

(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
2011年6月3日(03.06.2011)



(10) 国際公開番号
WO 2011/065384 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/01 (2006.01) G02F 1/377 (2006.01)
G02B 6/122 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/070943
- (22) 国際出願日: 2010年11月24日(24.11.2010)
- (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 2009-267285 2009年11月25日(25.11.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): シチズンホールディングス株式会社 (CITIZEN HOLDINGS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1888511 東京都西東京市田無町六丁目1番12号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 滝澤 亨 (TAKIZAWA, Toru) [JP/JP]; 〒1888511 東京都西東京市田無町六丁目1番12号 シチズンホールディングス株式会社内 Tokyo (JP). 野崎 孝明 (NOZAKI, Takaaki) [JP/JP]; 〒1888511 東京都西

東京市田無町六丁目1番12号 シチズンホールディングス株式会社内 Tokyo (JP). 阿部 洋輔 (ABE, Yosuke) [JP/JP]; 〒1888511 東京都西東京市田無町六丁目1番12号 シチズンホールディングス株式会社内 Tokyo (JP).

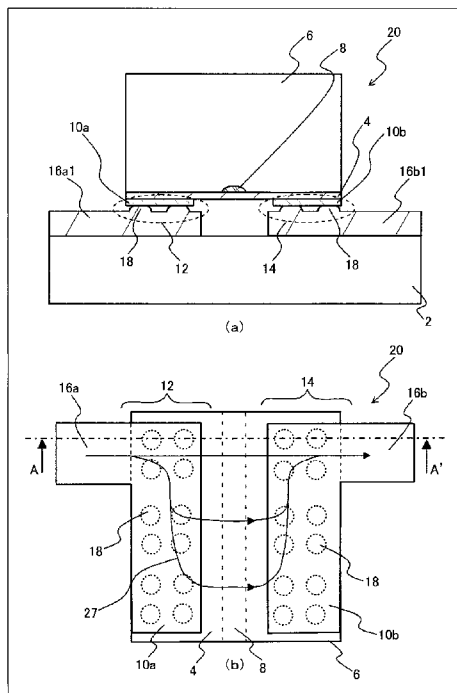
- (74) 代理人: 酒井 昭徳 (SAKAI, Akinori); 〒1006020 東京都千代田区霞が関3丁目2番5号 霞が関ビルディング20階 酒井総合特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL DEVICE

(54) 発明の名称: 光デバイス

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is an optical device (20) in which an optical element (6) having a light guide path (8) formed therein is joined to a substrate (2), and the light guide path (8) and a thin-film heater (4) for heating the light guide path (8) are formed on a surface facing the substrate (2) of the optical element (6). The optical element (6) and the substrate (2) are joined by a first joining part (12) and a second joining part (14) composed of a metal material, and the thin-film heater (4) and the wires on the substrate (2) are electrically connected by way of the first joining part (12) and the second joining part (14). As a result of adopting this type of structure, the wires for electrical connection do not have to be provided separately, excess area on the optical element (6) is eliminated and size can be reduced, and the manufacturing process can be simplified.

(57) 要約: 光デバイス (20) は、光導波路 (8) が形成された光素子 (6) が基板 (2) に接合されたものであり、光素子 (6) の基板 (2) と向かい合う面に、光導波路 (8) と、光導波路 (8) を加熱する薄膜ヒータ (4) とが形成され、光素子 (6) と基板 (2) とは、金属材料からなる第1の接合部 (12) と第2の接合部 (14) により接合され、第1の接合部 (12) と第2の接合部 (14) を介して、薄膜ヒータ (4) と基板 (2) 上の配線とが導通接続したことを特徴とする。このような構成とすることにより、導通接続のための配線を別途設ける必要がなくなり、光素子6上の余分な領域を無くして小型化を可能し、製造工程を簡略化することが可能となる。



MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：光デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、光導波路が形成された光素子が基板上に接合された光デバイスに関する。

背景技術

[0002] 光素子等に形成された光導波路は、光導波路部分とその周辺との屈折率差を用いて、光導波路内に光を閉じ込め、光を必要な場所へ導くための構造体である。光導波路に用いられる材料は屈折率が大きく、温度による熱膨張や熱光学効果によってサイズや屈折率等の特性が変化してしまうことがある。そのため光導波路の温度を一定に保つための対策が採られていることが一般的である。

[0003] 光導波路が形成された光素子、特に第二高調波発生素子においては、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3 : LN)、タンタル酸リチウム (LiTaO_3 : LT) などの結晶材料が使われており、さらにこの結晶内に波長変換機能を持たせるために分極反転が施されている。このデバイスはレーザダイオード (LD) との組み合わせで使われることが多い。分極反転周期は変換する波長に応じて決まり、この分極反転周期が温度の影響でずれてしまうと波長の変換効率が低下してしまう。

[0004] このため、光導波路の温度を一定にするように温度制御の手段が採られている。例えば下記特許文献1に明示されているように、光導波路上に薄膜ヒータを形成してこの薄膜ヒータで光導波路を加熱することにより、周囲の環境によらず光導波路の温度が一定になるように制御し、第2高調波発生素子の波長の変換効率の低下を防ぐものである。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平11-326966号公報（第6頁、図1）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] しかし、上述した従来技術では、以下のような問題がある。一般的に薄膜ヒータは光素子上に形成された導電膜からなり、この導電膜へ電流を流して光導波路を加熱することで温度制御が行われる。よって、薄膜ヒータへ電流を供給するために、光素子上に電極を形成し、この電極と導通接続するための配線を別途設ける必要がある。
- [0007] また、光素子は基板等を実装されて使用される。このため、実装するための領域を光素子上に設ける必要がある。以上より、従来技術では、高価な結晶材料を使用している光素子の面積が大きくなってしまいう問題がある。また従来技術では、光素子の実装、薄膜ヒータの導通接続のための工程が複雑であるという問題がある。
- [0008] そこで、本発明は上記課題を解決し、光素子上の余分な領域を無くして小型化を可能とするとともに、製造工程を簡略化することを可能とする光デバイスを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0009] 上述した課題を解決し、目的を達成するため、本発明の光デバイスは下記記載の構成を採用するものである。
- [0010] 本発明の光デバイスは、光導波路が形成された光素子が基板に接合された光デバイスにおいて、光素子の基板と向かい合う面に、光導波路と、光導波路を加熱する薄膜ヒータとが形成され、光素子と基板とは、金属材料からなる第1の接合部と第2の接合部により接合され、第1の接合部と第2の接合部を介して、薄膜ヒータと基板上の配線とが導通接続される。また、第1の接合部と第2の接合部は、光導波路を挟んで位置させる。この第1と第2の接合部が、光デバイスと基板間との接合箇所になるとともに、薄膜ヒータへ電流を供給するための電氣的接続点になる。
- [0011] さらに本発明の光デバイスは、前述した構成に加えて、薄膜ヒータの上に形成された第1の電極および第2の電極と、基板上に形成された第1の金属

配線および第2の金属配線と、を備え、第1の電極と第1の金属配線とが接合して第1の接合部を形成し、第2の電極と第2の金属配線とが接合して第2の接合部を形成することを特徴とする。

[0012] さらに本発明の光デバイスは、前述した構成に加えて、複数の第1の電極と、複数の第2の電極と、複数の第1の金属配線と、複数の第2の金属配線と、を備え、各第1の電極と各第1の金属配線とがそれぞれ接合して、第1の接合部を形成し、各第2の電極と各第2の金属配線とがそれぞれ接合して、第2の接合部を形成することを特徴とする。

[0013] さらに本発明の光デバイスは、前述した構成に加えて、光素子に複数の薄膜ヒータが形成され、各薄膜ヒータ上に、いずれかの第1の電極およびいずれかの第2の電極が形成されたことを特徴とする。第1の接合部と第2の接合部がそれぞれ1箇所では、薄膜ヒータへの電流供給が2箇所になってしまう。そのため薄膜ヒータ全体への電流供給になり、所望の場所への電流供給はできない。しかし接合部が複数あり、外部の所定の位置から電流を供給することで所望の位置での温度制御が可能となる。

[0014] さらに本発明の光デバイスは、前述した構成に加えて、本発明における光デバイスの第1の接合部と第2の接合部を形成する金属材料は、Auであることを特徴とする。接続部がAuとAu間の金属間接合であるため、電気的な導通が可能となる。

[0015] さらに本発明の光デバイスは、前述した構成に加えて、本発明における光デバイスの第1の接合部と第2の接合部はマイクロバンプ構造を有することを特徴とする。このマイクロバンプ構造にすることにより、面での接触ではなく、点での接触になるため、接合時に金属間接合に必要な金属の清浄面が出しやすいので、接合が容易になる。

[0016] さらに本発明の光デバイスは、前述した構成に加えて、基板と光素子とが、接合部により表面活性化接合で接合されたことを特徴とする。このマイクロバンプ面と、対向する面をプラズマで活性化することで接合がなされるため、Au-Sn間の接合のように熱を印加しての接合方法ではなく、低温で

