

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年3月20日(20.03.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/042049 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 5/14 (2006.01) H01L 31/10 (2006.01)
G01C 19/72 (2006.01) H01S 5/32 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/073778
- (22) 国際出願日: 2013年9月4日(04.09.2013)
- (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 2012-203152 2012年9月14日(14.09.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社ブイ・テクノロジー(V TECHNOLOGY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2400005 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町134番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 梶山 康一(KAJIYAMA Koichi); 〒2400005 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町134番地 株式会社ブイ・テクノロジー内 Kanagawa (JP). 名須川 利通(NASUKAWA Toshimichi); 〒2400005 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町134番地 株式会社ブイ・テクノロジー内 Kanagawa (JP). 石川 晋(ISHIKAWA Shin); 〒2400005 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町134番地 株式会社ブイ・テクノロジー内 Kanagawa (JP). 金尾 正康(KANAO Masayasu); 〒2400005 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町134番地 株式会社ブイ・テクノロジー内 Kanagawa (JP).

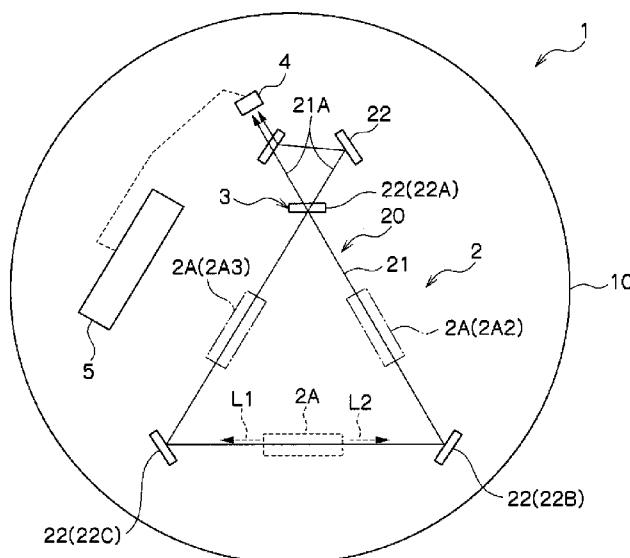
4番地 株式会社ブイ・テクノロジー内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 特許業務法人 英知国際特許事務所, 外(EICHI PATENT & TRADEMARK CORP. et al.); 〒1120011 東京都文京区千石4丁目45番13号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロシヤ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR RING LASER APPARATUS

(54) 発明の名称: 半導体リングレーザー装置



(57) Abstract: The present invention enables stable oscillation of a ring laser and detection of angular velocity with high precision, and allows responding to requirements for very small size and light weight. The present invention is provided with: a Si semiconductor substrate (10); a ring resonator (20) composed of an optical waveguide (21) formed on the Si semiconductor substrate (10); a semiconductor laser unit (2) provided with a light-emitting amplification unit (2A) on at least part of the optical waveguide (21), for generating two laser lights (L1, L2) orbiting the ring resonator (20) in opposite directions; and a light detection unit (4) formed on the Si semiconductor substrate (10), for sampling the two laser lights (L1, L2) from the ring resonator (20) to detect frequency differences between the two laser lights (L1, L2); the light-emitting amplification unit (2A) having a pn-type joint section (13a) obtained by performing an annealing treatment while radiating light on a second semiconductor layer (13) obtained by doping a first semiconductor layer (10n) of the Si semiconductor substrate (10) with boron (B) at a high concentration.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/042049 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, 添付公開書類:
MR, NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

規則 4.17 に規定する申立て:

- 出願し及び特許を与えられる出願人の資格に
関する申立て (規則 4.17(ii))

リングレーザーの安定発振を可能にすること、精度の高い角速度検出を可能にすること、超小型・超軽量化の要求に応えることができること。一つのSi半導体基板10と、Si半導体基板10に形成された光導波路21によって構成されるリング共振器20と、光導波路21の少なくとも一部に発光増幅部2Aを備え、リング共振器20を互いに逆方向に周回する2つのレーザー光L1, L2を発生させる半導体レーザー部2と、Si半導体基板10に形成され、リング共振器20から2つのレーザー光L1, L2を取り出して2つのレーザー光L1, L2の周波数差を検出する光検出部4とを備え、発光増幅部2Aは、Si半導体基板10における第1半導体層10nにB(ボロン)を高濃度ドーピングして得られる第2半導体層13に光を照射しながらアニール処理を施すことで得られるpn接合部13aを有する。

明 細 書

発明の名称：半導体リングレーザー装置

技術分野

[0001] 本発明は、リングレーザージャイロなどを構成することができる半導体リングレーザー装置に関するものである。

背景技術

[0002] リングレーザー装置は、レーザー発光媒体として、He-Neガスなどを用いるガスリングレーザー装置と固体レーザー素子を用いる固体リングレーザー装置が知られている。ガスリングレーザー装置は、装置が大型であること、真空技術が必要であること、短寿命であり且つ高電圧が励起に必要なため消費電力が大きいことなど、実用上の欠点がある。これに対して、固体リングレーザー装置は、装置の小型化、長寿命化、低消費電力化、信頼性向上などが期待できる利点はあるが、リング共振器内のレーザー固体素子を励起するための励起光源をレーザー固体素子に集光するための光学系が必要になり、これによって装置が大型化するという技術的な問題がある。

[0003] このような問題を解決するための提案として、下記特許文献1には、一つの基板上で構成するリング共振器の光路内に、両端面に反射防止膜を施した半導体レーザー素子を配置して、半導体レーザー素子の駆動電源を備えるようにし、この駆動電源によって直接レーザー発振させる半導体リングレーザー装置が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-319104号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 前述した従来の半導体リングレーザー装置によると、励起光源からの光を集光するためのレンズ光学系は不要になるが、基板上に形成されるリング共

振器の光路内に別途半導体レーザー素子を配置させることで、基板上に設定されている光路と半導体レーザー素子の出力光との光軸合わせが必要になり、この光軸合わせが精度良く行われないと、リングレーザーの安定発振を得ることができない問題があった。

