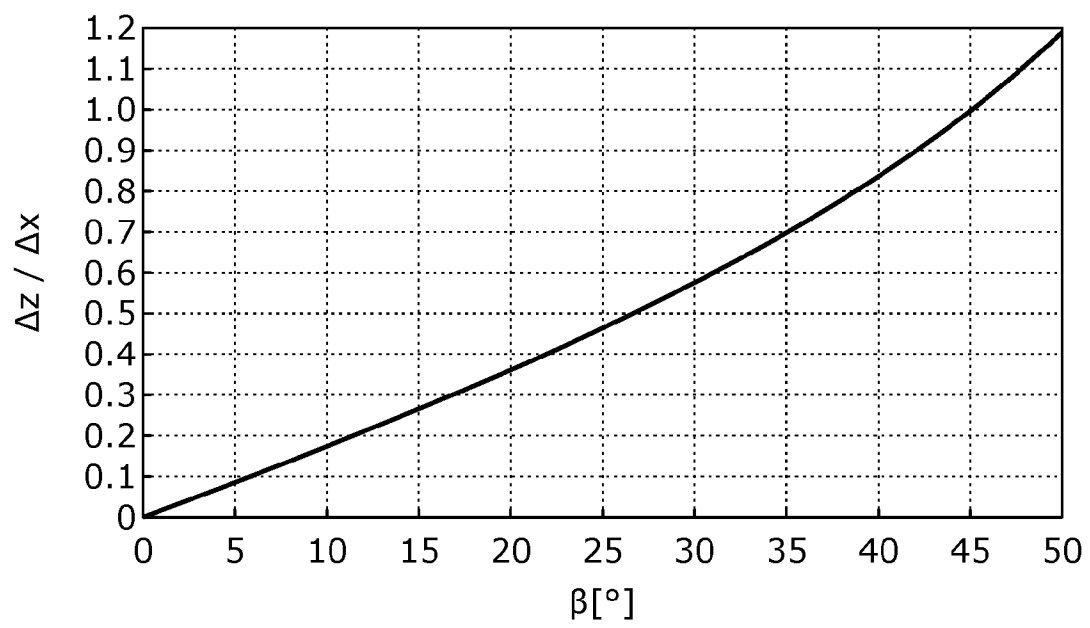
[図10]



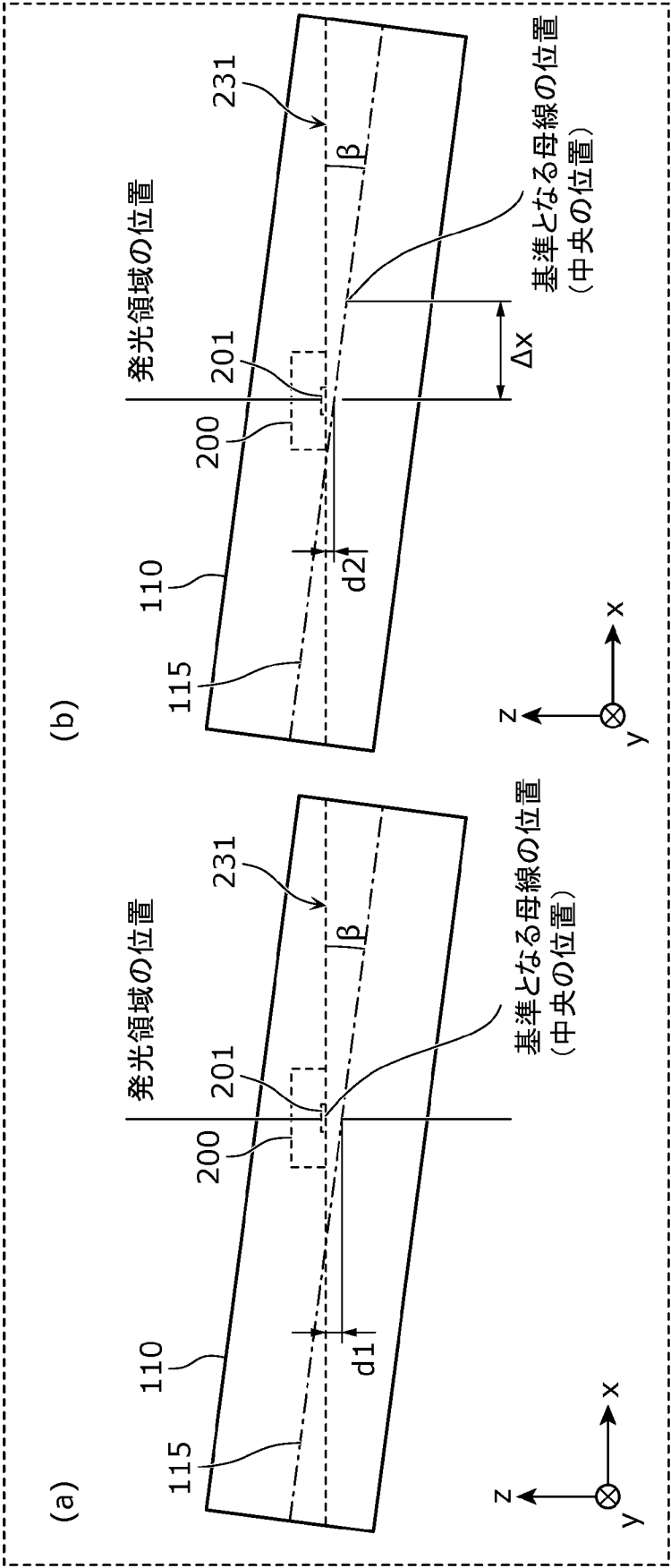
[図11]



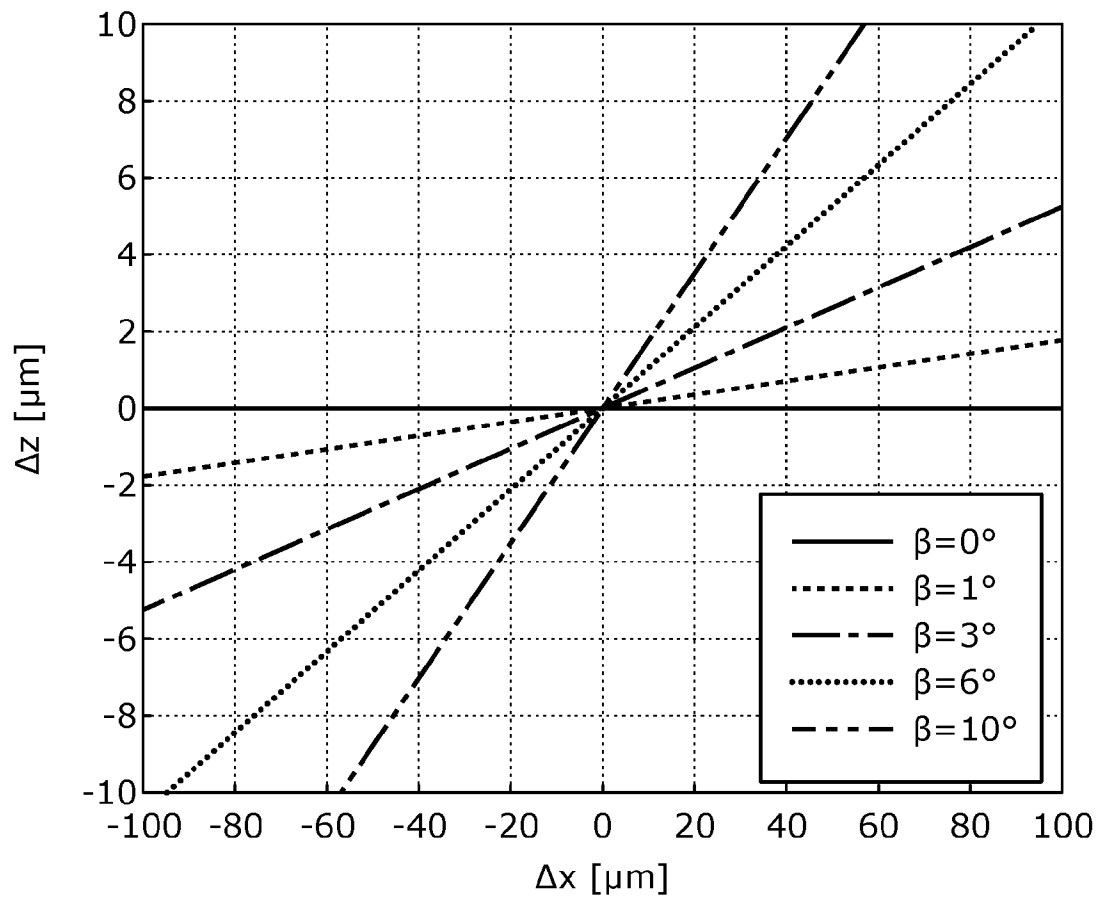
[図12]



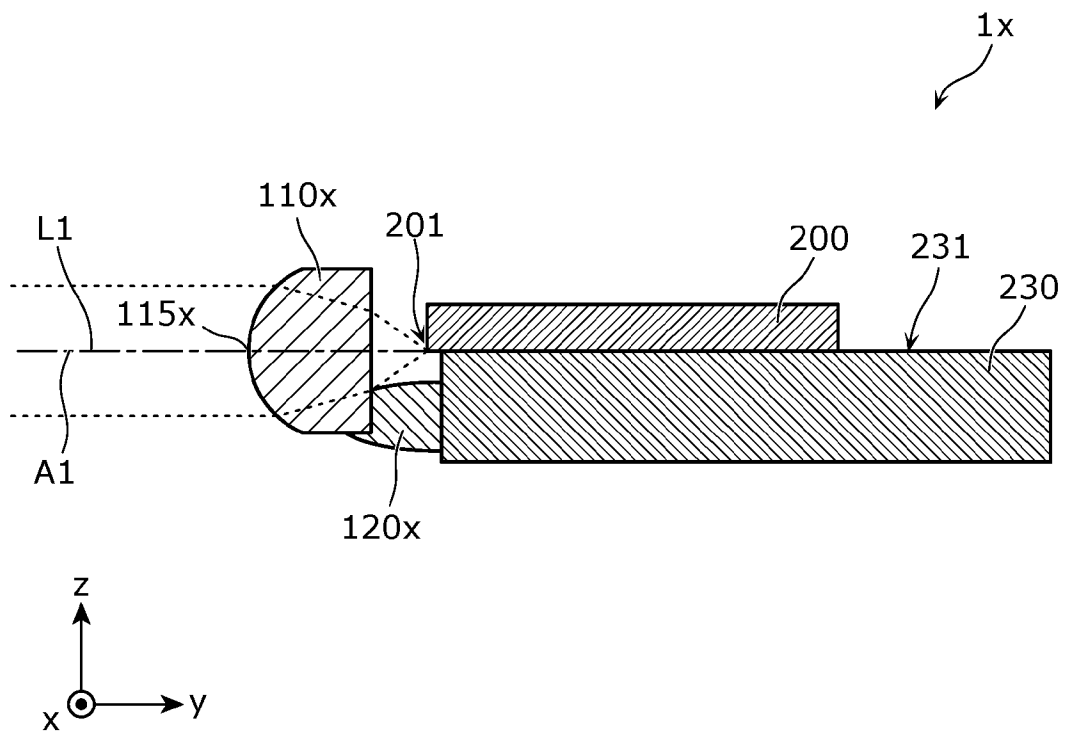
[図13]



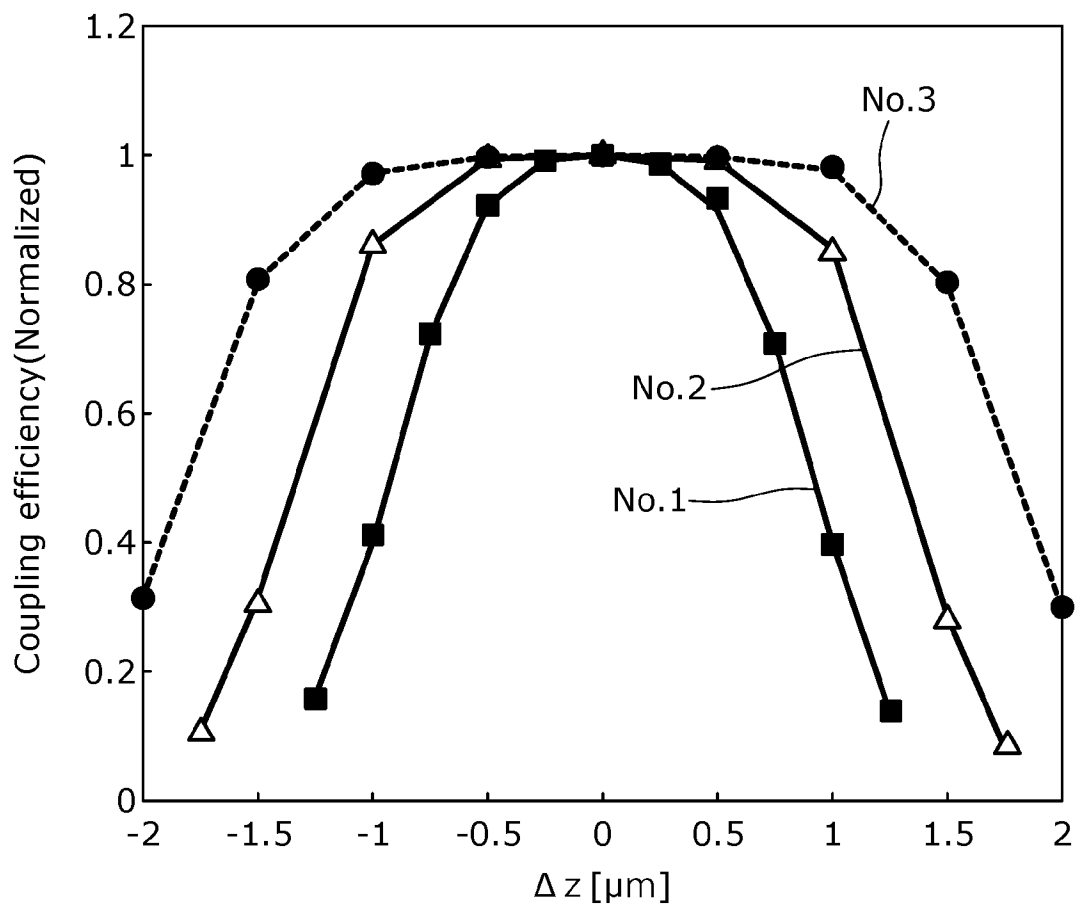
[図14]



[図15]



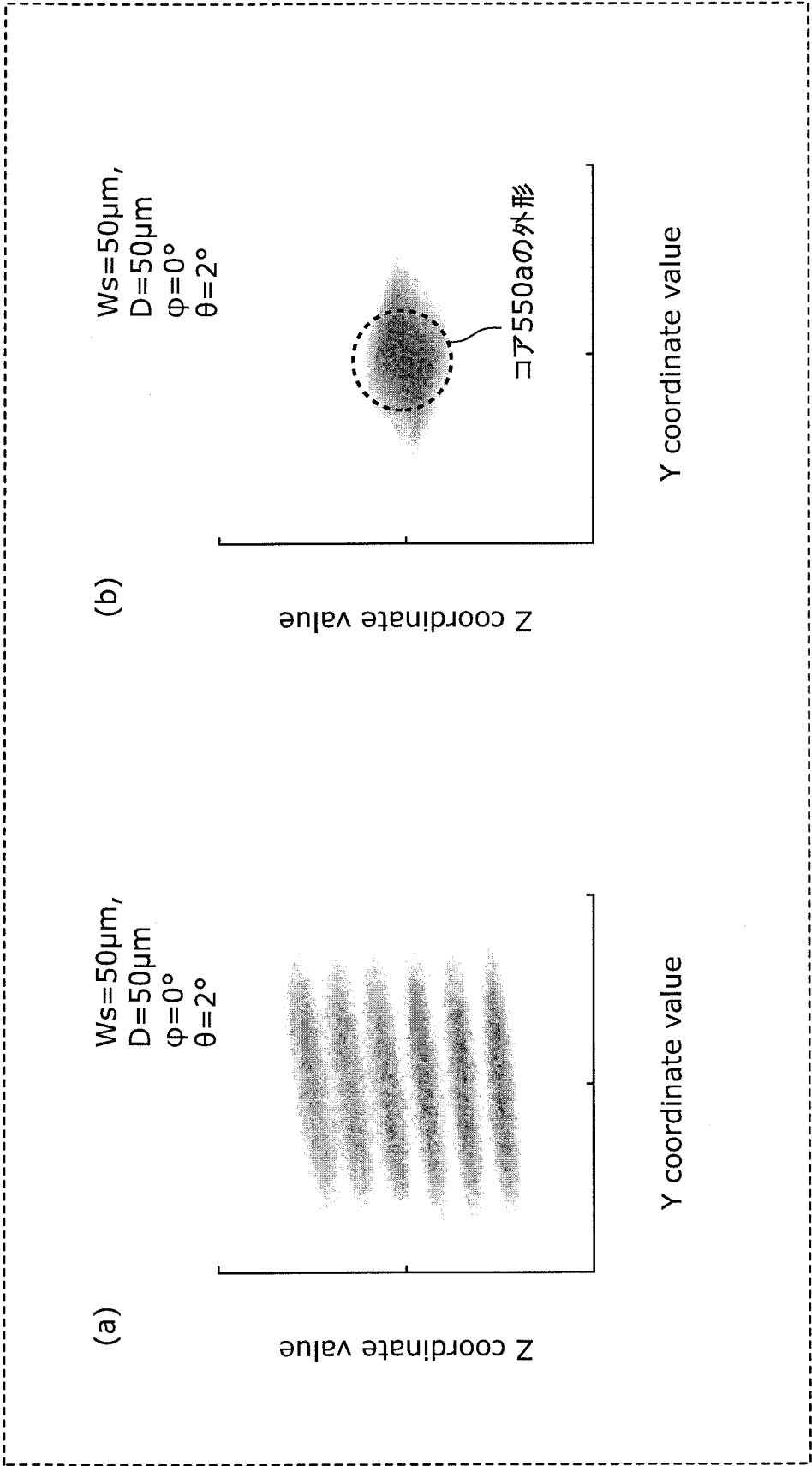
[図16]



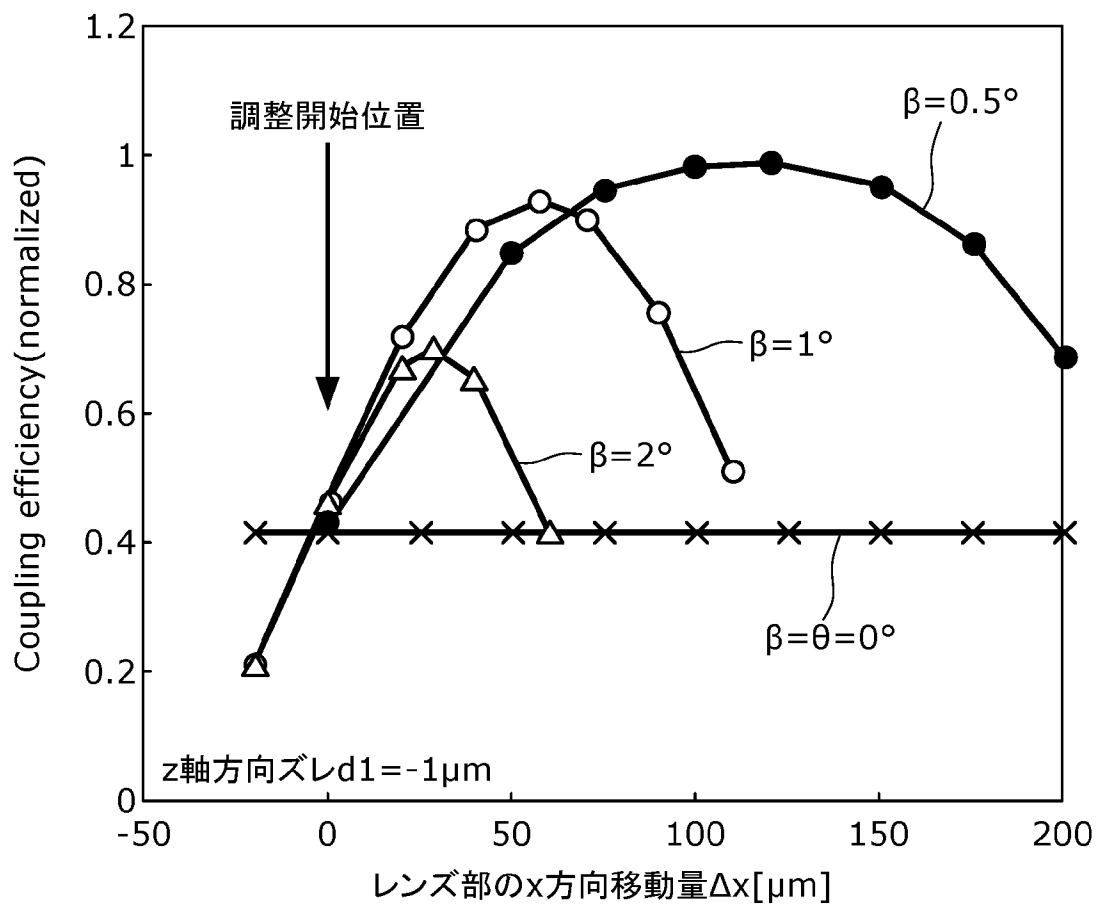
[図17]