の接合が可能となる。

- [0017] さらに本発明の光デバイスは、前述した構成に加えて、本発明における光デバイスの薄膜ヒータは透明電極で形成されたことを特徴とする。薄膜ヒータとしての機能だけで考えれば、透明電極である必要性はない。しかし薄膜ヒータの近傍に光を導波させる導波路があるため、ここにレーザのような強力な光が照射された場合、この薄膜ヒータが光に対して透明でないと、光のエネルギーを吸収してしまい、損傷を受ける可能性がある。
- [0018] さらに本発明の光デバイスは、前述した構成に加えて、本発明における光デバイスの薄膜ヒータは、酸化インジウム（ITO）、または酸化亜鉛（ZnO）、酸化スズやこれらに不純物をドーピングした膜で形成されたことを特徴とする。
- [0019] さらに本発明の光デバイスは、前述した構成に加えて、本発明の光デバイスにおける光素子は、光導波路を導波する光を波長変換する波長変換素子であることを特徴とする。例えば一例を挙げると、近赤外領域の波長のレーザ光を用い、波長変換素子として第2高調波発生（SHG：Second Harmonic Generation）素子を用いる場合もある。
- [0020] さらに、本発明の光デバイスは、前記基板には、レーザダイオードと、前記レーザダイオードから出射された光を導波する光導波路と、前記光導波路を導波する光を波長変換する波長変換素子と、ファイバーブラッググレーティングとが前記光導波路の光軸方向に沿って設けられ、熱伝導性の良好な材質からなり、前記基板が搭載されるベース基板を備え、前記ベース基板は、一端側に位置する前記レーザダイオードが搭載された基板に接合されるとともに、前記波長変換素子から前記ファイバーブラッググレーティングまでの間には、前記基板との間に空間部が形成され、他端側に位置する前記ファイバーブラッググレーティングの端部が熱伝導性の良好な支持台を用いて前記基板を支持することを特徴とする。このように、レーザダイオードが位置する部分の基板だけをベース基板に接合することにより、レーザダイオードの熱をベース基板に効率的に放熱できる。また波長変換素子およびファイバー

ブラッググレーティング下部には空間部が形成されており、レーザダイオードの熱の影響を受けにくい。

[0021] さらに、本発明の光デバイスは、前記波長変換素子に設けられた前記第 1 の電極および前記第 2 の電極は、前記光導波路を挟み、前記波長変換素子の端部位置にそれぞれ位置することを特徴とする。この構成によれば、中央の光導波路に対する熱抵抗を増やすことができる。

[0022] さらに、本発明の光デバイスは、前記基板には、前記第 1 の金属配線と、複数の前記第 2 の金属配線が設けられる部分に、所定高さの酸化膜を形成し、前記基板と前記波長変換素子との間の空間高さを高くしたことを特徴とする。この構成によれば、基板と光素子との間の空間の高さを高くでき、熱伝導性を低くできる。

[0023] さらに、本発明の光デバイスは、前記基板には、前記第 1 の金属配線と、複数の前記第 2 の金属配線が設けられる部分に、基板の材料をポーラス状に加工した箇所を設け、熱伝導性を低くしたことを特徴とする。

[0024] さらに、本発明の光デバイスは、前記第 1 の電極および前記第 2 の電極を前記光導波路に沿って分割して複数設け、分割された前記第 1 の電極間、および前記第 2 の電極間には、前記第 1 の電極および前記第 2 の電極と同じ材質からなり、かつ前記第 1 の電極および前記第 2 の電極と電氣的に絶縁された侵入防止壁を設け、前記侵入防止壁により、前記波長変換素子を前記基板に固着する際の接着剤の内部への侵入を防止したことを特徴とする。この構成によれば、第 1 の電極および第 2 の電極を分割することにより基板との接合面積が減少するが、接着剤を用いて光素子を接着でき、侵入防止壁はこの接着剤の内部への侵入を防止する。

[0025] さらに、本発明の光デバイスは、前記基板の下面には、貫通しない複数の溝を形成したことを特徴とする。この構成によれば、複数の溝により基板の熱抵抗を高くすることができる。

[0026] さらに、本発明の光デバイスは、前記基板の下面には、当該基板の縁部を残して凹部を開口形成したことを特徴とする。この構成によれば、複数の溝

により基板の熱抵抗を高くすることができる。

- [0027] さらに、本発明の光デバイスは、前記波長変換素子は、前記光導波路に沿って平行に設けられるヒータと、前記第 1 の電極および前記第 2 の電極から前記ヒータに接続される導出部を有し、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極と前記導出部は同一の材質によりなり、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極を前記基板の前記第 1 の金属配線および前記第 2 の金属配線との接合に用いるとともに、前記ヒータの電極として兼用することを特徴とする。この構成によれば、光導波路に沿ってヒータを設けることにより光導波路を温度制御でき、ヒータの電極を個別に導出する必要がない。

発明の効果

- [0028] 本発明は、基板と光素子とを金属材料からなる接合部により接合し、かつ、この接合部を介して薄膜ヒータを導通接続させることにより、導通接続のための配線を別途設ける必要がなくなり、光素子上の余分な領域を無くして小型化を可能にし、製造工程を簡略化することが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0029] [図1] 図 1 は、本発明の実施例 1 の光デバイスの構成を示す説明図である。
[図2] 図 2 は、本発明の実施例 2 の光デバイスの構成を示す説明図である。
[図3] 図 3 は、本発明の実施例 3 の光デバイスの構成を示す説明図である。
[図4] 図 4 は、本発明の実施例 4 の光デバイスの構成を示す正面図である。
[図5] 図 5 は、本発明の実施例 4 の他の光デバイスの構成を示す正面図である。
。
[図6] 図 6 は、本発明の実施例 4 の他の光デバイスの構成を示す正面図である。
。
[図7-1] 図 7 - 1 は、波長変換素子と基板との接合構造を示す側面図である。
[図7-2] 図 7 - 2 は、波長変換素子と基板との接合構造を示す側面図である。
[図7-3] 図 7 - 3 は、波長変換素子と基板との接合構造を示す側面図である。
[図8-1] 図 8 - 1 は、本発明の実施例 5 の光デバイスの構成を示す側面図である。

[図8-2] 図 8 - 2 は、図 8 - 1 に示した光デバイスの上面図である。

[図8-3] 図 8 - 3 は、実施例 5 の他の光デバイスの構成を示す側面図である。

[図9-1] 図 9 - 1 は、実施例 6 の光デバイスの構成を示す正面図である。

[図9-2] 図 9 - 2 は、実施例 6 の他の光デバイスの構成を示す正面図である。

[図9-3] 図 9 - 3 は、実施例 6 の他の光デバイスの構成を示す正面図である。

[図10-1] 図 1 0 - 1 は、ヒータの構造を説明する平面図である。

[図10-2] 図 1 0 - 2 は、ヒータの構造を説明する側面図である。

[図10-3] 図 1 0 - 3 は、分極反転用の電極を示す側面図である。

[図11-1] 図 1 1 - 1 は、分割された複数の電極を介してヒータの印加電圧を検知する説明図である。

[図11-2] 図 1 1 - 2 は、分割された複数の電極を介してヒータの印加電圧を検知する説明図である。

発明を実施するための形態

[0030] 以下、本発明を実施するための形態を図面に基づいて具体的に説明する。

[0031] [実施例 1 : 図 1]

まず、本発明の実施例 1 の光デバイスの構成について説明する。図 1 は、本発明の実施例 1 の光デバイス 2 0 の構成を示す説明図である。図 1 (a) は光デバイス 2 0 の断面図である。図 1 (b) は光デバイス 2 0 の平面図であり、図 1 (a) の下方から見た状態を示す。説明のため、図 1 (b) では光デバイス 2 0 を構成する一部の部材のみを示す。また、図 1 (a) は、図 1 (b) の A - A' で示す箇所の断面を示す。

[0032] 図 1 に示すように、本発明の実施例 1 の光デバイス 2 0 は、光を導波するための光導波路 8 が形成された光素子 6 が基板 2 に接合された構成を備える。以下、それぞれの構成について詳細に説明する。

[0033] 図 1 に示すように、光導波路 8 は光素子 6 の基板 2 と向かい合う面に形成される。光導波路 8 について、一例として、光素子 6 が LiNbO_3 (ニオブ酸リチウム、 $\text{LN: Lithium Niobate}$) により形成された場合について述べる。この場合、プロトンエクスチェンジ (PE: Proto

n Exchange) 法という方法が用いられることが多い。

[0034] この場合、予めPE法を施したい位置（光導波路が形成される箇所）を開口した状態で、 LiNbO_3 からなる光素子をピロリン酸中に浸漬させることで、 LiNbO_3 中のLiとピロリン酸中のプロトン間でイオン交換を行う。その後でアニール処理を行うことで、光学特性を安定化させる。このイオン交換領域の形状は、開口幅やアニール処理時間等で制御される。このように形成した光導波路8は、周囲の LiNbO_3 に比べて屈折率が高くなり、光を導波しやすくなる。

[0035] また、この光素子6が波長変換素子である場合には、光導波路8には基本波として素子の一端から入射される光の波長を変換するために、分極反転領域が形成されている。分極反転領域とは、光素子6を構成する LiNbO_3 の分極状態を、ある特定の周期で互いに 180° 異なる領域を形成したものをいう。この周期は波長変換素子として、使用する波長や使用する温度環境などによって設計され、約数 μm の周期で形成されている。この領域を形成するためには、自発分極に対して 180° 異なる方向に分極反転させる。分極反転をさせる方法にはいくつかあるが、代表的なところでは高電界を印加して、分極方向を反転させる高電界印加法がある。