[0006] また、基板上にリング共振器を形成するための反射鏡や角速度検出のための受光素子を配置する際にも、それらの位置関係を高精度に配置することが必要になるため、製造が困難であり、これらの配置の位置精度が精度良く行われないと、これによってもリングレーザーの安定発振を得ることができなくなり、また、精度の高い角速度検出を行うことができなくなる問題があった。

[0007] また、従来の半導体リングレーザー装置では、リングレーザージャイロとして構成する場合には、リング共振器を互いに逆方向に周回する2つのレーザー光の周波数差の検出値から角速度を演算する演算処理回路を別途設ける必要があるため、様々な技術分野への応用が求められている中での超小型・超軽量化の要求に対応できない問題があった。

[0008] 本発明は、このような問題に対処することを課題の一例とするものである。すなわち、リングレーザーの安定発振を可能にすること、精度の高い角速度検出を可能にすること、超小型・超軽量化の要求に応えることができること、などが本発明の目的である。

課題を解決するための手段

[0009] このような目的を達成するために、本発明の半導体リングレーザー装置は、一つのS i 半導体基板と、前記S i 半導体基板に形成された光導波路によって構成されるリング共振器と、前記光導波路の少なくとも一部に発光増幅部を備え、前記リング共振器を互いに逆方向に周回する2つのレーザー光を発生させる半導体レーザー部と、前記S i 半導体基板に形成され、前記リング共振器から前記2つのレーザー光を取り出して当該2つのレーザー光の周波数差を検出する光検出部とを備え、前記発光増幅部は、前記S i 半導体基板における第1半導体層にB（ボロン）を高濃度ドーピングして得られる第2半

導体層に光を照射しながらアニール処理を施すことで得られる p n 接合部を有することを特徴とする。

発明の効果

[0010] このような特徴を有する本発明は、S i 半導体基板における共通の第 1 半導体層に B (ボロン) を高濃度でドーピングして第 2 半導体層を形成し、この第 2 半導体層に光を照射しながらアニール処理を施すことで得られる p n 接合部が発光増幅機能を有することを利用して、一つの S i 半導体基板上に半導体リングレーザー装置を形成したものである。これによると、光導波路の一部に光増幅部を形成することができるので、煩雑な光軸合わせが不要になり、リングレーザーの安定発振が可能になる。また、S i 半導体基板に光検出部の検出信号を演算処理する演算処理部を一体に作り込むことができるので、超小型・超軽量化の要求に応えることができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の一実施形態に係る半導体リングレーザー装置を示した説明図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る半導体リングレーザー装置を示した説明図である。

[図3]本発明の実施形態に係る半導体リングレーザー装置における発光増幅部及び光検出部の構造及び形成方法を示した説明図である。

[図4]本発明の実施形態に係る半導体リングレーザー装置における光導波路の構造及び形成方法を示した説明図である。

[図5]本発明の実施形態に係る半導体リングレーザー装置における光検出部の構造の一例を示した説明図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。図 1 及び図 2 は本発明の一実施形態に係る半導体リングレーザー装置を示した説明図である。半導体リングレーザー装置 1 は、一つの S i 半導体基板 (S i ウェハ) 10 を備えている。この S i 半導体基板 10 には光導波路 21 が形成されてお

り、この光導波路 21 によってリング共振器 20 が構成されている。図 1 に示した例では、リング共振器 20 は、Si 半導体基板 10 に形成された複数の反射部 22 (22A, 22B, 22C) で折り返される複数の直線光導波路を有しており、図 2 に示した例では、リング共振器 20 は、曲線光導波路 1W1, 21W2 を含む環状光導波路を有している。ここでの反射部 22 は、Si 半導体基板 10 にエッチング溝を形成し、そこに屈折率の異なる物質を充填するか、溝の側面に金属面を形成することなどで形成することができる。

[0013] 半導体リングレーザー装置 1 は、Si 半導体基板 10 上に半導体レーザー部 2 を備えている。半導体レーザー部 2 は、光導波路 21 の少なくとも一部に形成される発光増幅部 2A とリング共振器 20 によって構成されるリングレーザーであってもよいし、発光増幅部 2A の両端にエッチング溝を形成し、その側面に半透過反射面を設けて共振器を構成したものであってもよい。半導体レーザー部 2 は、リング共振器 20 を互いに逆方向に周回する 2 つのレーザー光 (レーザー光 L1 とレーザー光 L2) を発生させる。発光増幅部 2A は、図 1 に示すように、光導波路 21 に 2 つ (光増幅部 2A1, 2A2) 又は 3 つ (光増幅部 2A1, 2A2, 2A3) 又はそれ以上設けることができる。

[0014] 半導体リングレーザー装置 1 は、リング共振器 20 から 2 つのレーザー光 L1, L2 を取り出すレーザー光取り出し部 3 を備えている。レーザー光取り出し部 3 は、図 1 に示した例では、リング共振器 20 を構成する光導波路 21 と取り出し光導波路 21A との間に設けられる反射部 22A をハーフミラー (ビームスプリッタ) にすることで構成しており、図 2 に示した例では、リング共振器 20 を構成する光導波路 21 と取り出し光導波路 21A との間に形成される光方向性結合器によって構成している。

[0015] 半導体リングレーザー装置 1 は、レーザー光取り出し部 3 から取り出された 2 つのレーザー光 L1, L2 の周波数差を検出する光検出部 4 を備えている。光検出部 4 は、Si 半導体基板 10 に形成され、取り出し光導波路 21

Aの端部に一体に形成されている。光検出部4は、レーザー光L1、L2のビート周波数を検出することでレーザー光L1、L2の周波数差を検出することができるものである。

[0016] 半導体リングレーザー装置1は、光検出部4が検出する検出信号を演算処理する演算処理部5をSi半導体基板10上に備えている。演算処理部5は、Si半導体基板10に作り込まれた半導体素子によって演算処理回路が形成されているものであってもよいし、Si半導体基板10上に実装したICチップによって構成したものであってもよい。