条件	半導体レーザー素子200		FACレンズ110x		SACレンズ 600	集光レンズ 800	光ファイバ550	
	ピーク波長	発光領域の幅 Ws	有効焦点距離 F1	距離 BFL	有効焦点距離	有効焦点距離	コア径	開口数 NA
No.1	450nm	50μm	0.38mm	0.09mm	13.5mm	7.3mm	50μm	0.22
No.2	450nm	50μm	0.38mm	0.09mm	13.5mm	7.3mm	70μm	0.22
No.3	450nm	100μm	0.38mm	0.09mm	13.5mm	7.3mm	100μm	0.22

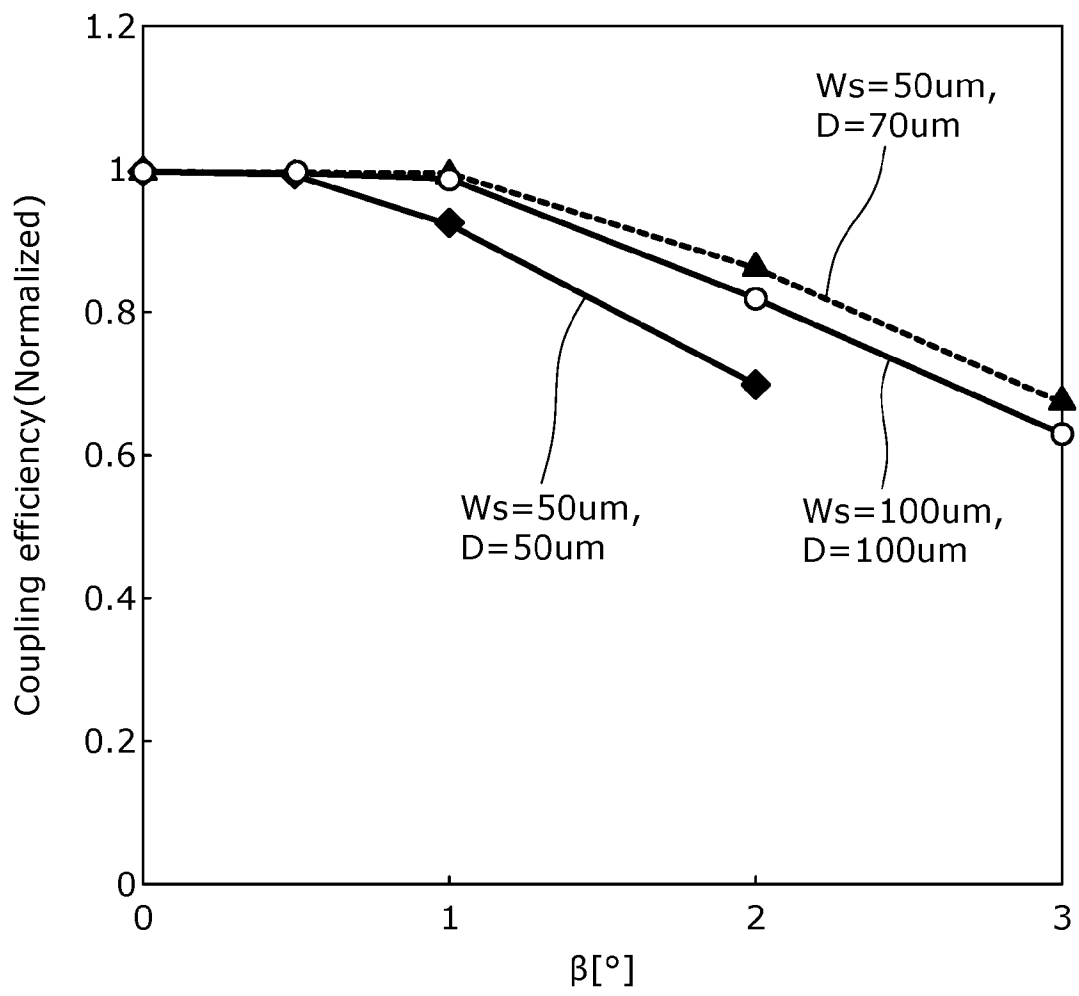
[図18]



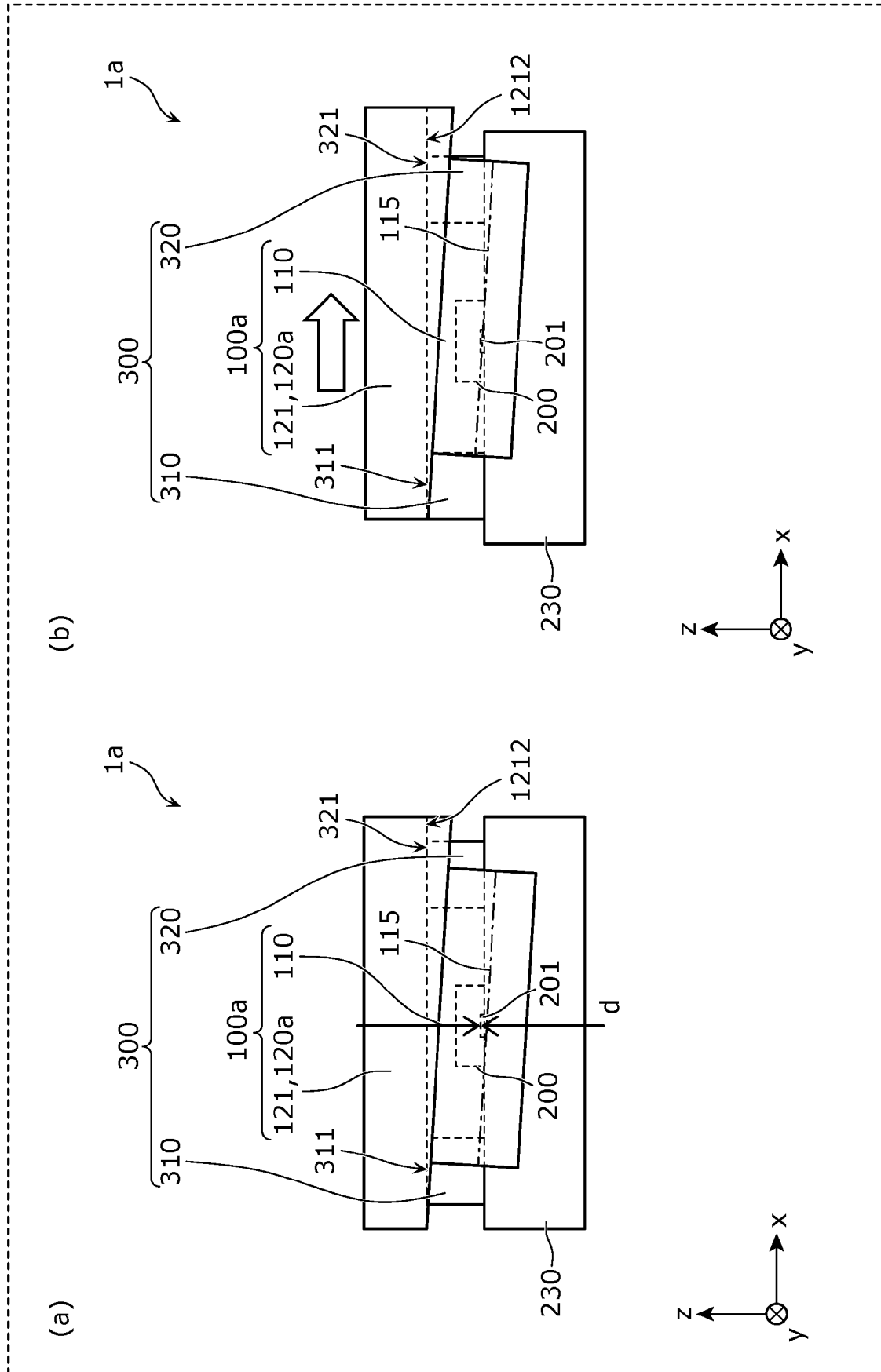
[図19A]



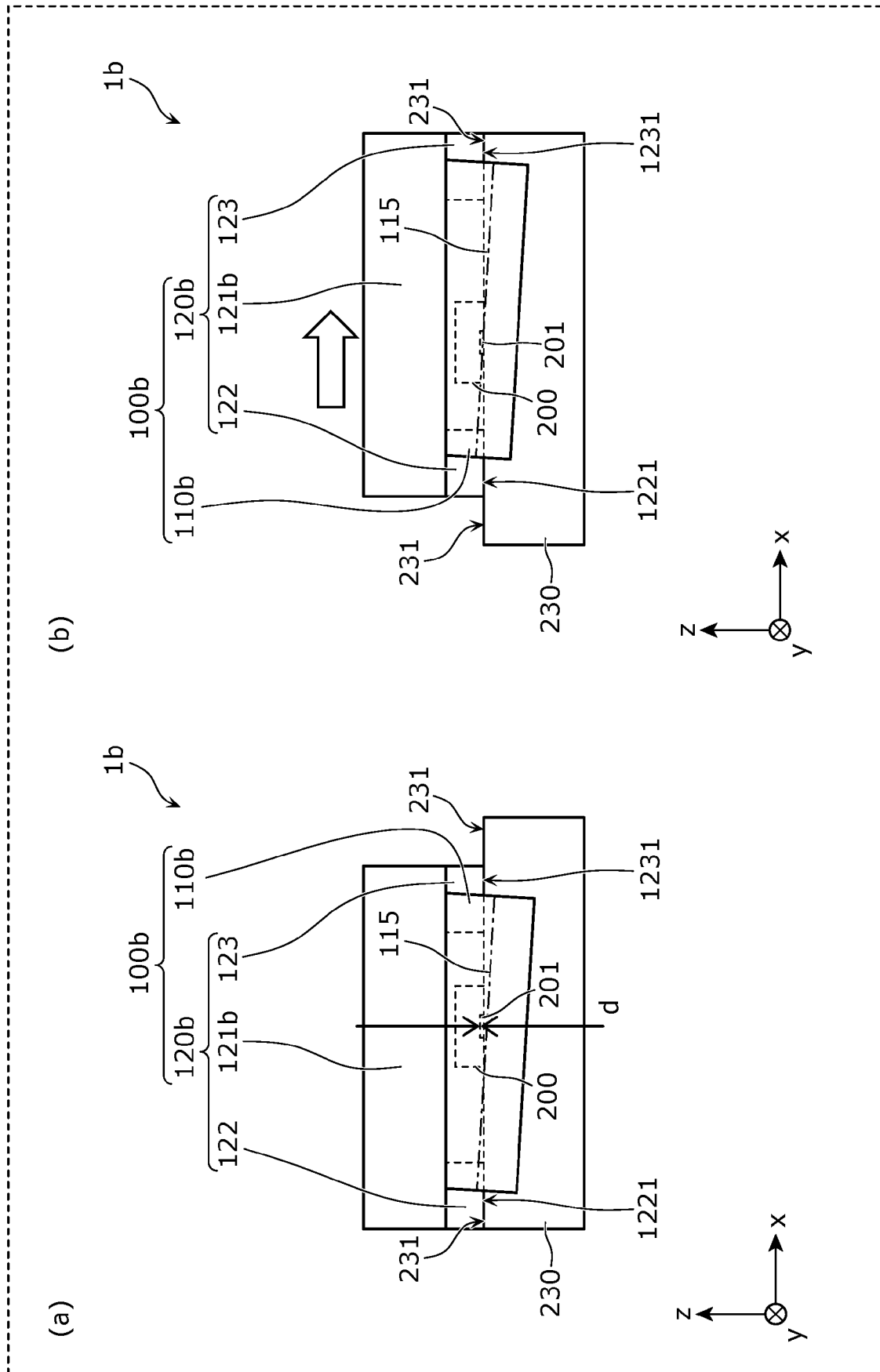
[図19B]



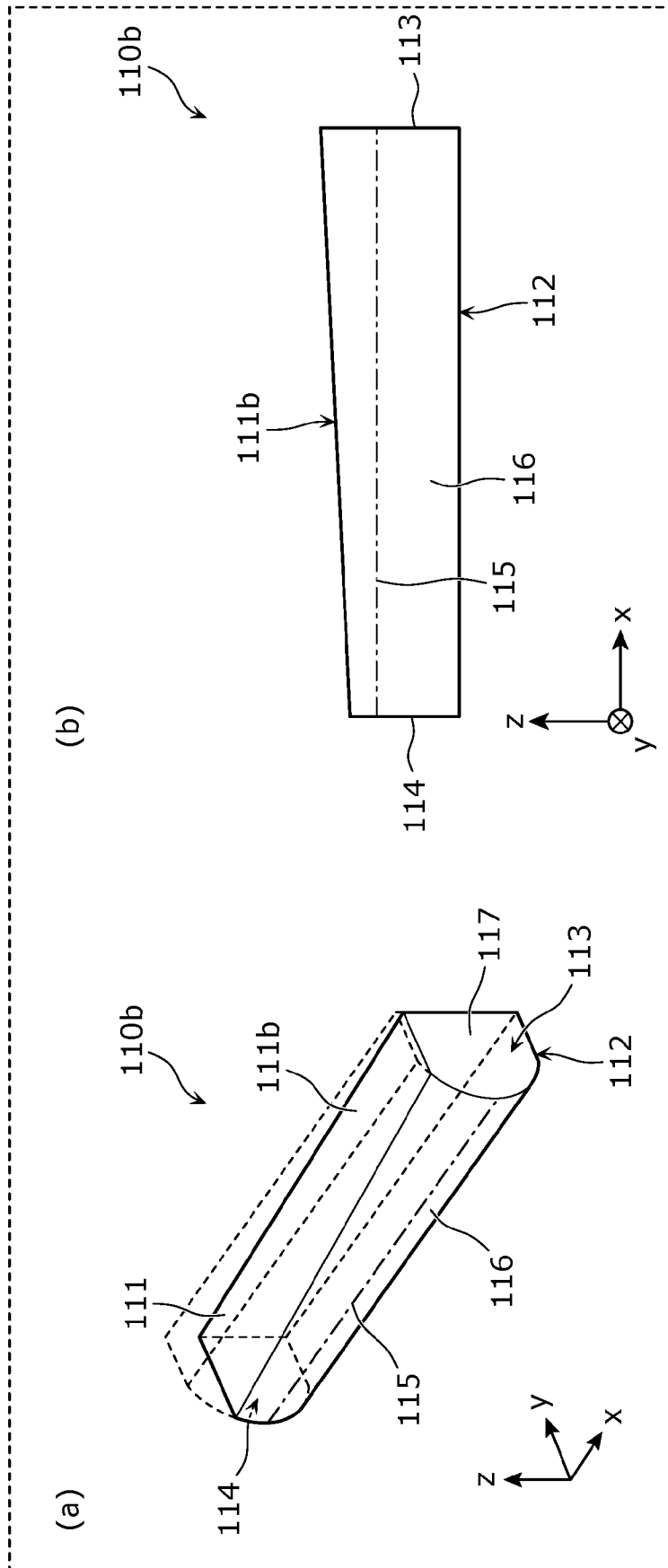
[図20]



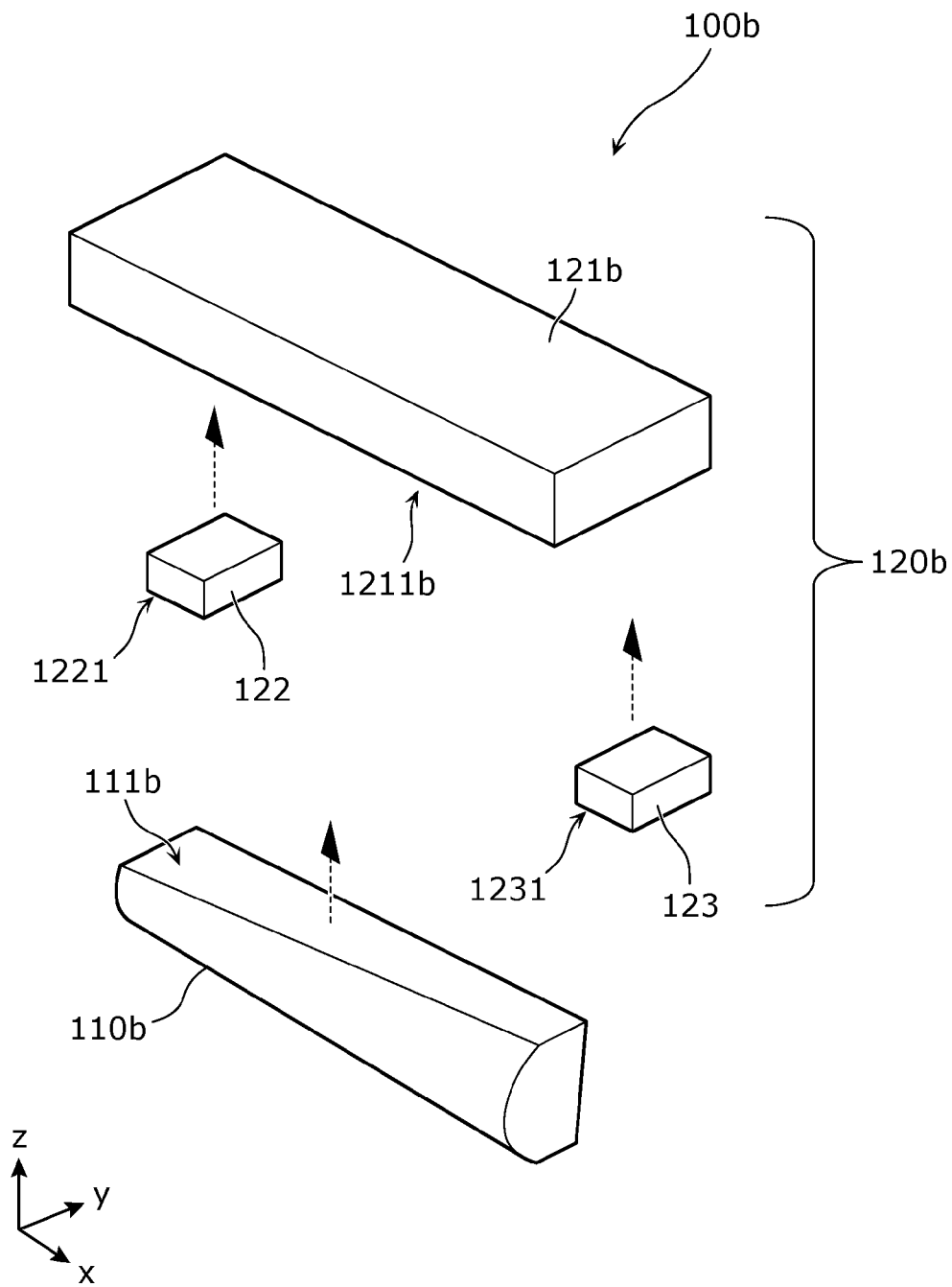
[図21]



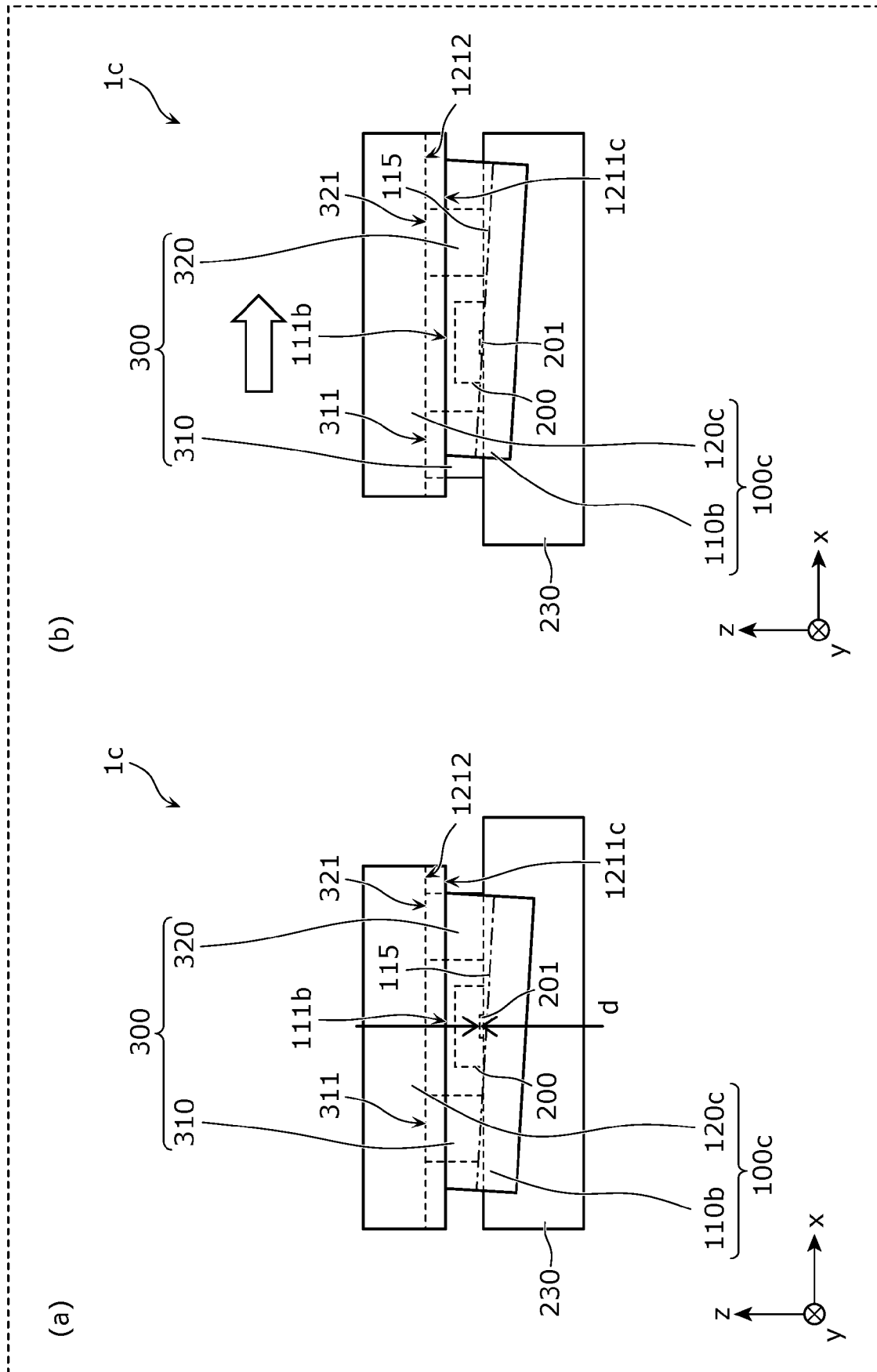
[図22]