[0036] また図1に示すように、光導波路8が形成されている面に、薄膜ヒータ4として透明導電膜が形成される。この薄膜ヒータ4を形成する透明導電膜として、一例として酸化インジウム（ITO）膜を用いることができる。ここで薄膜ヒータ4を、光導波路8を導波する光に対して透明な導電膜で形成することにより、レーザ等の強い光が光導波路8を導波して、この強い光により薄膜ヒータ4が照射された場合であっても、この光が吸収されることによる薄膜ヒータ4の損傷を抑えることができる。薄膜ヒータ4を形成する透明導電膜として、酸化インジウム（ITO）膜とは別に、酸化亜鉛（ZnO）、酸化スズ、またはこれらに不純物をドーピングした膜でも同様の効果が期待できる。

[0037] さらに図1に示すように、薄膜ヒータ4の上に、導波路8に対して一方の

側に位置する第１の電極１０ａと他の側に位置する第２の電極１０ｂとが形成される。また、基板２上に第１の金属配線１６ａおよび第２の金属配線１６ｂが形成される。第１の金属配線１６ａおよび第２の金属配線１６ｂは、光素子６に形成された第１の電極１０ａ、第２の電極１０ｂに応じた位置にマイクロバンプ１８が形成されている。

[0038] 光素子６に形成された第１の電極１０ａおよび第２の電極１０ｂと、基板２上に形成された第１の金属配線１６ａおよび第２の金属配線１６ｂとは、それぞれ例えば金（Ａｕ）を材料として形成される。この金（Ａｕ）を材料として形成された第１の電極１０ａおよび第２の電極１０ｂと、第１の金属配線１６ａおよび第２の金属配線１６ｂとは、例えば、常温活性化接合により接合される。

[0039] この常温活性化接合は、第１の金属配線１６ａおよび第２の金属配線１６ｂ上のマイクロバンプ１８と、第１の電極１０ａおよび第２の電極１０ｂの表面をアルゴン（Ａｒ）プラズマに曝すことで活性化させ、低温で圧力をかけることで、マイクロバンプ１８が潰れて清浄面が露出し、各マイクロバンプ１８と第１の電極１０ａおよび第２の電極１０ｂとを金属間接合させる接合方法である。ここで図１に示すように、導波路８に対して一方の側に位置する第１の電極１０ａと第１の金属配線１６ａとで第１の接合部１２をなし、導波路８に対して他方の側に位置する第２の電極１０ｂと第２の金属配線１６ｂとで第２の接合部１４をなす。この第１の接合部１２と第２の接合部１４により、光素子６は基板２に接合された状態となる。このとき、第１の接合部１２と第２の接合部１４は導波路８の直下には位置しておらず、導波路８の両側部に位置しているため、常温活性化接合時に導波路８に加重が加わることを避けることができる。

[0040] また、第１の金属配線１６ａは、第１の接合部１２を介して薄膜ヒータ４と電氣的に接続され、第２の金属配線１６ｂは、第２の接合部１２を介して薄膜ヒータ４と電氣的に接続されている。よって、第１の金属配線１６ａと第２の金属配線１６ｂとの間に電流を流すことにより、図１（ｂ）の印加電

流 27 に示すように薄膜ヒータ 4 に電流が流れて発熱し、この熱が光導波路 8 に伝わり光導波路 8 が加熱され、温度制御が可能となる。

[0041] 上述したように本発明の実施例 1 の光デバイス 20 は、基板 2 と光素子 6 とを金属材料からなる第 1 の接合部 12 および第 2 の接合部 14 により接合し、かつ、これらの接合部を介して薄膜ヒータ 4 を導通接続させるものである。これにより、本発明の実施例 1 の光デバイス 20 は、導通接続のための配線を別途設ける必要がなくなり、光素子 6 上の余分な領域を無くして小型化を可能とするとともに、製造工程を簡略化することを可能とするものである。

[0042] [実施例 2 : 図 2]

次に、本発明の実施例 2 の光デバイスの構成について説明する。図 2 は、本発明の実施例 2 の光デバイス 30 の構成を示す説明図である。図 2 (a) は光デバイス 30 の断面図である。図 2 (b) は光デバイス 30 の平面図であり、図 2 (a) の下方から見た状態を示す。説明のため、図 2 (b) では光デバイス 30 を構成する一部の部材のみを示す。また、図 2 (a) は、図 2 (b) の B-B' で示す箇所の断面を示す。

[0043] 図 2 において、実施例 1 と同一の構成部材には同一の番号を付して、重複する説明は省略する。本発明の実施例 2 の光デバイス 30 は、光を導波するための光導波路 8 が形成された光素子 6 が基板 2 に接合された構成を備える。実施例 2 の光デバイス 30 は、光素子 6 に形成された電極と、基板 2 上に形成された金属配線とが、実施例 1 の光デバイス 20 と異なるものである。

[0044] 実施例 2 の光デバイス 30 は、基板 2 上に、複数の第 1 の金属配線 (図 2 (b) に示す例では、第 1 の金属配線 16a1、16a2、16a3) が形成される。また、光デバイス 30 は、基板 2 上に、複数の第 2 の金属配線 (図 2 (b) に示す例では、第 2 の金属配線 16b1、16b2、16b3) が形成される。

[0045] また図 2 に示すように、光デバイス 30 は、光素子 6 の薄膜ヒータ 4 上に、複数の第 1 の電極 (図 2 (b) に示す例では、第 1 の電極 10a1、10

a 2、10 a 3) が形成される。さらに光デバイス 30 は、光素子 6 の薄膜ヒータ 4 上に、複数の第 2 の電極 (図 2 (b) に示す例では、第 2 の電極 10 b 1、10 b 2、10 b 3) が形成される。

[0046] 第 1 の金属配線 16 a 1、16 a 2、16 a 3 および第 2 の金属配線 16 b 1、16 b 2、16 b 3 は、光素子 6 に形成され第 1 の電極 10 a 1、10 a 2、10 a 3 および第 2 の電極 10 b 1、10 b 2、10 b 3 に応じた位置にマイクロバンプ 18 が形成されている。

[0047] 第 1 の電極 10 a 1、10 a 2、10 a 3、第 2 の電極 10 b 1、10 b 2、10 b 3、第 1 の金属配線 16 a 1、16 a 2、16 a 3 および第 2 の金属配線 16 b 1、16 b 2、16 b 3 は、例えば金 (Au) を材料として形成され、常温活性化接合により、図 2 に示すように接合される。第 1 の電極 10 a 1、10 a 2、10 a 3 と第 1 の金属配線 16 a 1、16 a 2、16 a 3 とで第 1 の接合部 12 をなし、第 2 の電極 10 b 1、10 b 2、10 b 3 と第 1 の金属配線 16 b 1、16 b 2、16 b 3 とで第 2 の接合部 14 をなす。この第 1 の接合部 12 と第 2 の接合部 14 により、光素子 6 は基板 2 に接合された状態となる。

[0048] また、第 1 の金属配線 16 a 1、16 a 2、16 a 3 は、それぞれ第 1 の接合部 12 を介して薄膜ヒータ 4 と電氣的に接続され、第 2 の金属配線 16 b 1、16 b 2、16 b 3 は、それぞれ第 2 の接合部 14 を介して薄膜ヒータ 4 と電氣的に接続されている。このように構成されていることにより、実施例 2 の光デバイス 30 では、光導波路 8 の部分的な加熱が可能になる。

[0049] 例えば、図 2 (b) に示すように、第 1 の金属配線 16 a 1 と第 2 の金属配線 16 b 1 間に印加電流 28 a を流すことで、薄膜ヒータ 4 の領域 22 が発熱し、光導波路 8 のこの領域が重点的に加熱される。同様に、第 1 の金属配線 16 a 2 と第 2 の金属配線 16 b 2 間に印加電流 28 b を流すことで光導波路 8 の領域 24 が重点的に加熱され、第 1 の金属配線 16 a 3 と第 2 の金属配線 16 b 3 間に印加電流 28 c を流すことで光導波路 8 の領域 26 が重点的に加熱される。

[0050] また、全ての第１の金属配線１６ａ１、１６ａ２、１６ａ３と全ての第２の金属配線１６ｂ１、１６ｂ２、１６ｂ３の間に印加電流２８ａを流すことで、光導波路８の全ての領域を加熱することができる。さらに、隣り合う金属配線どうしではなく、斜めに位置する金属配線どうし、例えば、第１の金属配線１６ａ１と第２の金属配線１６ｂ２の間に電流を流し、光導波路８の所定の領域を加熱してもよい。このように、実施例２の光デバイス３０は、電流を流す金属配線の選択、組み合わせにより、光導波路８の部分的な加熱を最適に行うことが可能になる。

[0051] 図１および図２に示すように、光導波路８が基板２と向かい合う側に位置し、この導波路８の上に薄膜ヒータ４が形成されることにより、光導波路８が基板２と反対側に形成される構成と比較して、薄膜ヒータ４による光導波路８の加熱による温度制御の効果を大きくすることができる。また、光導波路８が基板２と向かい合う側に位置することにより、基板２の上面を基準として光素子の高さを調整することができる。よって、レーザダイオード等の他の発光素子との光結合において、発光素子との高さ調整を容易に行うことが可能となる。

[0052] [実施例３：図３]