[0017] 図3は、本発明の実施形態に係る半導体リングレーザー装置における発光増幅部の構造と形成方法の一例を示した説明図である。まず、Si半導体基板10にヒ素(As)をドーピングした第1半導体層10nを形成する。ここでは第1半導体層10nはn型半導体層である。

[0018] 次に、図3(a)に示すように、第1半導体層10nに酸素を打ち込むなどしてSiO₂絶縁層11を形成する。図示の例では、第1半導体層10nの内部に内部絶縁層11aを形成し、第1半導体層10nの表面に一对の表面絶縁層11b、11cを形成している。内部絶縁層11aはSi半導体基板10の表面に酸素を打ち込んだ後加熱酸化処理することで内部にSiO₂層を拡散させるか、或いはSi半導体基板10の表面にSiO₂層を形成した後表面にSi膜を成膜するなどして形成することができる。一对の表面絶縁層11b、11cはフォトリソ工程でパターン形成されたマスク開口に酸素を打ち込んで加熱酸化処理することなどで形成することができる。

[0019] 次に、図3(b)に示すように、表面絶縁層11b、11cの外側にヒ素(As)を更にドーピングすることでn+層12を形成し、表面絶縁層11b、11cの間にボロン(B)を高濃度ドーピングすることで第2半導体層(p型半導体層)13を形成する。そして、図3(c)に示すように、n+層12の上に金属電極14を形成し、第2半導体層13の上に透明電極(ITOなど)15を形成した後、金属電極14と透明電極15との間に順方向電圧を印加して、pn接合部13aを流れる電流のジュール熱によるアニール処理で

ボロン（B）を拡散させる。また、このアニール処理の過程でp n接合部13 aに光Lを照射することで、p n接合部13 a近傍にドレスト光子を発生させる。

[0020] Si半導体基板自体は、間接遷移の半導体であって発光効率が低く、単にp n接合部を形成しただけでは有用な発光は得られず、また、それ自体可視光域の光透過性を有さない。これに対して、Si半導体基板にフォノンを援用したアニールを施して、p n接合部近傍にドレスト光子を発生させ、間接遷移型半導体であるSiをあたかも直接遷移型半導体であるかのように変化させることで、高効率・高出力なp n接合型発光が可能になる。このようなp n接合型発光を得るためのボロン（B）ドーピング条件の一例は、ドーピング密度： $5 \times 10^{13} / \text{cm}^2$ 、打ち込み時の加速エネルギー：700 keVとし、アニール過程で照射する光Lの波長は可視光域で所望の波長帯域とする。

[0021] その後は、図3（d）に示すように、透明電極15を除去して第2半導体層13の上に金属電極16を形成することで、p n接合部13 aを活性層とする発光増幅部2 Aが形成される。発光増幅部2 Aは金属電極14と金属電極16間に電圧を印加することで、p n接合部13 aからアニール過程で照射した光Lの波長と同等の波長の光が放出される。

[0022] 図4は、本発明の実施形態に係る半導体リングレーザ装置における光導波路の構造及び形成方法の一例を示した説明図である。図4（a）に示した工程は、前述した図3（a）と同工程でなされ、第1半導体層10 nの内部に内部絶縁層11 aを形成し、第1半導体層10 nの表面に一对の表面絶縁層11 b，11 cを形成している。次に図4（b）に示した工程は、図3（b）に示した工程と同工程でなされ、ここではn+層12を省いて、一对の表面絶縁層11 b，11 cの間に第2半導体層13を形成している。

[0023] 図4（c）に示した工程は、図3（c）に示した工程と同工程でなされ、一对の表面絶縁層11 b，11 cの外側の第1半導体層10 nの上に金属電極14を形成し、第2半導体層13の上に透明電極（ITOなど）15を形成した後、金属電極14と透明電極15との間に順方向電圧を印加してp n

接合部 13a を流れる電流のジュール熱によるアニール処理でボロン (B) を拡散させる。また、このアニール処理の過程で p n 接合部 13a に光 L を照射することで、p n 接合部 13a 近傍にドレスト光子を発生させる。

[0024] その後は、図 4 (d) に示すように、金属電極 14 及び透明電極 15 を除去することで、第 2 半導体層 13 を光ガイド層とし表面絶縁層 11b, 11c をクラッド層とする光導波路 21 が形成される。また、光導波路 21 は、図 4 (a) ~ (d) に示した形成方法に限らず、例えば、図 4 (e) に示したように、内部絶縁層 11a が形成された第 1 半導体層 10n にリブ 10r を形成することで、リブ型の光導波路 21 を形成することができる。なお、図 4 (e) に示した例では光導波路 21 を伝搬する光が Si 層を透過可能な赤外光に限定される。

[0025] 図 5 は、本発明の実施形態に係る半導体リングレーザ装置における光検出部の構造の一例を示した説明図である。光検出部 4 は、図 5 (b) に示すように、発光増幅部 2A と同様の p n 接合部 13a を有する構造を備えており、図 3 に示した形成工程と同じ工程で形成することができる。また、光検出部 4 は、図 5 (a) に示すような平面構造を備えており、第 2 半導体層 13 を光ガイド層とし表面絶縁層 11b, 11c をクラッド層とする光導波路 21 の延長に光検出部 4 が形成される。光検出部 4 は、光検出部 4 の金属電極 14 に接続される端子 4a, 4b と金属電極 16 に接続される端子 4c 間にはゼロバイアス又は逆バイアスを掛けて、光導波路 21 を伝搬してくるレーザ光 L1, L2 の入射による発生電流の変化を出力する。なお、光検出部 4 は、図 5 に示した例に限定されるものではなく、Si 半導体基板 10 上に実装又は接続した受光素子などで形成することができる。

[0026] 本発明の半導体リングレーザ装置 1 の動作について、リングレーザージャイロを例にして説明する。リングレーザージャイロは、sagnac 効果を利用して角速度を検出するものであり、半導体リングレーザ装置 1 が回転すると、リング共振器 20 を互いに逆方向に周回する 2 つのレーザ光 L1, L2 の周波数に差が生じるため、その差を光検出部 4 で検出することによって

