

(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
2025年2月13日(13.02.2025)



(10) 国際公開番号

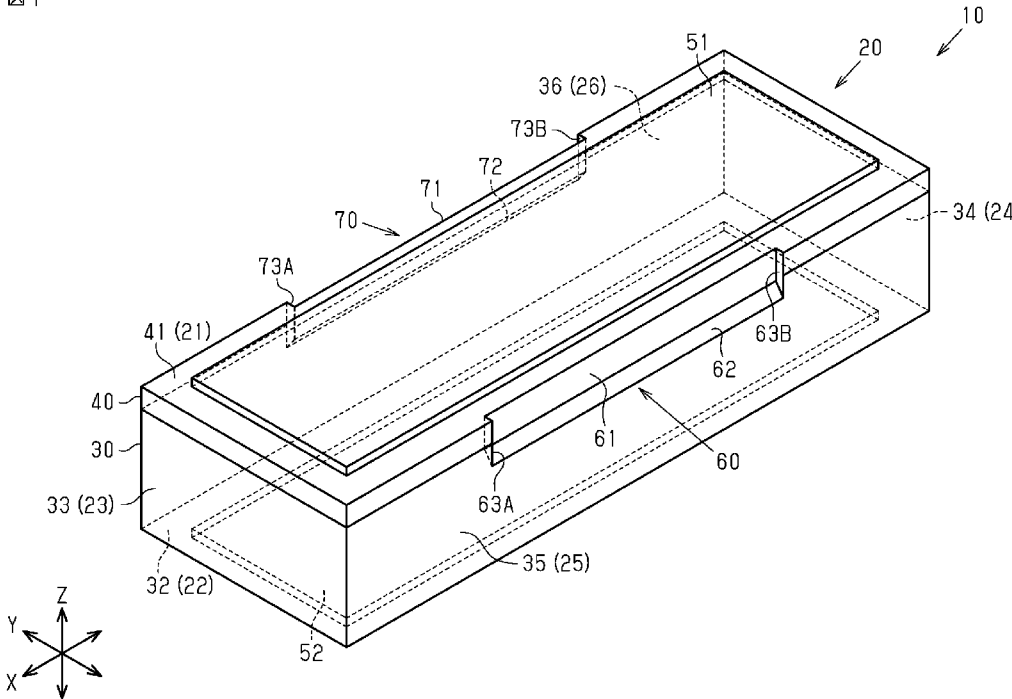
WO 2025/033232 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 5/02 (2006.01) H01S 5/343 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/026954
- (22) 国際出願日: 2024年7月29日(29.07.2024)
- (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 2023-128592 2023年8月7日(07.08.2023) JP
- (71) 出願人: ローム株式会社 (ROHM CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒6158585 京都府京都市右京区西院溝崎町 2 1 番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 廣川 優樹 (HIROKAWA Yuki);
〒6158585 京都府京都市右京区西院溝崎町 2 1 番地 ローム株式会社内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 恩田 誠, 外 (ONDA Makoto et al.);
〒5008731 岐阜県岐阜市大宮町二丁目 1 2 番地 1 Gifu (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, 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,

(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

(54) 発明の名称: 半導体レーザ素子

図1



(57) Abstract: This semiconductor laser element comprises an element body which outputs laser light from a first end surface. The element body includes a first recessed part that is provided between a first side surface and an element front surface and that is recessed toward the inside of the element body, and a second recessed part that is provided between a second side surface and the element front surface and that is recessed toward the inside of the element body. The first recessed part includes a first inner surface that faces the same side as the first side surface, and first connection surface

[続葉有]

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))

that connects the first inner surface and the first side surface. The second recessed part includes a second inner surface that faces the same side as the second side surface, and a second connection surface that connects the second inner surface and the second side surface. The first connection surface and the second connection surface each include an inclined surface which is inclined with respect to the element front surface at an angle differing from the that of first side surface and that of the second side surface.

(57) 要約: 半導体レーザ素子は、第1端面からレーザ光を出射する素子本体を含む。素子本体は、第1側面と素子表面との間に設けられ、素子本体の内部に向けて窪む第1窪み部と、第2側面と素子表面との間に設けられ、素子本体の内部に向けて窪む第2窪み部と、を含む。第1窪み部は、第1側面と同じ側を向く第1内側面と、第1内側面と第1側面とを接続する第1接続面と、を含む。第2窪み部は、第2側面と同じ側を向く第2内側面と、第2内側面と第2側面とを接続する第2接続面と、を含む。第1接続面および第2接続面の各々は、素子表面に対して第1側面および第2側面とは異なる角度で傾斜する傾斜面を含む。

明 細 書

発明の名称：半導体レーザ素子

技術分野

[0001] 本開示は、半導体レーザ素子に関する。

背景技術

[0002] 半導体ウエハからバー状の複数のレーザバーに分割した後、レーザバーに対してレーザ加工、ダイヤモンドカッター、またはダイサーを用いて分離溝を形成したうえで劈開することによってレーザバーから半導体レーザ素子を製造することが開示されている（例えば特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2020／137146号

[0004] [概要]

ところで、レーザ加工、ダイヤモンドカッター、またはダイサーを用いてレーザバーに分離溝が形成された場合、分離溝はその長さ方向に対して分離溝の幅や深さにばらつきが生じる。その結果、レーザバーを劈開すると、レーザバーの劈開面にシワが形成されてしまう。

[0005] 本開示の一態様の半導体レーザ素子は、互いに反対側を向く素子表面および素子裏面と、前記素子表面が向く厚さ方向から視て、第1方向において互いに反対側を向く第1端面および第2端面と、前記第1方向と直交する第2方向において互いに反対側を向く第1側面および第2側面と、を有し、前記第1端面からレーザ光を出射する素子本体と、前記素子表面に形成された表面電極と、前記素子裏面に形成された裏面電極と、を含み、前記素子本体は、前記第1側面と前記素子表面との間に設けられ、前記素子本体の内部に向けて窪む第1窪み部と、前記第2側面と前記素子表面との間に設けられ、前記素子本体の内部に向けて窪む第2窪み部と、を含み、前記第1窪み部は、前記第1側面と同じ側を向く第1内側面と、前記第1内側面と前記第1側面

とを接続する第1接続面と、を含み、前記第2窪み部は、前記第2側面と同じ側を向く第2内側面と、前記第2内側面と前記第2側面とを接続する第2接続面と、を含み、前記第1接続面および前記第2接続面の各々は、前記素子表面に対して前記第1側面および前記第2側面とは異なる角度で傾斜する傾斜面を含む。

図面の簡単な説明

- [0006] [図1]図1は、第1実施形態の半導体レーザ素子の概略斜視図である。
- [図2]図2は、図1の半導体レーザ素子の概略平面図である。
- [図3]図3は、図2のF3-F3線で半導体レーザ素子を切断した概略断面図である。
- [図4]図4は、図2のF4-F4線で半導体レーザ素子を切断した断面構造のうち第1窪み部およびその周辺を拡大した概略断面図である。
- [図5]図5は、第1窪み部およびその周辺の概略側面図である。
- [図6]図6は、図5の第1窪み部における第1端部接続面およびその周辺の拡大図である。
- [図7]図7は、図6のF7-F7線で半導体レーザ素子を切断した断面構造のうち第1端部接続面およびその周辺を拡大した概略断面図である。
- [図8]図8は、第1実施形態の半導体レーザ素子の例示的な製造工程を示す概略斜視図である。
- [図9]図9は、図8に続く例示的な製造工程を示す概略斜視図である。
- [図10]図10は、図9に続く例示的な製造工程を示す概略斜視図である。
- [図11]図11は、図10に続く例示的な製造工程を示す概略斜視図である。
- [図12]図12は、図11に続く例示的な製造工程を示す概略平面図である。
- [図13]図13は、図12のF13-F13線でレーザバーを切断した断面構造のうち分離溝およびその周辺を拡大した概略断面図である。
- [図14]図14は、第2実施形態の半導体レーザ素子の概略斜視図である。
- [図15]図15は、図14の半導体レーザ素子の概略裏面図である。
- [図16]図16は、図15のF16-F16線で半導体レーザ素子を切断した

断面構造のうち第 1 窪み部およびその周辺を拡大した概略断面図である。

[図17]図 1 7 は、変更例の半導体レーザ素子における第 1 窪み部およびその周辺を拡大した概略断面図である。

[図18]図 1 8 は、変更例の半導体レーザ素子について、第 1 端面から見た半導体レーザ素子の側面図である。

[0007] [詳細な説明]

以下、添付図面を参照して本開示における半導体レーザ素子のいくつかの実施形態を説明する。なお、説明を簡単かつ明確にするために、図面に示される構成要素は、必ずしも一定の縮尺で描かれていない。また、理解を容易にするために、断面図ではハッチング線が省略されている場合がある。添付の図面は、本開示の実施形態を例示するに過ぎず、本開示を制限するものとみなされるべきではない。

[0008] 以下の詳細な記載は、本開示の例示的な実施形態を具体化する装置、システム、および方法を含む。この詳細な記載は本來說明のためのものに過ぎず、本開示の実施形態またはこのような実施形態の適用および使用を限定することを意図しない。

[0009] <第 1 実施形態>

図 1 ～図 1 3 を参照して、第 1 実施形態の半導体レーザ素子 1 0 について説明する。

図 1 ～図 7 は半導体レーザ素子 1 0 の構成を示しており、図 8 ～図 1 3 は半導体レーザ素子 1 0 の製造工程を示している。

[0010] [半導体レーザ素子の全体構成]

図 1 ～図 3 を参照して、半導体レーザ素子 1 0 の全体構成について説明する。

図 1 は、半導体レーザ素子 1 0 の概略斜視構造を示している。図 2 は、半導体レーザ素子 1 0 の概略平面構造を示している。図 3 は、図 2 の F 3 - F 3 線で半導体レーザ素子 1 0 を切断した断面構造であり、半導体レーザ素子 1 0 の内部構成を示している。なお、本開示において使用される「平面視」

という用語は、図 1 に示される互いに直交する X Y Z 軸の Z 方向に半導体レーザ素子 10 を視ることをいう。また本開示において X 方向は「第 1 方向」の一例であり、Y 方向は「第 2 方向」の一例である。

[0011] 図 1 に示すように、半導体レーザ素子 10 は、端面発光型のレーザダイオードであり、素子本体 20 と、素子本体 20 に設けられた表面電極 51 および裏面電極 52 と、を含む。一例では、表面電極 51 がアノードを構成しており、裏面電極 52 がカソードを構成している。

[0012] 素子本体 20 は、Z 方向が厚さ方向となる直方体状に形成されている。このため、「平面視」とは素子本体 20 の厚さ方向から視ることでもある。素子本体 20 は、平面視において X 方向が長手方向となり、Y 方向が短手方向となる長方形に形成されている。

[0013] 素子本体 20 は、Z 方向において互いに反対側を向く素子表面 21 および素子裏面 22 と、平面視で X 方向において互いに反対側を向く第 1 端面 23 および第 2 端面 24 と、平面視で Y 方向において互いに反対側を向く第 1 側面 25 および第 2 側面 26 と、を有する。素子本体 20 の厚さ方向（Z 方向）は、素子表面 21 が向く方向であるといえる。第 1 端面 23、第 2 端面 24、第 1 側面 25、および第 2 側面 26 は、素子表面 21 と素子裏面 22 との Z 方向の間に位置しており、素子表面 21 と素子裏面 22 とを接続している。素子本体 20 は、第 1 端面 23 から光を出射するように構成されている。

[0014] 表面電極 51 は、素子表面 21 に形成されている。表面電極 51 は、Z 方向を厚さ方向とする矩形平板状に形成されている。平面視における表面電極 51 の形状は、X 方向が長手方向となり、Y 方向が短手方向となる矩形状である。図 1 に示す例では、平面視において、表面電極 51 は、素子本体 20 よりも 1 回り小さくなるように形成されている。表面電極 51 は、複数の電極膜の積層構造によって構成されている。一例では、表面電極 51 は、第 1 電極膜と、第 1 電極膜上に形成された第 2 電極膜とを含む。第 1 電極膜は、例えば Ti（チタン）／Au（金）合金によって形成されている。第 1 電極

膜は、半導体層40の表面41（素子表面21）に接触している。第2電極膜は、例えばAuめっきによって形成されている。

[0015] 裏面電極52は、素子裏面22に形成されている。裏面電極52は、Z方向を厚さ方向とする矩形平板状に形成されている。平面視における裏面電極52の形状は、X方向が長手方向となり、Y方向が短手方向となる矩形状である。図1に示す例では、平面視において、裏面電極52は、素子本体20よりも1回り小さくなるように形成されている。つまり、裏面電極52は、表面電極51と同じサイズである。裏面電極52は、複数の電極膜の積層構造によって構成されている。裏面電極52は、例えばAuGeNi（金ゲルマニウムニッケル）／Ti／Au合金によって形成されている。裏面電極52は、半導体基板30とオーミック接触を形成している。

[0016] 素子本体20は、半導体基板30と、半導体基板30上に設けられた半導体層40と、を含む。

半導体基板30は、Z方向を厚さ方向とする矩形平板状に形成されている。半導体基板30は、平面視においてX方向が長手方向となり、Y方向が短手方向となる長方形に形成されている。

[0017] 図1および図3に示すように、半導体基板30は、Z方向において互いに反対側を向く基板表面31および基板裏面32と、基板表面31と基板裏面32とのZ方向の間に位置し、基板表面31と基板裏面32とを接続する第1基板端面33、第2基板端面34、第1基板側面35、および第2基板側面36と、を有する。基板表面31は素子表面21と同じ側を向き、基板裏面32は素子裏面22と同じ側を向いている。基板裏面32は素子裏面22を構成している。第1基板端面33および第2基板端面34は半導体基板30のX方向の両端面を構成している。つまり、第1基板端面33および第2基板端面34はX方向において互いに反対側を向いている。第1基板側面35および第2基板側面36は半導体基板30のY方向の両端面を構成している。つまり、第1基板側面35および第2基板側面36はY方向において互いに反対側を向いている。このため、第1基板端面33は第1端面23と同

じ側を向き、第2基板端面34は第2端面24と同じ側を向いている。第1基板側面35は第1側面25と同じ側を向き、第2基板側面36は第2側面26と同じ側を向いている。一例では、第1基板端面33は第1端面23のZ方向の一部を構成し、第2基板端面34は第2端面24のZ方向の一部を構成している。第1基板側面35は第1側面25のZ方向の一部を構成し、第2基板側面36は第2側面26のZ方向の一部を構成している。なお、図3では、半導体層40の各構成要素を示すため、半導体層40の全体の厚さを半導体基板30の厚さと同じ程度に厚く示しているが、実際には半導体層40の厚さは半導体基板30の厚さよりも薄い。

[0018] 半導体基板30は、例えばGaAs（ガリウムヒ素）を含むn型半導体基板（n-GaAs基板）によって構成されている。半導体基板30は、n型不純物として例えばSi（シリコン）、Te（テルル）、およびSe（セレン）の少なくとも1種を含む。第1実施形態では、第1基板側面35および第2基板側面36の各々の基板表面31に対する角度は、 90° である。ここで、第1基板側面35および第2基板側面36の各々の基板表面31に対する角度が 90° とは、半導体基板30の製造誤差を考慮して、第1基板側面35および第2基板側面36の各々の基板表面31に対する角度が 85° 以上 95° 以下であることも含まれる。換言すると、半導体基板30のオフ角は、 0° である。つまり、半導体基板30は、ジャスト基板が用いられている。

[0019] 半導体基板30の基板表面31の面方位は、 (100) 面である。半導体層40は、基板表面31上に形成されている。半導体層40は、素子表面21を構成する表面41を有する。半導体層40は、半導体基板30に対してエピタキシャル成長されている。半導体層40は、複数の半導体層がZ方向に積層された半導体層積層構造である。

[0020] 半導体基板30の第1基板端面33、第2基板端面34、第1基板側面35、および第2基板側面36の各々の面方位は (110) 面である。半導体基板30がGaAsを含む半導体基板で構成されている場合、半導体基板3

0の(110)面は強い劈開性を有する。加えて、半導体基板30の第1基板端面33および第2基板端面34は、第1基板側面35および第2基板側面36よりも劈開しやすい面によって構成されている。

[0021] 図3に示すように、半導体層40は、複数の半導体層として、活性層42、n側ガイド層43、p側ガイド層44、n型半導体層45、およびp型半導体層46を含む。

n側ガイド層43がn型半導体層45と活性層42との間に配置され、p側ガイド層44が活性層42とp型半導体層46との間に配置されていることによって、ダブルヘテロ接合が形成されている。活性層42には、n型半導体層45からn側ガイド層43を介して電子が注入され、p型半導体層46からp側ガイド層44を介して正孔が注入される。これら電子および正孔が活性層42において再結合することによって、活性層42においてレーザ光が発生するように構成されている。

[0022] n型半導体層45は、半導体基板30上に形成されたn型クラッド層45Aを含む。n型クラッド層45Aは、活性層42に対して半導体基板30側に配置されている。n型クラッド層45Aは、例えばAlGaAs（アルミニウムガリウムヒ素）を含む材料によって形成されている。n型クラッド層45Aは、例えば2000Å以上3500Å以下の厚さを有する。n型クラッド層45Aは、例えば $\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$) 層によって形成されている。

[0023] p型半導体層46は、p側ガイド層44上に積層された第1p型クラッド層46A、第1p型エッチングストップ層46B、第2p型クラッド層46C、第2p型エッチングストップ層46D、p型キャップ層46E、およびp型コンタクト層46Fを含む。ここで、第1p型クラッド層46Aおよび第2p型クラッド層46Cの双方は「p型クラッド層」の一例である。

[0024] 第1p型クラッド層46Aおよび第2p型クラッド層46Cは、活性層42に対してn型クラッド層45Aとは反対側に配置されている。第1p型クラッド層46Aおよび第2p型クラッド層46Cの各々は、例えばAlGa

A sを含む材料によって形成されている。第1 p型クラッド層46 Aは、例えば1000 Å以上2000 Å以下の厚さを有する。第2 p型クラッド層46 Cは、例えば8000 Å以上12000 Å以下の厚さを有する。つまり、第2 p型クラッド層46 Cの厚さは、第1 p型クラッド層46 Aの厚さよりも厚い。第1 p型クラッド層46 Aおよび第2 p型クラッド層46 Cの各々は、例えば $\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$) 層によって形成されている。

[0025] 第1 p型エッチングストップ層46 Bおよび第2 p型エッチングストップ層46 Dの各々は、例えばInGaP（インジウムガリウムリン）を含む材料によって形成されている。第1 p型エッチングストップ層46 Bおよび第2 p型エッチングストップ層46 Dの各々の厚さは、第1 p型クラッド層46 Aおよび第2 p型クラッド層46 Cの各々の厚さよりも薄い。第1 p型エッチングストップ層46 Bは、例えば50 Å以上300 Å以下の厚さを有する。第2 p型エッチングストップ層46 Dは、例えば50 Å以上300 Å以下の厚さを有する。

[0026] p型キャップ層46 Eは、例えばGaAsを含む材料によって形成されている。p型キャップ層46 Eの厚さは、例えば第1 p型エッチングストップ層46 Bおよび第2 p型エッチングストップ層46 Dの各々の厚さよりも厚く、第1 p型クラッド層46 Aおよび第2 p型クラッド層46 Cの各々の厚さよりも薄い。p型キャップ層46 Eは、例えば1000 Å以上3000 Å以下の厚さを有する。

[0027] p型コンタクト層46 Fは、表面電極51とオーミック接触を形成するための低抵抗層である。p型コンタクト層46 Fは、例えばGaAsにp型ドーパントとしてのBe（ベリリウム）が注入されたp型半導体層として形成されている。p型コンタクト層46 Fの厚さは、第1 p型クラッド層46 A、第1 p型エッチングストップ層46 B、第2 p型クラッド層46 C、第2 p型エッチングストップ層46 D、およびp型キャップ層46 Eの各々の厚さよりも厚い。p型コンタクト層46 Fは、例えば30000 Å以上60000 Å以下の厚さを有する。