次に、本発明の実施例３の光デバイスの構成について説明する。図３は、本発明の実施例３の光デバイス４０の構成を示す説明図である。実施例３の光デバイス４０の断面図は、図２（ａ）に示す実施例２の光デバイス３０の断面図と同じになるので、省略する。図３は光デバイス４０の平面図であり、光デバイス４０を構成する一部の部材のみを示す。

[0053] 図３において、実施例１、２と同一の構成部材には同一の番号を付して、重複する説明は省略する。実施例３の光デバイス４０は、光を導波するための光導波路８が形成された光素子６が基板２に接合された構成を備える。実施例３の光デバイス４０は、光素子６上に形成された薄膜ヒータ４の形状が、実施例２の光デバイス３０と異なるものである。

[0054] 実施例３の光デバイス４０は、基板２上に、複数の薄膜ヒータ（図３に示

す例では、薄膜ヒータ 4 a、4 b、4 c) が形成される。各薄膜ヒータ 4 a、4 b、4 c 上にそれぞれ、第 1 の接合部 1 2 を形成するいずれかの第 1 の電極 1 0 a と、第 2 の接合部 1 4 を形成するいずれかの第 2 の電極 1 0 b とが形成される。図 3 に示す例では、薄膜ヒータ 4 a 上に第 1 の電極 1 0 a 1 と第 2 の電極 1 0 b 1 とが形成され、薄膜ヒータ 4 b 上に第 1 の電極 1 0 a 2 と第 2 の電極 1 0 b 2 とが形成され、薄膜ヒータ 4 c 上に第 1 の電極 1 0 a 3 と第 2 の電極 1 0 b 3 とが形成される。

[0055] 以上より、第 1 の金属配線 1 6 a 1 は、第 1 の接合部 1 2 を介して薄膜ヒータ 4 a と電氣的に接続され、第 2 の金属配線 1 6 b 1 は、第 2 の接合部 1 4 を介して薄膜ヒータ 4 a と電氣的に接続される。同様に、第 1 の金属配線 1 6 a 2 は、第 1 の接合部 1 2 を介して薄膜ヒータ 4 b と電氣的に接続され、第 2 の金属配線 1 6 b 2 は、第 2 の接合部 1 4 を介して薄膜ヒータ 4 b と電氣的に接続される。また、第 1 の金属配線 1 6 a 3 は、第 1 の接合部 1 2 を介して薄膜ヒータ 4 c と電氣的に接続され、第 2 の金属配線 1 6 b 3 は、第 2 の接合部 1 4 を介して薄膜ヒータ 4 c と電氣的に接続される。

[0056] このような構成を備える光デバイス 4 0 において、例えば、図 3 に示すように、第 1 の金属配線 1 6 a 1 と第 2 の金属配線 1 6 b 1 間に電流を流すことで、薄膜ヒータ 4 の領域 2 2 のみに印加電流 2 8 a が流れて発熱し、光導波路 8 のこの領域のみが加熱される。同様に、第 1 の金属配線 1 6 a 2 と第 2 の金属配線 1 6 b 2 間に電流を流すことで、薄膜ヒータ 4 の領域 2 4 のみに印加電流 2 8 b が流れて発熱し、光導波路 8 のこの領域のみが加熱される。さらに、第 1 の金属配線 1 6 a 3 と第 2 の金属配線 1 6 b 3 間に電流を流すことで、薄膜ヒータ 4 の領域 2 6 のみに印加電流 2 8 c が流れて発熱し、光導波路 8 の領域 2 6 のみが加熱される。

[0057] また、全ての第 1 の金属配線 1 6 a 1、1 6 a 2、1 6 a 3 と全ての第 2 の金属配線 1 6 b 1、1 6 b 2、1 6 b 3 の間に印加電流 2 8 a を流すことで、光導波路 8 の全ての領域を加熱することができる。このように、実施例 3 の光デバイス 4 0 は、複数の薄膜ヒータ 4 a、4 b、4 c が形成され、各

薄膜ヒータ 4 a、4 b、4 c がそれぞれ異なる第 1 の金属配線 16 a および第 2 の金属配線 16 b に接続されることにより、実施例 2 の光デバイス 30 と比較して、光導波路 8 の部分的な加熱を確実に行うことが可能となる。

[0058] 上述した各実施形態の説明では、PE 法により形成された光導波路の例を示したが、異なる光導波路の形成方法を用いても同様の効果が期待できる。例えば一例としてはリッジ型光導波路がある。これは、PE 法のように、 LiNbO_3 の一部を高屈折率化するのではなく、 LiNbO_3 自体を加工して光導波路を作成し、 LiNbO_3 と周辺の空気との屈折率差を利用して光を導波する構造になっている。

[0059] [実施例 4 - 1 : 図 4]

次に、本発明の実施例 4 の光デバイスの構成について説明する。図 4 は、本発明の実施例 4 の光デバイス 50 の構成を示す正面図である。実施例 4 では、光素子の温度制御の構造について説明する。基板 2 上には複数の光素子としてレーザダイオード (LD) 51、波長変換素子 (PPLN) 52、ファイバーブラッググレーティング (FBG) 53 が搭載されている。図示のように、波長変換素子 52 の下部には上述した薄膜ヒータ 4 が設けられている。基板 2 は、例えばシリコン (Si) からなる。この基板 2 は、熱伝導特性の良好な金属製のベース基板 55 上に設けられている。

[0060] 図 4 に示す温度制御は、

- 1) 波長変換素子 52 の波長と、FBG 53 の変換波長をそろえるために、基板 2 上の光素子を温度一定にする。
- 2) LD 51 からの発熱は、外部に放熱して外部環境温度 + 5°C に抑える。
- 3) 波長変換素子 52 の部分の薄膜ヒータ 4 により、最高環境温度 + 5°C まですべて常時加熱する。

[0061] このため、ベース基板 55 は、基板 2 との接合に工夫を施している。まず、LD 51 が搭載された基板 2 の部分は、LD 51 の長さ L_1 にわたってベース基板 55 に接合させる。また、LD 51 から先の部分、すなわち、波長変換素子 52 と FBG 53 が設けられた基板 2 の部分は、長さ L_2 にわたっ

てベース基板 55 との間に空間部 56 を形成して断熱する。具体的には、ベース基板 55 に研削などで凹部 55a を形成し、基板 2 と接合する箇所を設けない。FBG 53 の端部には、熱伝導性の良好な支持台 57 を設け、この支持台 57 で FBG 53 を支持する。ただし、この支持台 57 は、熱制御の設計に応じて熱伝導性を有するものに限らず、断熱性を有するものを用いてもよい。

[0062] 上記の構造によれば、LD 51 の発熱は、基板 2 からベース基板 55 に直接放熱されるか、基板 2 上の長さ方向にしか伝わらなくなる。このため、LD 51 の発熱のうち、基板 2 の長さ方向（図中水平方向）の温度は、図示のように温度勾配を有する。例えば、環境温度が 40℃ のとき、LD 51 は放熱により 45℃ に制御したとする。このとき、LD 51 からの熱が基板 2 の長さ方向に伝わり、少しずつ温度が下がる。また、薄膜ヒータ 4 により、波長変換素子 52 の部分が 45℃ になるように常時加熱制御され、温度勾配を補償する。

[0063] 上記の温度制御の構造によれば、ベース基板 55 に凹部 55a を形成するだけの簡単な構造で基板 2 上の複数の光素子（LD 51、波長変換素子 52、FBG 53）を予め定めた温度で一定に保持できる。

[0064] [実施例 4-2：図 5]

次に、本発明の実施例 4 の他の光デバイスの構成について説明する。図 5 は、本発明の実施例 4 の他の光デバイス 50 の構成を示す正面図である。図 5 に示す光デバイスの構造は、図 4 と同様であり、温度制御が異なる。

[0065] 図 5 に示す温度制御では、

- 1) LD 51 からの発熱は、外部に放熱して外部環境温度 + 5℃ に抑える。
- 2) 波長変換素子 52、および FBG 53 の温度は、LD + 5℃ と同じになるように制御する。
- 3) ただし、FBG 53 の波長と、波長変換素子 52 の変換波長が一致するように、薄膜ヒータ 4 により波長変換素子 52 を補正加熱する。加熱だけで FBG 53 の波長と、波長変換素子 52 の変換波長が一致するように、予め

F B G 5 3 の波長を選択する。

[0066] 上記の温度制御の構造によれば、ベース基板 5 5 に凹部 5 5 a を形成するだけの簡単な構造で基板 2 上の複数の光素子（L D 5 1、波長変換素子 5 2、F B G 5 3）を一定温度に保持できる。また、外部環境温度に応じて光デバイス 5 0 の温度を変化させることができる。

[0067] [実施例 4 - 3 : 図 6、図 7 - 1 ~ 図 7 - 3]

次に、本発明の実施例 4 の他の光デバイスの構成について説明する。図 6 は、本発明の実施例 4 の他の光デバイス 5 0 A の構成を示す正面図である。図 6 に示す構造では、L D 5 1 の発熱は、できるだけ外部に放熱するようにする。図 6 の構造において、図 5 に示した構造と異なる点は、波長変換素子 5 2 と F B G 5 3 の下部に上述した薄膜ヒータ 4 を設ける。また、ベース基板 5 5 の下面前面は、環境温度にある放熱器 5 8 に接合する。このため、L D 5 1 からの発熱は、基板 2 を介して放熱器 5 8 に放熱し、放熱器 5 8 を介して外部環境に放熱する。