半導体リングレーザー装置 1 の回転動作を検出することができる。

[0027] 光導波路 2 1 の発光増幅部 2 A に閾値以上の電流が注入されると、半導体レーザー部 2 のリング共振器 2 0 を形成する光導波路 2 1 を時計回りに伝播するレーザー光 L 1 と、反時計回りに伝播するレーザー光 L 2 とが励起される。レーザー光 L 1, L 2 の一部は、レーザー光取りだし部 3 を経由して取り出し光導波路 2 1 A に伝搬されて、取り出し光導波路 2 1 A の端部に形成されている光検出部 4 に入射する。取り出し光導波路 2 1 A で取り出されたレーザー光 L 1, L 2 は合成されて光検出部 4 に入射するので、光検出部 4 ではレーザー光 L 1, L 2 のビート周波数が検出され、これによってレーザー光 L 1, L 2 の周波数差が検出される。この周波数差によって回転の角速度を求めることができる。

[0028] このように本発明の実施形態に係る半導体リングレーザー装置 1 は、S i 半導体基板 1 0 の第 1 半導体層 1 0 n に B (ボロン) を高濃度でドーピングして第 2 半導体層 1 3 を形成し、この第 2 半導体層 1 3 に光を照射しながらアニール処理を施すことで得られる p n 接合部 1 3 a が発光増幅機能、光導波機能、光検出機能を有することを利用して、一つの S i 半導体基板 1 0 上に半導体リングレーザー装置 1 を形成したものである。これによると、光導波路 2 1 の一部に光増幅部 2 A や光検出部 4 を形成することができるので、これらを一連のフォトリソグラフィ工程を用いて形成することで煩雑な光軸合わせが不要になり、リングレーザーの安定発振が可能になると共に、精度の高い角速度検出が可能になる。また、S i 半導体基板 1 0 に光検出部 4 の検出信号を演算処理する演算処理部 5 を一体に作り込むことができるので、超小型・超軽量化の要求に応えることができる。

[0029] 以上、本発明の実施の形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこれらの実施の形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計の変更等があっても本発明に含まれる。また、上述の各実施の形態は、その目的及び構成等に特に矛盾や問題がない限り、互いの技術を流用して組み合わせることが可能である。

符号の説明

[0030] 1 : 半導体リングレーザー装置, 2 : 半導体レーザー部,
2 A : 発光増幅部,
3 : レーザー光取り出し部, 4 : 光検出部, 5 : 演算処理部,
1 0 : S i 半導体基板, 1 0 n : 第 1 半導体層,
1 1 : 絶縁層, 1 1 a : 内部絶縁層, 1 1 b, 1 1 c : 表面絶縁層,
1 2 : n + 層, 1 3 : 第 2 半導体層, 1 3 a : p n 接合部,
1 4, 1 6 : 金属電極, 1 5 : 透明電極,
2 0 : リング共振器, 2 1 : 光導波路, 2 1 A : 取り出し光導波路,
2 2 : 反射部, L 1, L 2 : レーザー光

請求の範囲

[請求項1]

一つのS i 半導体基板と、

前記S i 半導体基板に形成された光導波路によって構成されるリング共振器と、

前記光導波路の少なくとも一部に発光増幅部を備え、前記リング共振器を互いに逆方向に周回する2つのレーザー光を発生させる半導体レーザー部と、

前記S i 半導体基板に形成され、前記リング共振器から前記2つのレーザー光を取り出して当該2つのレーザー光の周波数差を検出する光検出部とを備え、

前記発光増幅部は、前記S i 半導体基板における第1半導体層にB（ボロン）を高濃度ドーピングして得られる第2半導体層に光を照射しながらアニール処理を施すことで得られるpn接合部を有することを特徴とする半導体リングレーザー装置。

[請求項2]

前記光検出部は、前記S i 半導体基板における第1半導体層にB（ボロン）を高濃度ドーピングして得られる第2半導体層に光を照射しながらアニール処理を施すことで得られるpn接合部を有することを特徴とする請求項1記載の半導体リングレーザー装置。

[請求項3]

前記第1半導体層は前記S i 半導体基板にヒ素（As）をドーピングしたn型半導体層であることを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体リングレーザー装置。

[請求項4]

前記S i 半導体基板は、前記光検出部の検出信号を演算処理する演算処理部を備え、

前記演算処理部は、前記S i 半導体基板に作り込まれた半導体素子によって演算処理回路が形成されていることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の半導体リングレーザー装置。

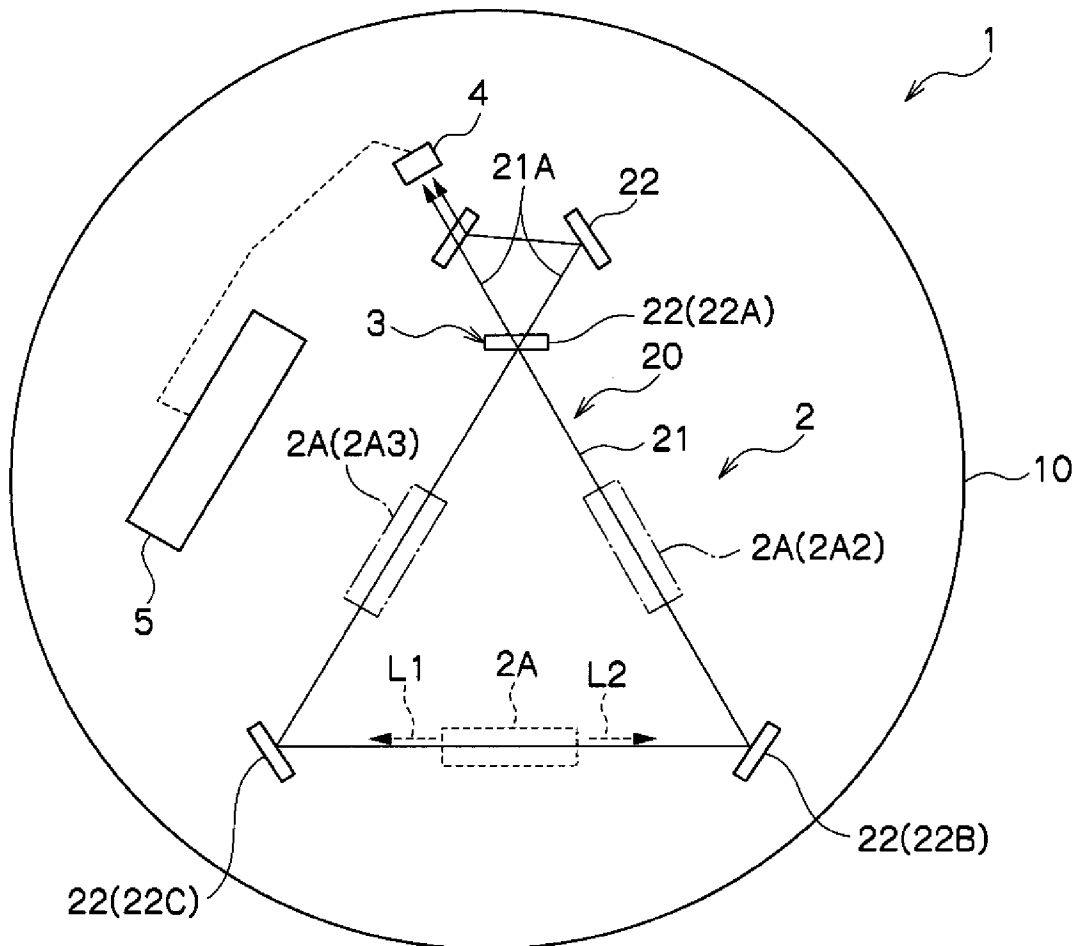
[請求項5]