[0028] n型クラッド層45Aと、第1p型クラッド層46Aおよび第2p型クラッド層46Cとは、活性層42にキャリア（電子および正孔）を閉じ込める効果と、活性層42からのレーザ光をn型クラッド層45Aと第1p型クラッド層46Aおよび第2p型クラッド層46Cとの間に閉じ込める効果とが生じるように構成されている。n型クラッド層45Aは、AlGaAsに例えばn型ドーパントとしてのSi（シリコン）が注入されたn型半導体層として形成されている。第1p型クラッド層46Aおよび第2p型クラッド層46Cの各々は、AlGaAsに例えばp型ドーパントとしてBeが注入されたp型半導体層として形成されている。

[0029] n型クラッド層45Aは、n側ガイド層43よりも大きいバンドギャップを有する。第1p型クラッド層46Aおよび第2p型クラッド層46Cは、p側ガイド層44よりも大きいバンドギャップを有する。これにより、活性層42にキャリアを閉じ込める効果および活性層42からのレーザ光をn型クラッド層45Aと第1p型クラッド層46Aおよび第2p型クラッド層46Cとの間に閉じ込める効果とをそれぞれ高めることができるため、高効率の半導体レーザ素子10を実現できる。

[0030] n側ガイド層43およびp側ガイド層44の各々は、AlGaAsを含む材料によって形成されている。n側ガイド層43およびp側ガイド層44の各々は、例えば200Å以上500Å以下の厚さを有する。n側ガイド層43は、n型半導体層45上に積層されている。p側ガイド層44は、活性層42上に積層されている。n側ガイド層43およびp側ガイド層44の各々は、例えば $\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{As}$ （ $0 \leq x \leq 1$ ）層によって形成されている。

[0031] 活性層42は、多重量子井戸（MQW：multiple-quantum well）構造を有する。活性層42は、電子と正孔とが再結合することによってレーザ光を発生するとともにその発生したレーザ光を増幅させるための層である。活性層42は、例えばアンドープのGaAsP層によって構成された量子井戸層と、アンドープのInAlGaAs層によって構成された障壁層とを交互に複数周期にわたり繰り返し積層することによって構成されている。

[0032] p型半導体層46内における第2p型クラッド層46C、第2p型エッチングストップ層46D、およびp型キャップ層46Eの各々の一部が除去されることによってリッジ部47が形成されている。一例では、第2p型クラッド層46C、第2p型エッチングストップ層46D、およびp型キャップ層46Eの一部がエッチングによって除去されることによって、図3に示す断面において略台形状（メサ形）のリッジ部47が形成される。

[0033] リッジ部47の側面には、電流狭窄層48が形成されている。一例では、p型キャップ層46Eの側面、第2p型エッチングストップ層46Dの側面、第2p型クラッド層46Cの露出面、および第1p型エッチングストップ層46Bの露出面は、電流狭窄層48によって覆われている。電流狭窄層48とp型キャップ層46Eの露出面とがp型コンタクト層46Fによって覆われている。

[0034] 半導体レーザ素子10は、n側ガイド層43、活性層42、およびp側ガイド層44によって第1端面23および第2端面24（ともに図1参照）を共振器端面とするファブリペロー共振器が構成されている。より詳細には、活性層42において発生したレーザ光は、第1端面23および第2端面24との間を往復しながら誘導放出によって増幅される。そして、増幅されたレーザ光の一部が第1端面23および第2端面24からレーザ光として出射される。ここで、第1実施形態では、第1端面23および第2端面24には、端面膜（図示略）が形成されている。この端面膜は、絶縁性を有する反射膜を含んでいてよい。また、端面膜は、絶縁性を有する反射防止膜（ARコート）を含んでいてよい。反射膜を含む端面膜は、反射率が調整されていてよい。一例では、第1端面23が主にレーザ光を出射し、第2端面24から殆どレーザ光が出射しないように焼成された反射膜が形成されてよい。

[0035] [半導体レーザ素子の側面構造]

図1～図7を参照して、半導体レーザ素子10の側面構造について説明する。

図4は、図2のF4－F4線で半導体レーザ素子10を切断した断面構造

であり、素子本体 20 の素子表面 21 および第 1 側面 25 の各々の一部を拡大した断面構造を示している。図 5 は、後述する第 1 窪み部 60 を拡大して示している。図 6 は、図 5 の第 1 窪み部 60 の一部を拡大して示している。図 7 は、図 6 の F7-F7 線で第 1 窪み部 60 を切断した断面構造を示している。

[0036] 図 1 および図 2 に示すように、素子本体 20 は、第 1 窪み部 60 および第 2 窪み部 70 を含む。第 1 窪み部 60 は、素子本体 20 の第 1 側面 25 と素子表面 21 との間に設けられている。第 1 窪み部 60 は、素子本体 20 の内部に向けて窪んでいる。第 1 窪み部 60 は、素子表面 21 が向く方向に開口するとともに第 1 側面 25 が向く方向に開口している。第 2 窪み部 70 は、素子本体 20 の第 2 側面 26 と素子表面 21 との間に設けられている。第 2 窪み部 70 は、素子本体 20 の内部に向けて窪んでいる。第 2 窪み部 70 は、素子表面 21 が向く方向に開口するとともに第 2 側面 26 が向く方向に開口している。第 1 窪み部 60 および第 2 窪み部 70 は、Z 方向において素子本体 20 の素子表面 21 を含む素子表面 21 寄りの一部に設けられている。第 1 窪み部 60 および第 2 窪み部 70 は、半導体層 40 から半導体基板 30 までにわたり形成されている。より詳細には、第 1 窪み部 60 および第 2 窪み部 70 は、Z 方向において半導体層 40 の全体にわたり形成されている。第 1 窪み部 60 および第 2 窪み部 70 は、Z 方向において半導体基板 30 のうち半導体層 40 寄りの一部に形成されている。

[0037] 第 1 窪み部 60 は、第 1 側面 25 と同じ側を向く第 1 内側面 61 と、第 1 内側面 61 と第 1 側面 25 とを接続する第 1 接続面 62 と、を含む。

第 1 内側面 61 は、Y 方向において第 1 側面 25 よりも第 2 側面 26 寄りの位置に形成されている。第 1 内側面 61 は、素子表面 21 と繋がっている。第 1 内側面 61 は、Z 方向において半導体層 40（図 3 参照）を貫通している。第 1 内側面 61 は、Z 方向において半導体基板 30 のうち半導体層 40 寄りの一部に設けられている。一例では、第 1 内側面 61 は、第 1 側面 25 と平行な面である。

- [0038] 第1接続面62は、第1内側面61に対して素子裏面22寄りの位置に形成されている。つまり、第1接続面62は、半導体層40よりも素子裏面22寄りに設けられている。換言すると、第1接続面62は、半導体基板30（図3参照）に設けられている。第1接続面62は、第1内側面61のZ方向の両端縁のうち素子裏面22に近い方の端縁に接続されている。一例では、第1接続面62は、X方向における第1内側面61の端縁の全体にわたり接続されている。
- [0039] 第1接続面62は、素子表面21に対して第1側面25および第2側面26とは異なる角度で傾斜する傾斜面として形成されている。より詳細には、第1接続面62は、Z方向において第1内側面61から素子裏面22に向かうにつれて第1側面25に向けて傾斜している。
- [0040] 図4に示すように、素子表面21に対する第1接続面62の角度 $\theta 1$ は、 45° 以上 65° 以下である。好ましくは、角度 $\theta 1$ は、 50° 以上 60° 以下である。第1接続面62における傾斜方向の長さ $L C$ は、第1内側面61のZ方向の長さ $L Z C$ よりも短い。一例では、長さ $L C$ は、第1内側面61のうちX方向の端部におけるZ方向の長さ $L Z E$ （図6参照）よりも短い。一例では、長さ $L C$ は、 $2\mu m$ 以上 $8\mu m$ 以下である。
- [0041] 第1側面25に垂直な方向（第1実施形態ではY方向）における第1側面25と第1内側面61との間の距離 $W 1$ は、第1窪み部60のX方向の長さ $L X 1$ （図2参照）よりも短い。一例では、距離 $W 1$ は、Z方向における第1窪み部60の長さ $L Z 1$ よりも短い。一例では、距離 $W 1$ は、第1内側面61のZ方向の長さ $L Z C$ よりも短い。一例では、距離 $W 1$ は、第1接続面62における傾斜方向の長さ $L C$ よりも短い。図4に示す例では、距離 $W 1$ は、 $1\mu m$ 以上 $5\mu m$ 以下である。
- [0042] 図5に示すように、第1接続面62は、X方向の両端部において、X方向の端縁に向かうにつれて素子表面21に向けて傾斜している。図6に示すように、第1接続面62のX方向の両端部のうち第1端面23（図2参照）に近い方の端部は、X方向の端縁に向かうにつれて素子表面21に向けて湾曲

している。このため、第1内側面61のX方向の両端部におけるZ方向の長さ L_{ZE} は、第1内側面61のX方向の両端部よりも中央寄りの部分におけるZ方向の長さ L_{ZC} よりも短い。なお、第1接続面62のX方向の両端部のうち第2端面24（図2参照）に近い方の端部は、第1接続面62のX方向の両端部のうち第1端面23に近い方の端部と同じ構成であってよい。

[0043] 図5に示すように、第1窪み部60は、X方向の両端に形成された第1端部接続面63A、63Bを含む。第1端部接続面63Aは、第1内側面61のX方向の両端のうち第1端面23（図2参照）に近い方の端と第1側面25とを接続している。第1端部接続面63Bは、第1内側面61のX方向の両端のうち第2端面24（図2参照）に近い方の端と第1側面25とを接続している。

[0044] 図6に示すように、第1端部接続面63Aは、素子表面21と第1接続面62とをZ方向に接続している。一例では、第1端部接続面63Aは、Z方向に沿って延びている。一例では、第1端部接続面63Aは、素子表面21と直交する面である。

[0045] 図7に示すように、第1内側面61に対する第1端部接続面63Aの角度 θ_2 は、第1内側面61に対する第1接続面62の角度 θ_A （図4参照）よりも大きい。一例では、角度 θ_2 は、 85° 以上 95° 以下である。一例では、角度 θ_2 は、 87° 以上 93° 以下である。一例では、角度 θ_2 は、 88° 以上 92° 以下である。一例では、角度 θ_2 は、 89° 以上 91° 以下である。図7に示す例では、角度 θ_2 は、 90° である。

[0046] 図6および図7に示すように、第1内側面61と第1側面25との間における第1端部接続面63Aの長さ L_E は、第1接続面62における傾斜方向の長さ L_C （図6参照）よりも短い。一例では、長さ L_E は、 $1\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下である。

[0047] なお、第1端部接続面63Bは、第1端部接続面63Aと同じ構成である。このため、第1内側面61に対する第1端部接続面63Bの角度は、角度 θ_2 と同じである。第1内側面61と第1側面25との間における第1端部

接続面 63B の長さは、長さ L_E と等しい。

[0048] 図 2 に示すように、第 2 窪み部 70 は、第 2 側面 26 と同じ側を向く第 2 内側面 71 と、第 2 内側面 71 と第 2 側面 26 とを接続する第 2 接続面 72 と、を含む。第 2 接続面 72 は、素子表面 21 に対して第 1 側面 25 および第 2 側面 26 とは異なる角度で傾斜する傾斜面として形成されている。第 2 窪み部 70 は、X 方向の両端に形成された第 2 端部接続面 73A, 73B を含む。第 2 端部接続面 73A は、第 2 内側面 71 の X 方向の両端のうち第 1 端面 23 に近い方の端と第 2 側面 26 とを接続している。第 2 端部接続面 73B は、第 2 内側面 71 の X 方向の両端のうち第 2 端面 24 に近い方の端と第 2 側面 26 とを接続している。

[0049] 第 2 窪み部 70 の形状およびサイズは、第 1 窪み部 60 の形状およびサイズと同じである。つまり、素子表面 21 に対する第 2 接続面 72 の角度は、素子表面 21 に対する第 1 接続面 62 の角度 θ_1 と同じである。つまり、素子表面 21 に対する第 2 接続面 72 の角度は、 50° 以上 60° 以下である。好ましくは、素子表面 21 に対する第 2 接続面 72 の角度は、 53° 以上 57° 以下である。第 2 側面 26 に垂直な方向（第 1 実施形態では Y 方向）における第 2 側面 26 と第 2 内側面 71 との間の距離は、距離 W_1 と等しい。つまり、第 2 側面 26 に垂直な方向における第 2 側面 26 と第 2 内側面 71 との間の距離は、 $1\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下である。第 2 内側面 71 に対する第 2 端部接続面 73A, 73B の角度は、第 1 内側面 61 に対する第 1 端部接続面 63A の角度 θ_2 と等しい。このため、第 2 内側面 71 に対する第 2 端部接続面 73A, 73B の角度は、第 2 内側面 71 に対する第 2 接続面 72 の角度よりも大きい。第 2 内側面 71 に対する第 2 端部接続面 73A, 73B の角度は、例えば 85° 以上 95° 以下であってよいし、例えば 87° 以上 93° 以下であってよいし、例えば 88° 以上 92° 以下であってよいし、例えば 89° 以上 91° 以下であってよい。また、第 2 内側面 71 と第 2 側面 26 との間における第 2 端部接続面 73A, 73B の長さは、第 1 内側面 61 と第 1 側面 25 との間における第 1 端部接続面 63A の長さ L_E と

等しい。このため、第2内側面71と第2側面26との間における第2端部接続面73A、73Bの長さは、第2接続面72における傾斜方向の長さよりも短い。第2内側面71と第2側面26との間における第2端部接続面73A、73Bの長さは、例えば $1\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下であってよい。

[0050] 図1および図2に示すように、第1窪み部60および第2窪み部70は、X方向において素子本体20に対して部分的に設けられている。

素子本体20は、X方向の両端に第1領域27および第2領域28を含む。第1領域27は、素子本体20の第1側面25のX方向の両端に形成されている。第2領域28は、素子本体20の第2側面26のX方向の両端に形成されている。第1窪み部60は、素子本体20のうちX方向の両端に形成された第1領域27のX方向の間に設けられている。第2窪み部70は、素子本体20のうちX方向の両端に形成された第2領域28のX方向の間に設けられている。図1および図2に示す例では、第1窪み部60は、素子本体20のうちX方向の両端に形成された第1領域27のX方向の間に1つ設けられている。第2窪み部70は、素子本体20のうちX方向の両端に形成された第2領域28のX方向の間に1つ設けられている。このように、第1窪み部60および第2窪み部70の各々は、素子本体20のうちX方向において第1端面23および第2端面24の両方から離隔した位置に設けられている。

[0051] 第1窪み部60および第2窪み部70の各々のX方向の長さ $LX1$ 、 $LX2$ は、第1領域27のX方向の長さ $RX1$ および第2領域28のX方向の長さ $RX2$ よりも長い。また、長さ $LX1$ 、 $LX2$ の各々は、長さ $RX1$ と長さ $RX2$ との合計の長さ($RX1 + RX2$)よりも長い。つまり、長さ $LX1$ 、 $LX2$ は、素子本体20のX方向の長さ LS の $1/2$ よりも長い。また一例では、第1窪み部60のX方向の長さ $LX1$ は、第2窪み部70のX方向の長さ $LX2$ と等しい。

[0052] 図1および図2の例では、2つの第1領域27のX方向の長さ $RX1$ は互いに等しい。2つの第2領域28のX方向の長さ $RX2$ は互いに等しい。長

さ $R \times 1$ および長さ $R \times 2$ は互いに等しい。なお、長さ $R \times 1$ 、 $R \times 2$ は任意に変更可能である。一例では、2つの第1領域27のX方向の長さ $R \times 1$ が互いに異なってもよい。一例では、2つの第2領域28のX方向の長さ $R \times 2$ が互いに異なってもよい。一例では、長さ $R \times 1$ と長さ $R \times 2$ とが互いに異なってもよい。

[0053] 素子本体20のX方向の長さ L_S に対する第1窪み部60のX方向の長さ $L \times 1$ の比率($L \times 1 / L_S$)、および、素子本体20のX方向の長さ L_S に対する第2窪み部70のX方向の長さ $L \times 2$ の比率($L \times 2 / L_S$)の各々は、 $5/8$ 以上 $7/8$ 以下である。一例では、比率($L \times 1 / L_S$)および比率($L \times 2 / L_S$)の各々は、 $4/6$ 以上 $5/6$ 以下であってもよい。

[0054] 図2に示す例では、第1窪み部60および第2窪み部70の各々のX方向の長さ $L \times 1$ 、 $L \times 2$ は、 $400 \mu m$ 程度である。第1領域27のX方向の長さ $R \times 1$ は、 $100 \mu m$ 程度である。第2領域28のX方向の長さ $R \times 2$ は、 $100 \mu m$ 程度である。このため、素子本体20のX方向の長さ L_S は、 $600 \mu m$ 程度である。したがって、素子本体20のX方向の長さ L_S に対する第1窪み部60のX方向の長さ $L \times 1$ の比率($L \times 1 / L_S$)、および、素子本体20のX方向の長さ L_S に対する第2窪み部70のX方向の長さ $L \times 2$ の比率($L \times 2 / L_S$)の各々は、 $2/3$ である。

[0055] Z方向における第1窪み部60の長さ L_Z1 は、第1窪み部60のX方向の長さ $L \times 1$ よりも短い。ここで、長さ L_Z1 は、Z方向において素子表面21と、第1接続面62と第1側面25との境界との間の距離によって定義できる。第1接続面62と第1側面25との境界とは、Z方向において第1接続面62と第1側面25とが接続されている部分である。

[0056] Z方向における第2窪み部70の長さは、第2窪み部70のX方向の長さ $L \times 2$ よりも短い。ここで、Z方向における第2窪み部70の長さは、Z方向において素子表面21と、第2接続面72と第2側面26との境界との間の距離によって定義できる。第2接続面72と第2側面26との境界とは、Z方向において第2接続面72と第2側面26とが接続されている部分であ

る。

[0057] [半導体レーザ素子の製造方法]

図8～図13を参照して、半導体レーザ素子10の製造方法について説明する。以下では、半導体ウエハ200を分割して複数の半導体レーザ素子10を製造する過程について説明する。

[0058] 図8は、半導体ウエハ200の概略斜視構造を示している。

図8に示すように、半導体レーザ素子10の製造方法は、半導体ウエハ200を準備する工程を含む。半導体ウエハ200は、GaAsによって構成されている。半導体ウエハ200は、複数の半導体基板30（図1参照）を構成するウエハと、各半導体基板30上の半導体層40（図1参照）を構成する半導体層積層構造と、を含む。半導体ウエハ200は、Z方向において互いに反対側を向くウエハ表面201およびウエハ裏面202を含む。ウエハ表面201は、(100)面を構成している。図示していないが、ウエハ表面201上には、複数の表面電極51（図1参照）が形成されている。また図示していないが、ウエハ裏面202には、複数の裏面電極52（図1参照）が形成されている。

[0059] 半導体ウエハ200は、複数の個別素子を含むレーザバー（LDバー）210が複数形成されている。各レーザバー210は、半導体ウエハ200上の仮想的な切断ライン203によって区画された各矩形領域に形成されている。各個別素子は、半導体レーザ素子10（図1参照）を構成する。レーザバー210は、複数の半導体レーザ素子10を含む。このレーザバー210は、バー状体またはベース基板と称されてもよい。

[0060] 図8に示すように、半導体レーザ素子10の製造方法は、切断ライン203に沿って半導体ウエハ200を分割する工程を含む。一例では、ダイヤモンドカッターを用いて切断ライン203に沿って半導体ウエハ200に傷が付けられる。その後、半導体ウエハ200のウエハ裏面202に力を加えることによって半導体ウエハ200を分割する。この工程によって、図9に示すように、長手方向および短手方向を有する棒状のレーザバー210が複数

形成される。図9は、3つのレーザバー210の概略斜視構造を示している。なお、図9では、表面電極51、裏面電極52、および後述する分離溝220を省略している。また、半導体ウエハ200から複数のレーザバー210を含む板状基板を切り出した後、板状基板を劈開することによってレーザバー210を形成してもよい。板状基板の切り出しは、ダイシング、スクライプ、レーザ加工等によって行われてよい。

[0061] 各レーザバー210の長手方向の側面211は、図1に示す半導体レーザ素子10の第1端面23（第2端面24）を構成している。各レーザバー210の短手方向の側面212は、図1に示す半導体レーザ素子10の第1側面25（第2側面26）を構成している。