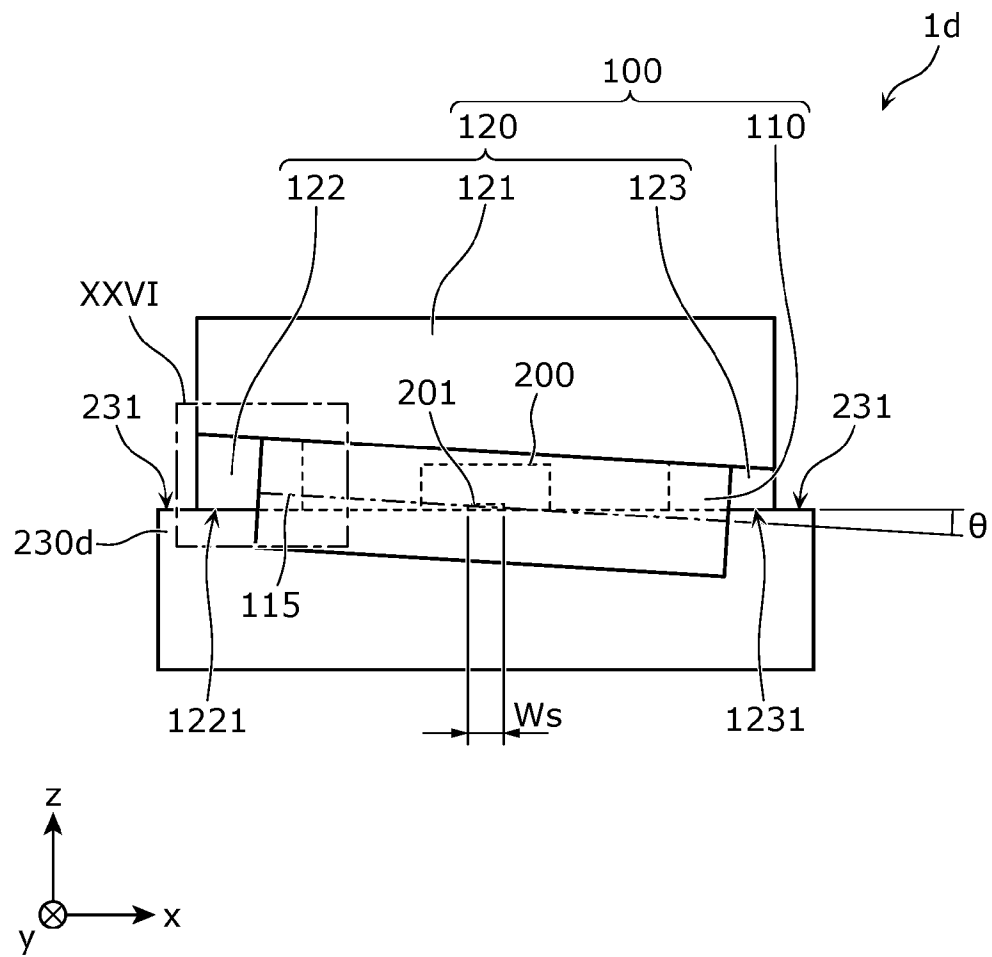
[図23]



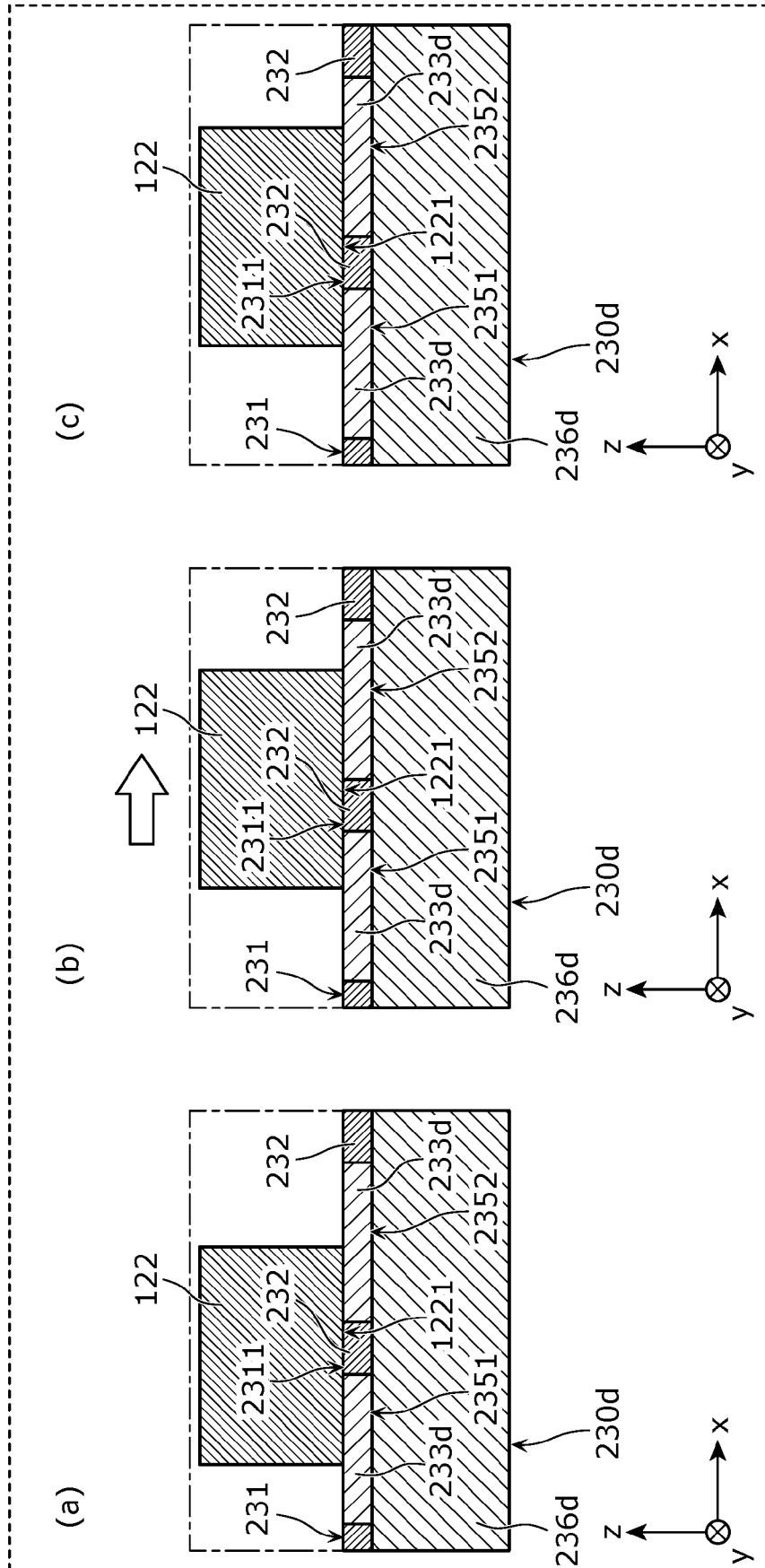
[図24]



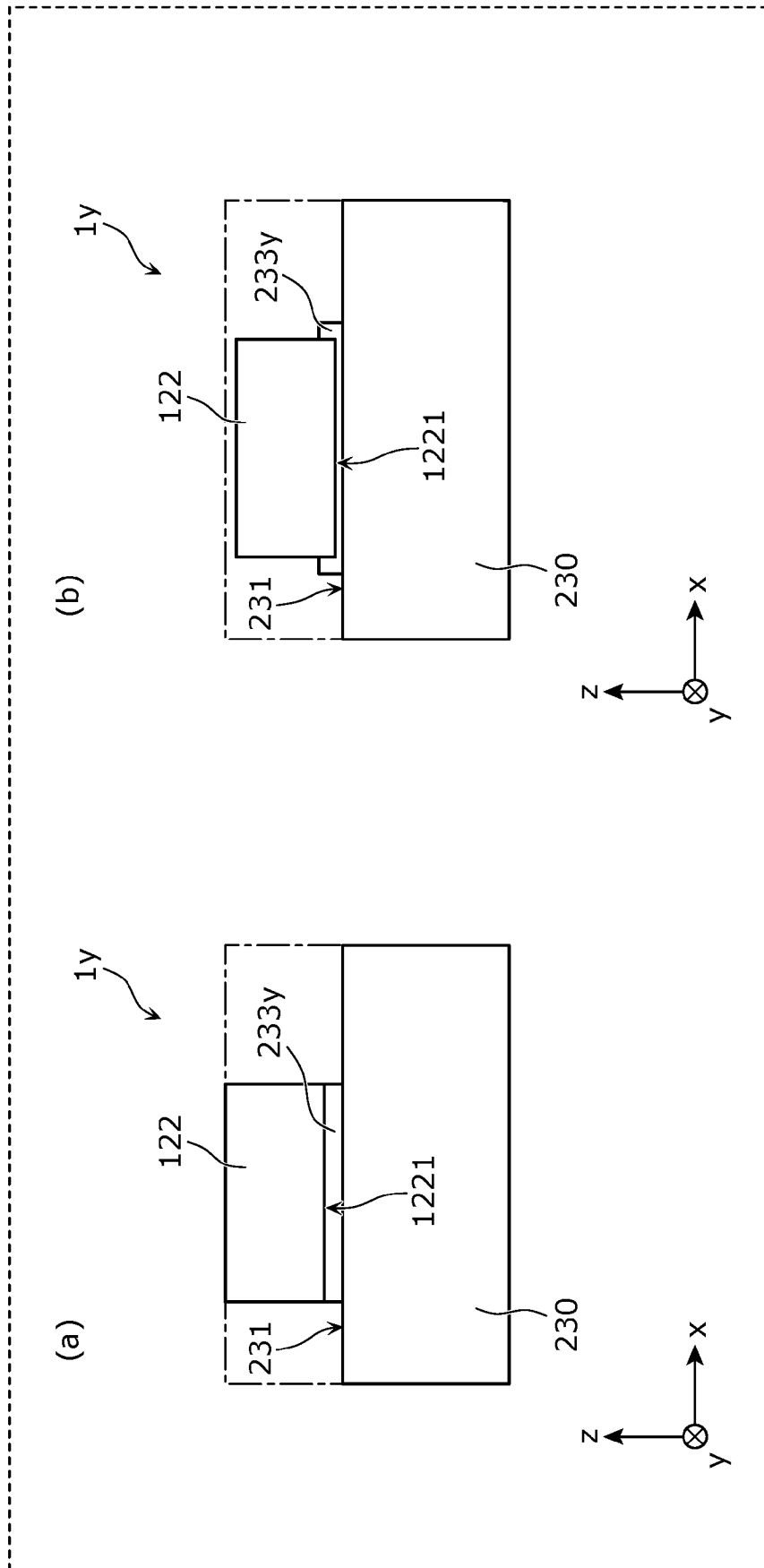
[図25]



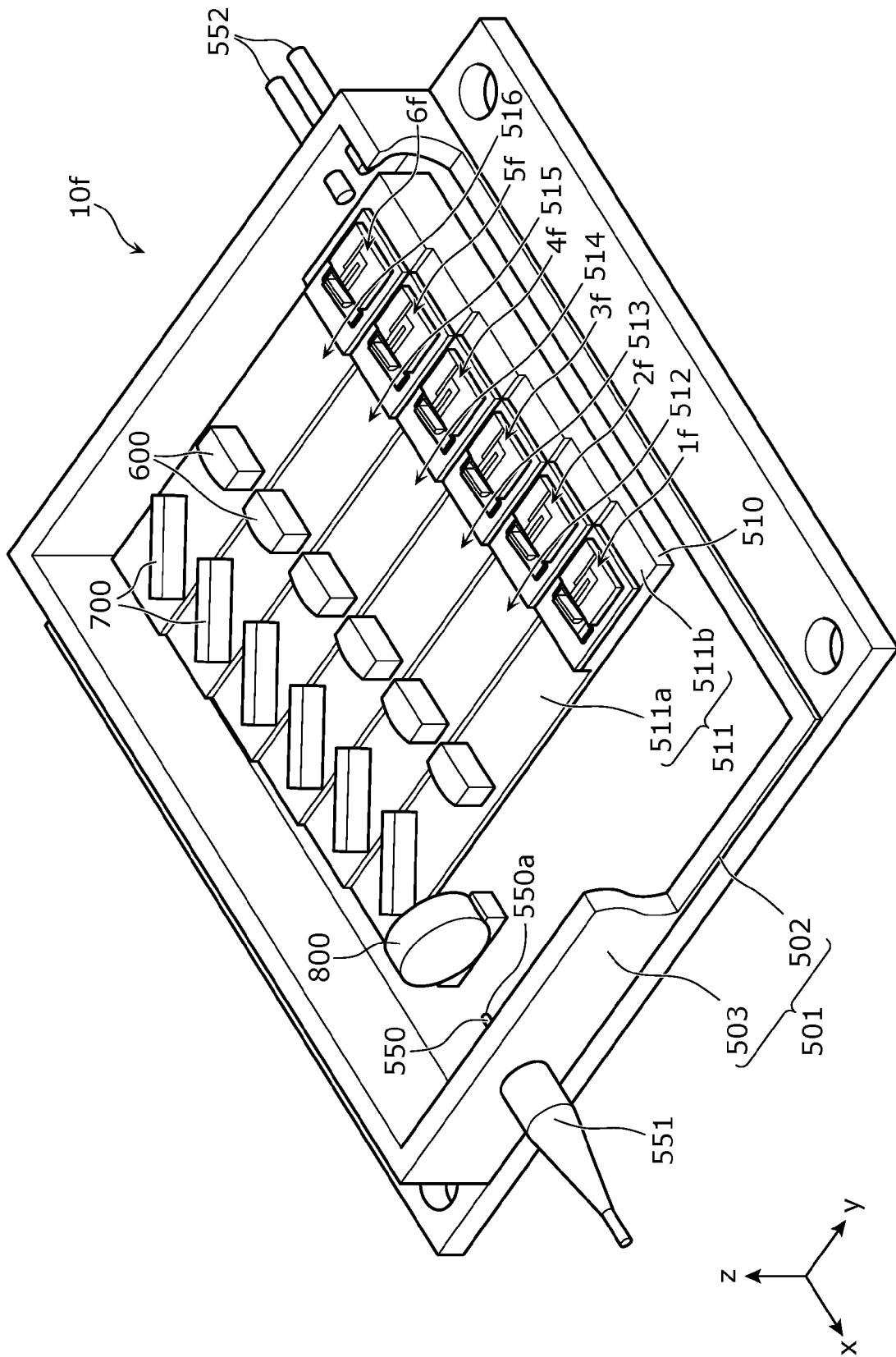
[図26]



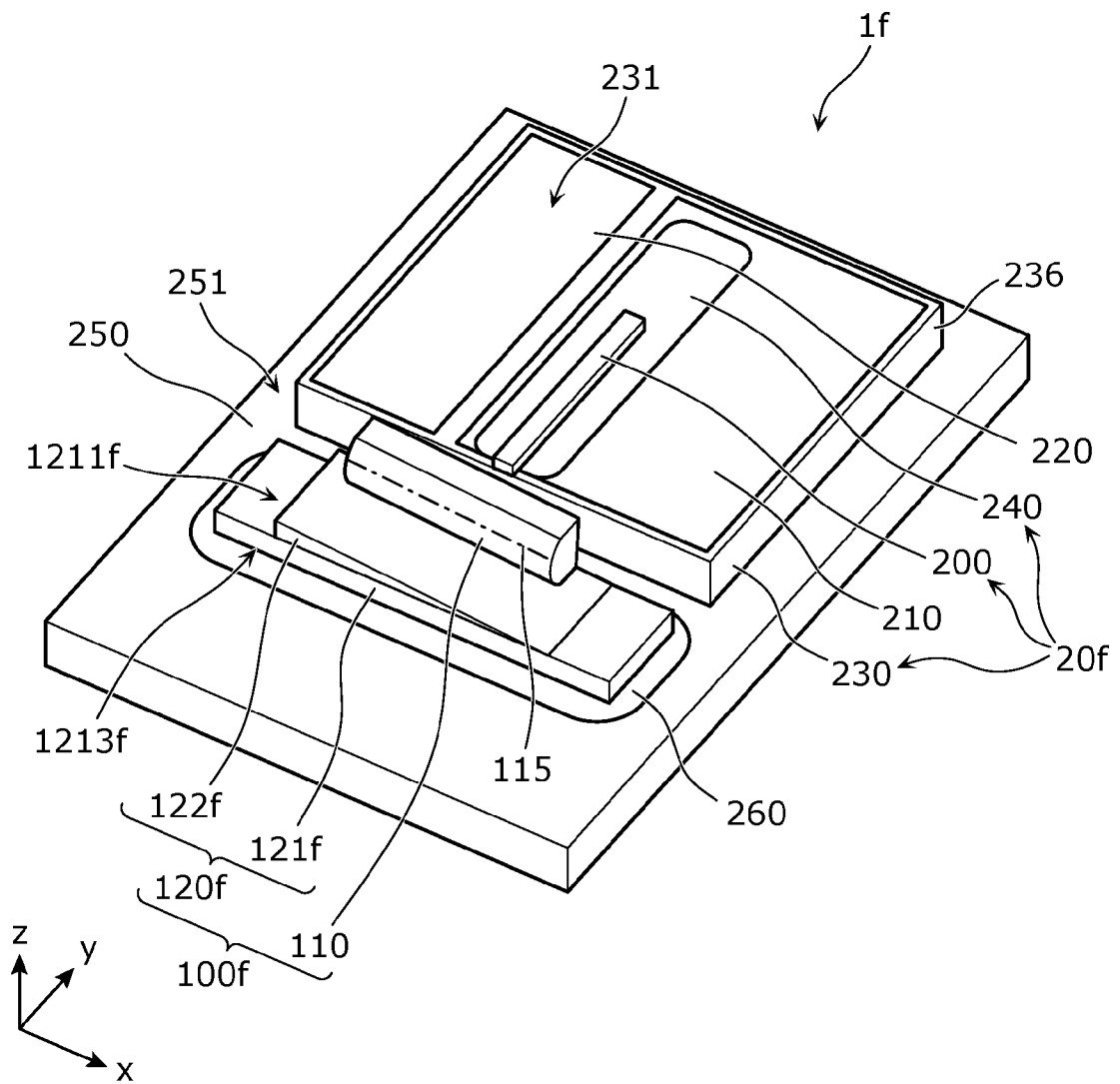
[図27]