前記リング共振器は、前記S i 半導体基板に形成された複数の反射部で折り返される複数の直線光導波路を有することを特徴とする請求

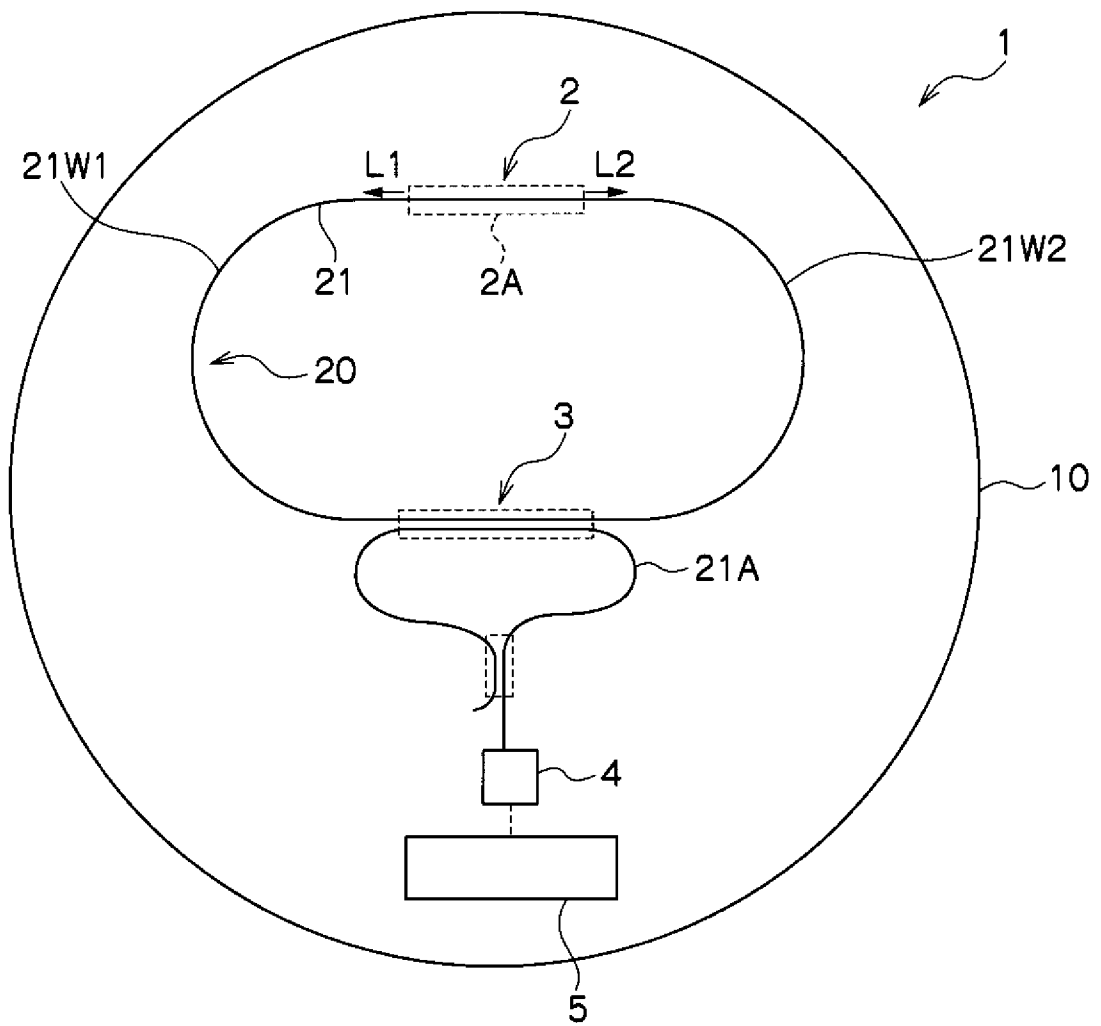
項 1 ～ 4 のいずれかに記載の半導体リングレーザー装置。

[請求項6] 前記リング共振器は、曲線光導波路を含む環状光導波路を有することを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の半導体リングレーザー装置。