[0062] 図10は、レーザバー210およびセパレータ230の積層構造を示している。

図10に示すように、半導体レーザ素子10の製造方法は、複数のレーザバー210と複数のセパレータ230とを1つずつ交互に積層する工程と、端面膜を形成する工程と、を含む。端面膜は、絶縁性を有する反射膜を含んでいてよい。また、端面膜は、絶縁性を有する反射防止膜（ARコート）を含んでいてよい。反射膜を含む端面膜は、反射率が調整されていてよい。一例では、第1端面23を構成する側面211が主にレーザ光を出射し、第2端面24を構成する側面211から殆どレーザ光が出射しないように焼成された反射膜が形成されてよい。

[0063] 図11は、1つのレーザバー210の斜視構造を示している。図12は、1つのレーザバーの平面構造を示している。図13は、図12のF13-F13線でレーザバー210を切断した断面構造の一部を示している。

[0064] 図11～図13に示すように、半導体レーザ素子10の製造方法は、分離溝220を形成する工程を含む。この工程は、例えば半導体ウエハ200を複数のレーザバー210に分割する前に実施される。なお、複数のレーザバー210を含む板状基板を半導体ウエハ200から切り出す場合には、分離溝220を形成する工程は板状基板を切り出す前に実施されてよい。つまり

、分離溝 220 は、半導体ウエハ 200 に形成される。

[0065] 図 11 および図 12 に示すように、分離溝 220 は、レーザバー 210 の長手方向において互いに離隔して複数設けられている。各分離溝 220 は、レーザバー 210 の短手方向に沿って延びている。各分離溝 220 は、レーザバー 210 の短手方向において部分的に設けられている。つまり、各分離溝 220 は、レーザバー 210 の両側面 211 から離隔して設けられている。レーザバー 210 の短手方向における分離溝 220 と側面 211 との間の部分は、第 1 領域 27 および第 2 領域 28（図 2 参照）を構成している。

[0066] 図示していないが、各分離溝 220 は、半導体層 40（半導体層積層構造）から半導体ウエハ 200 までにわたり形成されている。各分離溝 220 は、Z 方向において半導体層 40（半導体層積層構造）を貫通している。各分離溝 220 は、半導体ウエハ 200 のウエハ表面 201 から Z 方向の一部までにわたり形成されている。各分離溝 220 は、エッチングによって形成されている。一例では、各分離溝 220 は、ドライエッチングによって形成されている。

[0067] 図 13 に示すように、分離溝 220 は、第 1 窪み部 60 および第 2 窪み部 70 を構成する溝である。分離溝 220 の先端部は、先端に向かうにつれて先細るテーパ状に形成されている。分離溝 220 は、第 1 内側面 61 を構成する第 1 分離側面 221 と、第 2 内側面 71 を構成する第 2 分離側面 222 と、第 1 接続面 62 の傾斜面 62A を構成する第 1 テーパ面 223 と、第 2 接続面 72 の傾斜面を構成する第 2 テーパ面 224 と、を含む。第 1 実施形態では、第 1 テーパ面 223 と第 2 テーパ面 224 とが接続されることによって分離溝 220 のテーパ状が形成されている。第 1 テーパ面 223 および第 2 テーパ面 224 は、(111) 面を構成している。

[0068] 半導体レーザ素子 10 の製造方法は、レーザバー 210 を複数の半導体レーザ素子 10 に分割する工程を含む。

レーザバー 210 は、分離溝 220 に沿って劈開される。一例では、レーザバー 210 の裏面側から、各分離溝 220 に沿ってブレード（図示略）が

接触された状態で、レーザバー 210 に対して外部応力が加えられる。これにより、各分離溝 220 の先端を起点としてレーザバー 210 に亀裂が発生することによって、レーザバー 210 が各分離溝 220 に沿って分割される。以上の工程を経て半導体レーザ素子 10 が製造される。

[0069] [作用]

第 1 実施形態の半導体レーザ素子 10 の効果について説明する。

レーザバー 210 の劈開によって複数の半導体レーザ素子 10 が形成される場合、分離溝 220 の第 1 テーパ面 223 および第 2 テーパ面 224 が接続された先端を起点としてレーザバー 210 がその厚さ方向に亀裂が生じる。このため、レーザバー 210 が劈開されやすくなる。

[0070] ところで、例えばダイヤモンドカッターを用いてレーザバー 210 を複数の半導体レーザ素子 10 に分割するための分離溝を形成する場合、分離溝の幅や深さにばらつきが生じる場合がある。そして、レーザバー 210 を劈開すると、分離溝の複数の箇所を起点としてレーザバー 210 に亀裂が生じるため、半導体レーザ素子 10 の第 1 側面 25 にはシワが形成されてしまう。

[0071] 加えて、半導体ウエハ 200 に対するダイヤモンドカッターの機械的な接触によって、分離溝を形成する部分の半導体ウエハ 200 が欠けることによってチップ片として飛散する場合がある。このようなチップ片は、異物として分割後の半導体レーザ素子 10 の第 1 端面 23 および第 2 端面 24 に付着するおそれがある。

[0072] またダイヤモンドカッターに代えてレーザ加工によってレーザバー 210 を複数の半導体レーザ素子 10 に分割するための分離溝を形成する場合、分離溝およびその周辺がレーザの熱によって溶けてしまう。またレーザ加工によっても、分離溝の幅や深さにばらつきが生じる場合がある。そして、レーザバー 210 を劈開すると、分離溝の複数の箇所を起点としてレーザバー 210 に亀裂が生じるため、半導体レーザ素子 10 の第 1 側面 25 にはシワが形成されてしまう。

[0073] 第 1 実施形態では、ドライエッチングによってレーザバー 210 を複数の

半導体レーザ素子 10 に分割するための分離溝 220 が形成される。ドライエッチングではレーザバー 210 の面方位に沿って分離溝 220 の第 1 分離側面 221 および第 2 分離側面 222 が形成される。つまり、第 1 分離側面 221 および第 2 分離側面 222 は、(110) 面となる。また、第 1 テーパ面 223 および第 2 テーパ面 224 は、(111) 面となる。このため、分離溝 220 の深さのばらつきが生じにくい。したがって、レーザバー 210 を劈開しても半導体レーザ素子 10 の第 1 側面 25 にシワが形成されることを抑制できる。加えて、ダイヤモンドカッターの機械的な接触がないため、分離溝 220 を形成する場合に半導体ウエハ 200 が欠けることが抑制される。このため、半導体ウエハ 200 からチップ片が発生することを抑制できる。このため、半導体レーザ素子 10 の第 1 端面 23 および第 2 端面 24 に対してチップ片（異物）が付着することを抑制できる。

[0074] [効果]

第 1 実施形態の半導体レーザ素子 10 によれば、以下の効果が得られる。

(1-1) 半導体レーザ素子 10 は、互いに反対側を向く素子表面 21 および素子裏面 22 と、平面視において X 方向において互いに反対側を向く第 1 端面 23 および第 2 端面 24 と、Y 方向において互いに反対側を向く第 1 側面 25 および第 2 側面 26 と、を有し、第 1 端面 23 からレーザ光を出射する素子本体 20 と、素子表面 21 に形成された表面電極 51 と、素子裏面 22 に形成された裏面電極 52 と、を含む。素子本体 20 は、第 1 側面 25 と素子表面 21 との間に設けられ、素子本体 20 の内部に向けて窪む第 1 窪み部 60 と、第 2 側面 26 と素子表面 21 との間に設けられ、素子本体 20 の内部に向けて窪む第 2 窪み部 70 と、を含む。第 1 窪み部 60 は、第 1 側面 25 と同じ側を向く第 1 内側面 61 と、第 1 内側面 61 と第 1 側面 25 とを接続する第 1 接続面 62 と、を含む。第 2 窪み部 70 は、第 2 側面 26 と同じ側を向く第 2 内側面 71 と、第 2 内側面 71 と第 2 側面 26 とを接続する第 2 接続面 72 と、を含む。第 1 接続面 62 および第 2 接続面 72 の各々は、素子表面 21 に対して第 1 側面 25 および第 2 側面 26 とは異なる角度

で傾斜する傾斜面を含む。

[0075] この構成によれば、レーザバー 210 の劈開によって半導体レーザ素子 10 が形成される際に傾斜面としての第 1 接続面 62 および第 2 接続面 72 によって第 1 側面 25 および第 2 側面 26 にシワが発生することを抑制できる。したがって、劈開面となる第 1 側面 25 および第 2 側面 26 の品質の向上を図ることができる。

[0076] (1-2) 素子表面 21 に対する第 1 接続面 62 の角度 $\theta 1$ 、および素子表面 21 に対する第 2 接続面 72 の角度の各々は、 50° 以上 60° 以下である。

この構成によれば、レーザバー 210 の劈開によって半導体レーザ素子 10 が形成される際に第 1 側面 25 および第 2 側面 26 にシワが発生することをさらに抑制できる。したがって、劈開面となる第 1 側面 25 および第 2 側面 26 の品質の向上を図ることができる。

[0077] (1-3) 第 1 窪み部 60 および第 2 窪み部 70 の各々は、X 方向において素子本体 20 に部分的に設けられている。

この構成によれば、第 1 窪み部 60 および第 2 窪み部 70 の各々が X 方向において素子本体 20 の全体にわたり設けられている構成と比較して、レーザバー 210 をハンドリングする際にレーザバー 210 が割れにくくなる。したがって、レーザバー 210 をハンドリングしやすくなる。

[0078] (1-4) 素子本体 20 は、第 1 側面 25 と素子表面 21 との間の部分のうち X 方向における両端において第 1 窪み部 60 が形成されていない第 1 領域 27 と、第 2 側面 26 と素子表面 21 との間の部分のうち X 方向における両端において第 2 窪み部 70 が形成されていない第 2 領域 28 と、を含む。第 1 窪み部 60 は、第 1 側面 25 と素子表面 21 との間の部分のうち X 方向において両端の第 1 領域 27 の間に 1 つ設けられている。第 2 窪み部 70 は、第 2 側面 26 と素子表面 21 との間の部分のうち X 方向において両端の第 2 領域 28 の間に 1 つ設けられている。

[0079] この構成によれば、第 1 窪み部 60 が第 1 側面 25 と素子表面 21 との間

の部分のうちX方向の端部に設けられる場合、および第2窪み部70が第2側面26と素子表面21との間の部分のうちX方向の端部に設けられる場合と比較して、レーザバー210をハンドリングする際にレーザバー210が割れにくくなる。したがって、レーザバー210をハンドリングしやすくなる。

[0080] (1-5) 第1窪み部60のX方向の長さ L_{X1} は、第1領域27のX方向の長さ R_{X1} よりも長い。第2窪み部70のX方向の長さ L_{X2} は、第2領域28のX方向の長さ R_{X2} よりも長い。

[0081] この構成によれば、第1窪み部60のX方向の長さ L_{X1} は、第1領域27のX方向の長さ R_{X1} よりも短く、第2窪み部70のX方向の長さ L_{X2} は、第2領域28のX方向の長さ R_{X2} よりも短い場合と比較して、レーザバー210を劈開しやすくなる。

[0082] (1-6) 素子本体20のX方向の長さ L_S に対する第1窪み部60のX方向の長さ L_{X1} の比率(L_{X1}/L_S)、および、素子本体20のX方向の長さ L_S に対する第2窪み部70のX方向の長さ L_{X2} の比率(L_{X2}/L_S)の各々は、 $5/8$ 以上 $7/8$ 以下である。

[0083] この構成によれば、レーザバー210をハンドリングする際にレーザバー210が割れにくくなることによってレーザバー210をハンドリングしやすくなることと、レーザバー210を劈開しやすくなることとの両立を図ることができる。

[0084] (1-7) 第1窪み部60は、X方向の両端に形成された第1端部接続面63A、63Bを含む。第2窪み部70は、X方向の両端に形成された第2端部接続面73A、73Bを含む。第1内側面61に対する第1端部接続面63A、63Bの角度 θ_2 および第2内側面71に対する第2端部接続面73A、73Bの角度の各々は、第1内側面61に対する第1接続面62の角度 θ_A および第2内側面71に対する第2接続面72の角度よりも大きい。

[0085] この構成によれば、第1内側面61に対する第1端部接続面63A、63Bの角度 θ_2 および第2内側面71に対する第2端部接続面73A、73B

の角度の各々が第1内側面61に対する第1接続面62の角度 θA および第2内側面71に対する第2接続面72の角度以下の場合と比較して、レーザー210をハンドリングする際にレーザー210が割れにくくなる。したがって、レーザー210をハンドリングしやすくなる。

[0086] (1-8) 第1内側面61に対する第1端部接続面63A, 63Bの角度 $\theta 2$ および第2内側面71に対する第2端部接続面73A, 73Bの角度の各々は、 85° 以上 95° 以下である。

[0087] この構成によれば、第1内側面61に対する第1端部接続面63A, 63Bの角度 $\theta 2$ および第2内側面71に対する第2端部接続面73A, 73Bの角度の各々が 85° 未満または 95° よりも大きい場合と比較して、レーザー210をハンドリングする際にレーザー210が割れにくくなる。したがって、レーザー210をハンドリングしやすくなる。

[0088] (1-9) 第1内側面61に対する第1端部接続面63A, 63Bの角度 $\theta 2$ および第2内側面71に対する第2端部接続面73A, 73Bの角度の各々は、 87° 以上 93° 以下である。

[0089] この構成によれば、第1内側面61に対する第1端部接続面63A, 63Bの角度 $\theta 2$ および第2内側面71に対する第2端部接続面73A, 73Bの角度の各々が 87° 未満または 93° よりも大きい場合と比較して、レーザー210をハンドリングする際にレーザー210が割れにくくなる。したがって、レーザー210をハンドリングしやすくなる。

[0090] (1-10) 第1内側面61に対する第1端部接続面63A, 63Bの角度 $\theta 2$ および第2内側面71に対する第2端部接続面73A, 73Bの角度の各々は、 88° 以上 92° 以下である。

[0091] この構成によれば、第1内側面61に対する第1端部接続面63A, 63Bの角度 $\theta 2$ および第2内側面71に対する第2端部接続面73A, 73Bの角度の各々が 88° 未満または 92° よりも大きい場合と比較して、レーザー210をハンドリングする際にレーザー210が割れにくくなる。したがって、レーザー210をハンドリングしやすくなる。

[0092] (1-11) 第1窪み部60は、X方向の両端に形成された第1端部接続面63A、63Bを含む。第2窪み部70は、X方向の両端に形成された第2端部接続面73A、73Bを含む。第1内側面61と第1側面25との間における第1端部接続面63A、63Bの長さLEおよび第2内側面71と第2側面26との間における第2端部接続面73A、73Bの長さの各々は、第1接続面62の傾斜方向の長さLCおよび第2接続面72の傾斜方向の長さの各々よりも短い。

[0093] この構成によれば、第1内側面61と第1側面25との間における第1端部接続面63A、63Bの長さLEおよび第2内側面71と第2側面26との間における第2端部接続面73A、73Bの長さの各々が第1接続面62の傾斜方向の長さLCおよび第2接続面72の傾斜方向の長さの各々よりも長い構成と比較して、レーザバー210をハンドリングする際にレーザバー210が割れにくくなる。したがって、レーザバー210をハンドリングしやすくなる。

[0094] (1-12) 第1窪み部60および第2窪み部70を構成する分離溝220は、ドライエッチングを用いて素子本体20の半導体層40および半導体基板30を除去することによって形成されている。

[0095] この構成によれば、ダイヤモンドカッターまたはレーザ加工を用いて第1窪み部60および第2窪み部70が形成される場合と比較して、分離溝220の幅や深さのばらつきが生じにくい。したがって、レーザバー210を劈開しても半導体レーザ素子10の第1側面25にシワが形成されることを抑制できる。

[0096] <第2実施形態>

図14～図16を参照して、第2実施形態の半導体レーザ素子10について説明する。第2実施形態の半導体レーザ素子10では、第1実施形態の半導体レーザ素子10と比較して、第1窪み部60および第2窪み部70の形成位置が主に異なる。以下では、第1実施形態の半導体レーザ素子10と共通する構成要素には同一符号を付し、その説明を省略する。

[0097] 図14は、第2実施形態の半導体レーザ素子10の概略斜視構造を示している。図15は、図14の半導体レーザ素子10の素子裏面22側の概略平面構造を示している。図16は、図15のF16-F16線で半導体レーザ素子10を切断した断面構造であって、第1窪み部60およびその周辺の断面構造を拡大して示している。

[0098] 図14に示すように、第1窪み部60は、素子本体20の第1側面25と素子裏面22との間に設けられている。第2窪み部70は、素子本体20の第2側面26と素子裏面22との間に設けられている。第1窪み部60および第2窪み部70は、素子本体20の内部に向けて窪んでいる。第1窪み部60および第2窪み部70は、半導体基板30に設けられている。一方、第1実施形態とは異なり、第1窪み部60および第2窪み部70の各々は、半導体層40に設けられていない。

[0099] 図15に示すように、第1窪み部60は、第1側面25と同じ側を向く第1内側面61と、第1内側面61と第1側面25とを接続する第1接続面62と、を含む。

第1内側面61は、素子裏面22と繋がっている。第1内側面61は、Z方向において素子本体20のうち素子裏面22寄りの一部に形成されている。より詳細には、第1内側面61は、Z方向において半導体基板30のうち基板裏面32寄りの一部に形成されている。一例では、第1内側面61は、第1側面25と平行な面である。

[0100] 図14に示すように、第1接続面62は、第1内側面61に対して素子表面21寄りの位置に形成されている。第1接続面62は、素子裏面22に対して第1側面25および第2側面26とは異なる角度で傾斜する傾斜面として形成されている。より詳細には、第1接続面62は、Z方向において第1内側面61から素子表面21に向かうにつれて第1側面25に向けて傾斜している。図16に示すように、素子裏面22に対する第1接続面62の角度 $\theta 3$ は、 50° 以上 60° 以下である。好ましくは、角度 $\theta 3$ は、 53° 以上 57° 以下である。第1接続面62における傾斜方向の長さLCは、第1

内側面 61 の Z 方向の長さよりも短い。この長さ L_C は、例えば第 1 実施形態の長さ L_C と同じである。

[0101] 第 1 側面 25 に垂直な方向（第 2 実施形態では Y 方向）における第 1 側面 25 と第 1 内側面 61 との間の距離 W_1 は、第 1 実施形態の距離 W_1 （図 4 参照）と同じである。図 16 に示す例では、距離 W_1 は、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $5\ \mu\text{m}$ 以下である。

[0102] 図 15 に示すように、第 1 窪み部 60 は、X 方向の両端に形成された第 1 端部接続面 63A、63B を含む。第 1 端部接続面 63A、63B は、素子裏面 22 と繋がっている。第 2 実施形態の第 1 端部接続面 63A、63B の形状およびサイズは、第 1 実施形態と同様である。このため、第 1 内側面 61 に対する第 1 端部接続面 63A の角度は、図 7 に示す角度 θ_2 と同じである。このため、第 1 内側面 61 に対する第 1 端部接続面 63A の角度は、第 1 内側面 61 に対する第 1 接続面 62 の角度 θ_B よりも大きい。一例では、第 1 内側面 61 に対する第 1 端部接続面 63A の角度は、 85° 以上 95° 以下である。一例では、第 1 内側面 61 に対する第 1 端部接続面 63A の角度は、 87° 以上 93° 以下である。一例では、第 1 内側面 61 に対する第 1 端部接続面 63A の角度は、 88° 以上 92° 以下である。一例では、第 1 内側面 61 に対する第 1 端部接続面 63A の角度は、 89° 以上 91° 以下である。なお、第 1 端部接続面 63B は、第 1 端部接続面 63A と同じ構成である。

[0103] 第 2 窪み部 70 は、第 2 側面 26 と同じ側を向く第 2 内側面 71 と、第 2 内側面 71 と第 2 側面 26 とを接続する第 2 接続面 72 と、を含む。第 2 内側面 71 は、素子裏面 22 と繋がっている。第 2 接続面 72 は、素子裏面 22 に対して第 1 側面 25 および第 2 側面 26 とは異なる角度で傾斜する傾斜面として形成されている。第 2 窪み部 70 は、X 方向の両端に形成された第 2 端部接続面 73A、73B を含む。第 2 端部接続面 73A、73B は、素子裏面 22 と繋がっている。