[0068] また、図 7 - 1 ~ 図 7 - 3 は、それぞれ波長変換素子 5 2 と基板 2 との接合構造を示す側面図である。これらの図に示すように、波長変換素子 5 2 の直下と基板 2 との間に空間部を形成して断熱する。これら図 7 - 1 ~ 図 7 - 3 に示す構造により、波長変換素子 5 2 を高温で一定温度に保つようにする。

[0069] 図 7 - 1 に示す構造では、第 1 の電極 1 0 a と第 1 の金属配線 1 6 a（第 2 の電極 1 0 b と第 2 の金属配線 1 6 b）の高さ H 1 分の空間部 7 1 が形成される。図 7 - 2 に示す構造では、基板 2 には第 1 の金属配線 1 6 a、第 2 の金属配線 1 6 b が形成される箇所に酸化膜 7 2 をそれぞれ形成する。これにより、酸化膜 7 2 の高さ分だけ空間部 7 1 の高さ H 2 を高く形成できる。図 7 - 3 に示す構造では、第 1 の金属配線 1 6 a と、第 2 の金属配線 1 6 b との間の基板 2 にエッチング等により凹部 7 4 を形成し、この凹部 7 4 の凹み分だけ空間部 7 1 の高さ H 3 を高く形成できる。これらの構造により、空間部 7 1 の高さを高くでき、基板 2（L D 5 1）から断熱できるようになる。

。

[0070] [実施例 5 : 図 8 - 1 ~ 図 8 - 3]

次に、本発明の実施例 5 の光デバイスの構成について図 8 - 1 ~ 図 8 - 3 を用いて説明する。実施例 5 では、波長変換素子 5 2 について、側部（光導波路 8 を中央とした両側部）への熱抵抗 R_w を増やす構成としている。これら図 8 - 1 ~ 図 8 - 3 に示す構造により、波長変換素子 5 2 を高温で一定温度に保つようにする。

[0071] 図 8 - 1 は、本発明の実施例 5 の光デバイス 8 0 の構成を示す側面図である。図示のように、光デバイスの固定部である第 1 の電極 1 0 a と、第 2 の電極 1 0 b とを波長変換素子 5 2 の両端部に配置し、第 1 の電極 1 0 a と、第 2 の電極 1 0 b との間の距離 L を長くする。また、波長変換素子 5 2 の高さ H を低く形成する。これにより、中心に設けられた光導波路 8 部分との熱抵抗を増加させ、光導波路 8 部分を熱的に絶縁させる。

[0072] 図 8 - 2 は、図 8 - 1 に示した光デバイス 8 0 の上面図である。図示のように、基板 2 に対する波長変換素子 5 2 の接合部分を分割する。すなわち、第 1 の電極 1 0 a と、第 2 の電極 1 0 b を上面から見て光導波路 8 の長さ方向に沿った方向に部分的に形成する。図示の例では、第 1 の電極 1 0 a と、第 2 の電極 1 0 b を矩形状に形成して光導波路 8 の長さ方向でそれぞれ分離させ、基板 2 側の第 1 の金属配線 1 6 a と、第 2 の金属配線 1 6 b にそれぞれ接続する。第 1 の電極 1 0 a と、第 2 の電極 1 0 b を分割することにより、基板 2 に対して熱伝導する箇所である接合部の面積を減らす。

[0073] 上記の構造によれば、基板 2 に対する第 1 の電極 1 0 a と、第 2 の電極 1 0 b の接合面積が減少するため、低熱伝導性の接着剤 8 1 を用い、波長変換素子 5 2 の両端を長さ方向にわたって基板 2 に接着させる。これにより、基板 2 に対する波長変換素子 5 2 の固定強度を補うことができる。また、第 1 の電極 1 0 a と、第 2 の電極 1 0 b は、波長変換素子 5 2 の長さ方向で分割されているが、分割された複数の第 1 の電極 1 0 a（複数の第 2 の電極 1 0 b）の間にはそれぞれ、これら第 1 の電極 1 0 a と、第 2 の電極 1 0 b と同

じ金属材料（Au）によりなる侵入防止壁82を設ける。侵入防止壁82自体は各々を電氣的に絶縁した状態で第1の電極10aと、第2の電極10bと同時にエッチング等により形成する。この侵入防止壁82を設けることにより、接着剤81の内部（図8-2に示す光導波路8方向）への侵入を防止できる。この侵入防止壁82は、熱影響を与えないようにできるだけ幅Wを薄く形成する。

[0074] 実施例5の変形例としては、図8-1、図8-2に示した構造に加えて、図7-2に示した酸化膜72を設け、波長変換素子52と基板2との間の高さを高く、熱抵抗を増やす構成としてもよい。

[0075] 図8-3は、実施例5の他の光デバイス80の構成を示す側面図である。この図に示す構成では、シリコンからなる基板2の上面側にシリコンをポーラス状に微結晶化させたナノクリスタル部83を所定高さH（10 μ m程度）形成する。このナノクリスタル部83上に第1の金属配線16aと、第2の金属配線16bが形成される。このナノクリスタル部83により、熱抵抗を増やすことができる。

[0076] [実施例6：図9-1～図9-3]

次に、本発明の実施例6の光デバイス90の構成について図9-1～図9-3を用いて説明する。実施例6では、基板2の長さ方向（光導波路8の光軸方向）の熱抵抗RLを増やす構成としている。図9-1は、実施例6の光デバイス90の構成を示す正面図である。図9-1に示す構造では、図6で説明したと同様に、LD51が搭載された基板2の部分は、LD51の長さL1にわたってベース基板55に接合させる。また、LD51から先の部分、すなわち、波長変換素子52とFBG53が設けられた基板2の部分は、長さL2にわたってベース基板55との間に空間部56を形成して断熱する。FBG53の端部には、熱伝導性の良好な支持台57を設け、支持台57でFBG53を支持する。また、基板2の端部位置のベース基板55には、熱絶縁性材質からなる支持部材91を設け、基板2の端部を支持する。そして、基板2はエッチング等で薄く形成する。LD51部分は基板2からベー

ス基板 55 を介して放熱器 58 に直接放熱する。ただし、この支持部材 91 は、熱制御の設計に応じて熱伝導性を有するものに限らず、断熱性を有するものを用いてもよい。

[0077] 図 9-2 は、実施例 6 の他の光デバイス 90 の構成を示す正面図である。便宜上、基板 2 分だけを図示している。この基板 2 の下面には、複数の溝 92 を開口形成する。この溝 92 は、基板 2 の強度を維持するために基板 2 の上部までは貫通させずに設ける。溝 92 の開口は丸あるいは四角等任意の形状にできる。

[0078] 図 9-3 は、実施例 6 の他の光デバイス 90 の構成を示す正面図である。この基板 2 の下面には、凹部 93 を開口形成する。この凹部 93 は、基板 2 の強度を維持するために基板の縁部を残し内部をくり抜いて設ける。以上説明した図 9-1 ~ 図 9-3 に示す構成により、基板 2 の熱抵抗を高くでき、波長変換素子 52 を高温で一定温度に保つことができる。

[0079] [実施例 7 : 図 10-1、図 10-2]

次に、本発明の実施例 7 の光デバイス 100 の構成について説明する。実施例 7 では、ヒータで光導波路 8 の直近を加熱する構成について説明する。図 10-1 は、ヒータの構造を説明する平面図、図 10-2 は、ヒータの構造を説明する側面図である。Au からなる第 1 の電極 10a と、第 2 の電極 10b は複数の分割して設ける（図 8-2 参照）。そして、この複数の第 1 の電極 10a 側からはそれぞれ光導波路 8 に向けて同じ Au からなる導出部 101a を設け、導出部 101a の先端には、光導波路 8 に沿って平行に Au からなるヒータ 102a を設ける。同様に、複数の第 2 の電極 10b 側からはそれぞれ光導波路 8 に向けて Au からなる導出部 101b を設け、導出部 101b の先端には、光導波路 8 に沿って平行に Au からなるヒータ 102b を設ける。

[0080] 上記構成では、光導波路 8 を凸形状のリッジ部分に設ける構成としたが、光導波路 8 は、リッジ構造部分に設けるに限らない。上記構成ではリッジ部分の両側部の凹部の位置まで導出部 101a、101b を延ばして形成する

ため、ヒータ 102a、102b を光導波路 8 に近づけて配置でき、ヒータ 102a、102b で光導波路 8 を直接加熱できるようになった。

[0081] 上記構成では、波長変換素子 52 の電極である第 1 の電極 10a、第 2 の電極 10b をヒータ 102a、102b の電極として共用する構成であり、電極の材質でヒータ 102a、102b を構成し、光導波路 8 を直近で効率的に加熱でき、光導波路 8 を一定に温度制御できる。また、第 1 の電極 10a、第 2 の電極 10b、導出部 101a、101b、ヒータ 102a、102b を同一の材質（例えば Au）で容易にパターン形成できるようになり、また、接合する電極と同一の材質でヒータの機能を兼用することができ、ヒータ 102a、102b の電極を個別に導出する必要がない。