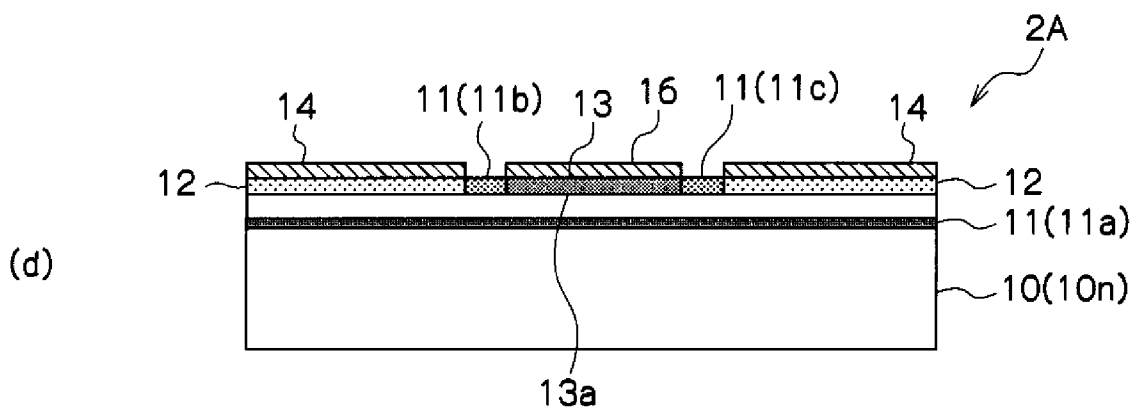
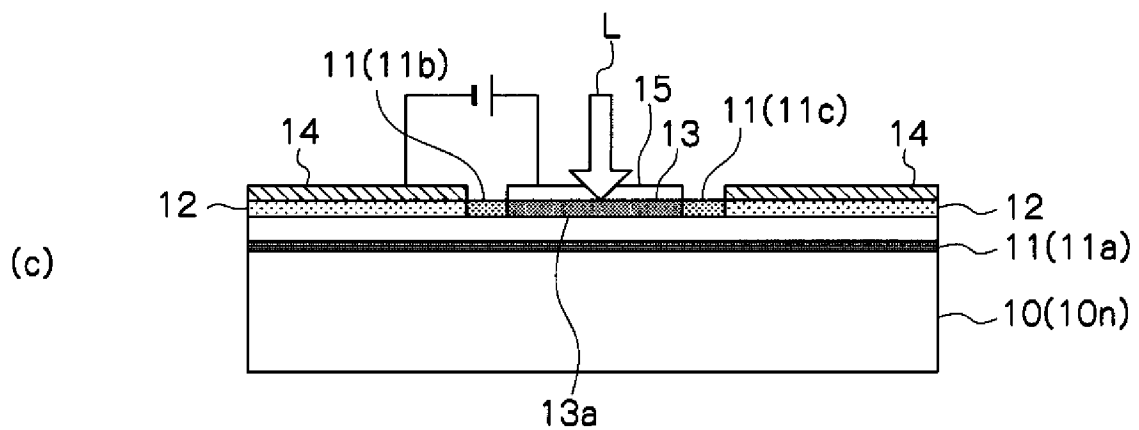
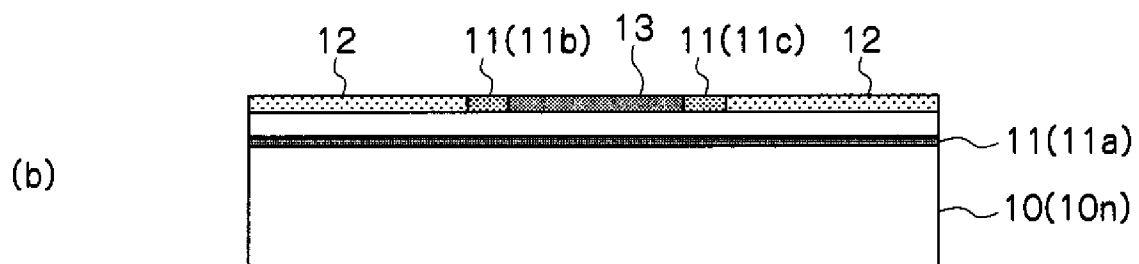
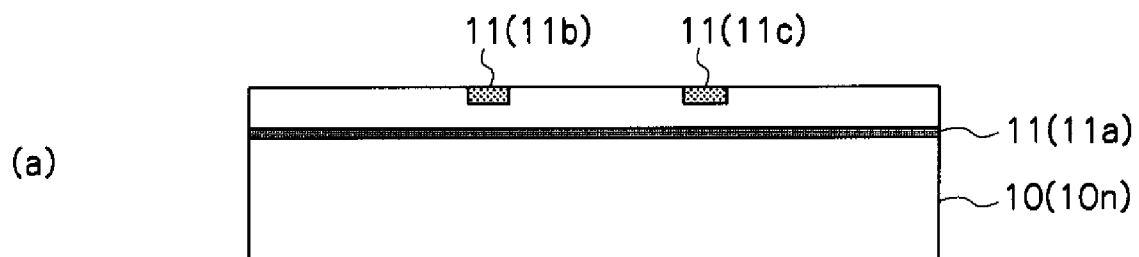
[図1]