[0104] 第 2 窪み部 70 の形状およびサイズは、第 1 窪み部 60 の形状およびサイ

ズと同じである。つまり、素子裏面 2 2 に対する第 2 接続面 7 2 の角度は、素子裏面 2 2 に対する第 1 接続面 6 2 の角度 $\theta 3$ と同じである。つまり、素子裏面 2 2 に対する第 2 接続面 7 2 の角度は、 50° 以上 60° 以下である。好ましくは、素子裏面 2 2 に対する第 2 接続面 7 2 の角度は、 53° 以上 57° 以下である。第 2 側面 2 6 に垂直な方向（第 2 実施形態では Y 方向）における第 2 側面 2 6 と第 2 内側面 7 1 との間の距離は、距離 $W 1$ と等しい。つまり、第 2 側面 2 6 に垂直な方向における第 2 側面 2 6 と第 2 内側面 7 1 との間の距離は、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $5\ \mu\text{m}$ 以下である。第 2 内側面 7 1 に対する第 2 端部接続面 7 3 A, 7 3 B の角度は、第 1 内側面 6 1 に対する第 1 端部接続面 6 3 A の角度と等しい。このため、第 2 内側面 7 1 に対する第 2 端部接続面 7 3 A, 7 3 B の角度は、第 2 内側面 7 1 に対する第 2 接続面 7 2 の角度よりも大きい。第 2 内側面 7 1 に対する第 2 端部接続面 7 3 A, 7 3 B の角度は、例えば 85° 以上 95° 以下であってよいし、例えば 87° 以上 93° 以下であってよいし、例えば 88° 以上 92° 以下であってよいし、例えば 89° 以上 91° 以下であってよい。また、第 2 内側面 7 1 と第 2 側面 2 6 との間における第 2 端部接続面 7 3 A, 7 3 B の長さは、第 1 内側面 6 1 と第 1 側面 2 5 との間における第 1 端部接続面 6 3 A の長さと等しい。このため、第 2 内側面 7 1 と第 2 側面 2 6 との間における第 2 端部接続面 7 3 A, 7 3 B の長さは、第 2 接続面 7 2 における傾斜方向の長さよりも短い。第 2 内側面 7 1 と第 2 側面 2 6 との間における第 2 端部接続面 7 3 A, 7 3 B の長さは、例えば $1\ \mu\text{m}$ 以上 $5\ \mu\text{m}$ 以下であってよい。

[0105] [効果]

第 2 実施形態の半導体レーザ素子 1 0 によれば、以下の効果が得られる。

(2-1) 半導体レーザ素子 1 0 は、互いに反対側を向く素子表面 2 1 および素子裏面 2 2 と、平面視において X 方向において互いに反対側を向く第 1 端面 2 3 および第 2 端面 2 4 と、Y 方向において互いに反対側を向く第 1 側面 2 5 および第 2 側面 2 6 と、を有し、第 1 端面 2 3 からレーザ光を出射する素子本体 2 0 と、素子表面 2 1 に形成された表面電極 5 1 と、素子裏面

22に形成された裏面電極52と、を含む。素子本体20は、第1側面25と素子裏面22との間に設けられ、素子本体20の内部に向けて窪む第1窪み部60と、第2側面26と素子裏面22との間に設けられ、素子本体20の内部に向けて窪む第2窪み部70と、を含む。第1窪み部60は、第1側面25と同じ側を向く第1内側面61と、第1内側面61と第1側面25とを接続する第1接続面62と、を含む。第2窪み部70は、第2側面26と同じ側を向く第2内側面71と、第2内側面71と第2側面26とを接続する第2接続面72と、を含む。第1接続面62および第2接続面72の各々は、素子裏面22に対して第1側面25および第2側面26とは異なる角度で傾斜する傾斜面を含む。

[0106] この構成によれば、レーザバー210の劈開によって半導体レーザ素子10が形成される際に傾斜面としての第1接続面62および第2接続面72によって第1側面25および第2側面26にシワが発生することを抑制できる。したがって、劈開面となる第1側面25および第2側面26の品質の向上を図ることができる。また、第2実施形態の半導体レーザ素子10は、(1-2)～(1-12)に準じた効果が得られる。

[0107] <変更例>

上記各実施形態は例えば以下のように変更することができる。上記各実施形態と以下の各変更例は、技術的な矛盾が生じない限り、互いに組み合わせることができる。なお、以下の変更例において、上記各実施形態と共通する部分については、上記各実施形態と同一符号を付し、その説明を省略する。

[0108] ・第1実施形態において、素子表面21に対する第1窪み部60の第1接続面62の角度 θ_1 、および素子表面21に対する第2窪み部70の第2接続面72の角度の各々は任意に変更可能である。一例では、素子表面21に対する第1接続面62の角度 θ_1 、および素子表面21に対する第2接続面72の角度の各々は 45° よりも大きく 55° よりも小さくてもよい。

[0109] ・第2実施形態において、素子裏面22に対する第1窪み部60の第1接続面62の角度 θ_3 、および素子裏面22に対する第2窪み部70の第2接

続面 7 2 の角度の各々は任意に変更可能である。一例では、素子裏面 2 2 に対する第 1 接続面 6 2 の角度 $\theta 3$ 、および素子裏面 2 2 に対する第 2 接続面 7 2 の角度の各々は 45° よりも大きく 55° よりも小さくてもよい。

[0110] ・各実施形態において、第 1 窪み部 6 0 の第 1 内側面 6 1 に垂直な方向における第 1 側面 2 5 と第 1 内側面 6 1 との間の距離 $W 1$ 、および第 2 窪み部 7 0 の第 2 内側面 7 1 に垂直な方向における第 2 側面 2 6 と第 2 内側面 7 1 との間の距離の各々は、任意に変更可能である。

[0111] ・各実施形態において、第 1 接続面 6 2 における傾斜方向の長さ $L C$ 、および第 2 接続面 7 2 における傾斜方向の長さのそれぞれは任意に変更可能である。一例では、第 1 接続面 6 2 における傾斜方向の長さ $L C$ 、および第 2 接続面 7 2 における傾斜方向の長さの各々は、 $2 \mu m$ よりも小さくてもよいし、 $8 \mu m$ よりも大きくてもよい。

[0112] ・各実施形態において、第 1 窪み部 6 0 および第 2 窪み部 7 0 は、X 方向（第 1 方向）において素子本体 2 0 の全体にわたり形成されていてもよい。

・各実施形態において、第 1 窪み部 6 0 の X 方向（第 1 方向）の長さ $L X 1$ および第 2 窪み部 7 0 の X 方向（第 1 方向）の長さ $L X 2$ は任意に変更可能である。一例では、第 1 窪み部 6 0 の X 方向の長さ $L X 1$ は、素子本体 2 0 の第 1 領域 2 7 の X 方向（第 1 方向）の長さ $R X 1$ 以下であってもよい。一例では、第 1 窪み部 6 0 の X 方向の長さ $L X 1$ は、素子本体 2 0 の第 2 領域 2 8 の X 方向（第 1 方向）の長さ $R X 2$ 以下であってもよい。一例では、第 2 窪み部 7 0 の X 方向の長さ $L X 2$ は、素子本体 2 0 の第 1 領域 2 7 の X 方向の長さ $R X 1$ 以下であってもよい。一例では、第 2 窪み部 7 0 の X 方向の長さ $L X 2$ は、素子本体 2 0 の第 2 領域 2 8 の X 方向の長さ $R X 2$ 以下であってもよい。

[0113] また、素子本体 2 0 の X 方向（第 1 方向）の長さ $L S$ に対する第 1 窪み部 6 0 の X 方向の長さ $L X 1$ の比率（ $L X 1 / L S$ ）、および、素子本体 2 0 の X 方向の長さ $L S$ に対する第 2 窪み部 7 0 の X 方向の長さ $L X 2$ の比率（ $L X 2 / L S$ ）の各々は、 $5 / 8$ よりも小さくてもよいし、 $7 / 8$ よりも大

きくてもよい。

[0114] ・各実施形態において、第1窪み部60は、素子本体20の第1端面23または第2端面24と繋がるように設けられていてもよい。

・各実施形態において、第2窪み部70は、素子本体20の第1端面23または第2端面24と繋がるように設けられていてもよい。

[0115] ・各実施形態において、第1窪み部60は、X方向（第1方向）において互いに離隔して複数設けられていてもよい。

・各実施形態において、第2窪み部70は、X方向（第1方向）において互いに離隔して複数設けられていてもよい。

[0116] ・各実施形態において、第1側面25に対する第1窪み部60の第1端部接続面63A、63Bの角度 θ_2 の各々は、 85° 未満であってもよい。この場合、第1側面25に対する第1窪み部60の第1端部接続面63A、63Bの角度 θ_2 の各々は、例えば第1内側面61に対する第1接続面62の角度 θ_A 以下であってもよい。

[0117] ・各実施形態において、第2側面26に対する第2窪み部70の第2端部接続面73A、73Bの角度の各々は、 85° 未満であってもよい。この場合、第2側面26に対する第2窪み部70の第2端部接続面73A、73Bの角度の各々は、例えば第2内側面71に対する第2接続面72の角度以下であってもよい。

[0118] ・各実施形態において、第1内側面61と第1側面25との間における第1端部接続面63A、63Bの長さLEは、任意に変更可能である。一例では、第1内側面61と第1側面25との間における第1端部接続面63A、63Bの長さLEは、 $1\mu\text{m}$ 未満であってもよいし、 $5\mu\text{m}$ よりも大きくてもよい。

[0119] ・各実施形態において、第2内側面71と第2側面26との間における第2端部接続面73A、73Bの長さは、任意に変更可能である。一例は、第2内側面71と第2側面26との間における第2端部接続面73A、73Bの長さは、 $1\mu\text{m}$ 未満であってもよいし、 $5\mu\text{m}$ よりも大きくてもよい。

[0120] ・各実施形態において、第1窪み部60の第1接続面62の構成は任意に変更可能である。一例では、図17に示すように、第1接続面62は、傾斜面62Aおよび平坦面62Bを含んでいてもよい。傾斜面62Aは、第1内側面61に接続されている。図17に示す傾斜面62Aは、第1実施形態の第1接続面62と同じ構成である。つまり、第1接続面62は、素子表面21に対して第1側面25および第2側面26とは異なる角度で傾斜する傾斜面62Aを含むといえる。平坦面62Bは、傾斜面62Aと第1側面25とを接続している。平坦面62Bは、例えば素子表面21と同じ側を向いている。なお、第2窪み部70の第2接続面72は、第1接続面62と同様に傾斜面および平坦面を含んでいてもよい。

[0121] ・各実施形態において、半導体基板30は、オフ角を有してよい。一例では、半導体基板30は、 10° のオフ角を有してよい。より詳細には、図18に示すように、半導体基板30の第1基板側面35および第2基板側面36は、基板表面31と直交する方向（Z方向）に対して傾斜している。そして、第1基板側面35および第2基板側面36の各々の基板表面31と直交する方向に対する角度 $\theta 4$ は、 10° である。ここで、第1基板側面35および第2基板側面36の各々の基板表面31と直交する方向に対する角度 $\theta 4$ が 10° とは、半導体基板30の製造誤差を考慮して、第1基板側面35および第2基板側面36の各々の基板表面31と直交する方向に対する角度が 8° 以上 12° 以下であることも含まれる。

[0122] 図18に示す例では、第1窪み部60の第1内側面61および第2窪み部70の第2内側面71は、基板表面31と直交する方向（Z方向）に対して傾斜している。そして、第1内側面61および第2内側面71の各々の基板表面31と直交する方向に対する角度は、角度 $\theta 4$ と同じである。つまり、第1内側面61は第1側面25と平行であり、第2内側面71は第2側面26と平行である。この場合、素子表面21に対する第1接続面62の角度、および素子表面21に対する第2接続面72の角度の各々は、 30° 以上 40° 以下である。

[0123] また、第2実施形態においては、第1接続面62の傾斜面62Aは、第2実施形態の第1接続面62と同じ構成である。このため、第1接続面62は、素子裏面22に対して第1側面25および第2側面26とは異なる角度で傾斜する傾斜面を含むといえる。平坦面は、例えば素子裏面22と同じ側を向いている。なお、第2実施形態の第2窪み部70の第2接続面72は、第2実施形態の第1接続面62と同様に傾斜面および平坦面を含んでいてもよい。

[0124] ・各実施形態において、半導体層40のp型半導体層46の構成は任意に変更可能である。一例では、p型半導体層46は、1つのp型クラッド層を含む構成であってもよい。この場合、p型半導体層46は、1つのp型エッチングストッパ層を含む。

[0125] 本明細書に記載の様々な例のうち1つまたは複数を、技術的に矛盾しない範囲で組み合わせることができる。

本開示における「第1」、「第2」、「第3」等の用語は、単に対象物を区別するために用いられており、対象物を順位づけするものではない。

[0126] 本明細書において、「AおよびBのうち少なくとも1つ」とは、「Aのみ、または、Bのみ、またはAおよびBの両方」を意味するものとして理解されるべきである。

本開示で使用される「～上に」という用語は、文脈によって明らかにそうでないことが示されない限り、「～上に」と「～の上方に」の意味を含む。したがって、例えば「第1要素が第2要素上に配置される」という表現は、或る実施形態では第1要素が第2要素に接触して第2要素上に直接配置され得るが、他の実施形態では第1要素が第2要素に接触することなく第2要素の上方に配置され得ることが意図される。すなわち、「～上に」という用語は、第1要素と第2要素との間に他の要素が形成される構造を排除しない。

[0127] 本開示で使用されるZ方向は必ずしも鉛直方向である必要はなく、鉛直方向に完全に一致している必要もない。したがって、本開示による種々の構造は、本明細書で説明されるZ方向の「上」および「下」が鉛直方向の「上」

および「下」であることに限定されない。例えばX方向が鉛直方向であってもよく、またはY方向が鉛直方向であってもよい。

[0128] <付記>

本開示から把握できる技術的思想を以下に記載する。なお、限定する意図ではなく理解の補助のため、付記に記載される構成要素には、上記実施形態中の対応する構成要素の参照符号が付されている。参照符号は、理解の補助のために例として示すものであり、各付記に記載された構成要素は、参照符号で示される構成要素に限定されるべきではない。

[0129] [付記A1]

互いに反対側を向く素子表面（21）および素子裏面（22）と、前記素子表面（21）が向く厚さ方向（Z方向）から視て、第1方向（X方向）において互いに反対側を向く第1端面（23）および第2端面（24）と、前記第1方向（X方向）と直交する第2方向（Y方向）において互いに反対側を向く第1側面（25）および第2側面（26）と、を有し、前記第1端面（23）からレーザ光を出射する素子本体（20）と、

前記素子表面（21）に形成された表面電極（51）と、

前記素子裏面（22）に形成された裏面電極（52）と、

を含み、

前記素子本体（20）は、

前記第1側面（25）と前記素子表面（21）との間に設けられ、前記素子本体（20）の内部に向けて窪む第1窪み部（60）と、

前記第2側面（26）と前記素子表面（21）との間に設けられ、前記素子本体（20）の内部に向けて窪む第2窪み部（70）と、

を含み、

前記第1窪み部（60）は、前記第1側面（25）と同じ側を向く第1内側面（61）と、前記第1内側面（61）と前記第1側面（25）とを接続する第1接続面（62）と、を含み、

前記第2窪み部（70）は、前記第2側面（26）と同じ側を向く第2内

側面（71）と、前記第2内側面（71）と前記第2側面（26）とを接続する第2接続面（72）と、を含み、

前記第1接続面（62）および前記第2接続面（72）の各々は、前記素子表面（21）に対して前記第1側面（25）および前記第2側面（26）とは異なる角度で傾斜する傾斜面を含む
半導体レーザ素子（10）。

[0130] [付記A2]

前記素子表面（21）に対する前記第1接続面（62）の前記傾斜面の角度（ $\theta 1$ ）、および前記素子表面（21）に対する前記第2接続面（72）の前記傾斜面の角度の各々は、 50° 以上 60° 以下である
付記A1に記載の半導体レーザ素子。

[0131] [付記A3]

前記第1内側面（61）に垂直な方向（Y方向）における前記第1側面（25）と前記第1内側面（61）との間の距離（W1）、および前記第2内側面（71）に垂直な方向（Y方向）における前記第2側面（26）と前記第2内側面（71）との間の距離の各々は、 $1\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下である
付記A1またはA2に記載の半導体レーザ素子。

[0132] [付記A4]

前記第1接続面（62）の前記傾斜面における傾斜方向の長さ（LC）および前記第2接続面（72）の前記傾斜面における傾斜方向の長さの各々は、 $2\mu\text{m}$ 以上 $8\mu\text{m}$ 以下である
付記A1～A3のいずれか1つに記載の半導体レーザ素子。

[0133] [付記A5]

前記第1窪み部（60）および前記第2窪み部（70）の各々は、前記第1方向（X方向）において前記素子本体（20）に部分的に設けられている
付記A1～A4のいずれか1つに記載の半導体レーザ素子。

[0134] [付記A6]

前記素子本体（20）は、

前記第1側面(25)と前記素子表面(21)との間の部分のうち前記第1方向(X方向)における両端において、前記第1窪み部(60)が形成されていない第1領域(27)と、

前記第2側面(26)と前記素子表面(21)との間の部分のうち前記第1方向(X方向)における両端において、前記第2窪み部(70)が形成されていない第2領域(28)と、

を含み、

前記第1窪み部(60)は、前記第1側面(25)と前記素子表面(21)との間の部分のうち前記第1方向(X方向)における両端の前記第1領域(27)の間に1つ設けられており、

前記第2窪み部(70)は、前記第2側面(26)と前記素子表面(21)との間の部分のうち前記第1方向(X方向)における両端の前記第2領域(28)の間に1つ設けられている

付記A5に記載の半導体レーザ素子。

[0135] [付記A7]

前記第1窪み部(60)の前記第1方向(X方向)の長さ(LX1)は、前記第1領域(27)の前記第1方向(X方向)の長さ(RX1)よりも長く、

前記第2窪み部(70)の前記第1方向(X方向)の長さ(LX2)は、前記第2領域(28)の前記第1方向(X方向)の長さ(RX2)よりも長い

付記A6に記載の半導体レーザ素子。

[0136] [付記A8]

前記素子本体(20)の前記第1方向(X方向)の長さ(LS)に対する前記第1窪み部(60)の前記第1方向(X方向)の長さ(LX1)の比率(LX1/LS)、および、前記素子本体(20)の前記第1方向(X方向)の長さ(LS)に対する前記第2窪み部(70)の前記第1方向(X方向)の長さ(LX2)の比率(LX2/LS)の各々は、5/8以上7/8以

下である

付記 A 6 に記載の半導体レーザ素子。

[0137] [付記 A 9]

前記第 1 窪み部 (60) は、前記第 1 方向 (X 方向) の両端に形成された第 1 端部接続面 (63A, 63B) を含み、

前記第 2 窪み部 (70) は、前記第 1 方向 (X 方向) の両端に形成された第 2 端部接続面 (73A, 73B) を含み、

前記第 1 内側面 (61) に対する前記第 1 端部接続面 (63A, 63B) の角度 ($\theta 2$) および前記第 2 内側面 (71) に対する前記第 2 端部接続面 (73A, 73B) の角度の各々は、前記第 1 内側面 (61) に対する前記第 1 接続面 (62) の前記傾斜面の角度 (θA) および前記第 2 内側面 (71) に対する前記第 2 接続面 (72) の前記傾斜面の角度の各々よりも大きい

付記 A 6 ~ A 8 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ素子。

[0138] [付記 A 10]

前記第 1 内側面 (61) に対する前記第 1 端部接続面 (63A, 63B) の角度 ($\theta 2$)、および前記第 2 内側面 (71) に対する前記第 2 端部接続面 (73A, 73B) の角度は、 85° 以上 95° 以下である

付記 A 9 に記載の半導体レーザ素子。

[0139] [付記 A 11]

前記第 1 内側面 (61) に対する前記第 1 端部接続面 (63A, 63B) の角度 ($\theta 2$)、および前記第 2 内側面 (71) に対する前記第 2 端部接続面 (73A, 73B) の角度は、 87° 以上 93° 以下である

付記 A 9 に記載の半導体レーザ素子。

[0140] [付記 A 12]

前記第 1 内側面 (61) に対する前記第 1 端部接続面 (63A, 63B) の角度 ($\theta 2$)、および前記第 2 内側面 (71) に対する前記第 2 端部接続面 (73A, 73B) の角度は、 88° 以上 92° 以下である