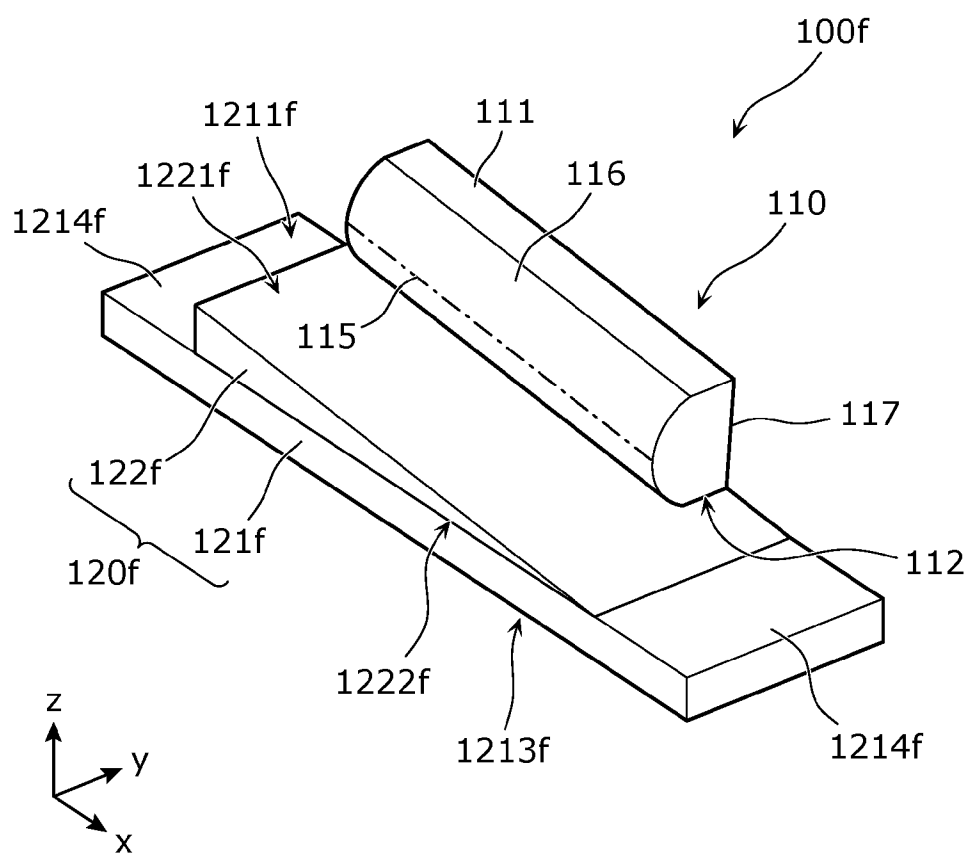
[図28]



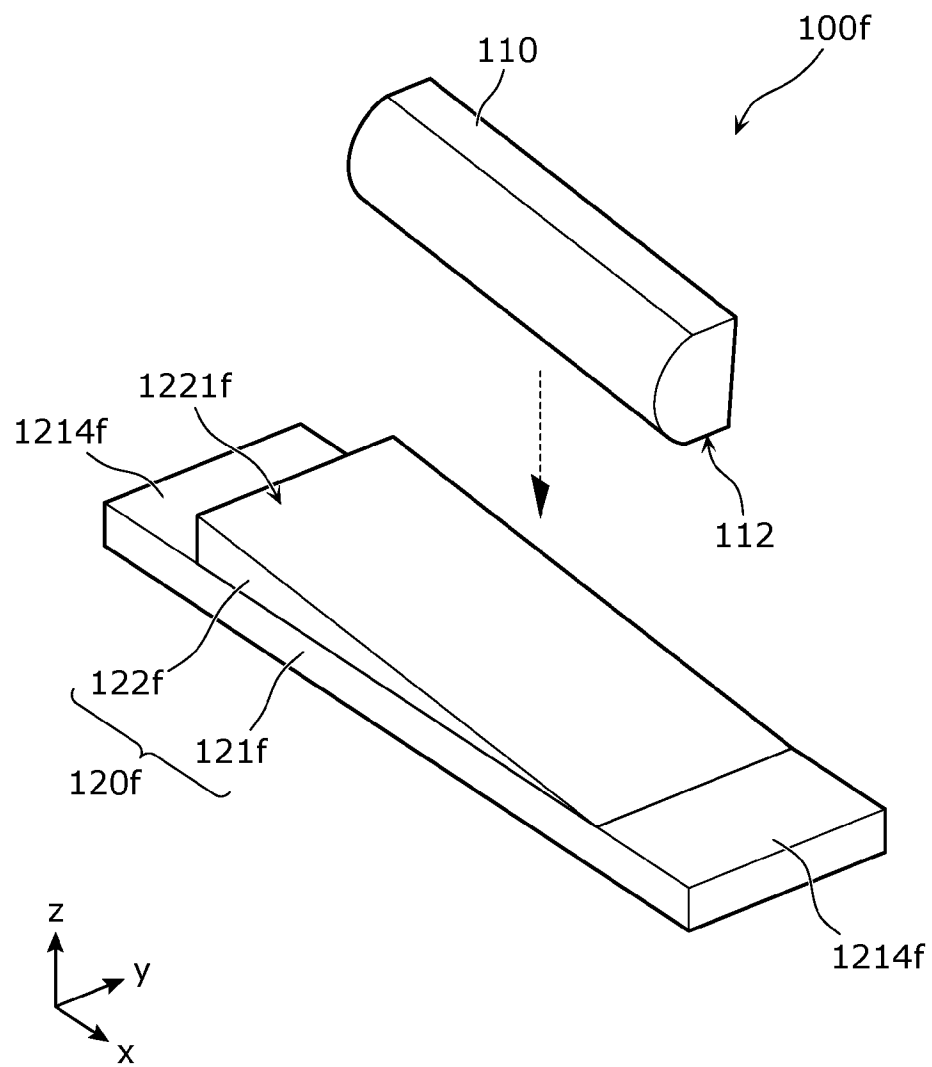
[図29]



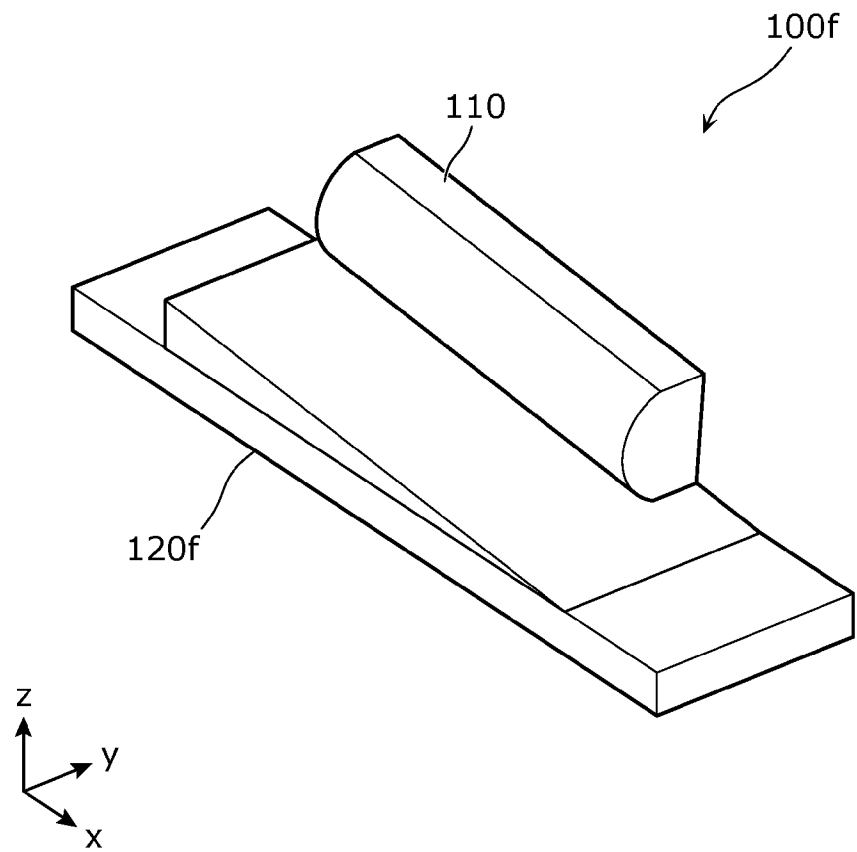
[図30]



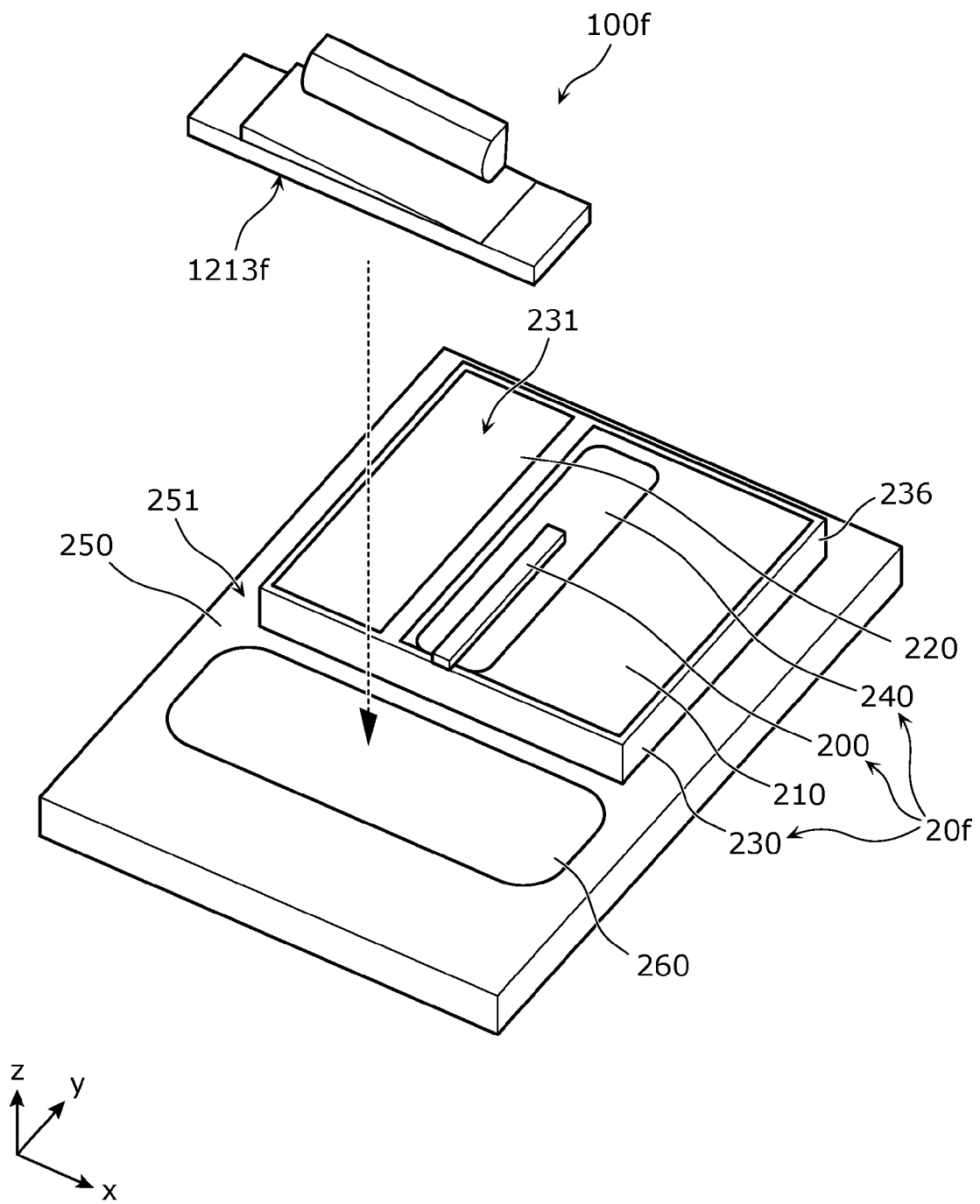
[図31]



[図32]



[図33]



[図34]

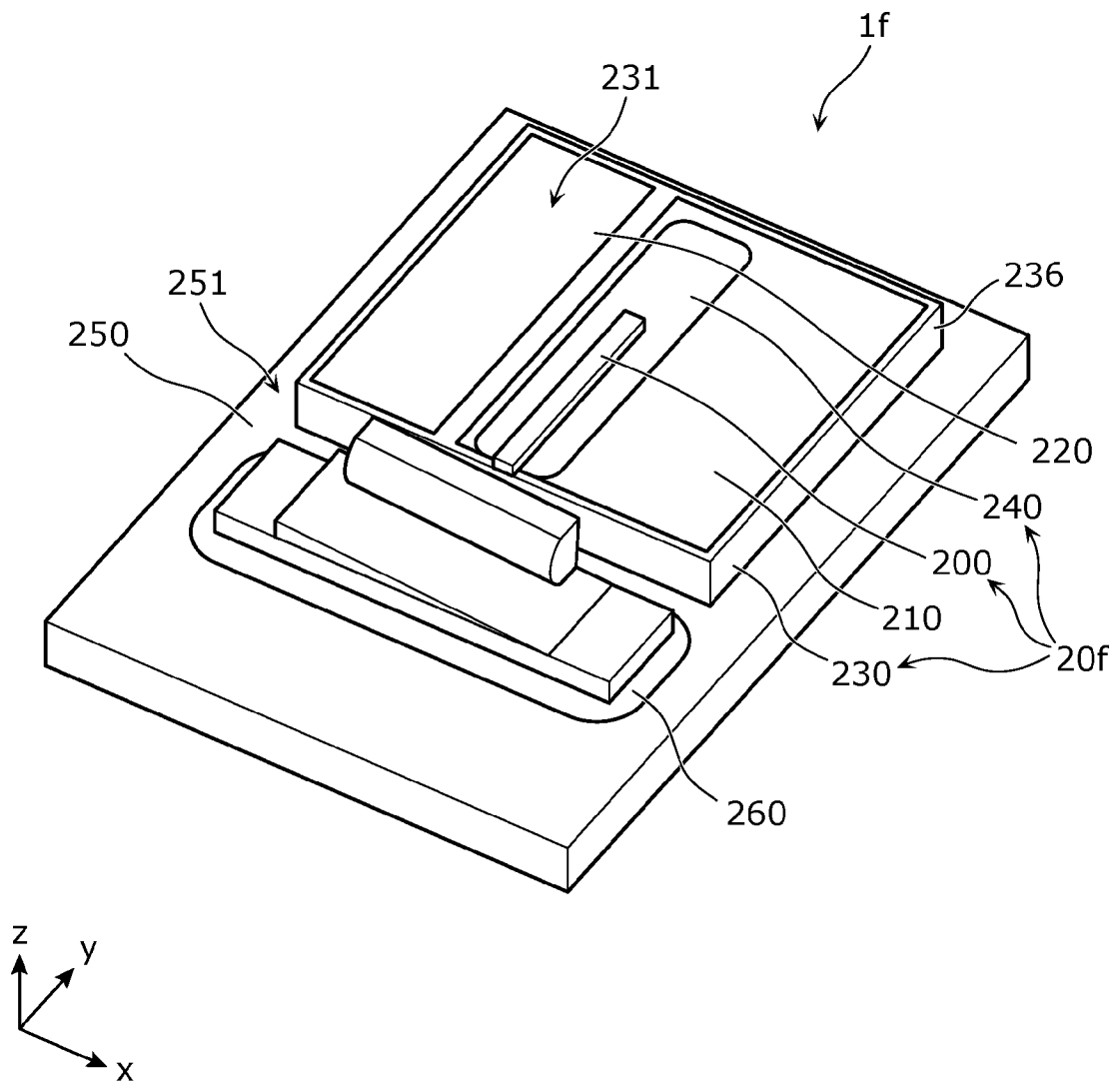
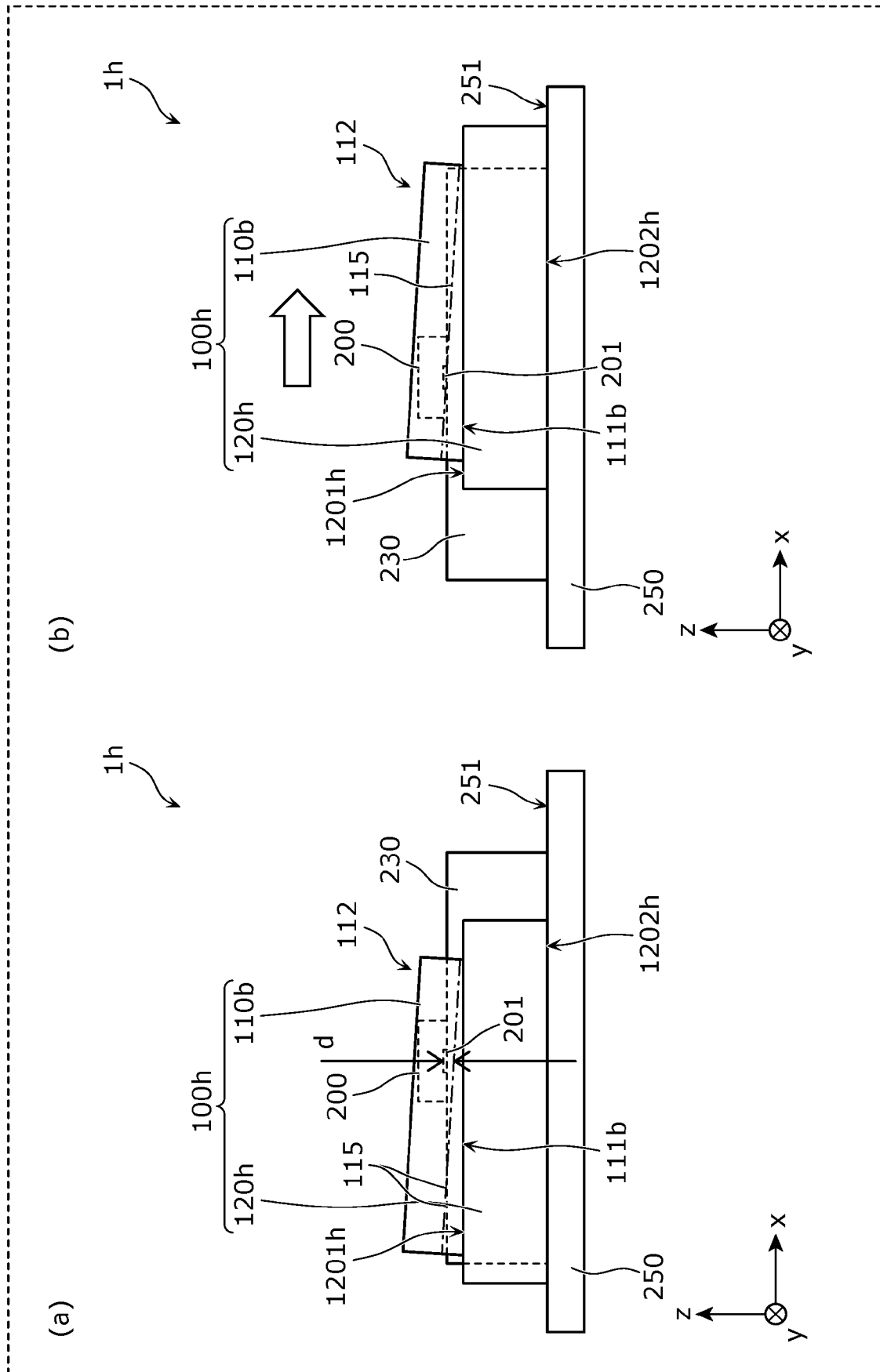
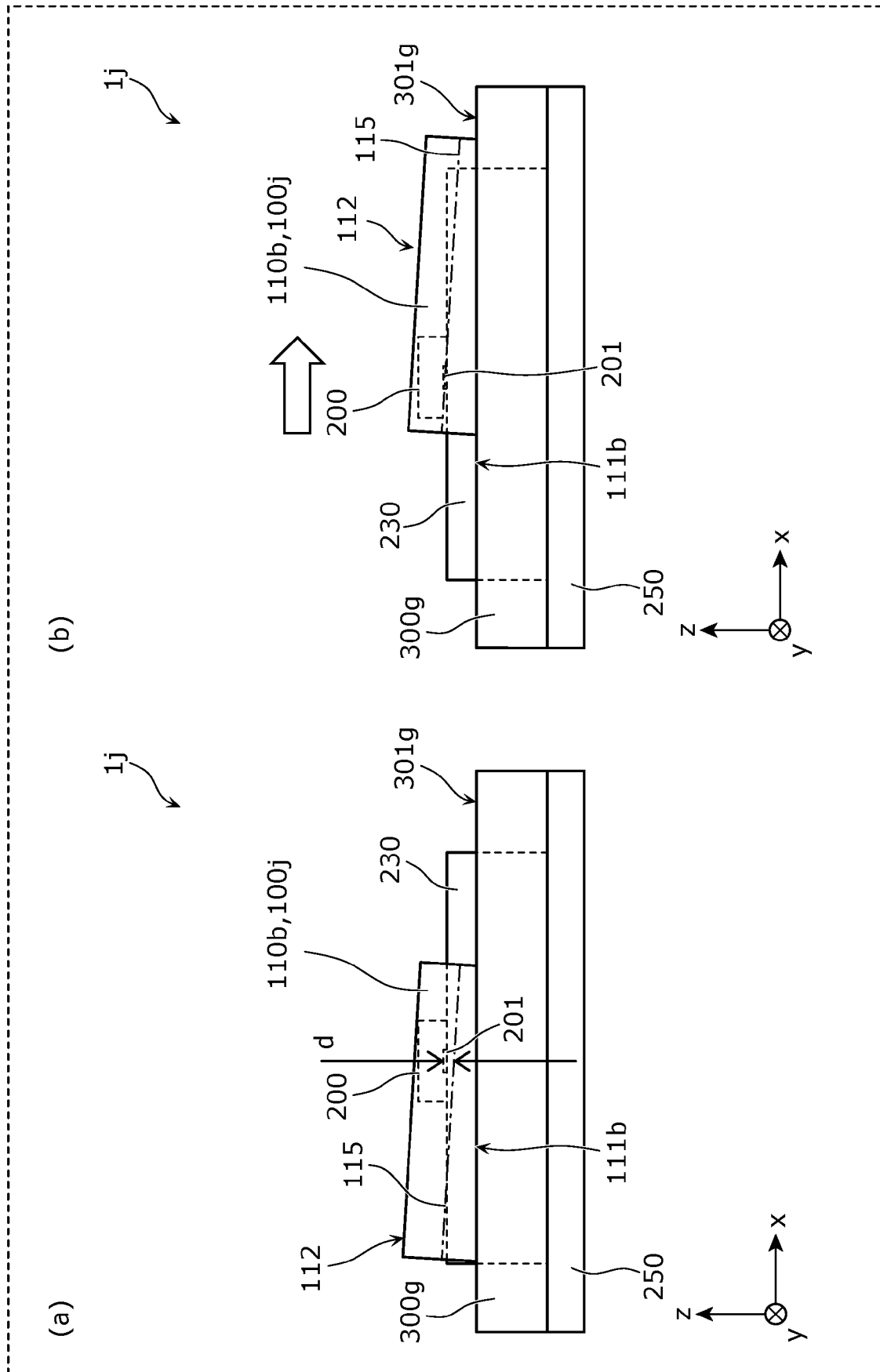


Fig. 1 is a cross-sectional view of a semiconductor device. (a) shows a first embodiment. The device includes a substrate 250, a first conductive layer 201, a second conductive layer 230, and a third conductive layer 300g. A dielectric layer 115 is on top of the first conductive layer 201. The dielectric layer 115 includes a first conductive layer 122f and a second conductive layer 122g. A distance 'd' is indicated between the first and second conductive layers. (b) shows a second embodiment. The device includes a substrate 250, a first conductive layer 201, a second conductive layer 230, and a third conductive layer 300g. A dielectric layer 115 is on top of the first conductive layer 201. The dielectric layer 115 includes a first conductive layer 122f and a second conductive layer 122g. A distance 'd' is indicated between the first and second conductive layers. Both diagrams include a coordinate system with x, y, and z axes.