[0082] このパターン形成時に、パターンのサイズを調整して例えば 5V 等のパルス幅変調制御に適した抵抗値にすることができる。上記の Au 薄膜によるヒータ 102a、102b の特性として、例えば、長さ $L = 1\text{ mm}$ 、断面積 $A = 2\text{ }\mu\text{m} \times 0.5\text{ }\mu\text{m}$ としたとき、ヒータ抵抗 $R = \rho L / A = 23.5\text{ }\Omega$ 、Au の抵抗比 $\rho = 2.35 \times 10^{-8}\text{ }\Omega\text{ m}$ 、 $L = 1 \times 10^{-3}\text{ m}$ 、 $A = 2 \times 0.5 \times 10^{-12}\text{ m}^2$ となる。これにより、パルス幅変調として 5V を印加するとき、235mA で、1.06W となるので、導出部 101a、101b の長さは 2mm 程度とすればよい。

[0083] また、図 10-3 は、分極反転用の電極を示す側面図である。図示のように、分極反転用の電極 105 の幅は、波長変換素子 52 の全幅に設けるのではなく、光導波路 8 のリッジ部分に対応して所定幅 W_1 を有して設ける。分極反転用の電極 105 は、ITO 膜で形成する。106 は接着層である。これにより、ITO 膜による分極反転用の電極 105 部分での熱伝導を減らすことができる。

[0084] 次に、図 11-1、図 11-2 は、それぞれ分割された複数の電極を介してヒータの印加電圧を検知する説明図である。上述した複数の第 1 の電極 10a、第 2 の電極 10b を用いてブロック的に温度制御が行えるが、この際の電極間の印加電圧は、図示のような一般的な 4 端子法により正確に検出す

ることができる。複数の第1の電極10aを例に説明する。例えば、図11-1に示すように、ヒータ102a2(R2)の印加電圧を検出する際には、このヒータ102a2の一对の第1の電極10a2、10a3により電圧Vを検出する。この際、これら一对の電極10a2、10a3の両隣10a1と、10a4から電流を供給すればよい。同様に、図11-2に示すように、ヒータ102a3(R3)の印加電圧を検出する際には、このヒータ102a3の一对の第1の電極10a3、10a4により電圧Vを検出する。この際、これら一对の電極10a3、10a4の両隣10a2と、10a5から電流を供給すればよい。

産業上の利用可能性

[0085] この発明による光デバイスは、光を導波するための導波路を持ち、最小の実装面積で実装と温度制御の両方の機能を兼ね備えた素子であるため、実装と温度制御を必要とする他の素子への適用が可能であり、そのサイズを小型化する構造である。

符号の説明

- [0086] 2 基板
4、4a、4b、4c 薄膜ヒータ
6 光素子
8 光導波路
10a、10a1、10a2、10a3 第1の電極
10b、10b1、10b2、10b3 第2の電極
12 第1の接合部
14 第2の接合部
16a、16a1、16a2、16a3 第1の金属配線
16b、16b1、16b2、16b3 第2の金属配線
18 マイクロバンプ
20、30、40 光デバイス
22、24、26 領域

27、28a、28b、28c 印加電流

51 レーザダイオード（LD）

52 波長変換素子

53 ファイバーブラッググレーティング（FBG）

55 ベース基板

55a 凹部

56 空間部

57 支持台

58 放熱器

101a、101b 導出部

102a、102b ヒータ

請求の範囲

- [請求項1] 光導波路が形成された光素子が基板に接合された光デバイスにおいて、
- 前記光素子の前記基板と向かい合う面に、前記光導波路と、前記光導波路を加熱する薄膜ヒータとが形成され、
- 前記光素子と前記基板とは、金属材料からなる第1の接合部と第2の接合部により接合され、
- 前記第1の接合部と前記第2の接合部を介して、前記薄膜ヒータと前記基板上の配線とが導通接続され、
- 前記第1の接合部と前記第2の接合部は、前記光導波路を挟んで位置することを特徴とする光デバイス。
- [請求項2] 前記薄膜ヒータの上に形成された第1の電極および第2の電極と、
- 前記基板上に形成された第1の金属配線および第2の金属配線と、
- を備え、
- 前記第1の電極と前記第1の金属配線とが接合して前記第1の接合部を形成し、
- 前記第2の電極と前記第2の金属配線とが接合して前記第2の接合部を形成することを特徴とする請求項1に記載の光デバイス。
- [請求項3] 複数の前記第1の電極と、複数の前記第2の電極と、複数の前記第1の金属配線と、複数の前記第2の金属配線と、を備え、
- 前記各第1の電極と前記各第1の金属配線とがそれぞれ接合して、前記第1の接合部を形成し、
- 前記各第2の電極と前記各第2の金属配線とがそれぞれ接合して、前記第2の接合部を形成することを特徴とする請求項2に記載の光デバイス。
- [請求項4] 前記光素子に複数の前記薄膜ヒータが形成され、
- 前記各薄膜ヒータ上に、いずれかの前記第1の電極およびいずれかの前記第2の電極が形成されたことを特徴とする請求項2に記載の光

デバイス。

- [請求項5] 前記金属材料はAuであることを特徴とする請求項1に記載の光デバイス。
- [請求項6] 前記接合部はマイクロバンプ構造を有することを特徴とする請求項1に記載の光デバイス。
- [請求項7] 前記基板と前記光素子とは、前記接合部により表面活性化接合で接合されたことを特徴とする請求項1に記載の光デバイス。
- [請求項8] 前記薄膜ヒータは透明電極で形成されたことを特徴とする請求項1に記載の光デバイス。
- [請求項9] 前記薄膜ヒータは、酸化インジウム（ITO）、または酸化亜鉛（ZnO）、酸化スズやこれらに不純物をドーピングした膜で形成されたことを特徴とする請求項8に記載の光デバイス。
- [請求項10] 前記光素子は、前記光導波路を導波する光を波長変換する波長変換素子であることを特徴とする請求項1に記載の光デバイス。
- [請求項11] 前記基板には、レーザダイオードと、前記レーザダイオードから出射された光を導波する光導波路と、前記光導波路を導波する光を波長変換する波長変換素子と、ファイバーブラッググレーティングとが前記光導波路の光軸方向に沿って設けられ、
熱伝導性の良好な材質からなり、前記基板が搭載されるベース基板を備え、
前記ベース基板は、一端側に位置する前記レーザダイオードが搭載された基板に接合されるとともに、前記波長変換素子から前記ファイバーブラッググレーティングまでの間には、前記基板との間に空間部が形成され、他端側に位置する前記ファイバーブラッググレーティングの端部が熱伝導性の良好な支持台を用いて前記基板を支持することを特徴とする請求項1に記載の光デバイス。
- [請求項12] 前記波長変換素子に設けられた第1の電極および第2の電極は、前記光導波路を挟み、前記波長変換素子の端部位置にそれぞれ位置する

ことを特徴とする請求項 10 に記載の光デバイス。

[請求項13] 前記基板には、前記第 1 の金属配線と、複数の前記第 2 の金属配線が設けられる部分に、所定高さの酸化膜を形成し、前記基板と前記波長変換素子との間の空間高さを高くしたことを特徴とする請求項 2 に記載の光デバイス。

[請求項14] 前記基板には、前記第 1 の金属配線と、複数の前記第 2 の金属配線が設けられる部分に、基板の材料をポーラス状に加工した箇所を設け、熱伝導性を低くしたことを特徴とする請求項 2 に記載の光デバイス。

[請求項15] 前記第 1 の電極および前記第 2 の電極を前記光導波路に沿って分割して複数設け、

分割された前記第 1 の電極間、および前記第 2 の電極間には、前記第 1 の電極および前記第 2 の電極と同じ材質からなり、かつ前記第 1 の電極および前記第 2 の電極と電気的に絶縁された侵入防止壁を設け、