付記 A 9 に記載の半導体レーザ素子。

[0141] [付記 A 1 3]

前記第 1 窪み部 (6 0) は、前記第 1 方向 (X 方向) の両端に形成された第 1 端部接続面 (6 3 A, 6 3 B) を含み、

前記第 2 窪み部 (7 0) は、前記第 1 方向 (X 方向) の両端に形成された第 2 端部接続面 (7 3 A, 7 3 B) を含み、

前記第 1 内側面 (6 1) と前記第 1 側面 (2 5) との間における前記第 1 端部接続面 (6 3 A, 6 3 B) の長さ (L E) および前記第 2 内側面 (7 1) と前記第 2 側面 (2 6) との間における前記第 2 端部接続面 (7 3 A, 7 3 B) の長さの各々は、前記第 1 接続面 (6 2) の前記傾斜面における傾斜方向の長さ (L C) および前記第 2 接続面 (7 2) の前記傾斜面における傾斜方向の長さの各々よりも短い

付記 A 6 ~ A 8 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ素子。

[0142] [付記 A 1 4]

前記第 1 内側面 (6 1) と前記第 1 側面 (2 5) との間における前記第 1 端部接続面 (6 3 A, 6 3 B) の長さおよび前記第 2 内側面 (7 1) と前記第 2 側面 (2 6) との間における前記第 2 端部接続面 (7 3 A, 7 3 B) の長さの各々は、1 μ m 以上 5 μ m 以下である

付記 A 1 3 に記載の半導体レーザ素子。

[0143] [付記 A 1 5]

前記素子本体 (2 0) は、

前記素子裏面 (2 2) を構成する基板裏面 (3 2) と、前記基板裏面 (3 2) とは反対側を向く基板表面 (3 1) とを有する半導体基板 (3 0) と、

前記基板表面 (3 1) 上に形成され、前記素子表面 (2 1) を構成する表面 (4 1) を有し、前記レーザ光を出射する活性層 (4 2) を含む半導体層 (4 0) と、

を含み、

前記第 1 窪み部 (6 0) および前記第 2 窪み部 (7 0) は、前記半導体層

(40) から前記半導体基板 (30) までにわたり形成されている

付記 A 1 ～ A 1 4 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ素子。

[0144] [付記 A 1 6]

前記半導体層 (40) は、

前記活性層 (42) に対して前記半導体基板 (30) 側に配置された n 型クラッド層 (45A) と、

前記活性層 (42) に対して前記 n 型クラッド層 (45A) とは反対側に配置された p 型クラッド層 (46A, 46C) と、

を含む

付記 A 1 5 に記載の半導体レーザ素子。

[0145] [付記 A 1 7]

前記半導体基板 (30) は、GaAs 基板によって構成されている

付記 A 1 5 または A 1 6 に記載の半導体レーザ素子。

[0146] [付記 A 1 8]

前記半導体基板 (30) は、

前記第 1 方向 (X 方向) において互いに反対側を向く第 1 基板端面 (33) および第 2 基板端面 (34) と、

前記第 2 方向 (Y 方向) において互いに反対側を向く第 1 基板側面 (35) および第 2 基板側面 (36) と、

を含み、

前記第 1 基板側面 (35) および前記第 2 基板側面 (36) の各々の前記基板表面 (31) に対する角度は、 90° である

付記 A 1 5 ～ A 1 7 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ素子。

[0147] [付記 A 1 9]

前記半導体基板 (30) は、

前記第 1 方向 (X 方向) において互いに反対側を向く第 1 基板端面 (33) および第 2 基板端面 (34) と、

前記第 2 方向 (Y 方向) において互いに反対側を向く第 1 基板側面 (35)

) および第2基板側面(36)と、

を含み、

前記第1基板側面(35)および前記第2基板側面(36)は、前記基板表面(31)と直交する方向(Z方向)に対して傾斜しており、

前記第1基板側面(35)および前記第2基板側面(36)の各々の前記基板表面(31)と直交する方向(Z方向)に対する傾斜は、 10° である
付記A15～A17のいずれか1つに記載の半導体レーザ素子。

[0148] [付記B1]

互いに反対側を向く素子表面(21)および素子裏面(22)と、前記素子表面(21)が向く厚さ方向(Z方向)から視て、第1方向(X方向)において互いに反対側を向く第1端面(23)および第2端面(24)と、前記第1方向(X方向)と直交する第2方向(Y方向)において互いに反対側を向く第1側面(25)および第2側面(26)と、を有し、前記第1端面(23)からレーザ光を出射する素子本体(20)と、

前記素子表面(21)に形成された表面電極(51)と、

前記素子裏面(22)に形成された裏面電極(52)と、

を含み、

前記素子本体(20)は、

前記第1側面(25)と前記素子裏面(22)との間に設けられ、前記素子本体(20)の内部に向けて窪む第1窪み部(60)と、

前記第2側面(26)と前記素子裏面(22)との間に設けられ、前記素子本体(20)の内部に向けて窪む第2窪み部(70)と、

を含み、

前記第1窪み部(60)は、前記第1側面(25)と同じ側を向く第1内側面(61)と、前記第1内側面(61)と前記第1側面(25)とを接続する第1接続面(62)と、を含み、

前記第2窪み部(70)は、前記第2側面(26)と同じ側を向く第2内側面(71)と、前記第2内側面(71)と前記第2側面(26)とを接続

する第2接続面（72）と、を含み、

前記第1接続面（62）および前記第2接続面（72）の各々は、前記素子裏面（22）に対して前記第1側面（25）および前記第2側面（26）とは異なる角度で傾斜する傾斜面を含む半導体レーザ素子（10）。

[0149] [付記B2]

前記素子裏面（22）に対する前記第1接続面（62）の前記傾斜面の角度（ $\theta 3$ ）、および前記素子裏面（22）に対する前記第2接続面（72）の前記傾斜面の角度の各々は、 50° 以上 60° 以下である

付記B1に記載の半導体レーザ素子。

[0150] [付記B3]

前記第1内側面（61）に垂直な方向（Y方向）における前記第1側面（25）と前記第1内側面（61）との間の距離（W1）、および前記第2内側面（71）に垂直な方向（Y方向）における前記第2側面（26）と前記第2内側面（71）との間の距離の各々は、 $1\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下である

付記B1またはB2に記載の半導体レーザ素子。

[0151] [付記B4]

前記第1接続面（62）の前記傾斜面における傾斜方向の長さ（LC）および前記第2接続面（72）の前記傾斜面における傾斜方向の長さの各々は、 $2\mu\text{m}$ 以上 $8\mu\text{m}$ 以下である

付記B1～B3のいずれか1つに記載の半導体レーザ素子。

[0152] [付記B5]

前記第1窪み部（60）および前記第2窪み部（70）の各々は、前記第1方向（X方向）において前記素子本体（20）に部分的に設けられている付記B1～B4のいずれか1つに記載の半導体レーザ素子。

[0153] [付記B6]

前記素子本体（20）は、

前記第1側面（25）と前記素子裏面（22）との間の部分のうち前記第

1 方向（X 方向）における両端において、前記第 1 窪み部（60）が形成されていない第 1 領域（27）と、

前記第 2 側面（26）と前記素子裏面（22）との間の部分のうち前記第 1 方向（X 方向）における両端において、前記第 2 窪み部（70）が形成されていない第 2 領域（28）と、

を含み、

前記第 1 窪み部（60）は、前記第 1 側面（25）と前記素子裏面（22）との間の部分のうち前記第 1 方向（X 方向）における両端の前記第 1 領域（27）の間に 1 つ設けられており、

前記第 2 窪み部（70）は、前記第 2 側面（26）と前記素子裏面（22）との間の部分のうち前記第 1 方向（X 方向）における両端の前記第 2 領域（28）の間に 1 つ設けられている

付記 B 5 に記載の半導体レーザ素子。

[0154] [付記 B 7]

前記第 1 窪み部（60）の前記第 1 方向（X 方向）の長さ（ $LX1$ ）は、前記第 1 領域（27）の前記第 1 方向（X 方向）の長さ（ $RX1$ ）よりも長く、

前記第 2 窪み部（70）の前記第 1 方向（X 方向）の長さ（ $LX2$ ）は、前記第 2 領域（28）の前記第 1 方向（X 方向）の長さ（ $RX2$ ）よりも長い

付記 B 6 に記載の半導体レーザ素子。

[0155] [付記 B 8]

前記素子本体（20）の前記第 1 方向（X 方向）の長さ（ LS ）に対する前記第 1 窪み部（60）の前記第 1 方向（X 方向）の長さ（ $LX1$ ）の比率（ $LX1/LS$ ）、および、前記素子本体（20）の前記第 1 方向（X 方向）の長さ（ LS ）に対する前記第 2 窪み部（70）の前記第 1 方向（X 方向）の長さ（ $LX2$ ）の比率（ $LX2/LS$ ）の各々は、 $5/8$ 以上 $7/8$ 以下である

付記 B 6 に記載の半導体レーザ素子。

[0156] [付記 B 9]

前記第 1 窪み部 (60) は、前記第 1 方向 (X 方向) の両端に形成された第 1 端部接続面 (63A, 63B) を含み、

前記第 2 窪み部 (70) は、前記第 1 方向 (X 方向) の両端に形成された第 2 端部接続面 (73A, 73B) を含み、

前記第 1 内側面 (61) に対する前記第 1 端部接続面 (63A, 63B) の角度 ($\theta 2$) および前記第 2 内側面 (71) に対する前記第 2 端部接続面 (73A, 73B) の角度の各々は、前記第 1 内側面 (61) に対する前記第 1 接続面 (62) の前記傾斜面の角度 (θB) および前記第 2 内側面 (71) に対する前記第 2 接続面 (72) の前記傾斜面の角度の各々よりも大きい

付記 B 6 ~ B 8 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ素子。

[0157] [付記 B 10]

前記第 1 内側面 (61) に対する前記第 1 端部接続面 (63A, 63B) の角度 ($\theta 2$)、および前記第 2 内側面 (71) に対する前記第 2 端部接続面 (73A, 73B) の角度は、 85° 以上 95° 以下である

付記 B 9 に記載の半導体レーザ素子。

[0158] [付記 B 11]

前記第 1 内側面 (61) に対する前記第 1 端部接続面 (63A, 63B) の角度 ($\theta 2$)、および前記第 2 内側面 (71) に対する前記第 2 端部接続面 (73A, 73B) の角度は、 87° 以上 93° 以下である

付記 B 9 に記載の半導体レーザ素子。

[0159] [付記 B 12]

前記第 1 内側面 (61) に対する前記第 1 端部接続面 (63A, 63B) の角度 ($\theta 2$)、および前記第 2 内側面 (71) に対する前記第 2 端部接続面 (73A, 73B) の角度は、 88° 以上 92° 以下である

付記 B 9 に記載の半導体レーザ素子。

[0160] [付記 B 1 3]

前記第 1 窪み部 (6 0) は、前記第 1 方向 (X 方向) の両端に形成された第 1 端部接続面 (6 3 A, 6 3 B) を含み、

前記第 2 窪み部 (7 0) は、前記第 1 方向 (X 方向) の両端に形成された第 2 端部接続面 (7 3 A, 7 3 B) を含み、

前記第 1 内側面 (6 1) と前記第 1 側面 (2 5) との間における前記第 1 端部接続面 (6 3 A, 6 3 B) の長さ (L E) および前記第 2 内側面 (7 1) と前記第 2 側面 (2 6) との間における前記第 2 端部接続面 (7 3 A, 7 3 B) の長さの各々は、前記第 1 接続面 (6 2) の前記傾斜面における傾斜方向の長さ (L C) および前記第 2 接続面 (7 2) の前記傾斜面における傾斜方向の長さの各々よりも短い

付記 B 6 ~ B 8 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ素子。

[0161] [付記 B 1 4]

前記第 1 内側面 (6 1) と前記第 1 側面 (2 5) との間における前記第 1 端部接続面 (6 3 A, 6 3 B) の長さおよび前記第 2 内側面 (7 1) と前記第 2 側面 (2 6) との間における前記第 2 端部接続面 (7 3 A, 7 3 B) の長さの各々は、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $5\ \mu\text{m}$ 以下である

付記 B 1 3 に記載の半導体レーザ素子。

[0162] [付記 B 1 5]

前記素子本体 (2 0) は、

前記素子裏面 (2 2) を構成する基板裏面 (3 2) と、前記基板裏面 (3 2) とは反対側を向く基板表面 (3 1) とを有する半導体基板 (3 0) と、

前記基板表面 (3 1) 上に形成され、前記素子表面 (2 1) を構成する表面 (4 1) を有し、前記レーザ光を出射する活性層 (4 2) を含む半導体層 (4 0) と、

を含み、

前記第 1 窪み部 (6 0) は、前記基板裏面 (3 2) と前記第 1 基板側面 (3 5) との間に形成されており、

前記第2窪み部（70）は、前記基板裏面（32）と前記第2基板側面（36）との間に形成されている

付記B1～B14のいずれか1つに記載の半導体レーザ素子。

[0163] [付記B16]

前記半導体層（40）は、

前記活性層（42）に対して前記半導体基板（30）側に配置されたn型クラッド層（45A）と、

前記活性層（42）に対して前記n型クラッド層と（45A）は反対側に配置されたp型クラッド層（46A, 46C）と、

を含む

付記B15に記載の半導体レーザ素子。

[0164] [付記B17]

前記半導体基板（30）は、GaAs基板によって構成されている

付記B15またはB16に記載の半導体レーザ素子。

[0165] [付記B18]

前記半導体基板（30）は、

前記第1方向（X方向）において互いに反対側を向く第1基板端面（33）および第2基板端面（34）と、

前記第2方向（Y方向）において互いに反対側を向く第1基板側面（35）および第2基板側面（36）と、

を含み、

前記第1基板側面（35）および前記第2基板側面（36）の各々の前記基板表面（31）に対する角度は、90°である

付記B15～B17のいずれか1つに記載の半導体レーザ素子。

[0166] [付記B19]

前記半導体基板（30）は、

前記第1方向（X方向）において互いに反対側を向く第1基板端面（33）および第2基板端面（34）と、

前記第2方向（Y方向）において互いに反対側を向く第1基板側面（35）および第2基板側面（36）と、

を含み、

前記第1基板側面（35）および前記第2基板側面（36）は、前記基板表面（31）と直交する方向（Z方向）に対して傾斜しており、

前記第1基板側面（35）および前記第2基板側面（36）の各々の前記基板表面（31）と直交する方向（Z方向）に対する傾斜は、 10° である

付記B15～B17のいずれか1つに記載の半導体レーザ素子。

[0167] 以上の説明は単に例示である。本開示の技術を説明する目的のために列挙された構成要素および方法（製造プロセス）以外に、より多くの考えられる組み合わせおよび置換が可能であることを当業者は認識し得る。本開示は、特許請求の範囲を含む本開示の範囲内に含まれる全ての代替、変形、および変更を包含することが意図される。

符号の説明

[0168] 10…半導体レーザ素子

20…素子本体

21…素子表面

22…素子裏面

23…第1端面

24…第2端面

25…第1側面

26…第2側面

27…第1領域

28…第2領域

30…半導体基板

31…基板表面

32…基板裏面

33…第1基板端面

3 4 …第2 基板端面
3 5 …第1 基板側面
3 6 …第2 基板側面
4 0 …半導体層
4 1 …表面
4 2 …活性層
4 3 …n 側ガイド層
4 4 …p 側ガイド層
4 5 …n 型半導体層
4 5 A …n 型クラッド層
4 6 …p 型半導体層
4 6 A …第1 p 型クラッド層
4 6 B …第1 p 型エッチングストップ層
4 6 C …第2 p 型クラッド層
4 6 D …第2 p 型エッチングストップ層
4 6 E …p 型キャップ層
4 6 F …p 型コンタクト層
4 7 …リッジ部
4 8 …電流狭窄層
5 1 …表面電極
5 2 …裏面電極
6 0 …第1 窪み部
6 1 …第1 内側面
6 2 …第1 接続面
6 2 A …傾斜面
6 2 B …平坦面
6 3 A, 6 3 B …第1 端部接続面
7 0 …第2 窪み部

- 7 1 …第2内側面
- 7 2 …第2接続面
- 7 3 A, 7 3 B …第2端部接続面
- 2 0 0 …半導体ウエハ
- 2 0 1 …ウエハ表面
- 2 0 2 …ウエハ裏面
- 2 1 0 …レーザバー
- 2 1 1, 2 1 2 …側面
- 2 2 0 …分離溝
- 2 2 1 …第1分離側面
- 2 2 2 …第2分離側面
- 2 2 3 …第1テーパ面
- 2 2 4 …第2テーパ面
- 2 3 0 …セパレータ
- L C …第1接続面における傾斜方向の長さ
- L E …第1内側面と第1側面との間における第1端部接続面の長さ
- L S …素子本体のX方向の長さ
- L X 1 …第1窪み部のX方向の長さ
- L X 2 …第2窪み部のX方向の長さ
- L Z 1 …第1窪み部のZ方向の長さ
- L Z C …第1内側面のX方向の両端部よりも中央寄りの部分におけるZ方向の長さ
- L Z E …第1内側面のX方向の両端部におけるZ方向の長さ
- R X 1 …第1領域のX方向の長さ
- R X 2 …第2領域のX方向の長さ
- W 1 …第1側面に垂直な方向における第1側面と第1内側面との間の距離
- θ 1 …素子表面に対する第1接続面の角度
- θ 2 …第1内側面に対する第1端部接続面の角度

$\theta 3$ …素子裏面に対する第 1 接続面の角度

$\theta 4$ …第 1 基板側面および第 2 基板側面の各々の基板表面と直交する方向
に対する角度

θA …第 1 内側面に対する第 1 接続面の角度

θB …第 1 内側面に対する第 1 接続面の角度

請求の範囲

- [請求項1] 互いに反対側を向く素子表面および素子裏面と、前記素子表面が向く厚さ方向から視て、第1方向において互いに反対側を向く第1端面および第2端面と、前記第1方向と直交する第2方向において互いに反対側を向く第1側面および第2側面と、を有し、前記第1端面からレーザ光を出射する素子本体と、
前記素子表面に形成された表面電極と、
前記素子裏面に形成された裏面電極と、
を含み、
前記素子本体は、
前記第1側面と前記素子表面との間に設けられ、前記素子本体の内部に向けて窪む第1窪み部と、
前記第2側面と前記素子表面との間に設けられ、前記素子本体の内部に向けて窪む第2窪み部と、
を含み、
前記第1窪み部は、前記第1側面と同じ側を向く第1内側面と、前記第1内側面と前記第1側面とを接続する第1接続面と、を含み、
前記第2窪み部は、前記第2側面と同じ側を向く第2内側面と、前記第2内側面と前記第2側面とを接続する第2接続面と、を含み、
前記第1接続面および前記第2接続面の各々は、前記素子表面に対して前記第1側面および前記第2側面とは異なる角度で傾斜する傾斜面を含む
半導体レーザ素子。
- [請求項2] 前記素子表面に対する前記第1接続面の前記傾斜面の角度、および前記素子表面に対する前記第2接続面の前記傾斜面の角度の各々は、
50°以上60°以下である
請求項1に記載の半導体レーザ素子。
- [請求項3] 前記第1内側面に垂直な方向における前記第1側面と前記第1内側

面との間の距離、および前記第2内側面に垂直な方向における前記第2側面と前記第2内側面との間の距離の各々は、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $5\ \mu\text{m}$ 以下である

請求項1または2に記載の半導体レーザ素子。

[請求項4] 前記第1接続面の前記傾斜面における傾斜方向の長さおよび前記第2接続面の前記傾斜面における傾斜方向の長さの各々は、 $2\ \mu\text{m}$ 以上 $8\ \mu\text{m}$ 以下である