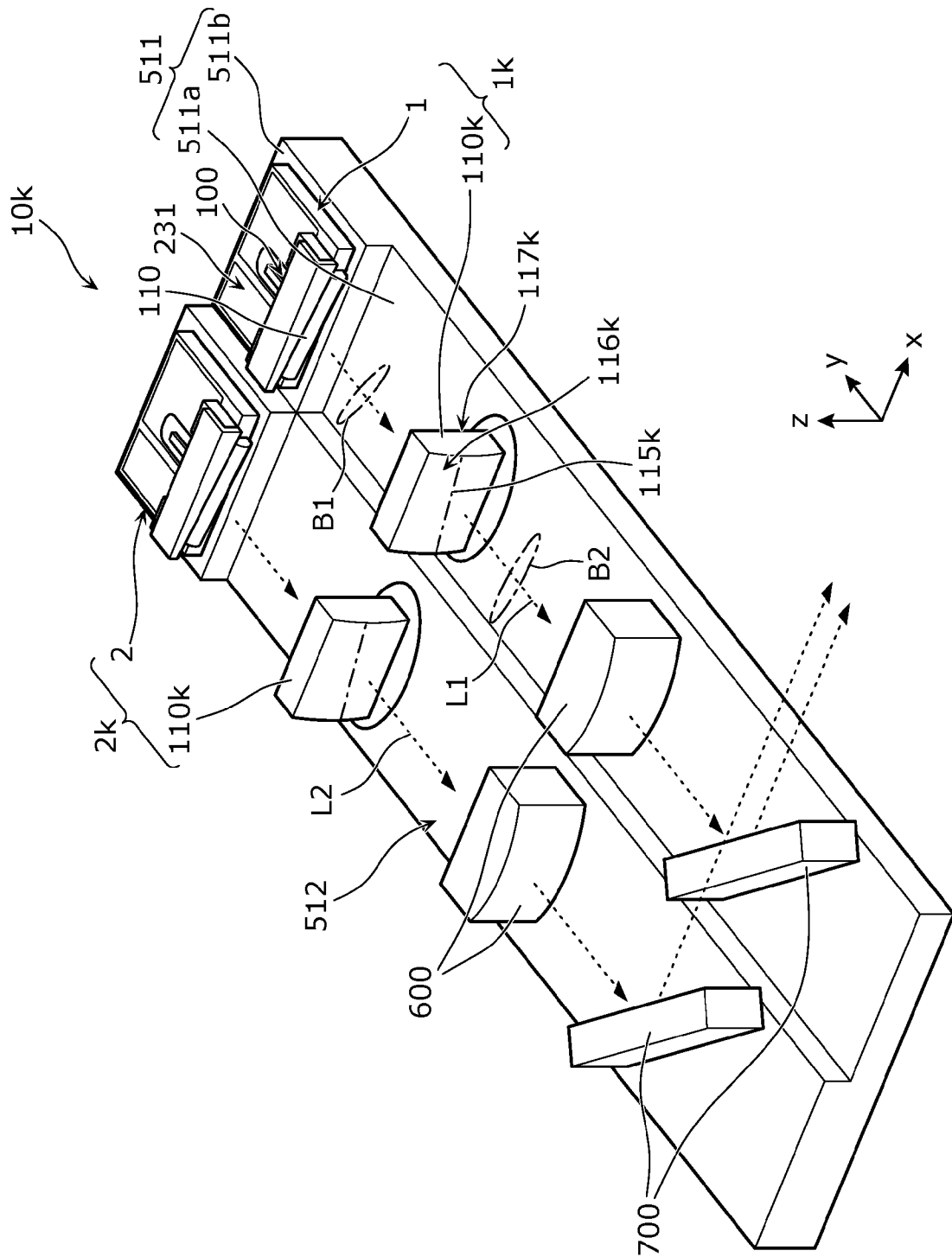
[図36]



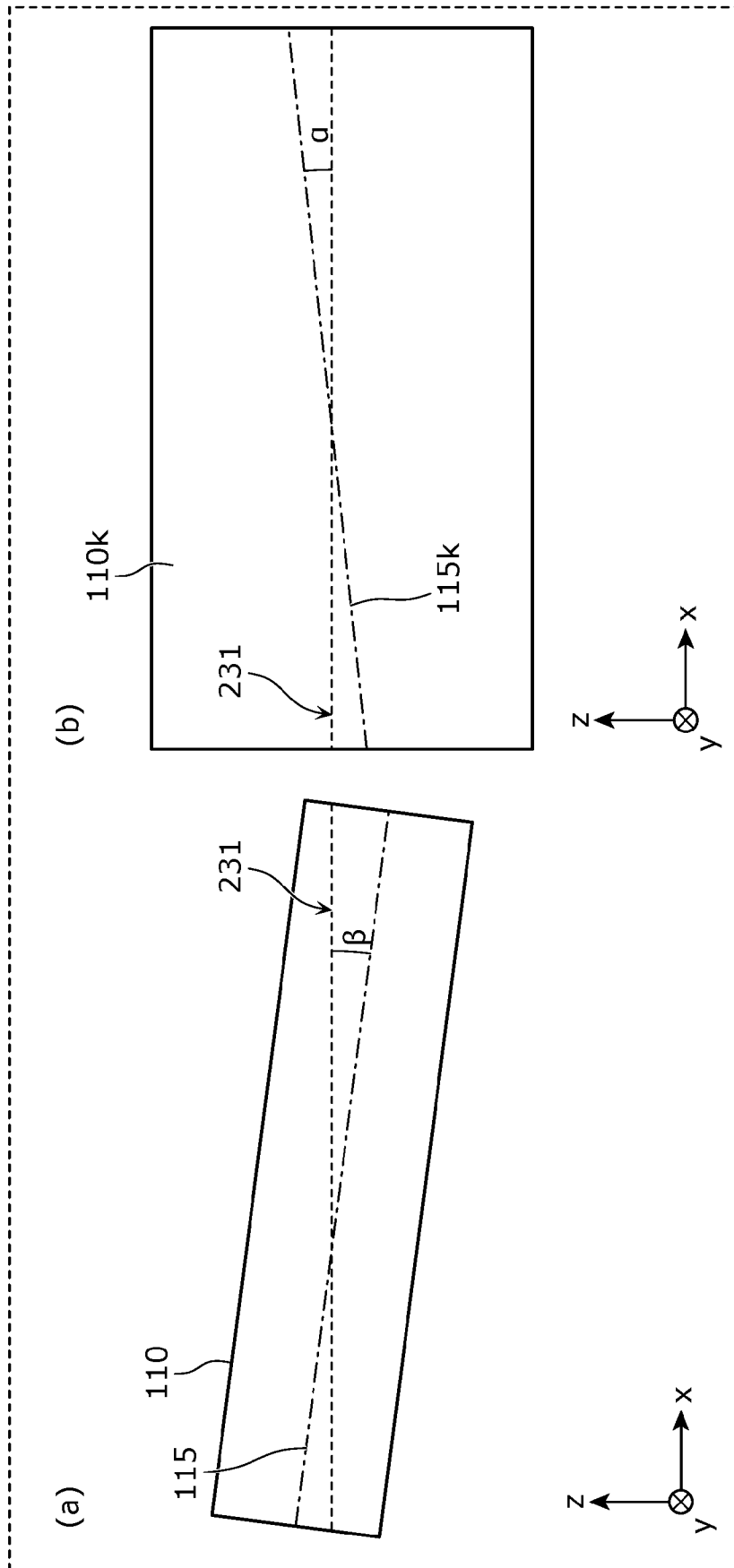
[図37]



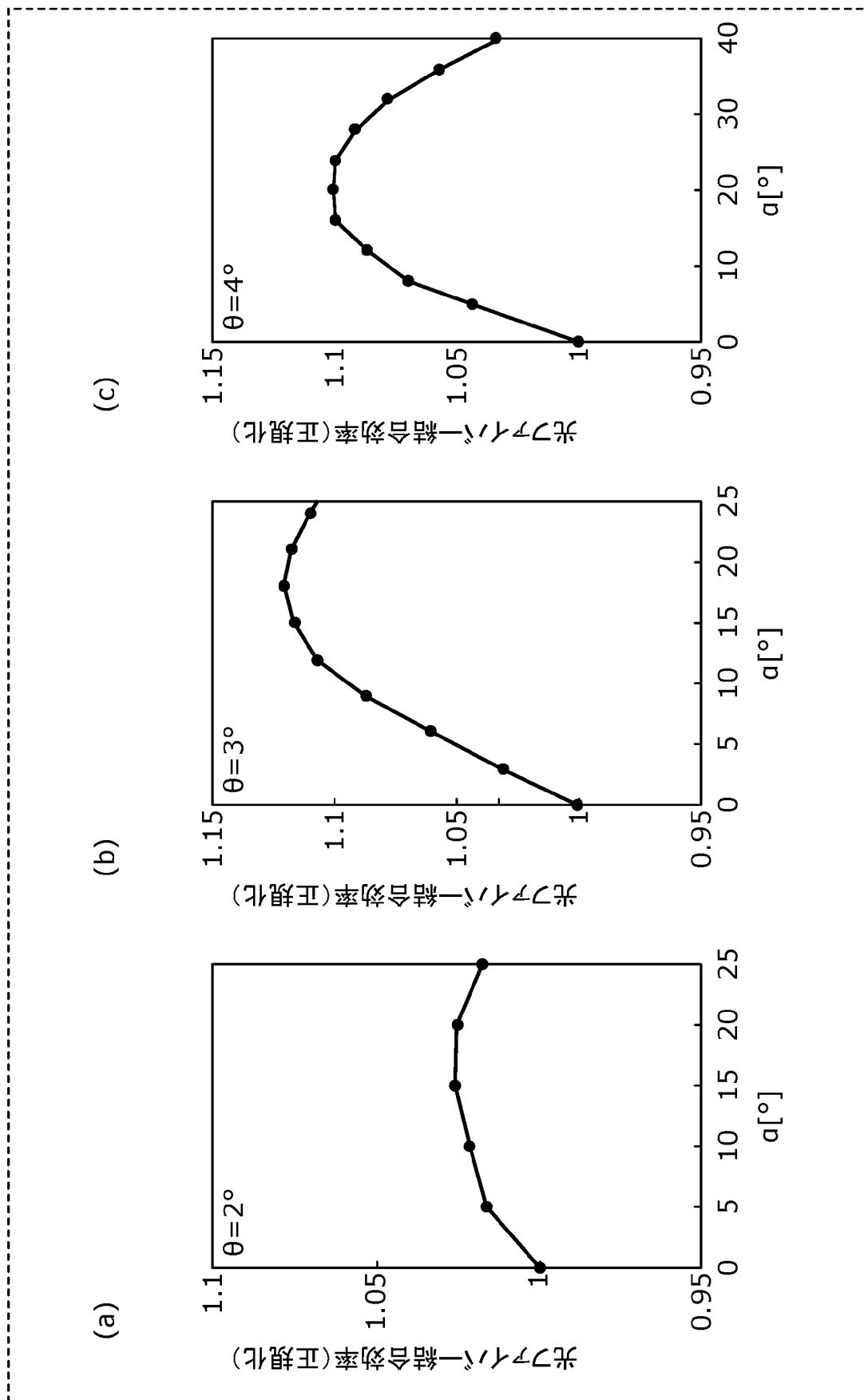
[図38]



[図39]



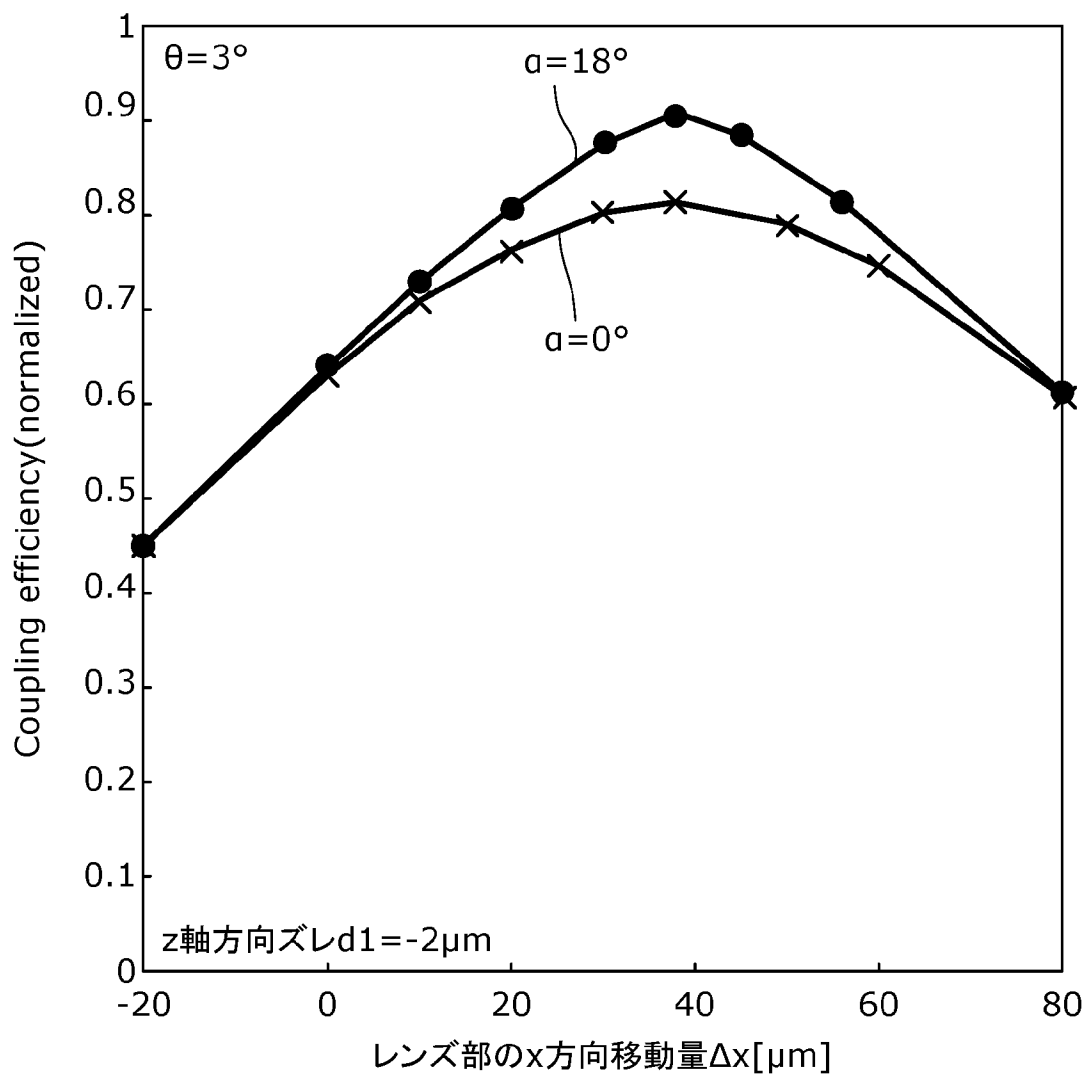
[図40]



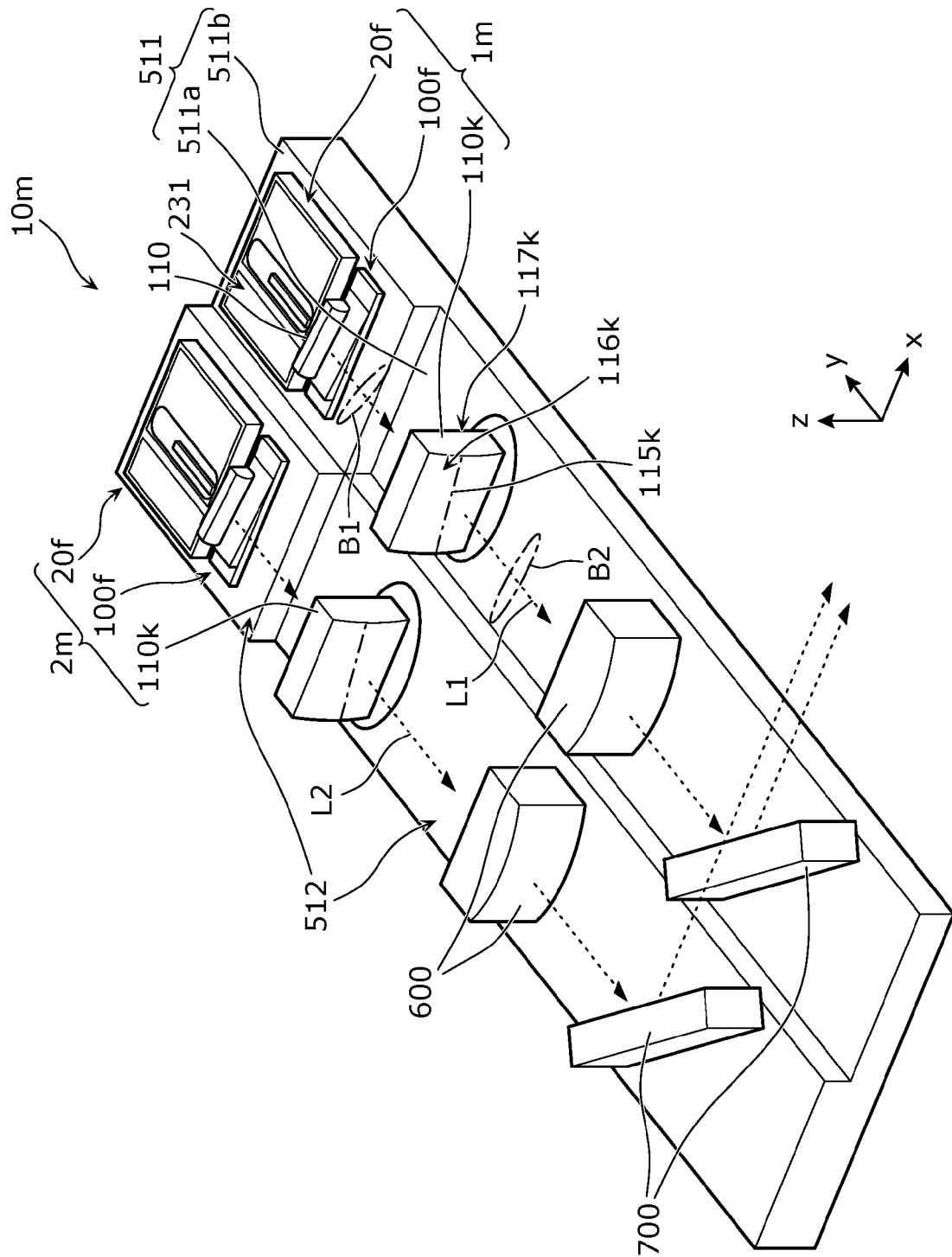
[図41A]