前記侵入防止壁により、前記波長変換素子を前記基板に固着する際の接着剤の内部への侵入を防止したことを特徴とする請求項 13 に記載の光デバイス。

[請求項16] 前記基板の下面には、貫通しない複数の溝を形成したことを特徴とする請求項 1 に記載の光デバイス。

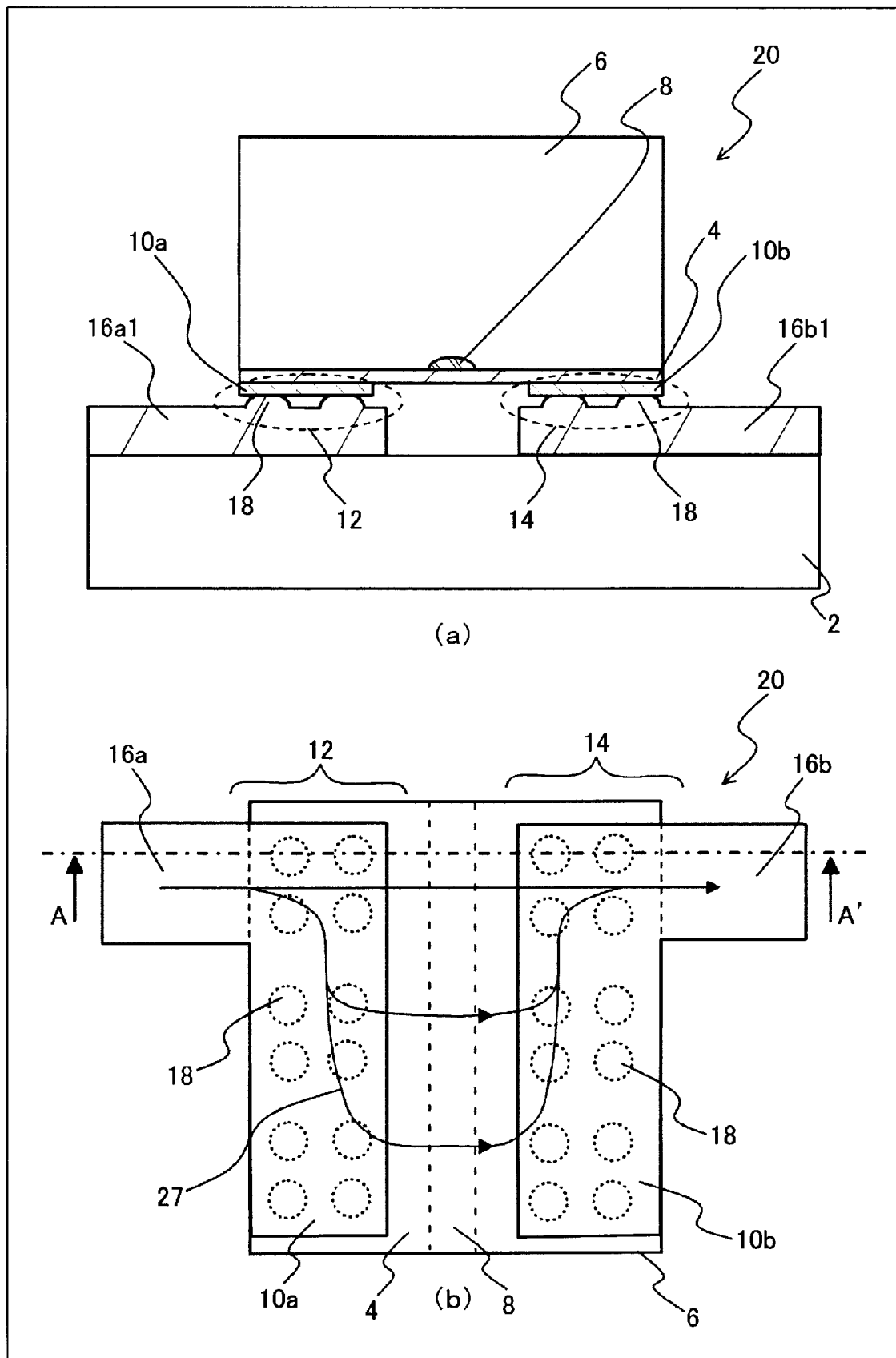
[請求項17] 前記基板の下面には、当該基板の縁部を残して凹部を開口形成したことを特徴とする請求項 1 に記載の光デバイス。

[請求項18] 前記波長変換素子は、
前記光導波路に沿って平行に設けられるヒータと、
第 1 の電極および第 2 の電極から前記ヒータに接続される導出部を有し、

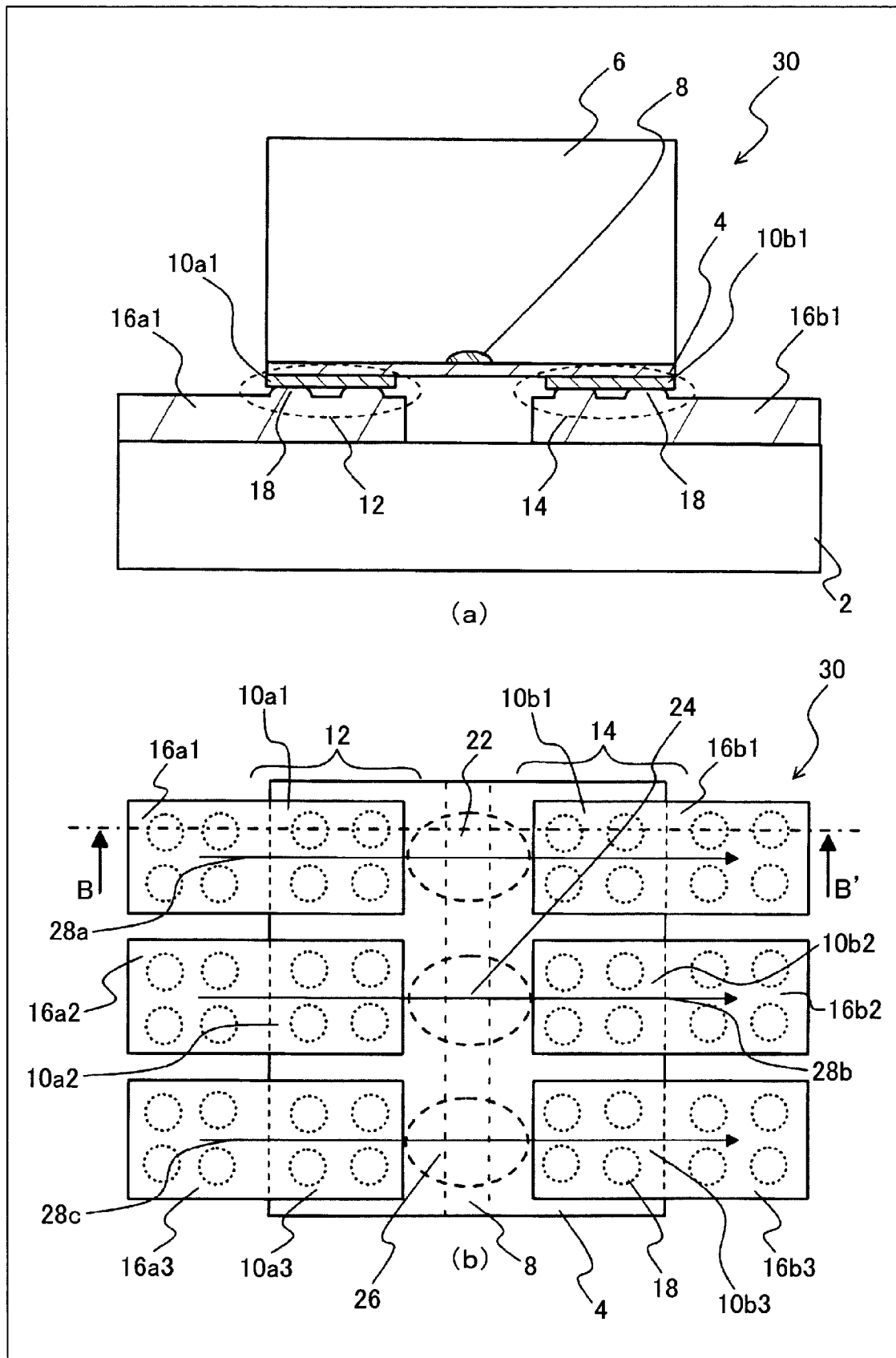
前記第 1 の電極と前記第 2 の電極と前記導出部は同一の材質によりなり、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極を前記基板の第 1 の金属配線

および第 2 の金属配線との接合に用いるとともに、前記ヒータの電極として兼用することを特徴とする請求項 1 1 に記載の光デバイス。

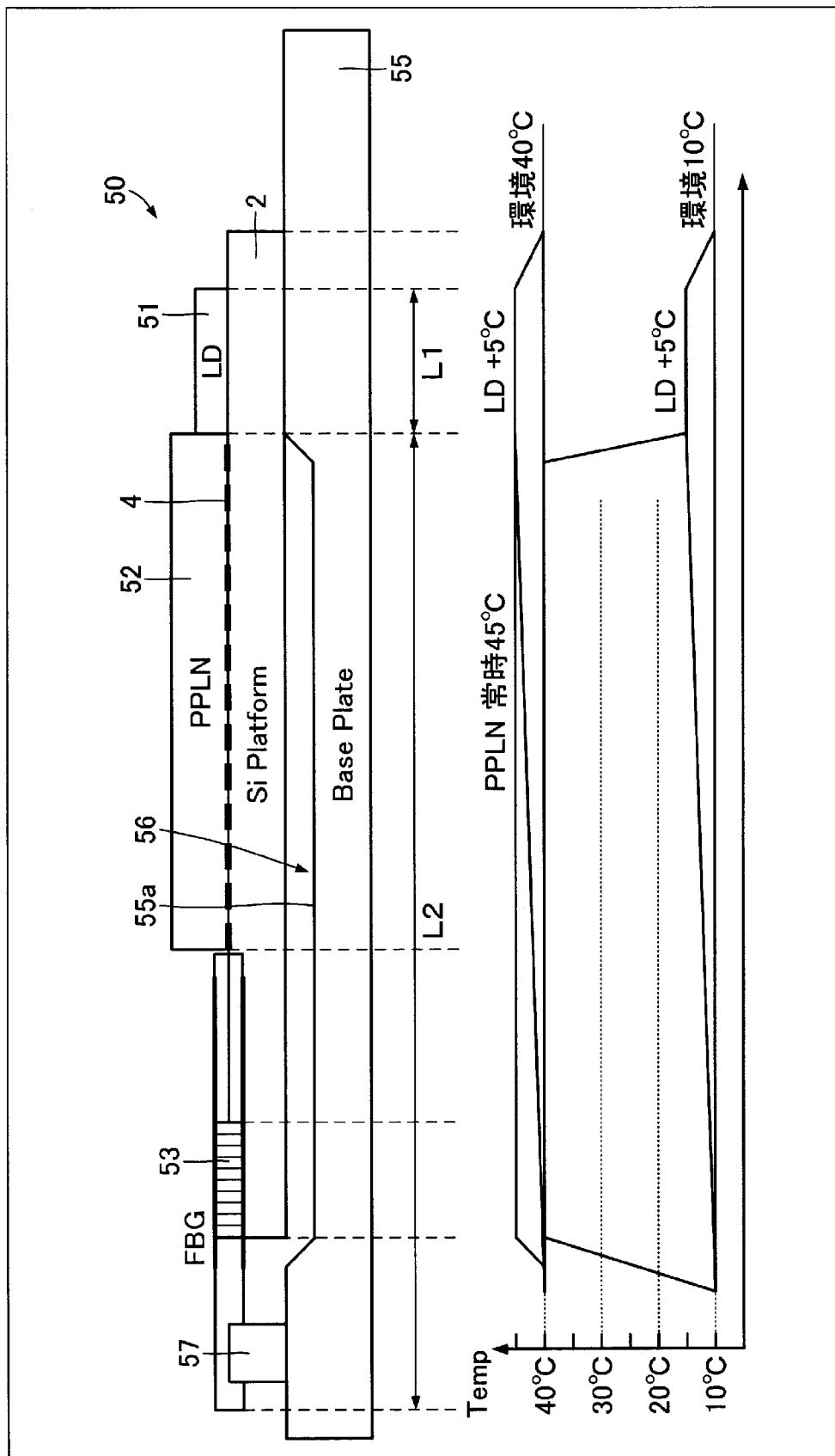
[図1]