請求項1～3のいずれか一項に記載の半導体レーザ素子。

[請求項5] 前記第1窪み部および前記第2窪み部の各々は、前記第1方向において前記素子本体に部分的に設けられている

請求項1～4のいずれか一項に記載の半導体レーザ素子。

[請求項6] 前記素子本体は、

前記第1側面と前記素子表面との間の部分のうち前記第1方向における両端において、前記第1窪み部が形成されていない第1領域と、

前記第2側面と前記素子表面との間の部分のうち前記第1方向における両端において、前記第2窪み部が形成されていない第2領域と、

を含み、

前記第1窪み部は、前記第1側面と前記素子表面との間の部分のうち前記第1方向における両端の前記第1領域の間に1つ設けられており、

前記第2窪み部は、前記第2側面と前記素子表面との間の部分のうち前記第1方向における両端の前記第2領域の間に1つ設けられている

請求項5に記載の半導体レーザ素子。

[請求項7] 前記第1窪み部の前記第1方向の長さは、前記第1領域の前記第1方向の長さよりも長く、

前記第2窪み部の前記第1方向の長さは、前記第2領域の前記第1方向の長さよりも長い

請求項 6 に記載の半導体レーザ素子。

[請求項8] 前記素子本体の前記第 1 方向の長さに対する前記第 1 窪み部の前記第 1 方向の長さの比率、および、前記素子本体の前記第 1 方向の長さに対する前記第 2 窪み部の前記第 1 方向の長さの比率の各々は、 $5/8$ 以上 $7/8$ 以下である

請求項 6 に記載の半導体レーザ素子。

[請求項9] 前記第 1 窪み部は、前記第 1 方向の両端に形成された第 1 端部接續面を含み、

前記第 2 窪み部は、前記第 1 方向の両端に形成された第 2 端部接續面を含み、

前記第 1 内側面に対する前記第 1 端部接續面の角度および前記第 2 内側面に対する前記第 2 端部接續面の角度の各々は、前記第 1 内側面に対する前記第 1 接續面の前記傾斜面の角度および前記第 2 内側面に対する前記第 2 接續面の前記傾斜面の角度の各々よりも大きい

請求項 6 ～ 8 のいずれか一項に記載の半導体レーザ素子。

[請求項10] 前記第 1 内側面に対する前記第 1 端部接續面の角度、および前記第 2 内側面に対する前記第 2 端部接續面の角度は、 85° 以上 95° 以下である

請求項 9 に記載の半導体レーザ素子。

[請求項11] 前記第 1 内側面に対する前記第 1 端部接續面の角度、および前記第 2 内側面に対する前記第 2 端部接續面の角度は、 87° 以上 93° 以下である

請求項 9 に記載の半導体レーザ素子。

[請求項12] 前記第 1 内側面に対する前記第 1 端部接續面の角度、および前記第 2 内側面に対する前記第 2 端部接續面の角度は、 88° 以上 92° 以下である

請求項 9 に記載の半導体レーザ素子。

[請求項13] 前記第 1 窪み部は、前記第 1 方向の両端に形成された第 1 端部接續

面を含み、

前記第2窪み部は、前記第1方向の両端に形成された第2端部接續面を含み、

前記第1内側面と前記第1側面との間における前記第1端部接續面の長さおよび前記第2内側面と前記第2側面との間における前記第2端部接續面の長さの各々は、前記第1接續面の前記傾斜面における傾斜方向の長さおよび前記第2接續面の前記傾斜面における傾斜方向の長さの各々よりも短い

請求項6～8のいずれか一項に記載の半導体レーザ素子。

[請求項14]

前記第1内側面と前記第1側面との間における前記第1端部接續面の長さおよび前記第2内側面と前記第2側面との間における前記第2端部接續面の長さの各々は、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下である

請求項13に記載の半導体レーザ素子。

[請求項15]

前記素子本体は、

前記素子裏面を構成する基板裏面と、前記基板裏面とは反対側を向く基板表面とを有する半導体基板と、

前記基板表面上に形成され、前記素子表面を構成する表面を有し、前記レーザ光を出射する活性層を含む半導体層と、

を含み、

前記第1窪み部および前記第2窪み部は、前記半導体層から前記半導体基板までにわたり形成されている

請求項1～14のいずれか一項に記載の半導体レーザ素子。

[請求項16]

前記半導体層は、

前記活性層に対して前記半導体基板側に配置されたn型クラッド層と、

前記活性層に対して前記n型クラッド層とは反対側に配置されたp型クラッド層と、

を含む

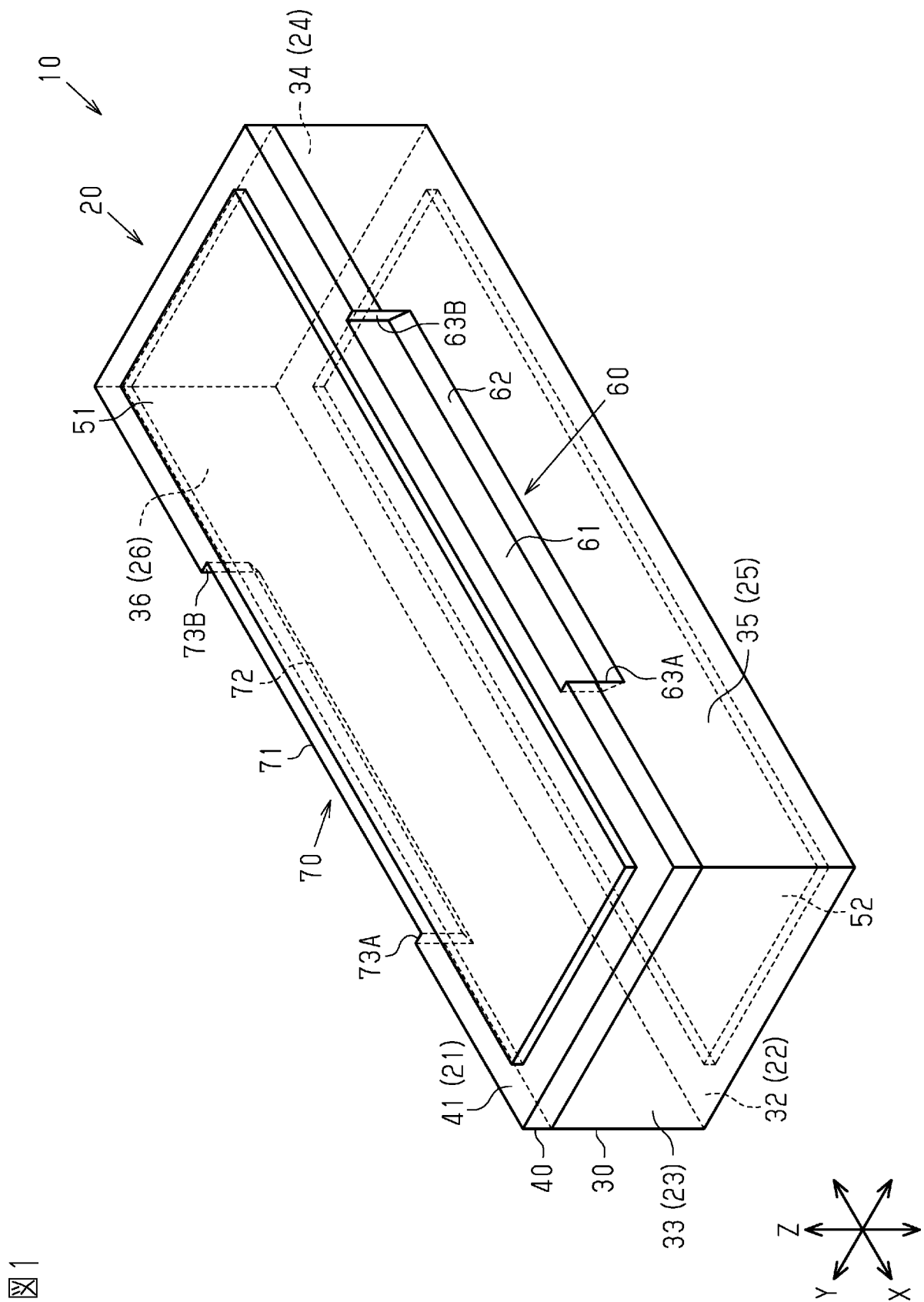
請求項 15 に記載の半導体レーザ素子。

[請求項17] 前記半導体基板は、GaAs 基板によって構成されている
請求項 15 または 16 に記載の半導体レーザ素子。

[請求項18] 前記半導体基板は、
前記第 1 方向において互いに反対側を向く第 1 基板端面および第 2
基板端面と、
前記第 2 方向において互いに反対側を向く第 1 基板側面および第 2
基板側面と、
を含み、
前記第 1 基板側面および前記第 2 基板側面の各々の前記基板表面に
対する角度は、 90° である
請求項 15 ～ 17 のいずれか一項に記載の半導体レーザ素子。

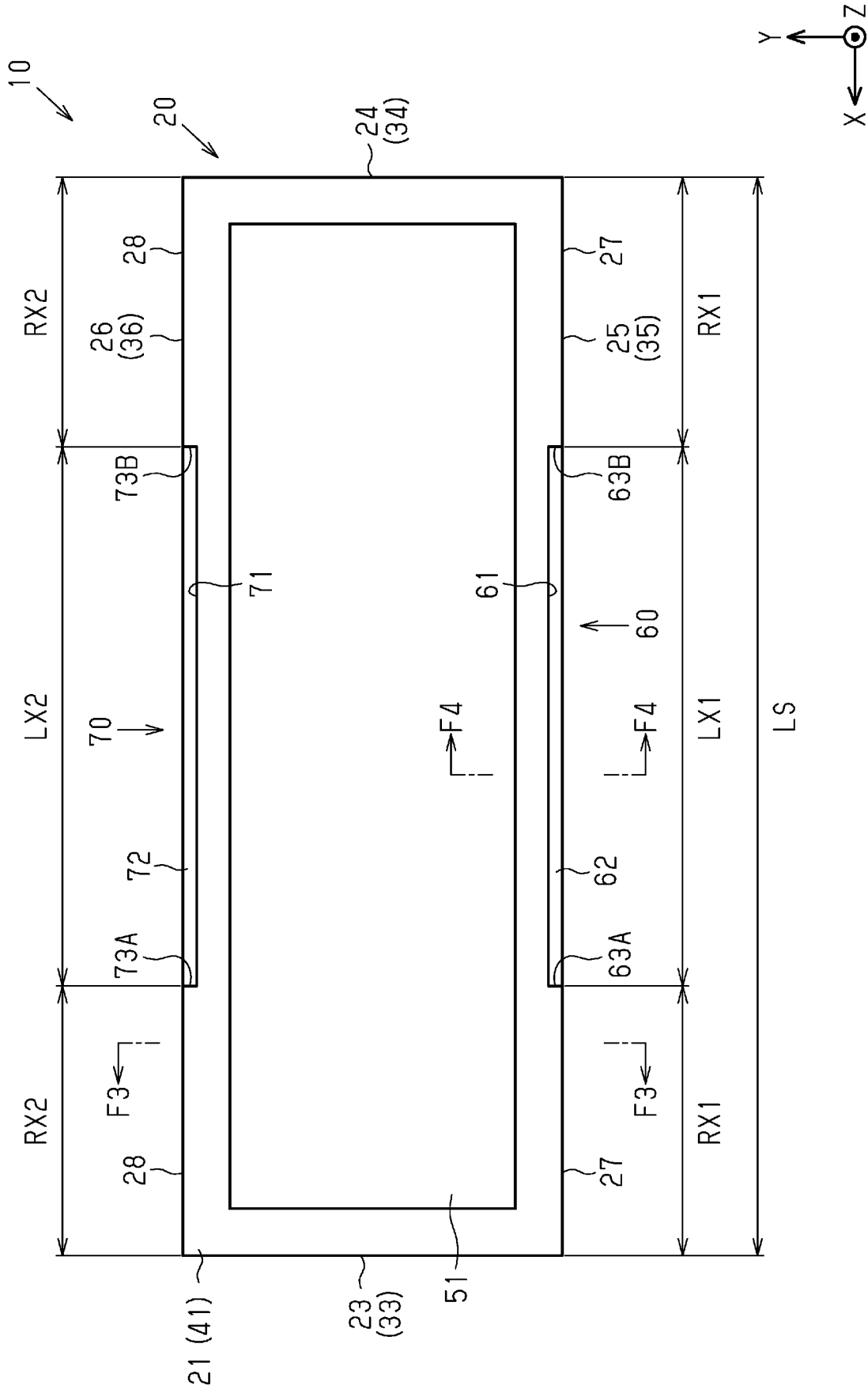
[請求項19] 前記半導体基板は、
前記第 1 方向において互いに反対側を向く第 1 基板端面および第 2
基板端面と、
前記第 2 方向において互いに反対側を向く第 1 基板側面および第 2
基板側面と、
を含み、
前記第 1 基板側面および前記第 2 基板側面は、前記基板表面と直交
する方向に対して傾斜しており、
前記第 1 基板側面および前記第 2 基板側面の各々の前記基板表面と
直交する方向に対する傾斜は、 10° である
請求項 15 ～ 17 のいずれか一項に記載の半導体レーザ素子。

[図1]

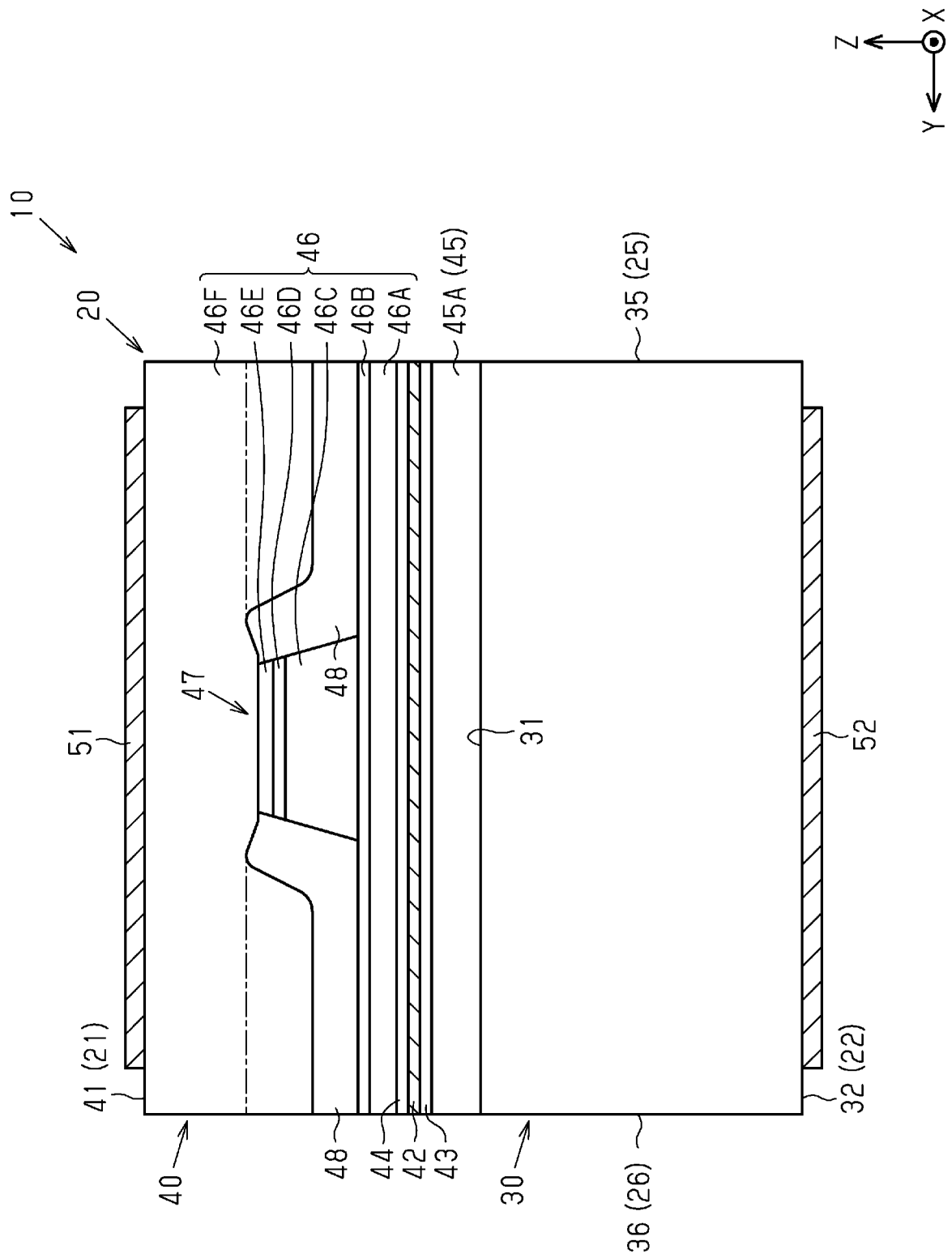


[図2]

図2



[図3]



[図3]

[図4]

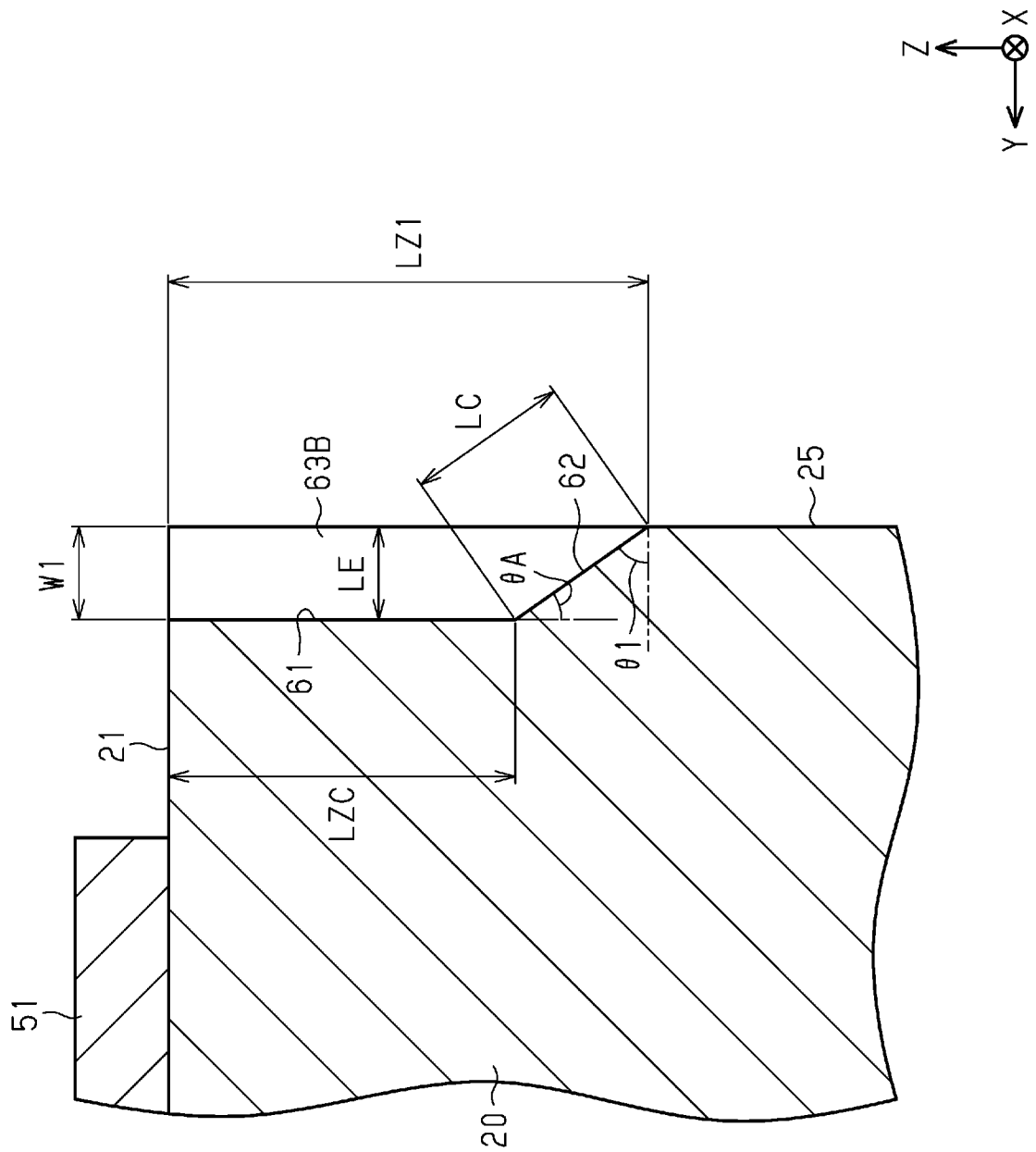
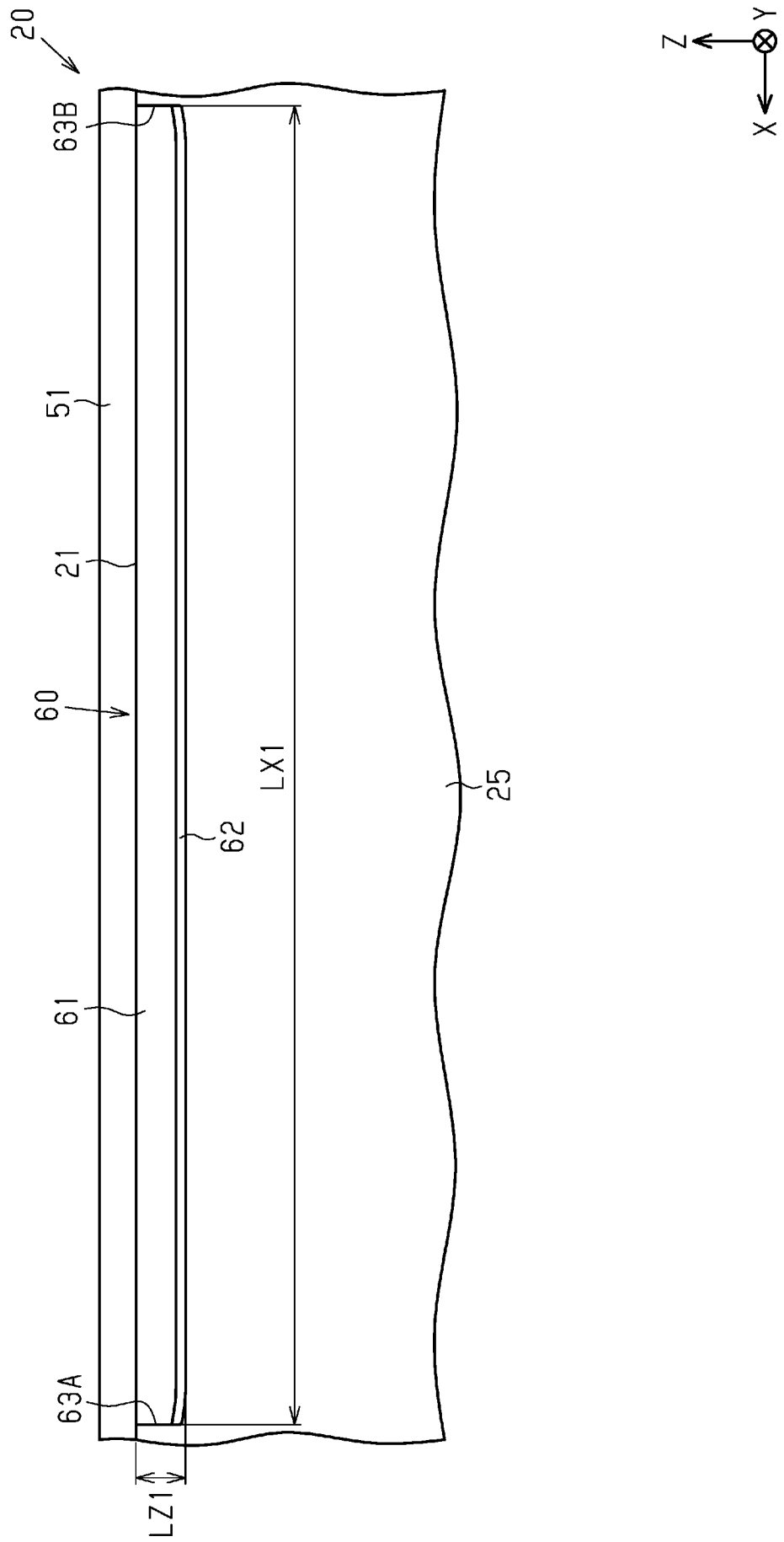