半導体レーザー素子200	第1シリンドリカルレンズ 110		第2シリンドリカルレンズ 110k	SACLレンズ 600	集光レンズ 800	光ファイバ550	
	有効焦点 距離 F1	距離 BFL				コア径	開口数 NA
波長	0.38mm	0.09mm	有効焦点 距離	有効焦点 距離	有効焦点 距離	100μm	0.22
450nm							

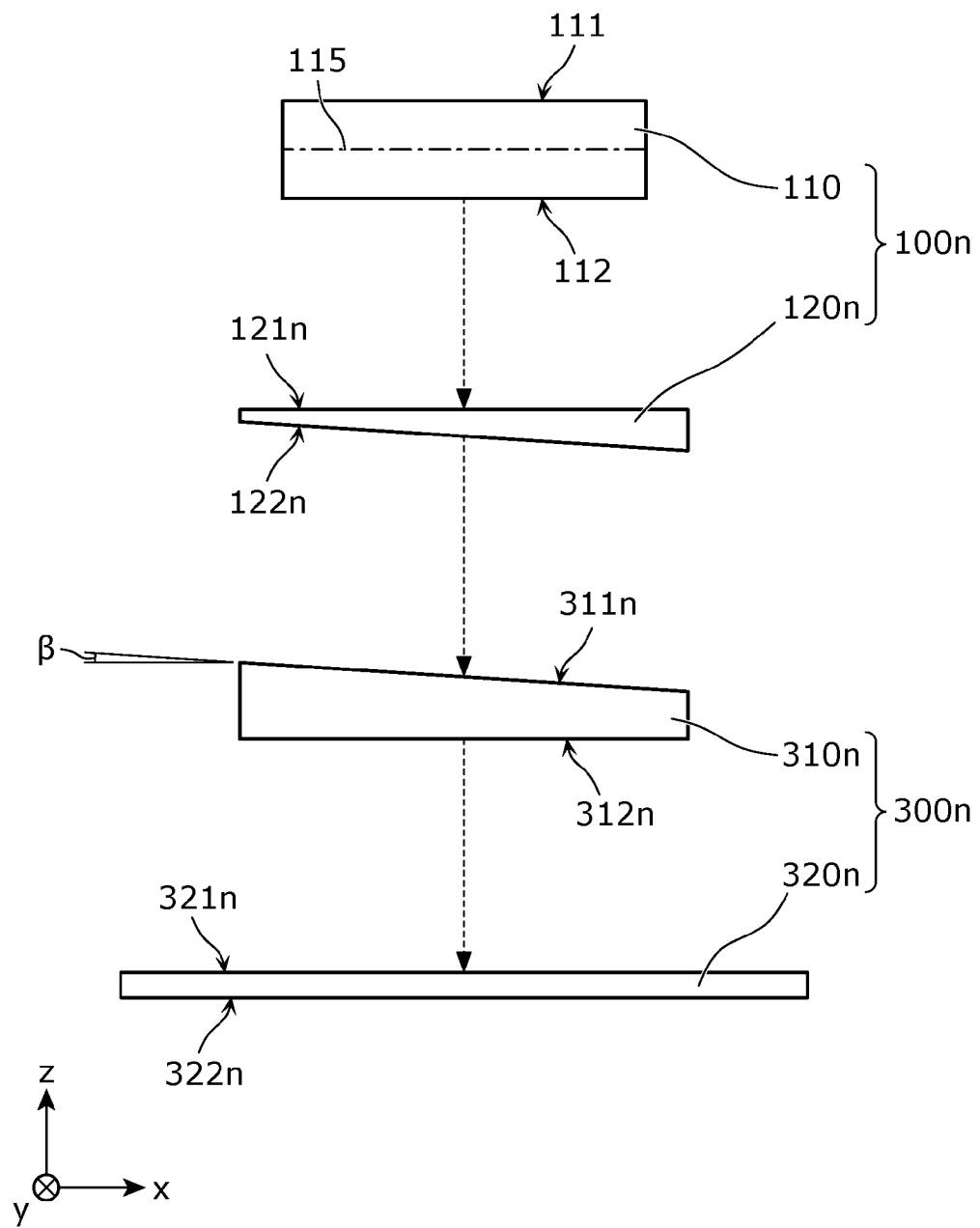
[図41B]



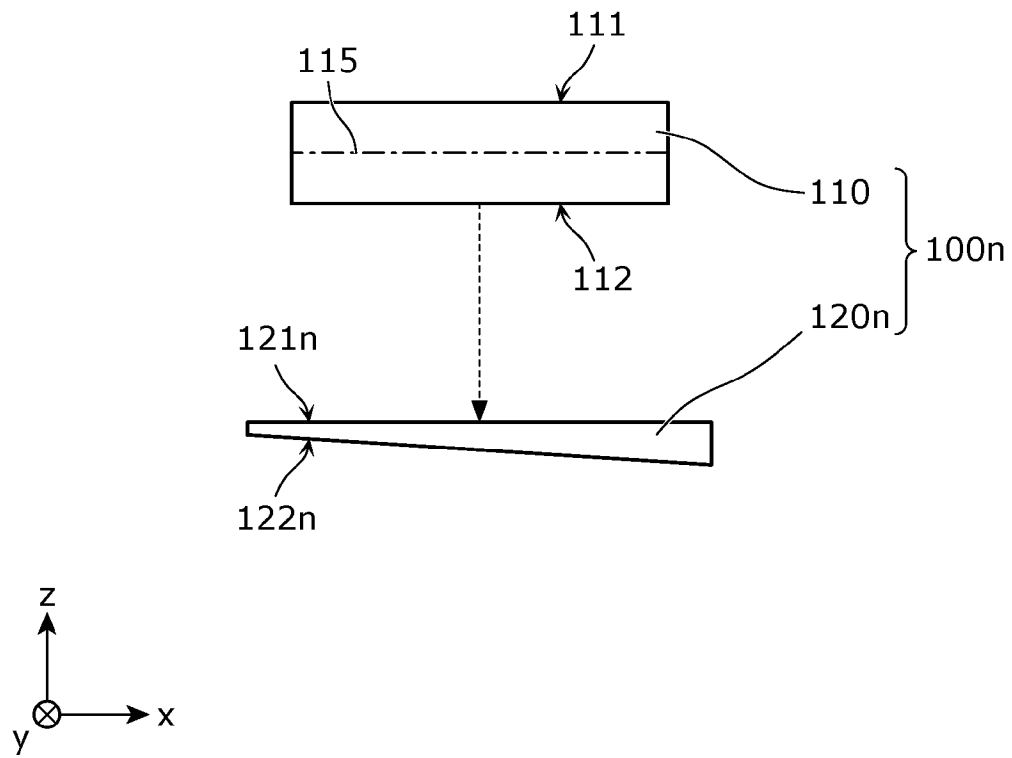
[図42]



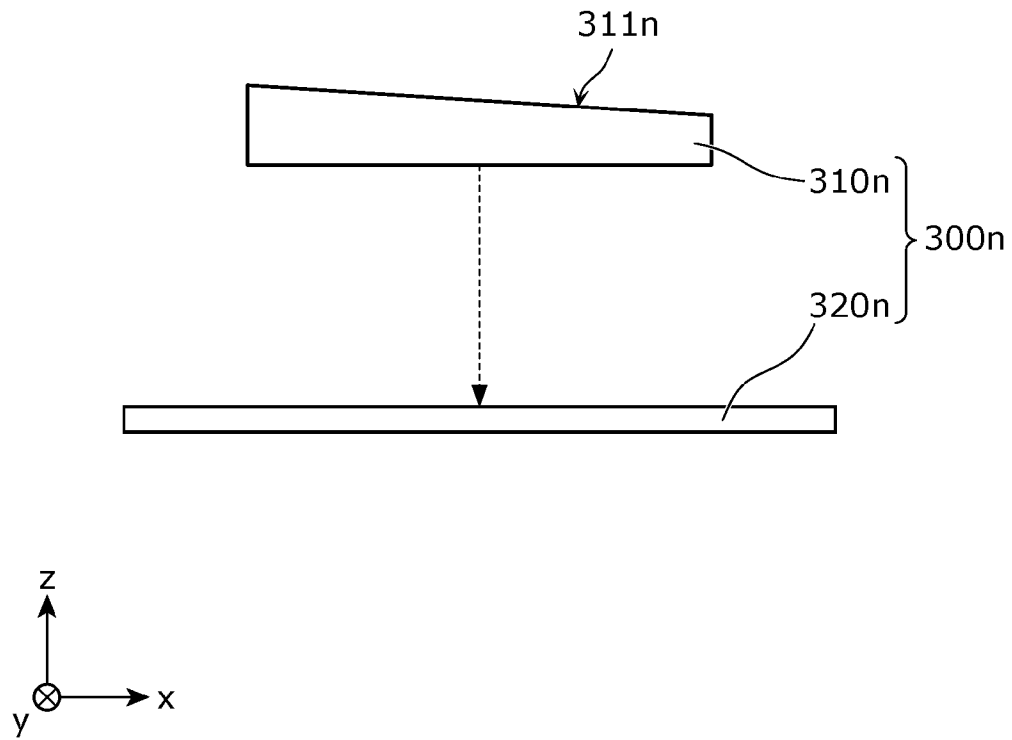
[図44]



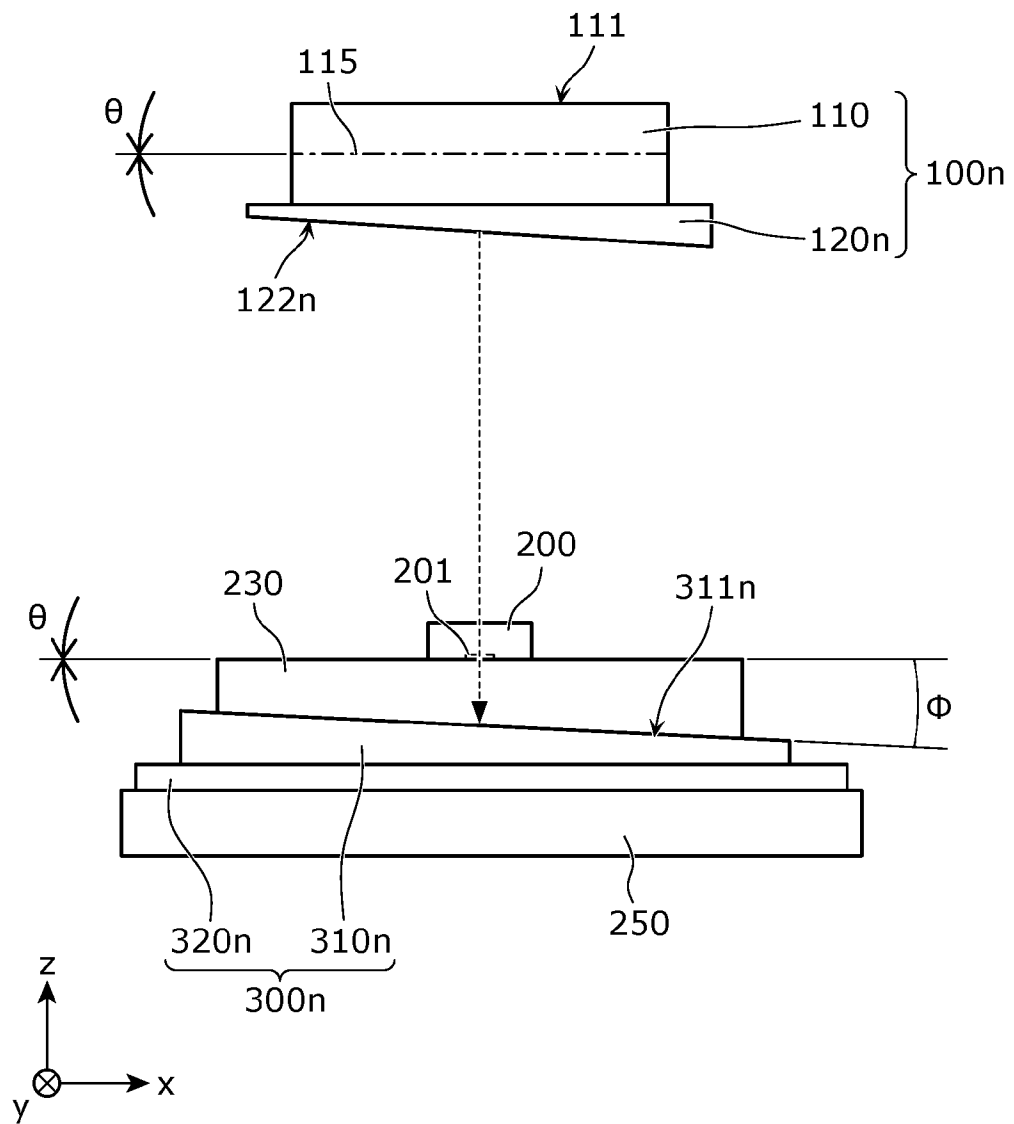
[図45]



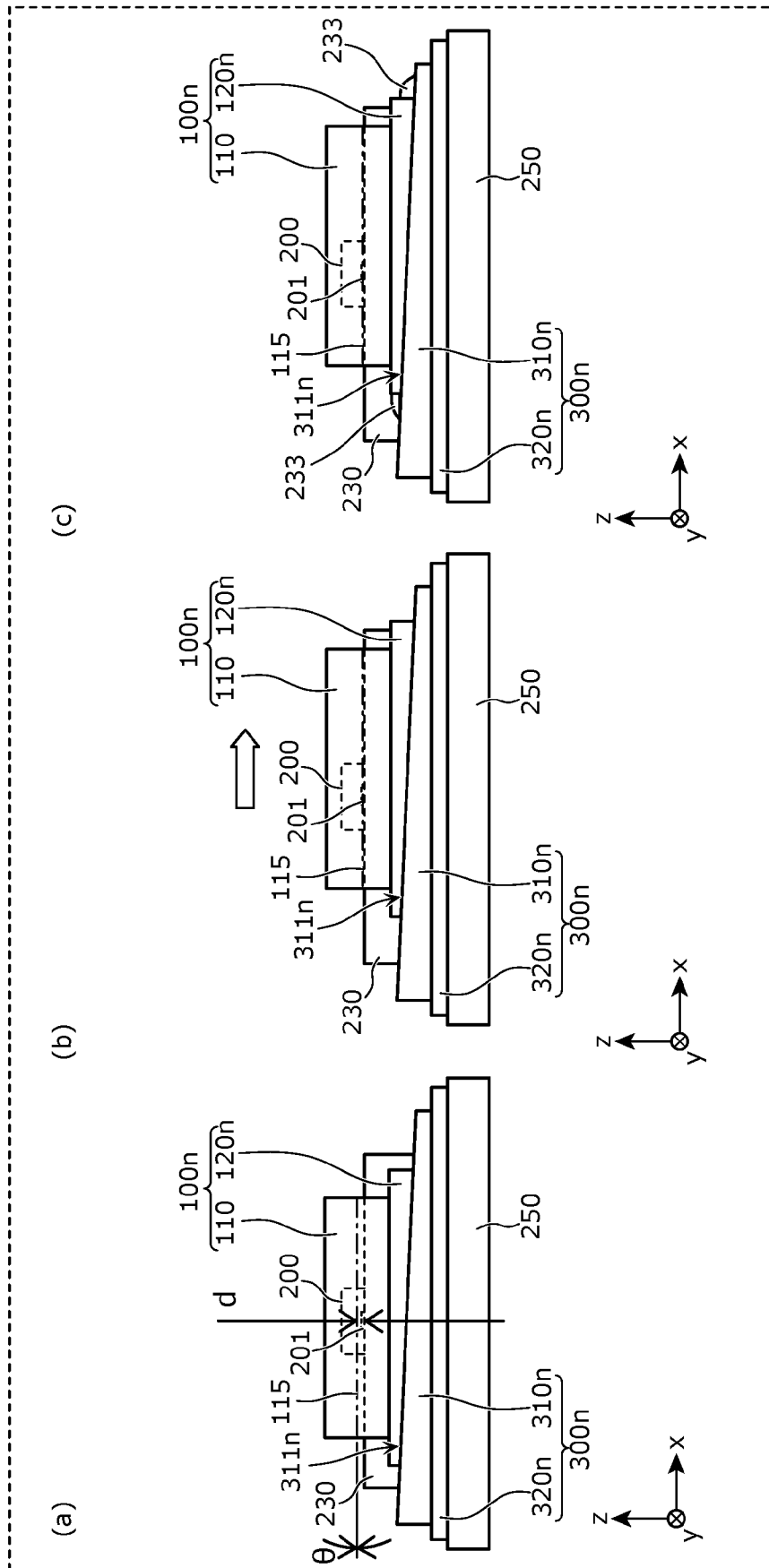
[図46]



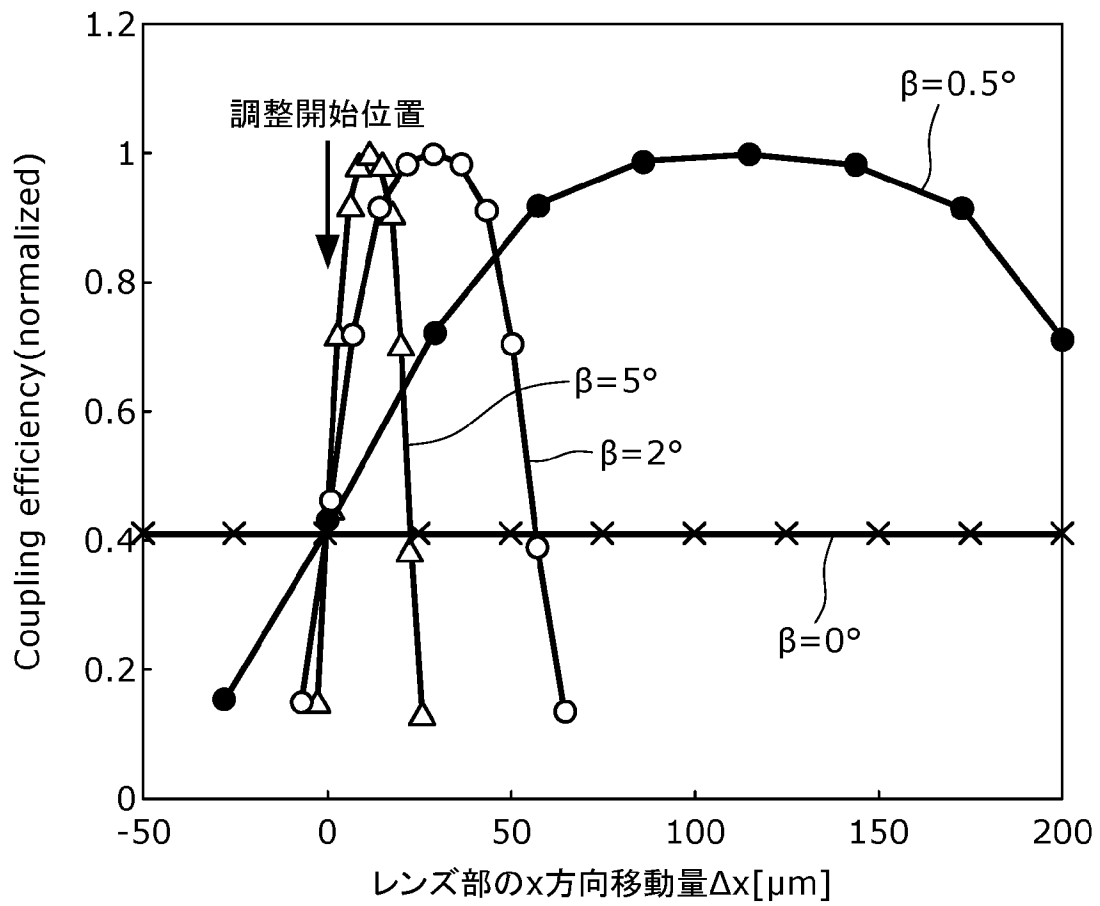
[図47]