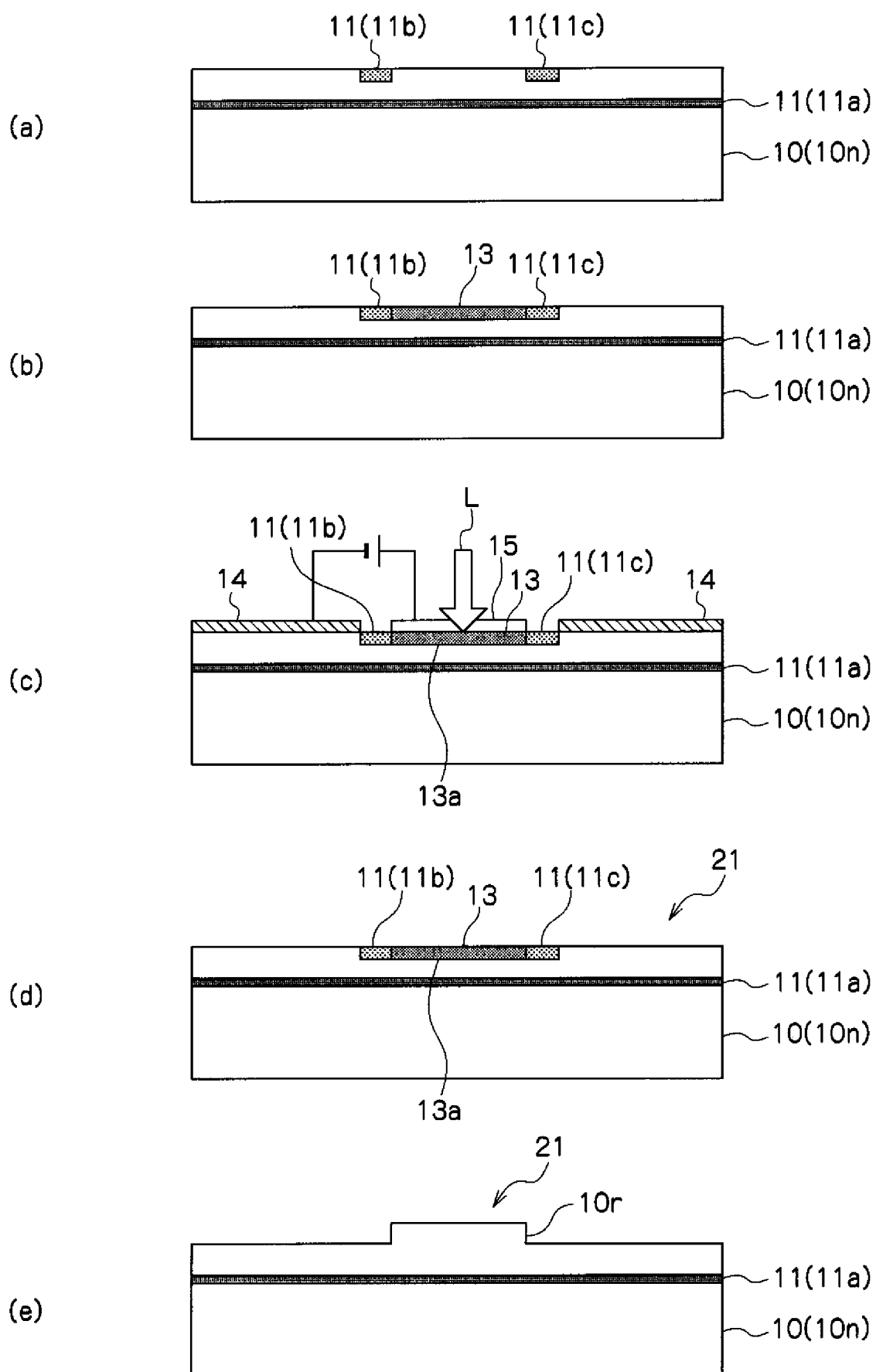
[図2]



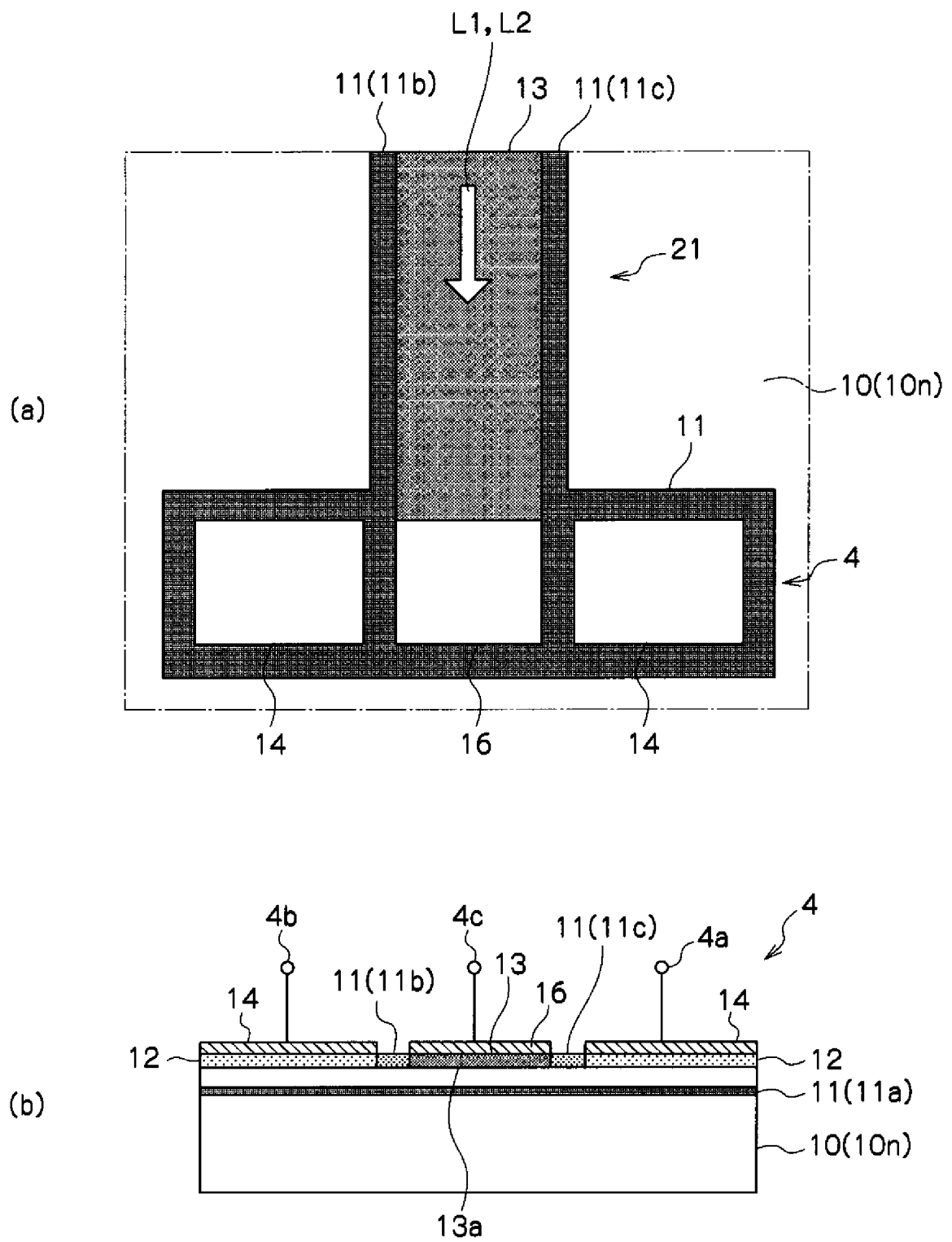
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/073778