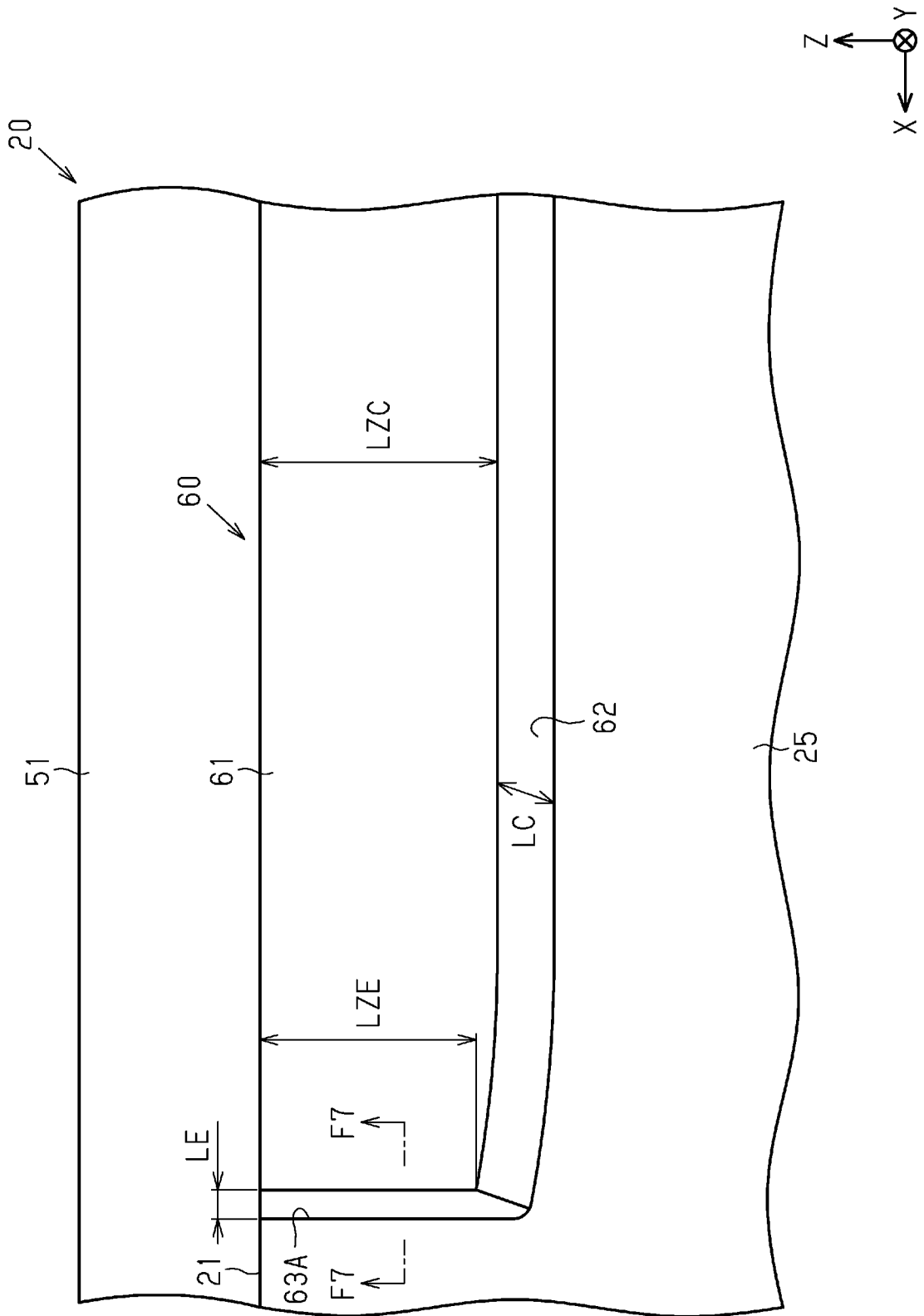
図4

[図5]

図5

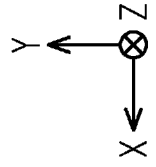
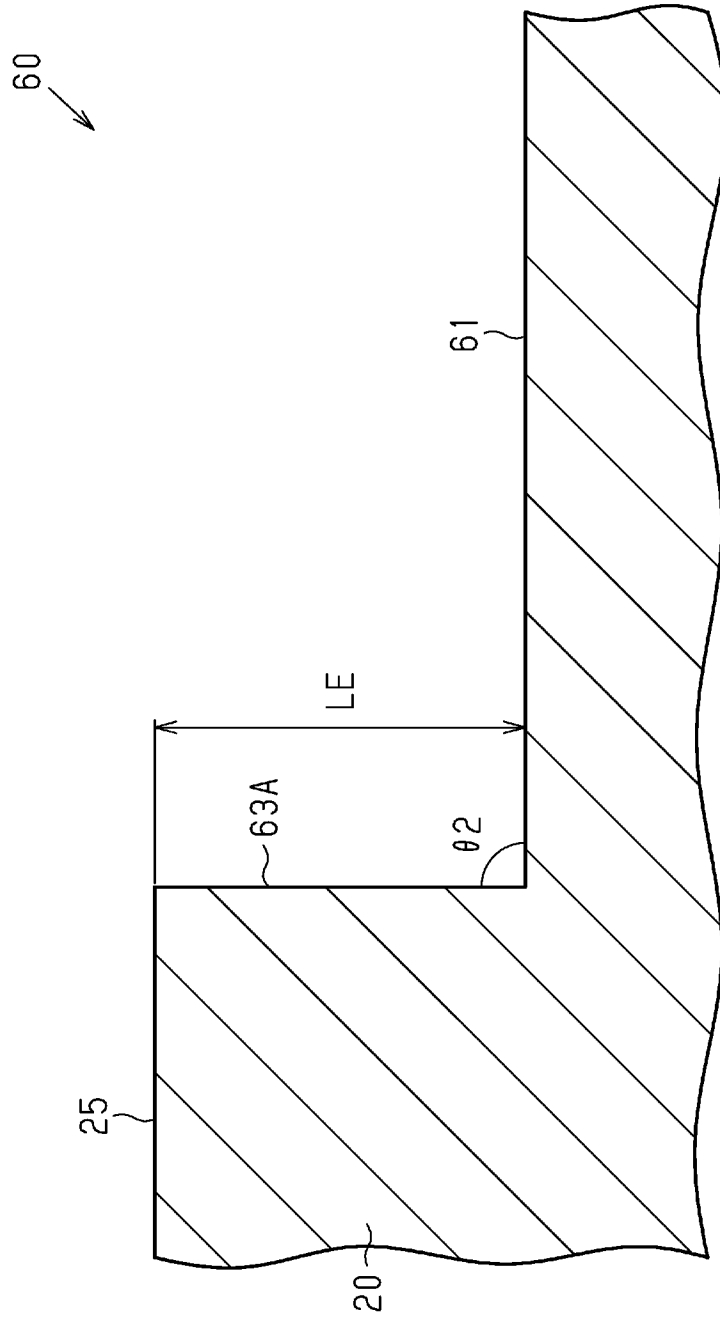


[図6]



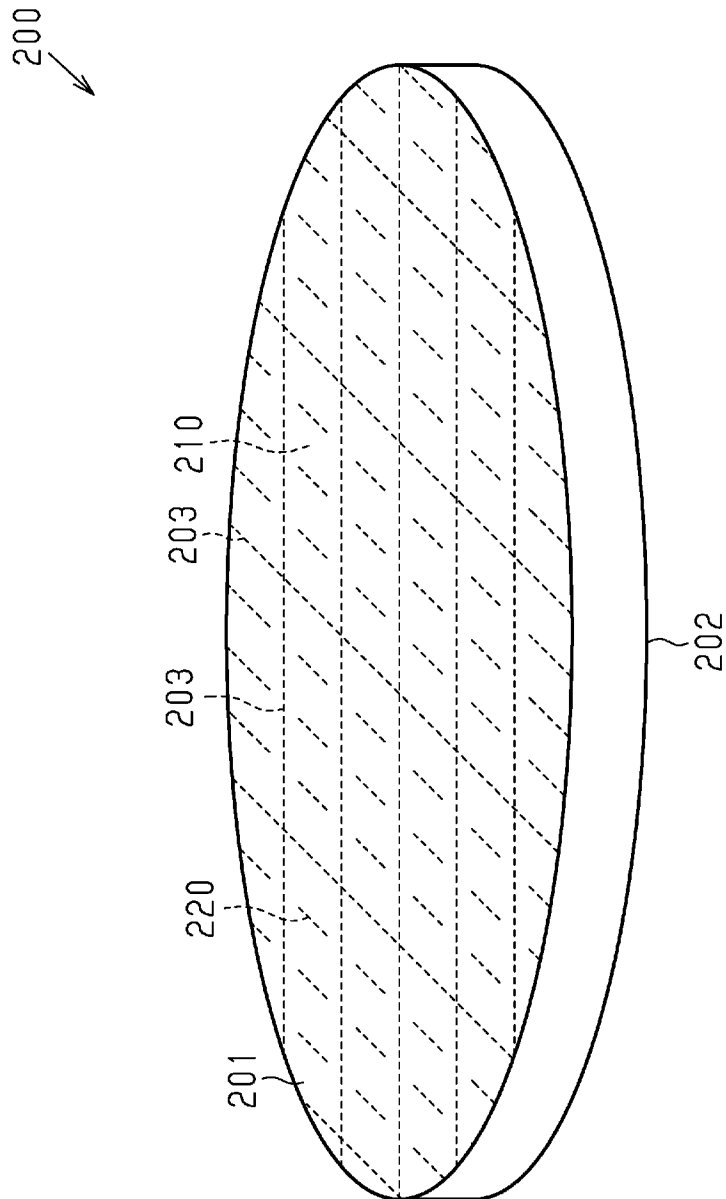
[図7]

図7

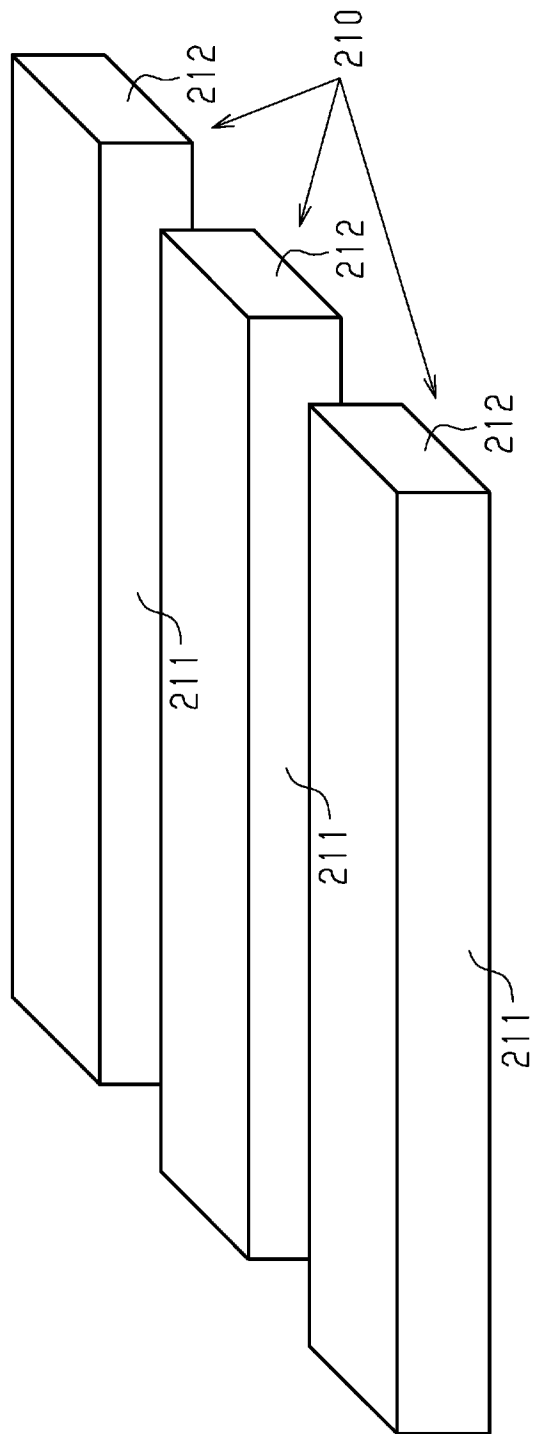


[図8]

図8



[図9]



[図11]

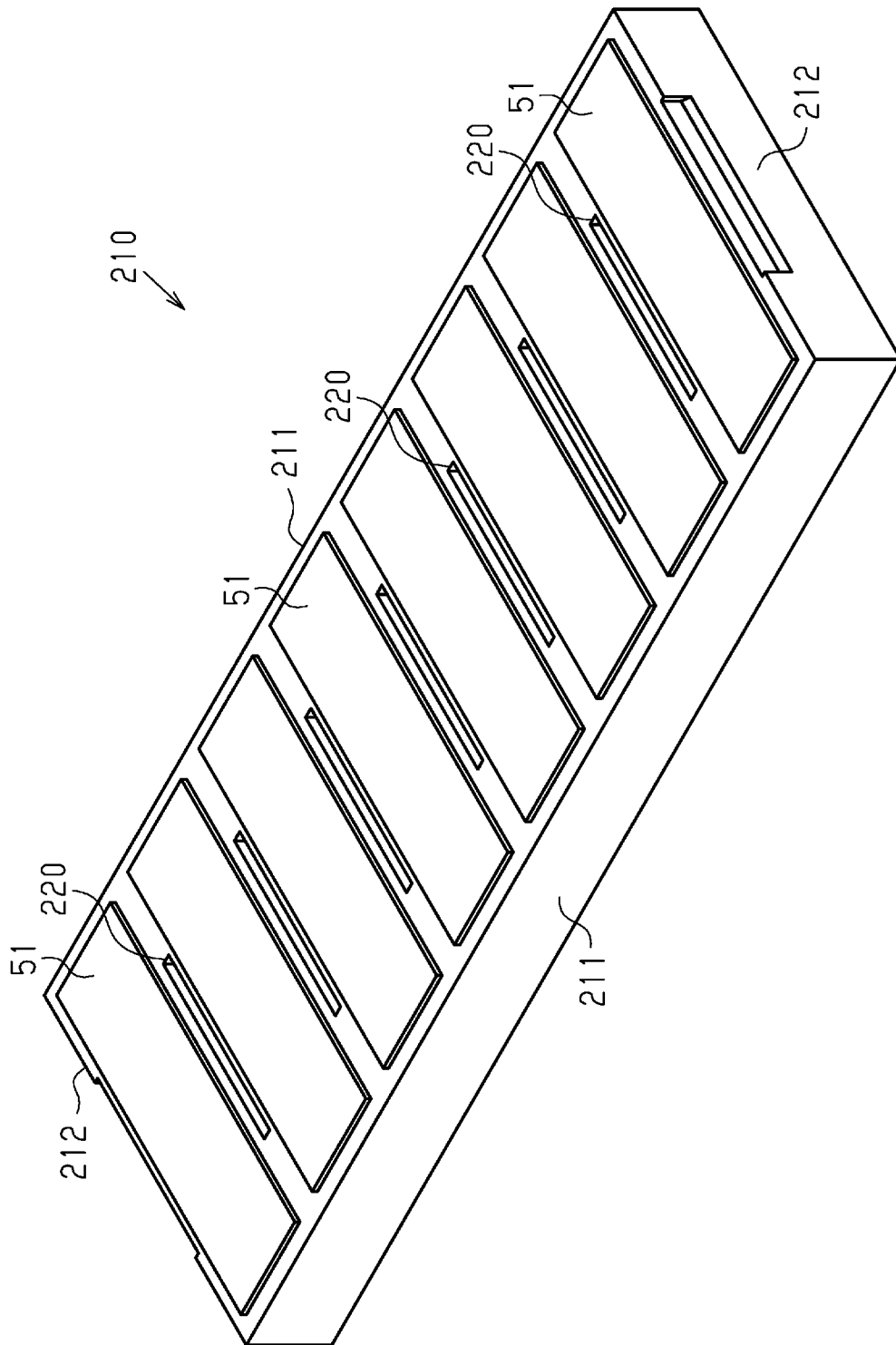
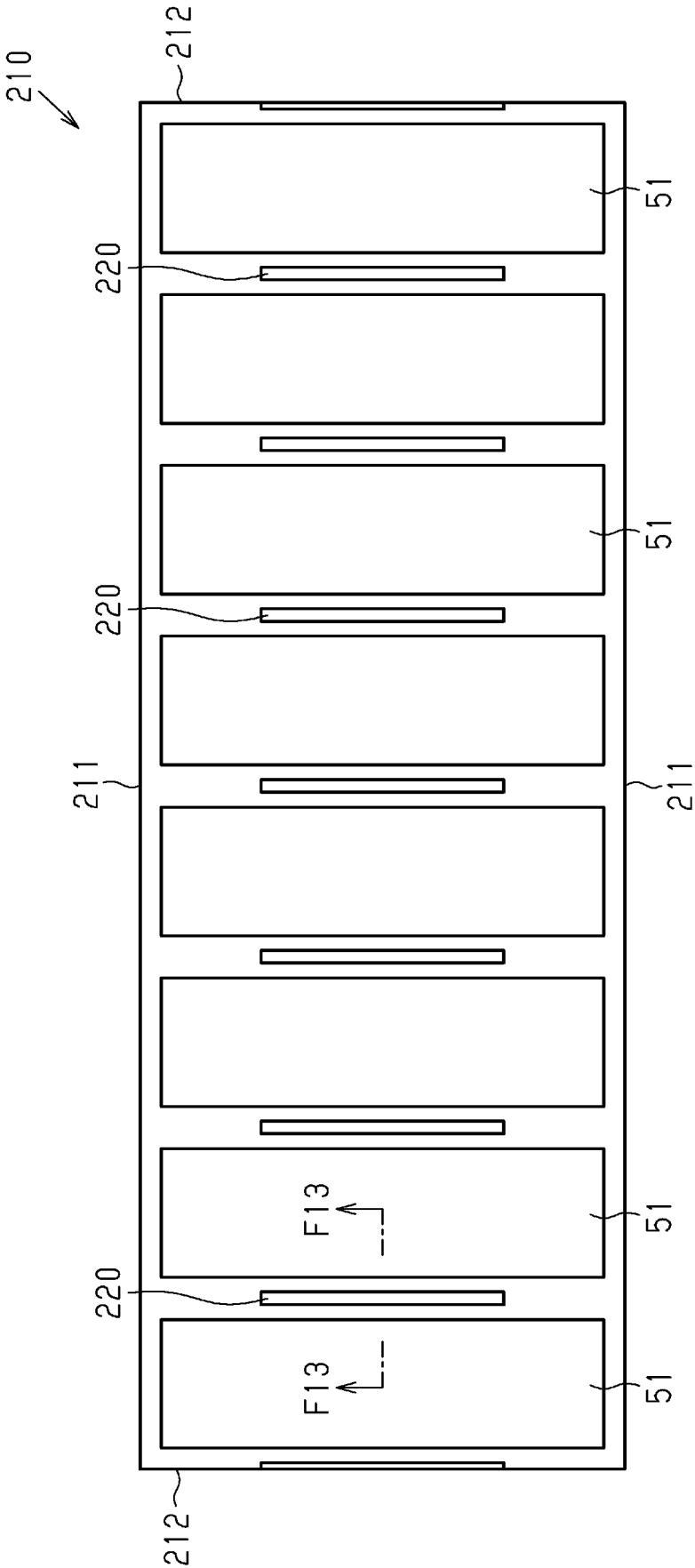