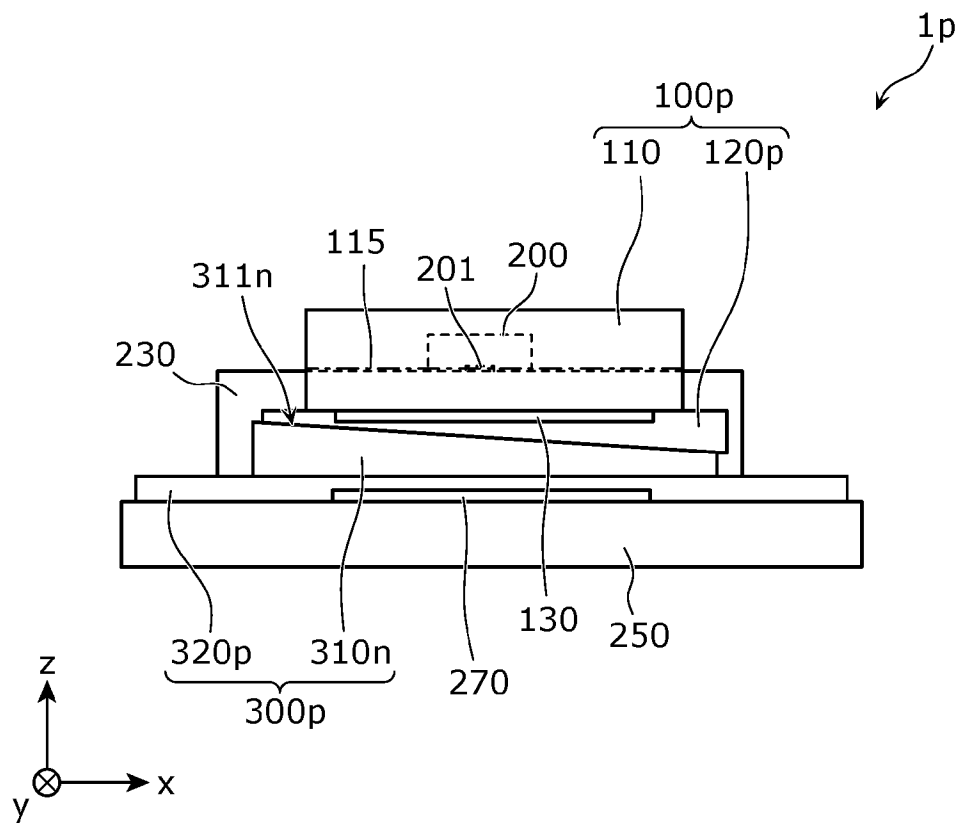
[図48A]



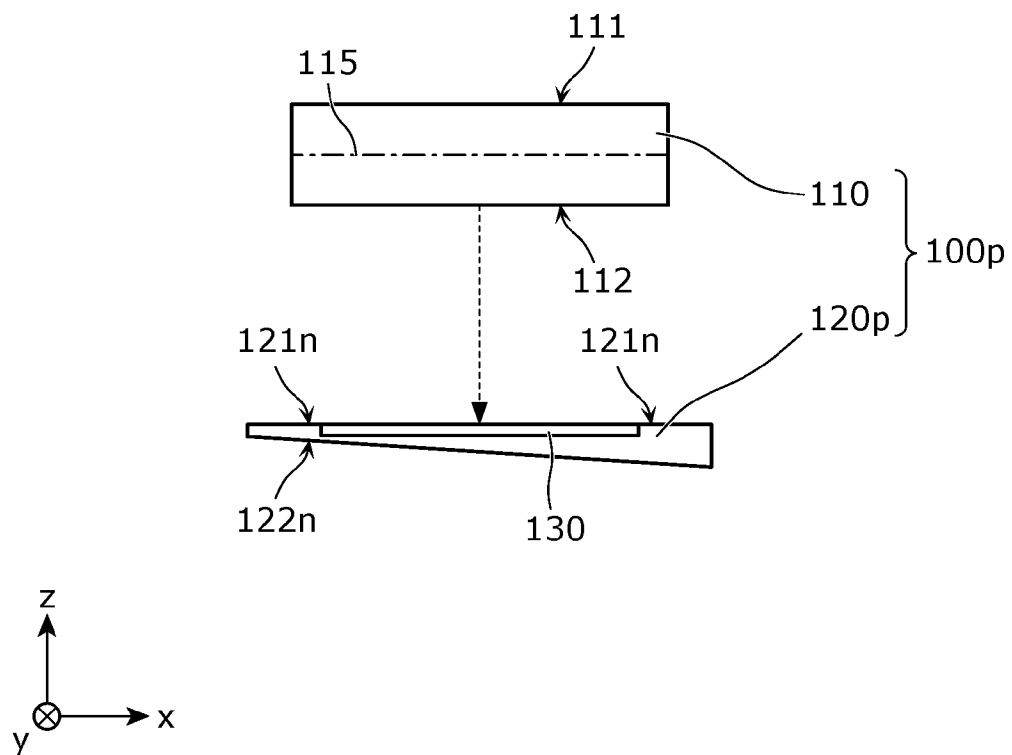
[図48B]



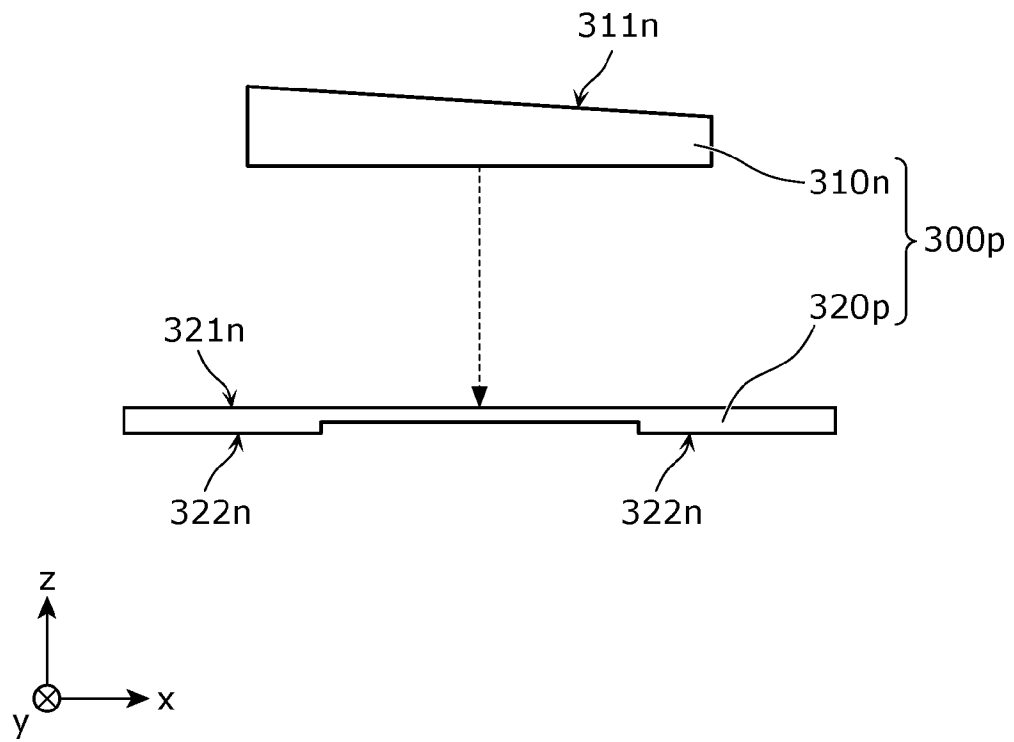
[図49]



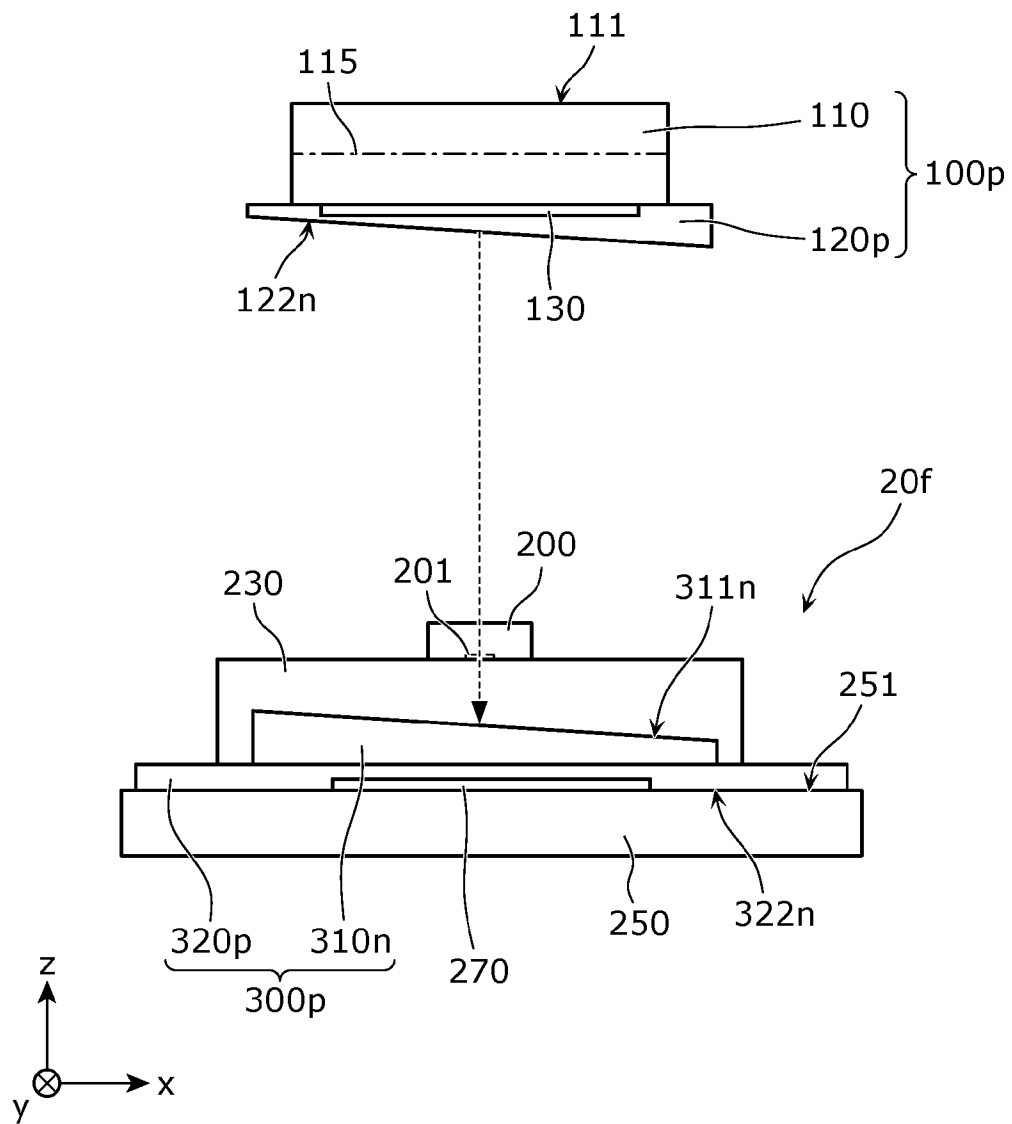
[図50]



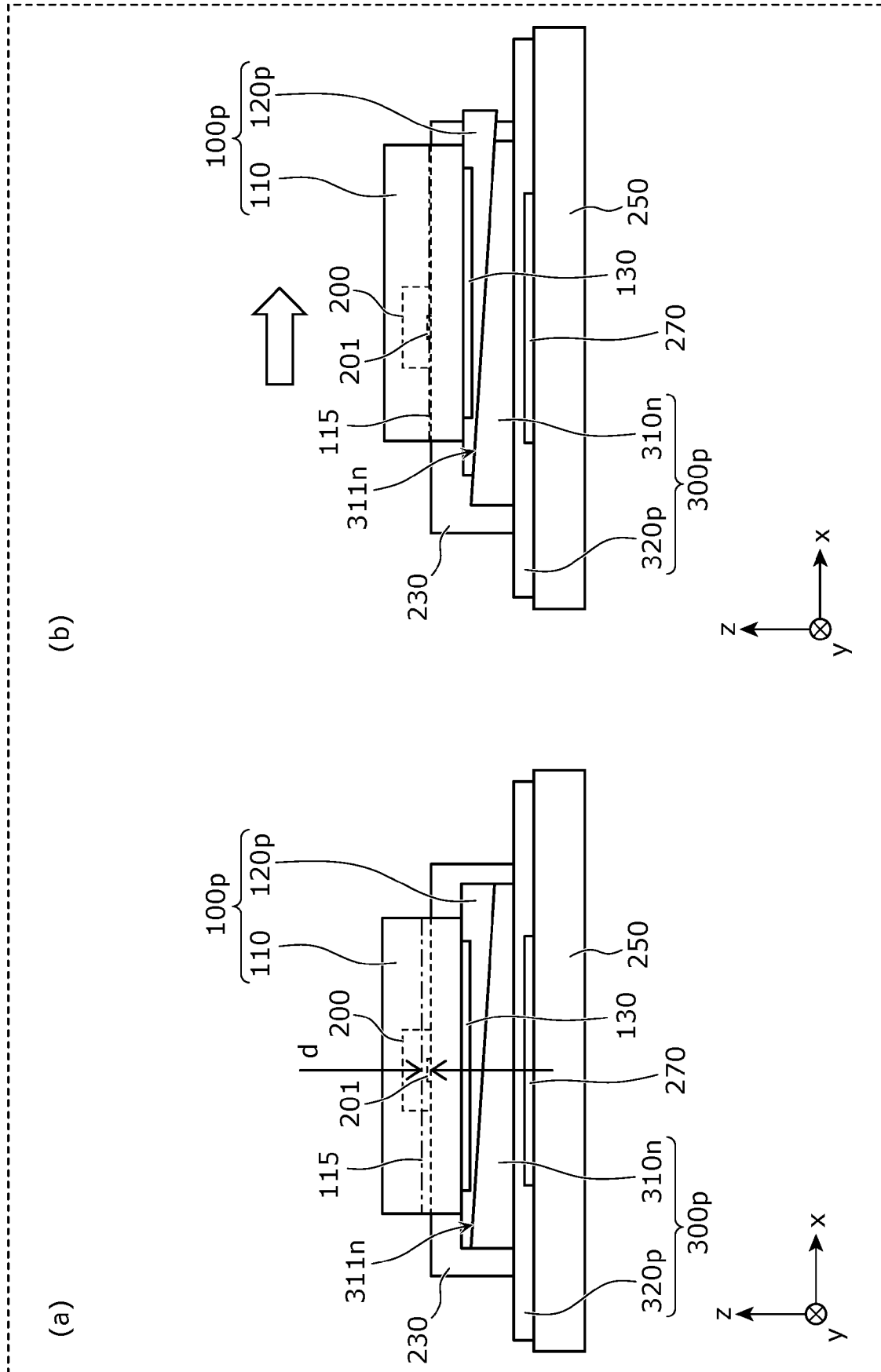
[図51]



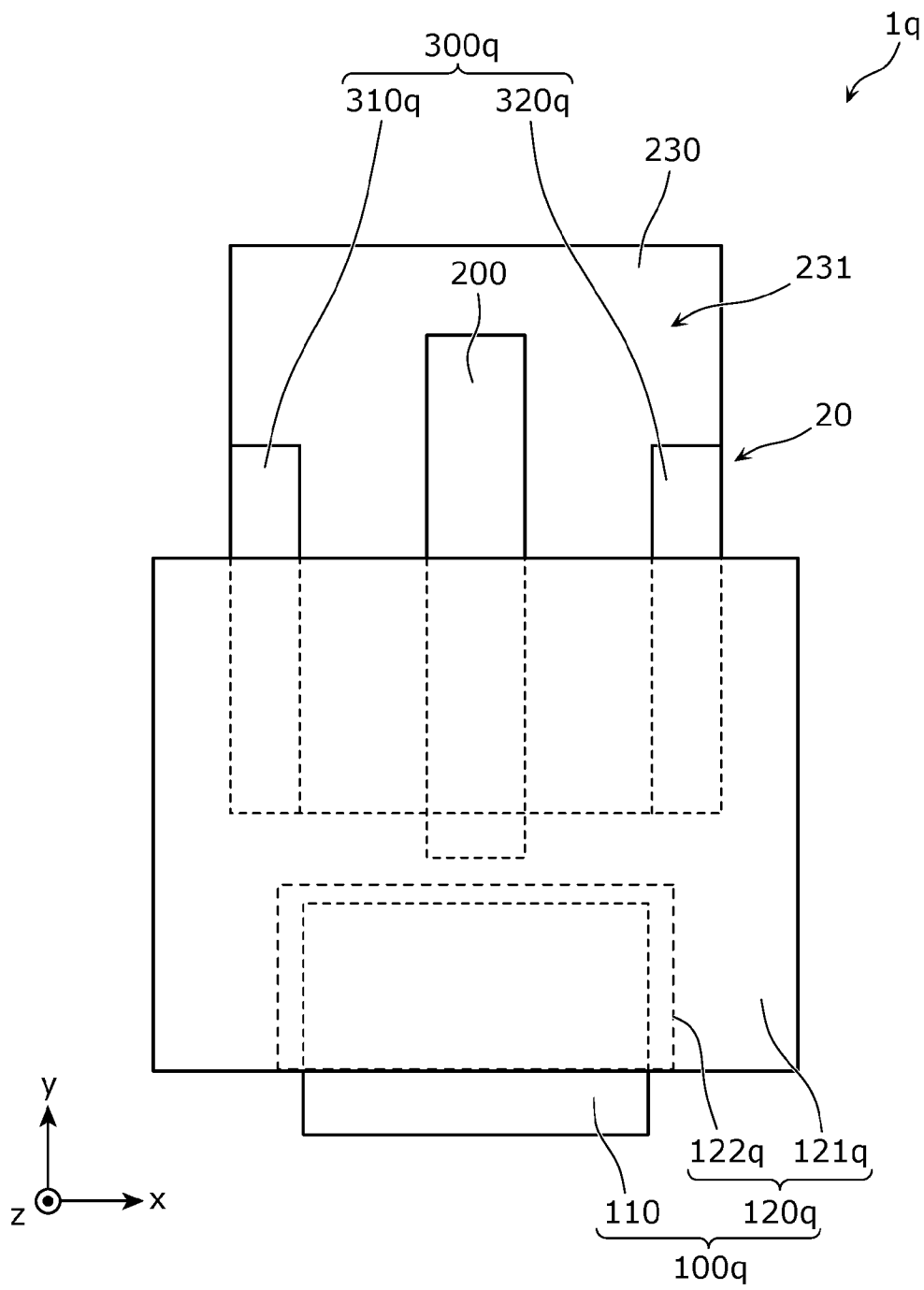
[図52]



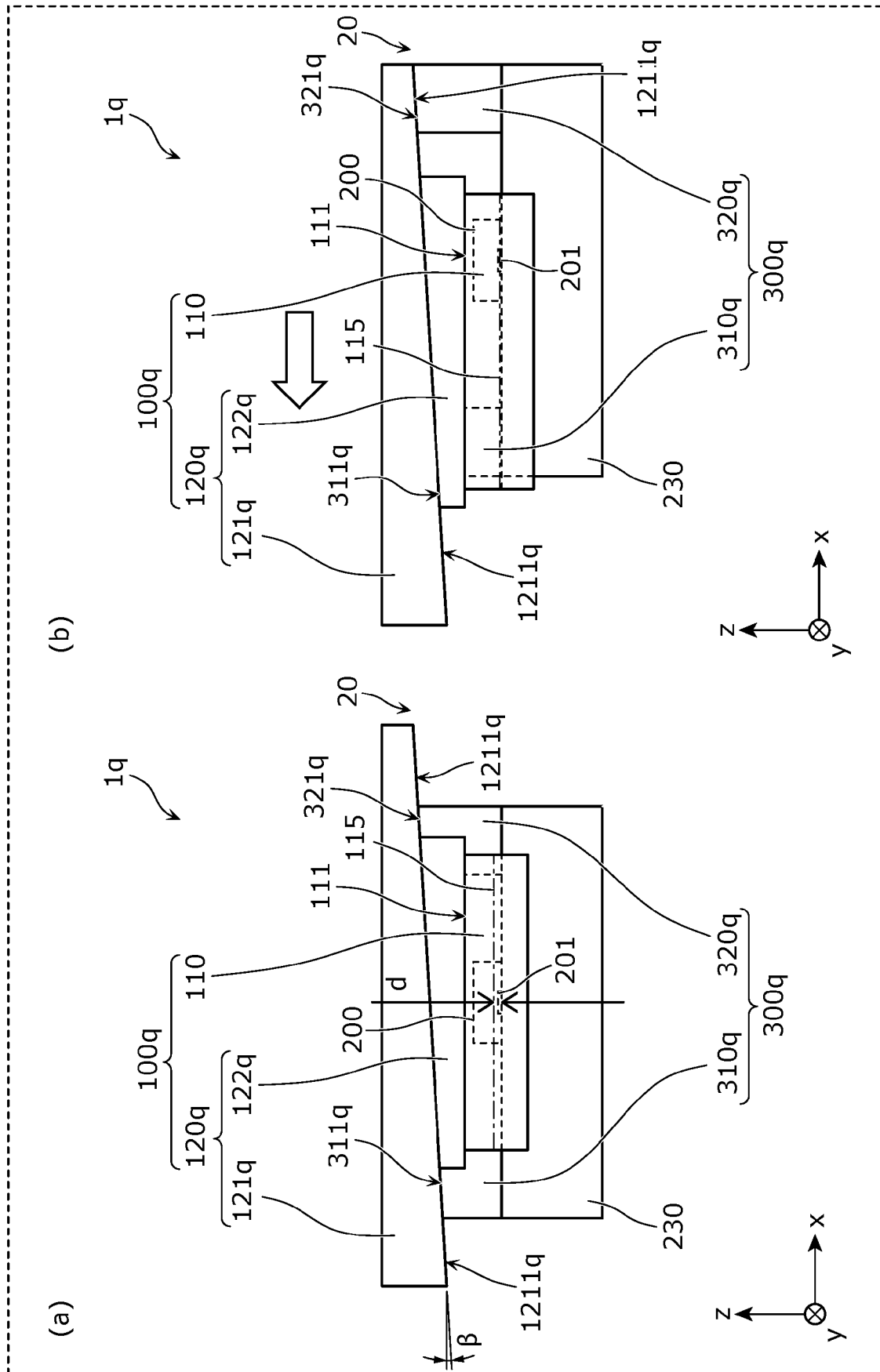
[図53]