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S5/14(2006.01)i, G01C19/72(2006.01)i, H01L31/10(2006.01)i, H01S5/32(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01S5/00-5/50, G01C19/64-19/72, H01L31/10-31/119

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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

JSTPlus (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2009/054467 A1 (Advanced Telecommunications Research Institute International), 30 April 2009 (30.04.2009), paragraphs [0031] to [0032], [0048] to [0056], [0079] to [0080], [0098] to [0103]; fig. 2, 10 & JP 2009-103646 A & JP 2009-103647 A	1-6
Y	JP 5-288556 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 02 November 1993 (02.11.1993), paragraph [0022]; fig. 4 (Family: none)	1-6
Y	KAWAZOE T. et al., Si homojunction structured near-infrared laser based on a phonon-assisted process, Applied Physics B, 2012.05.25, Vol. 107, p.659-663	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
07 October, 2013 (07.10.13)

Date of mailing of the international search report
15 October, 2013 (15.10.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/073778

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Tadashi KAWAZOE et al., "17p-B11-6 Homo Setsugo Si o Mochiita Si Laser no Dosa Kensho", 2012 Nen Shunki (Dai 59 Kai) Extended Abstracts, Japan Society of Applied Physics and Related Societies, 29 February 2012 (29.02.2012), page 03-187	1-6
Y	JP 2012-169565 A (Optoelectronic Industry and Technology Development Association), 06 September 2012 (06.09.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
Y	TANAKA H. et al., Increasing Si photodetector photosensitivity in near-infrared region and manifestation of optical amplification by dressed photons, Applied Physics B, 2012.05.24, Vol.108, p.51-56	1-6
Y	Hajime TANAKA et al., "17p-B11-3 Homo Setsugo Si o Mochiita 1.3µm Tai no Photodiode", 2012 Nen Shunki (Dai 59 Kai) Extended Abstracts, Japan Society of Applied Physics and Related Societies, 29 February 2012 (29.02.2012), page 03-184	1-6
Y	Hajime TANAKA et al., "Si Hikari Kenshutsuki no Kin Sekigaiiki deno Hikari Zofuku Kino Hatsugen", 2012 Nen Shuki (Dai 73 Kai) Extended Abstracts; the Japan Society of Applied Physics, 27 August 2012 (27.08.2012), page 03-137	1-6
Y	EP 1857779 A1 (Honeywell International Inc.), 21 November 2007 (21.11.2007), entire text; all drawings & JP 2007-309937 A & US 2007/0263224 A1	1-6
Y	EP 1906146 A2 (Honeywell International Inc.), 02 April 2008 (02.04.2008), paragraphs [0025], [0040], [0048], [0062] to [0063]; fig. 1 & JP 2008-89594 A & US 2008/0079947 A1	4
Y	JP 2001-280973 A (Canon Inc.), 10 October 2001 (10.10.2001), entire text; all drawings (Family: none)	4
Y	JP 2002-344079 A (Canon Inc.), 29 November 2002 (29.11.2002), paragraphs [0020] to [0037]; fig. 1 (Family: none)	5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/073778

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, Y	JP 2012-243824 A (The University of Tokyo), 10 December 2012 (10.12.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01S5/14(2006.01)i, G01C19/72(2006.01)i, H01L31/10(2006.01)i, H01S5/32(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01S5/00-5/50, G01C19/64-19/72, H01L31/10-31/119

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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）

JSTPlus(JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2009/054467 A1（株式会社国際電気通信基礎技術研究所） 2009.04.30, [0031]-[0032], [0048]-[0056], [0079]-[0080], [0098]-[0103], 図 2, 10 & JP 2009-103646 A & JP 2009-103647 A	1-6
Y	JP 5-288556 A（日本電信電話株式会社） 1993.11.02, 【0022】, 図 4（ファミリーなし）	1-6

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 7 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 5 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

日夏 貴史

2 X

9 4 1 1

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

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	KAWAZOE T. et al., Si homojunction structured near-infrared laser based on a phonon-assisted process, Applied Physics B, 2012. 05. 25, Vol. 107, p. 659-663	1-6
Y	川添忠 et al., 17p-B11-6 ホモ接合 Si を用いた Si レーザの動作検証, 2012 年春季(第 59 回)応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 2012. 02. 29, p. 03-187	1-6
Y	JP 2012-169565 A (一般財団法人光産業技術振興協会) 2012. 09. 06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6
Y	TANAKA H. et al., Increasing Si photodetector photosensitivity in near-infrared region and manifestation of optical amplification by dressed photons, Applied Physics B, 2012. 05. 24, Vol. 108, p. 51-56	1-6
Y	田中肇 et al., 17p-B11-3 ホモ接合 Si を用いた 1.3 μ m 帯のフォトダイオード, 2012 年春季(第 59 回)応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 2012. 02. 29, p. 03-184	1-6
Y	田中肇 et al., Si 光検出器の近赤外域での光増幅機能発現, 2012 年秋季(第 73 回)応用物理学会学術講演会講演予稿集, 2012. 08. 27, p. 03-137	1-6
Y	EP 1857779 A1 (Honeywell International Inc.) 2007. 11. 21, 全文, 全図 & JP 2007-309937 A & US 2007/0263224 A1	1-6
Y	EP 1906146 A2 (Honeywell International Inc.) 2008. 04. 02, [0025], [0040], [0048], [0062]-[0063], FIG. 1 & JP 2008-89594 A & US 2008/0079947 A1	4
Y	JP 2001-280973 A (キヤノン株式会社) 2001. 10. 10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	4
Y	JP 2002-344079 A (キヤノン株式会社) 2002. 11. 29, 【0020】 - 【0037】, 図 1 (ファミリーなし)	5
P, Y	JP 2012-243824 A (国立大学法人 東京大学) 2012. 12. 10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6