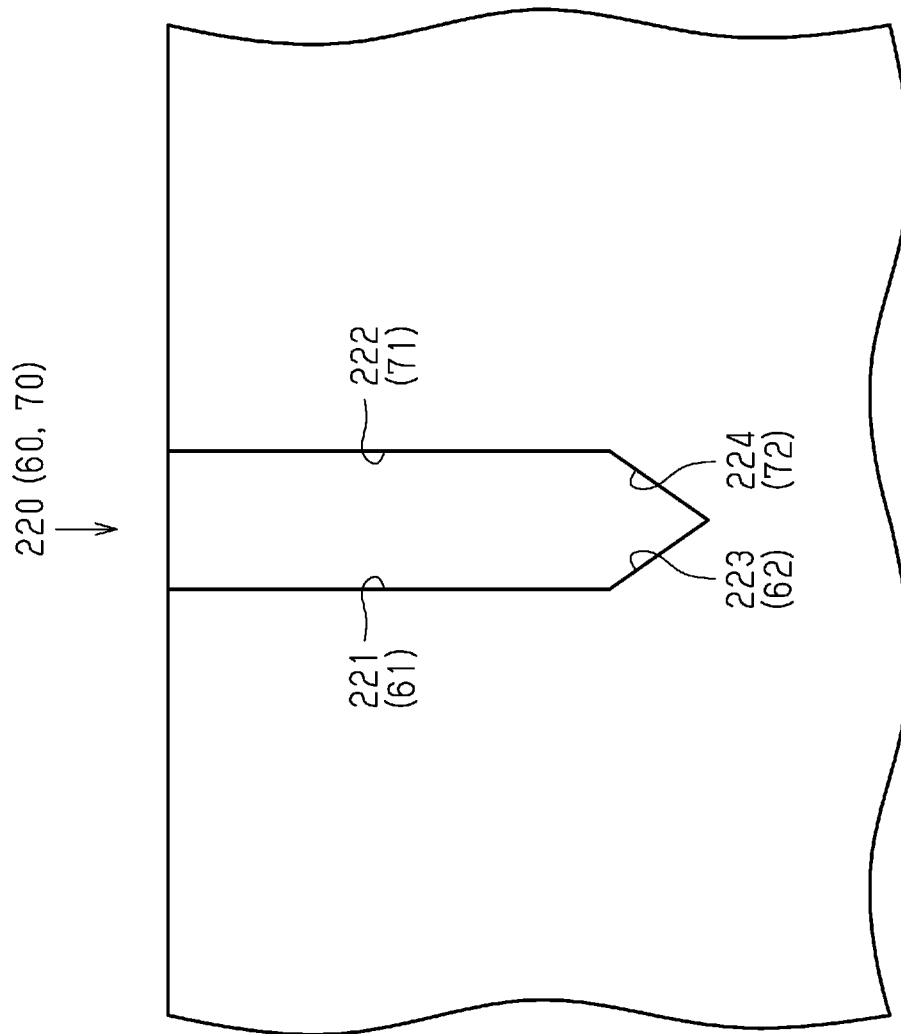
図11

[図12]

図12

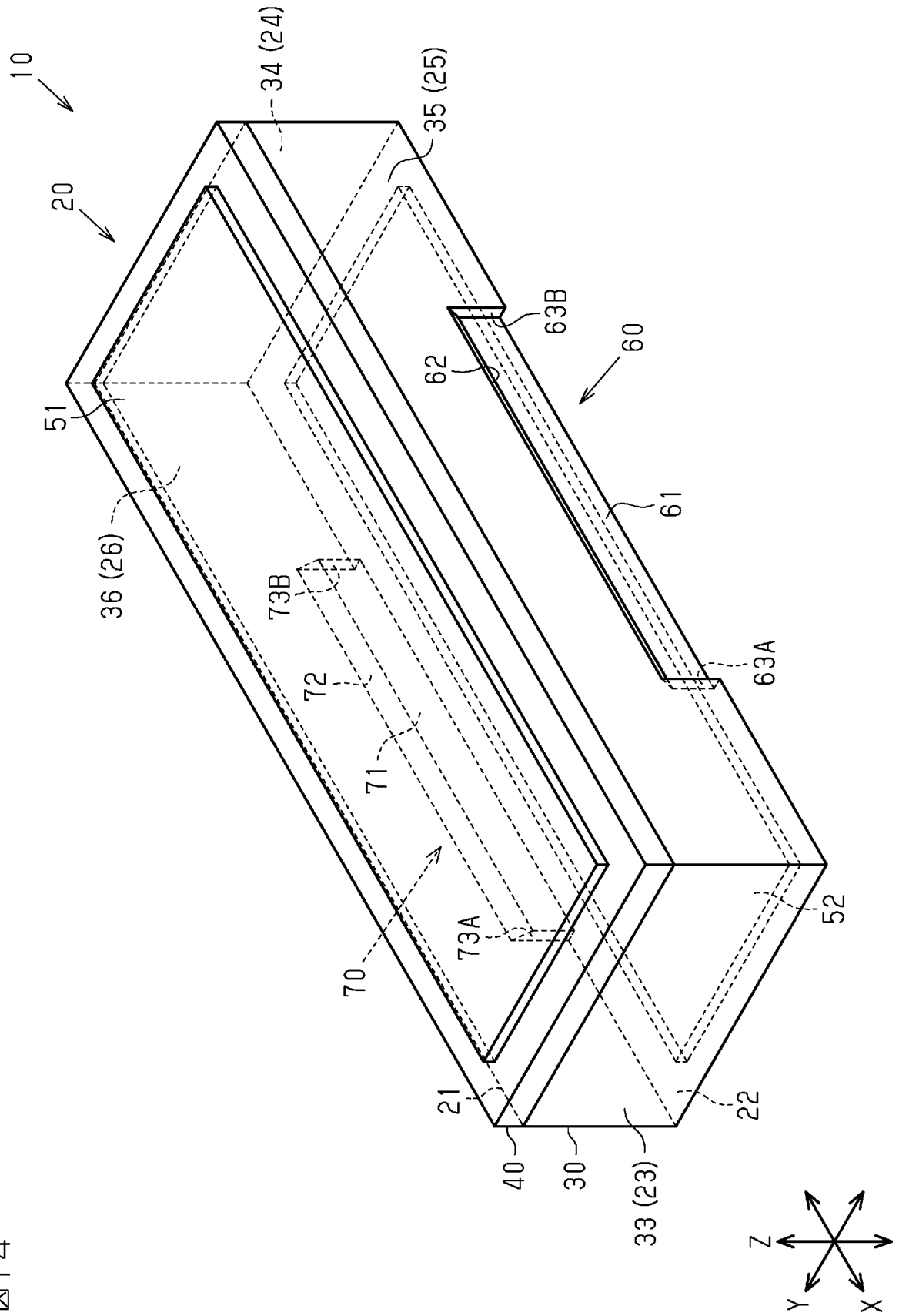


[図13]



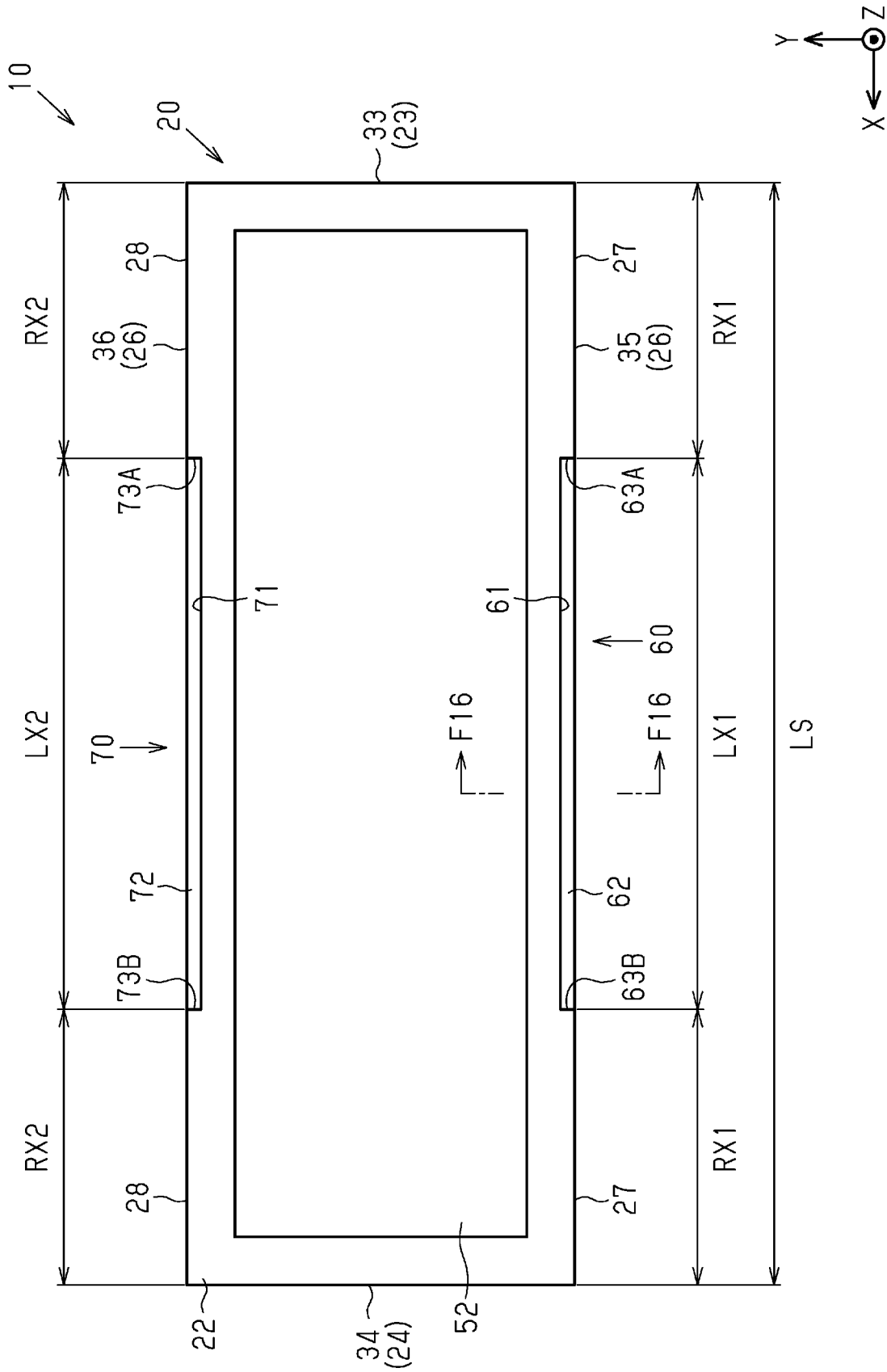
[図14]

図14



[図15]

図15



[図17]

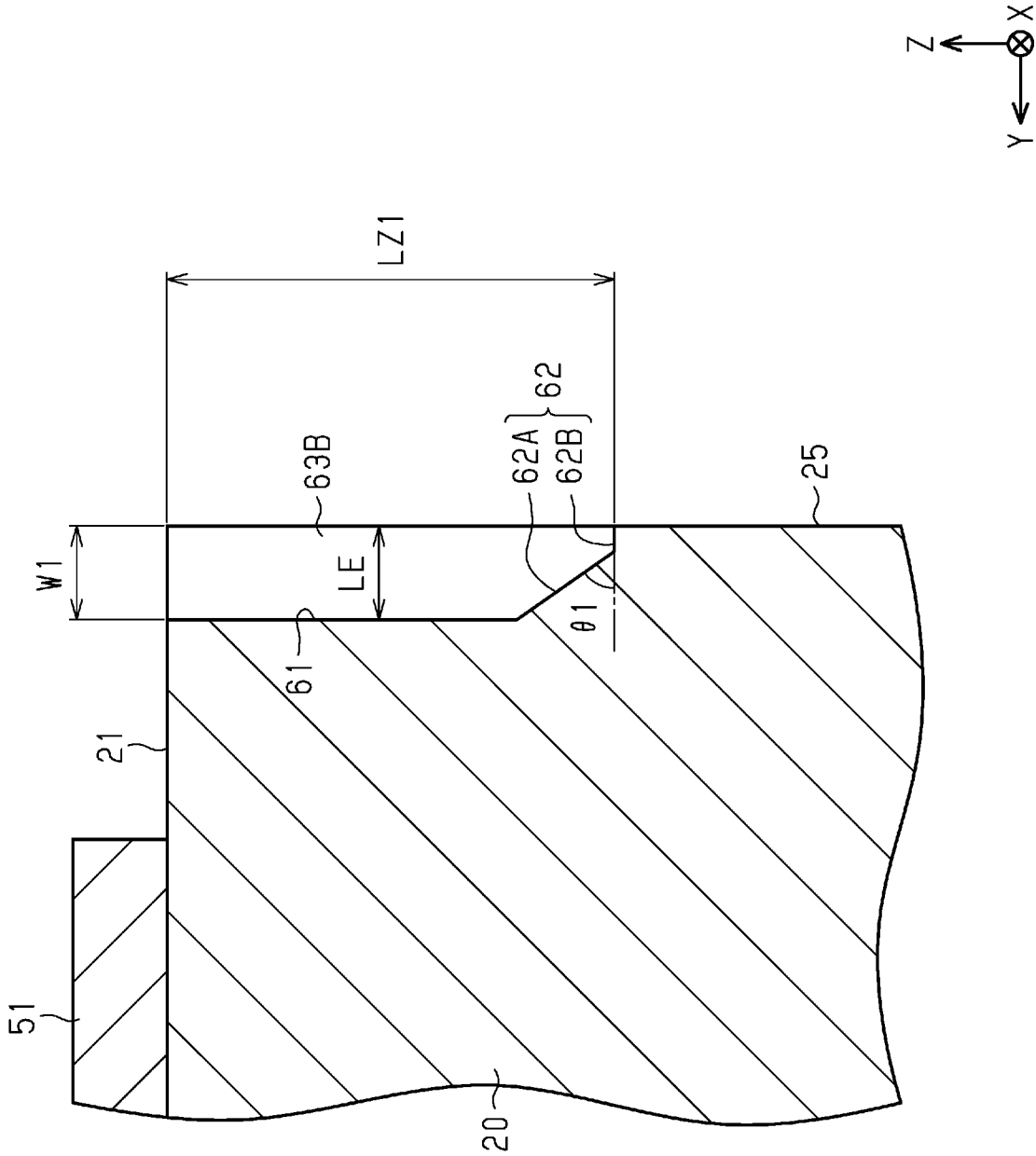


図17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/026954

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01S 5/02**(2006.01)i; **H01S 5/343**(2006.01)i

FI: H01S5/02; H01S5/343

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 8-316570 A (TOSHIBA ELECTRONIC ENGINEERING CORP.) 29 November 1996 (1996-11-29) paragraphs [0007]-[0009], [0012]-[0017], fig. 10	1-4, 15, 18
Y		5-14, 16-17, 19
Y	JP 10-27942 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC.) 27 January 1998 (1998-01-27) paragraph [0022], fig. 1	5-14
Y	WO 2019/026953 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 07 February 2019 (2019-02-07) paragraphs [0014], [0020], [0023]-[0025], fig. 2-3	16-17, 19
A	WO 2012/084321 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH) 28 June 2012 (2012-06-28) entire text, all drawings	1-19

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

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
“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

27 September 2024

Date of mailing of the international search report

08 October 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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/026954

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	8-316570	A	29 November 1996	US 5852624 A column 6, line 5 to column 7, line 30, fig. 18	
JP	10-27942	A	27 January 1998	US 5629233 A column 3, lines 52-60, fig. 1 EP 800244 A2	
WO	2019/026953	A1	07 February 2019	US 2020/0169058 A1 paragraphs [0043], [0049], [0052]-[0054], fig. 2-3	
WO	2012/084321	A1	28 June 2012	DE 102010056054 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H01S 5/02(2006.01)i; H01S 5/343(2006.01)i

FI: H01S5/02; H01S5/343

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 8-316570 A（東芝電子エンジニアリング株式会社）29.11.1996（1996 - 11 - 29） 段落0007-0009, 0012-0017, 図10	1-4, 15, 18
Y		5-14, 16-17, 19
Y	JP 10-27942 A（ルーセント テクノロジーズ インコーポレイテッド）27.01.1998 （1998 - 01 - 27） 段落0022, 図1	5-14
Y	WO 2019/026953 A1（パナソニック IPマネジメント株式会社）07.02.2019（2019 - 02 - 07） 段落0014, 0020, 0023-0025, 図2-3	16-17, 19
A	WO 2012/084321 A1（OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH）28.06.2012（2012 - 06 - 28） 全文, 全図	1-19

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

“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

27.09.2024

国際調査報告の発送日

08.10.2024

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）

高 棕 健 司 2K 3715

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

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/JP2024/026954

引用文献				公表日	パテントファミリー文献				公表日
JP	8-316570	A	29.11.1996		US	5852624	A		
					第6欄第5行-第7欄第30行, 図18				
JP	10-27942	A	27.01.1998		US	5629233	A		
					第3欄第52-60行, 図1				
					EP	800244	A2		
WO	2019/026953	A1	07.02.2019		US	2020/0169058	A1		
					段落0043, 0049, 0052-0054, 図2-3				
WO	2012/084321	A1	28.06.2012		DE	102010056054	A1		