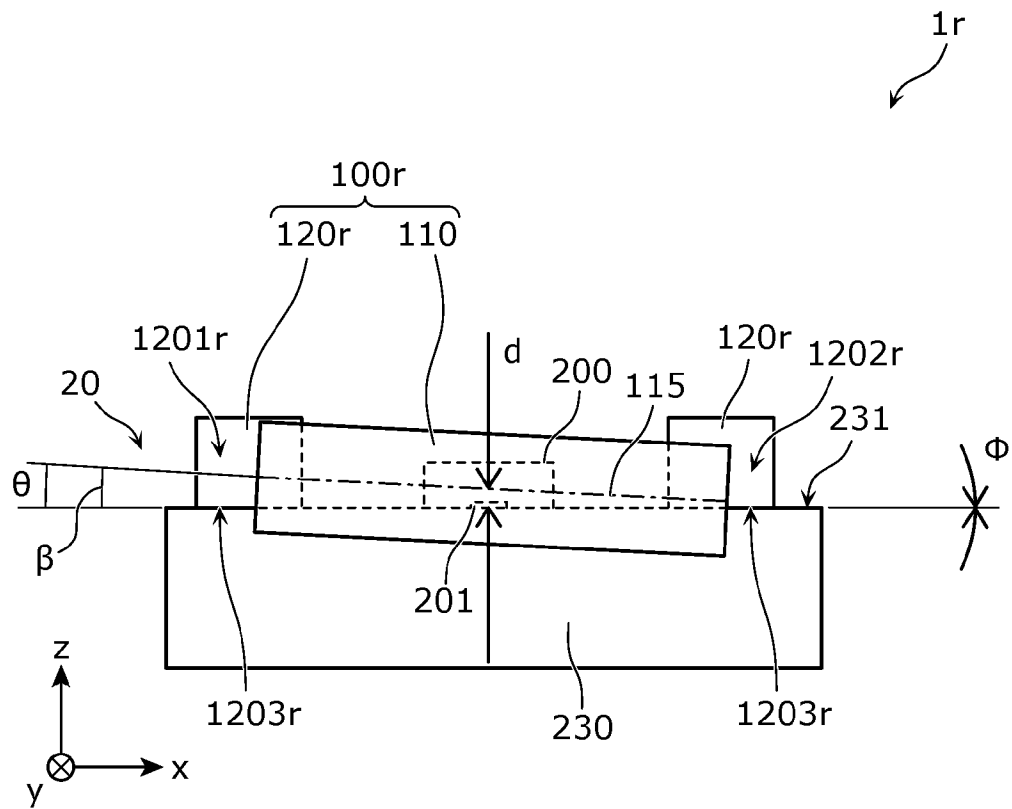
[図54]



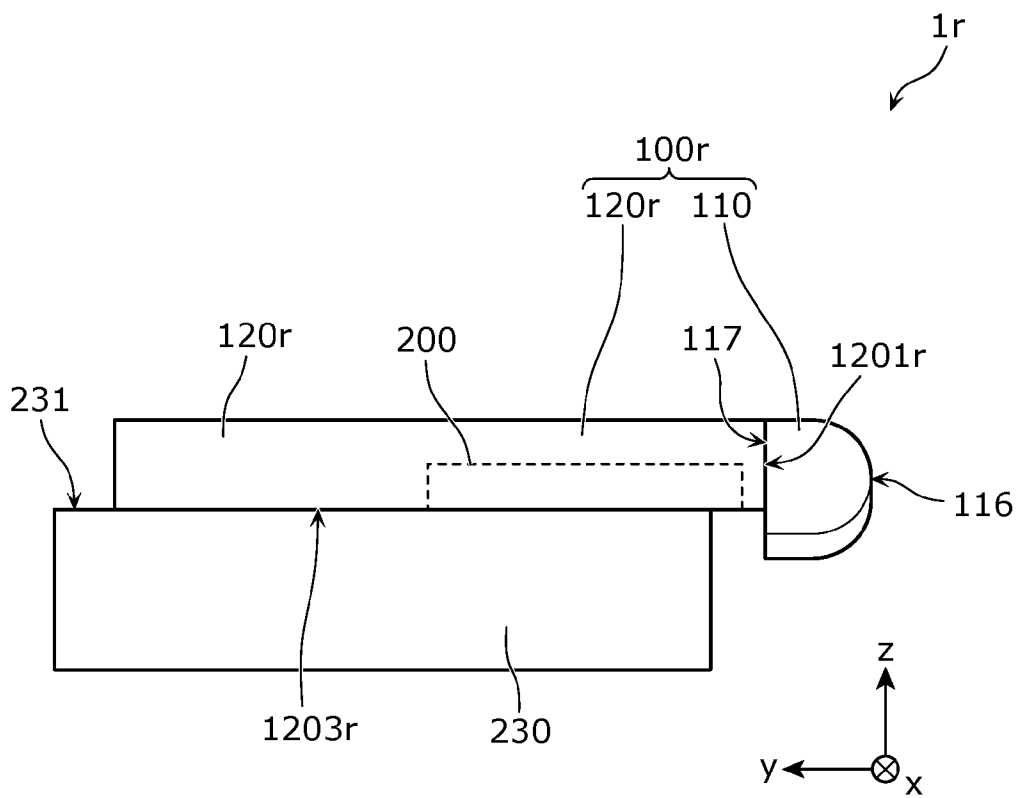
[図55]



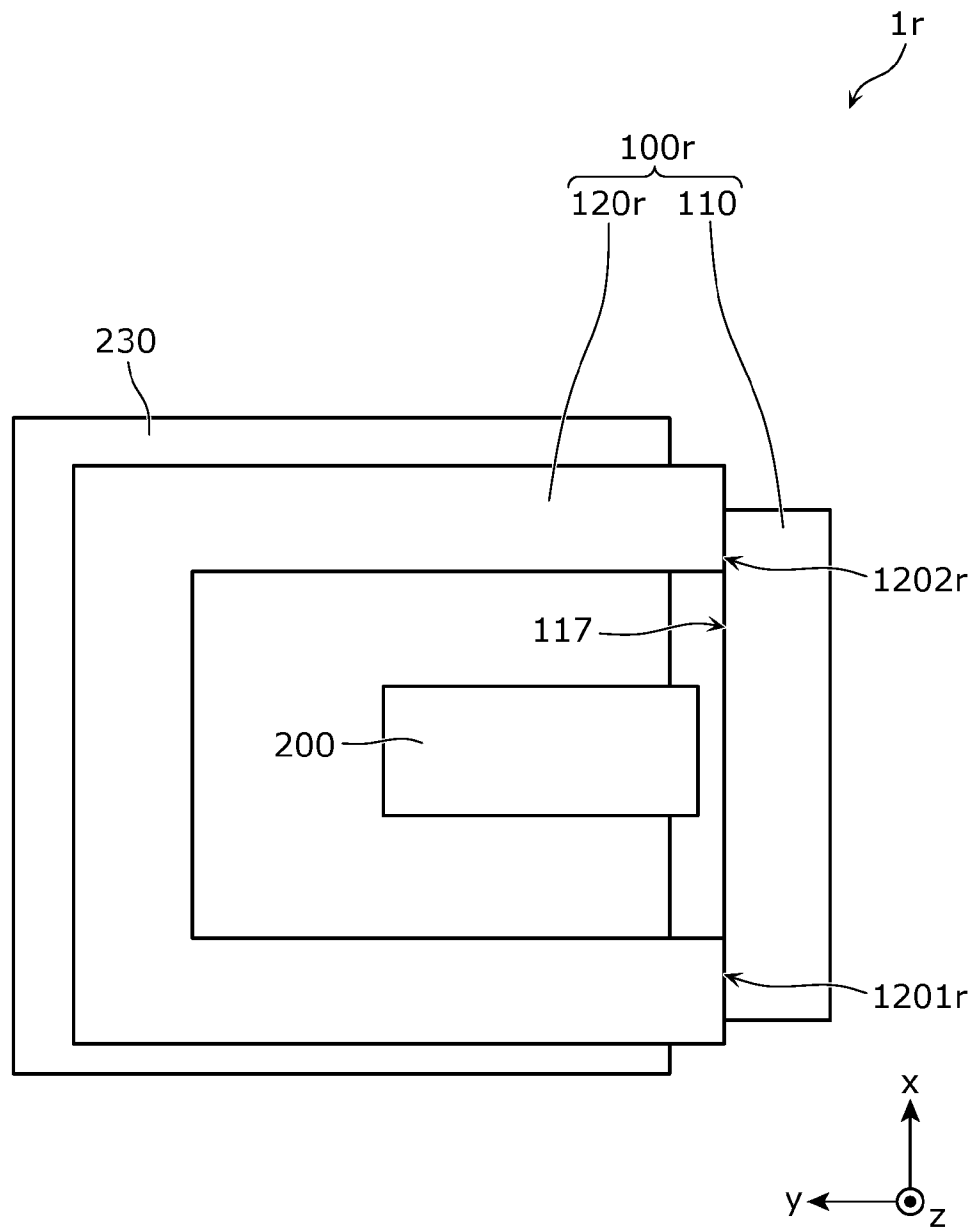
[図56]



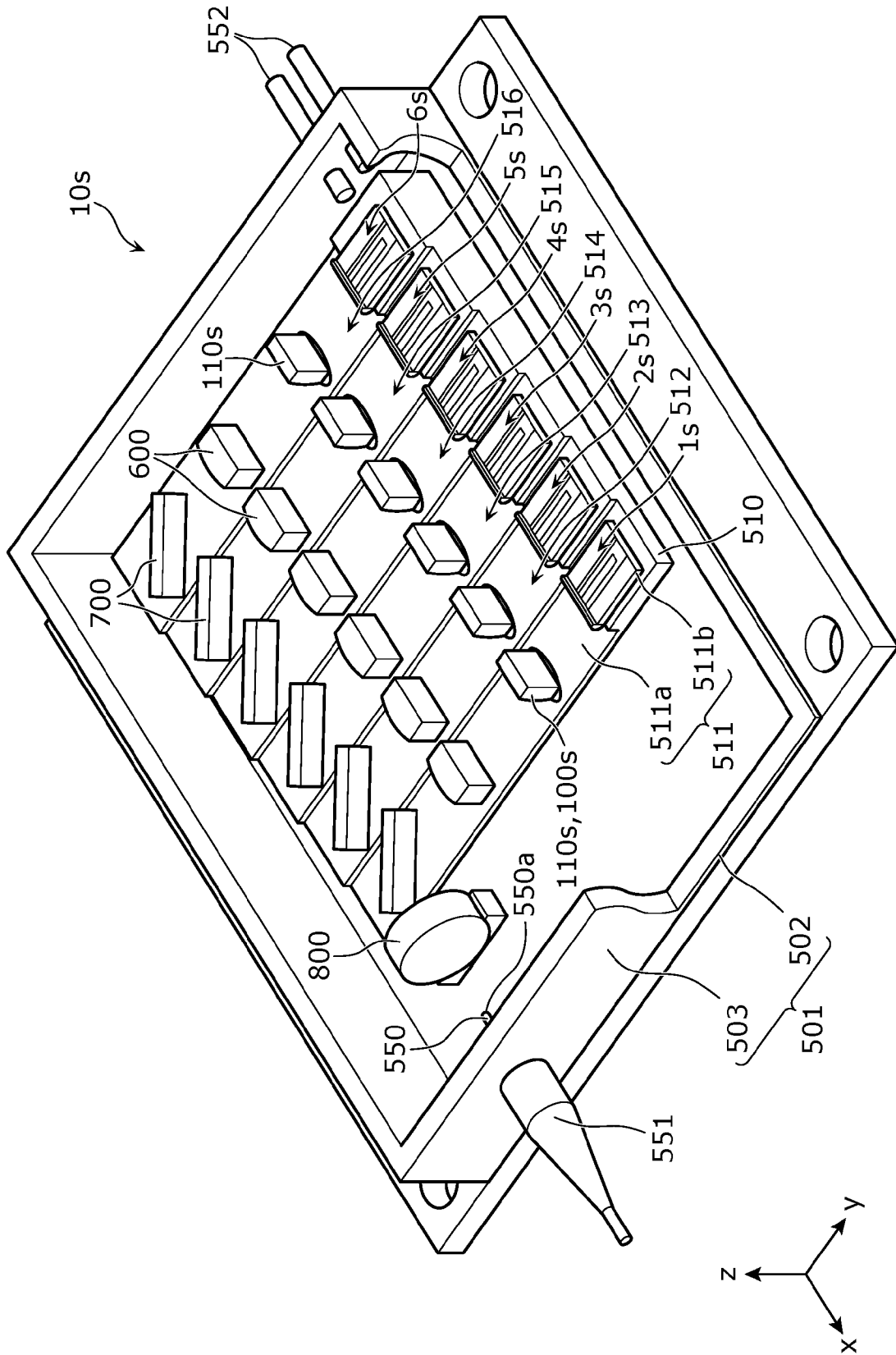
[図57]



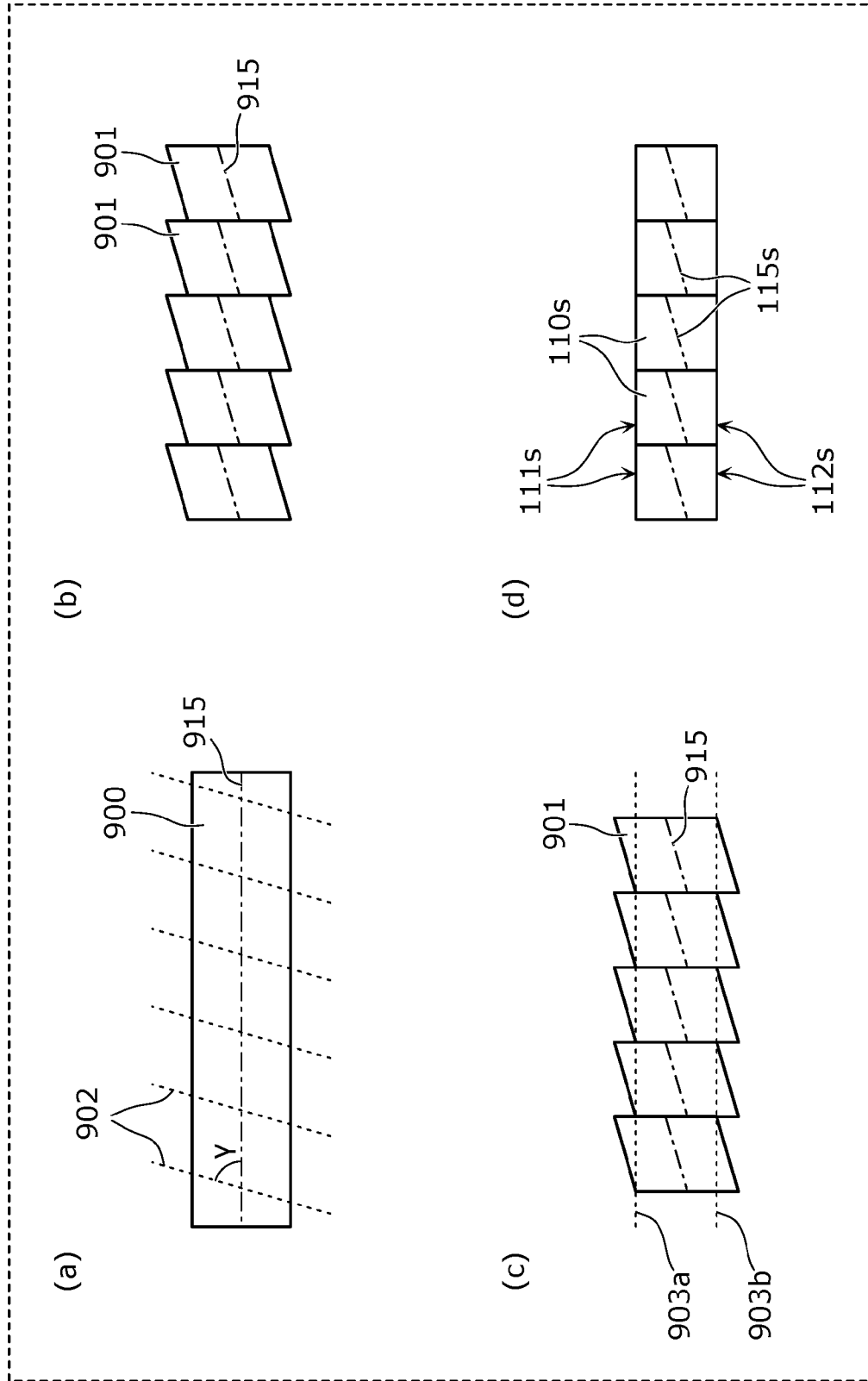
[図58]



[図59]



[図62]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/005360

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01S 5/02253 (2021.01)i; H01S 5/40 (2006.01)i; H01S 5/02355 (2021.01)i FI: H01S5/02253; H01S5/02355; H01S5/40 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 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2019-79854 A (SHIMADZU CORPORATION) 23 May 2019 (2019-05-23) paragraphs [0020]-[0034], fig. 1-3	1, 4, 7-9, 12-14, 16-17, 21, 24-25, 28
Y	paragraphs [0023], [0027], [0031], fig. 1	1-7, 9-12, 24, 32-37, 40
A	entire text, all drawings	15, 18-20, 22-23, 26-27, 29-31, 38-39
Y	JP 53-117392 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 13 October 1978 (1978-10-13) page 2, upper left column, lines 2-15, lower left column, line 16 to lower right column, line 12, lower right column, line 16 to page 3, upper left column, line 15, fig. 3	1-7, 9-12, 32-37, 40
Y	JP 53-112079 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 30 September 1978 (1978-09-30) page 1, left column, lines 14-16, page 2, upper left column, line 12 to lower left column, line 9, fig. 2	1-7, 9, 24, 32-33
☒ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 21 March 2024		Date of mailing of the international search report 02 April 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2021-110908 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 02 August 2021 (2021-08-02) paragraphs [0020]-[0037], fig. 2	32-33
A	JP 2015-119012 A (CANON INC.) 25 June 2015 (2015-06-25) paragraph [0036]	1-40
A	US 6377410 B1 (APOLLO INSTRUMENTS, INC.) 23 April 2002 (2002-04-23) entire text, all drawings	1-40

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/005360

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2019-79854	A	23 May 2019	(Family: none)	
JP	53-117392	A	13 October 1978	(Family: none)	
JP	53-112079	A	30 September 1978	(Family: none)	
JP	2021-110908	A	02 August 2021	(Family: none)	
JP	2015-119012	A	25 June 2015	(Family: none)	
US	6377410	B1	23 April 2002	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H01S 5/02253(2021.01)i; H01S 5/40(2006.01)i; H01S 5/02355(2021.01)i

FI: H01S5/02253; H01S5/02355; H01S5/40

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））

H01S5/00-5/50

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

1971-2024年

日本国実用新案登録公報

1996-2024年

日本国登録実用新案公報

1994-2024年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2019-79854 A（株式会社島津製作所） 23.05.2019（2019 - 05 - 23） [0020]-[0034], [図1]-[図3]	1, 4, 7-9, 12-14, 16-17, 21, 24-25, 28
Y	[0023], [0027], [0031], [図1]	1-7, 9-12, 24, 32-37, 40
A	全文全図	15, 18-20, 22-23, 26-27, 29-31, 38-39
Y	JP 53-117392 A（三菱電機株式会社） 13.10.1978（1978 - 10 - 13） 第2頁左上欄第2行-第15行、左下欄第16行-右下欄第12行、右下欄第16行-第3頁左上欄第15行、第3図	1-7, 9-12, 32-37, 40
Y	JP 53-112079 A（三菱電機株式会社） 30.09.1978（1978 - 09 - 30） 第1頁左欄第14行-第16行、第2頁左上欄第12行-左下欄第9行、第2図	1-7, 9, 24, 32-33
Y	JP 2021-110908 A（住友電気工業株式会社） 02.08.2021（2021 - 08 - 02） [0020]-[0037], [図2]	32-33

☒ 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、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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抵触するものではなく、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

21.03.2024

国際調査報告の発送日

02.04.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)

〒100-8915

日本国

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

八木 智規 2K 4847

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

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 2015-119012 A (キヤノン株式会社) 25.06.2015 (2015 - 06 - 25) [0036]	1-40
A	US 6377410 B1 (APOLLO INSTRUMENTS, INC.) 23.04.2002 (2002 - 04 - 23) 全文全図	1-40

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/005360

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2019-79854	A	23.05.2019	(ファミリーなし)	
JP	53-117392	A	13.10.1978	(ファミリーなし)	
JP	53-112079	A	30.09.1978	(ファミリーなし)	
JP	2021-110908	A	02.08.2021	(ファミリーなし)	
JP	2015-119012	A	25.06.2015	(ファミリーなし)	
US	6377410	B1	23.04.2002	(ファミリーなし)	