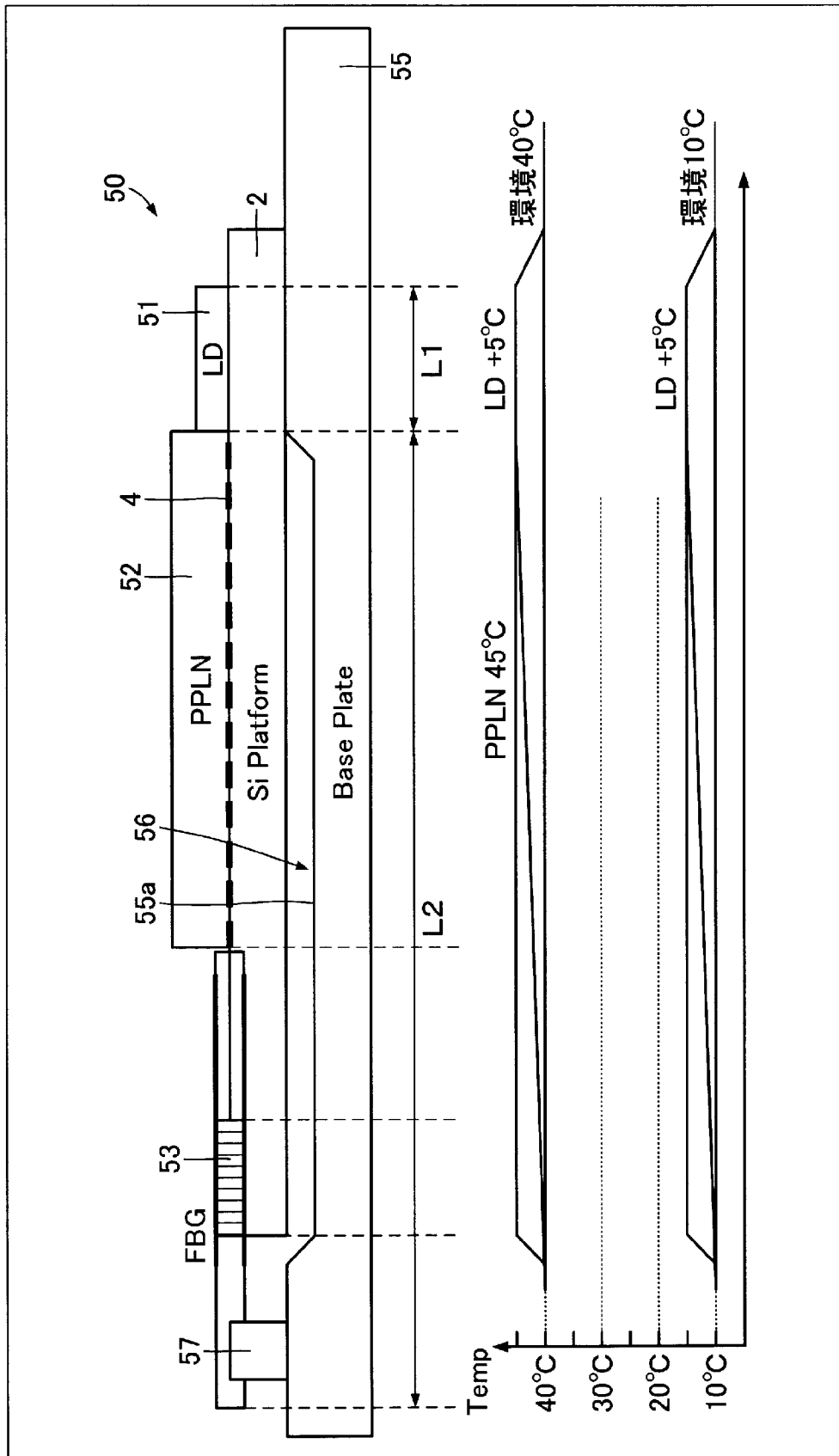
[図2]



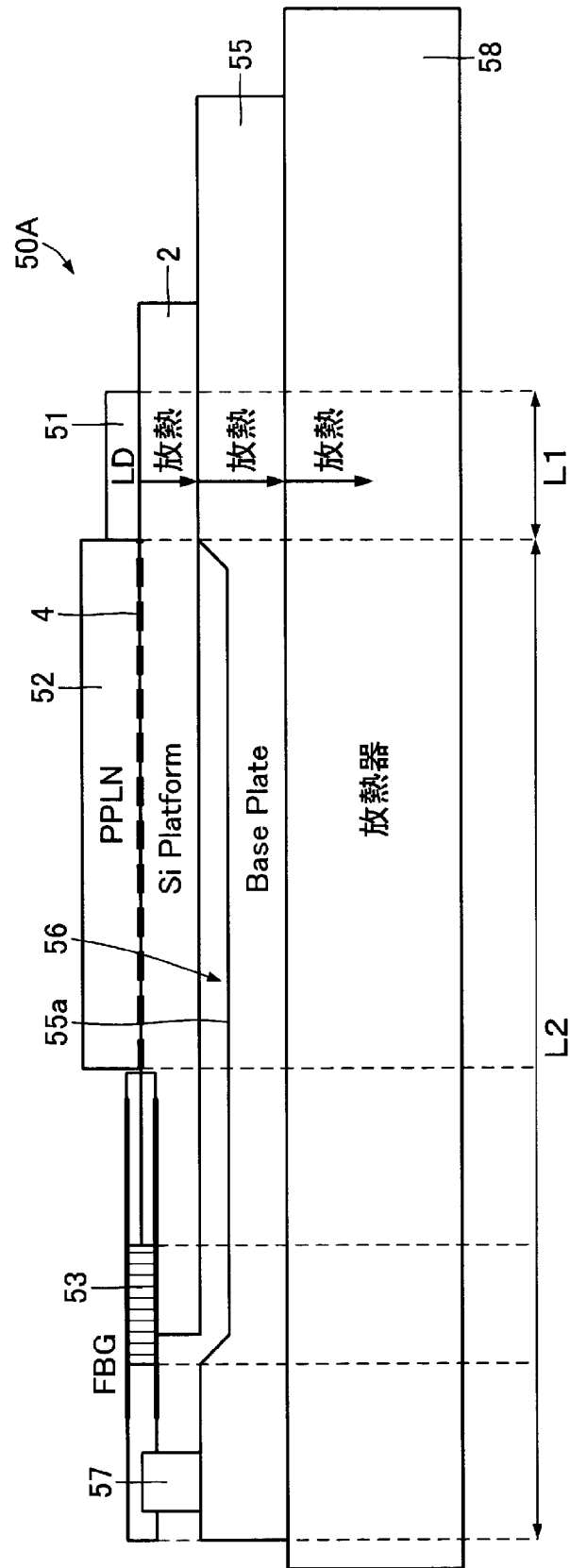
[図4]



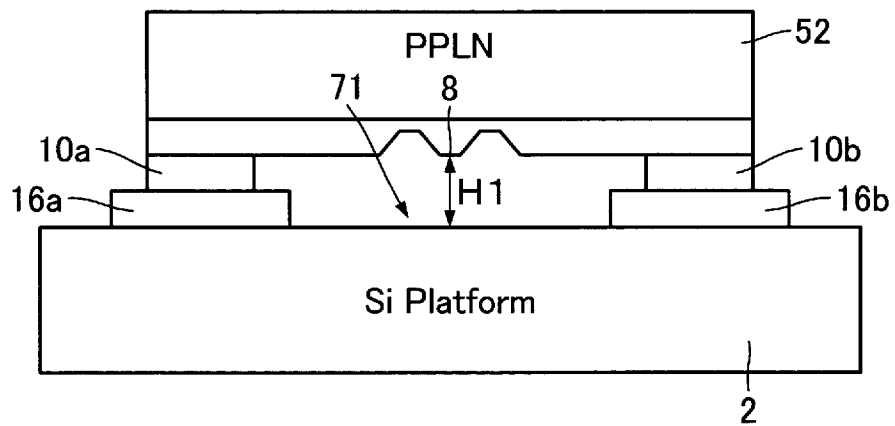
[図5]



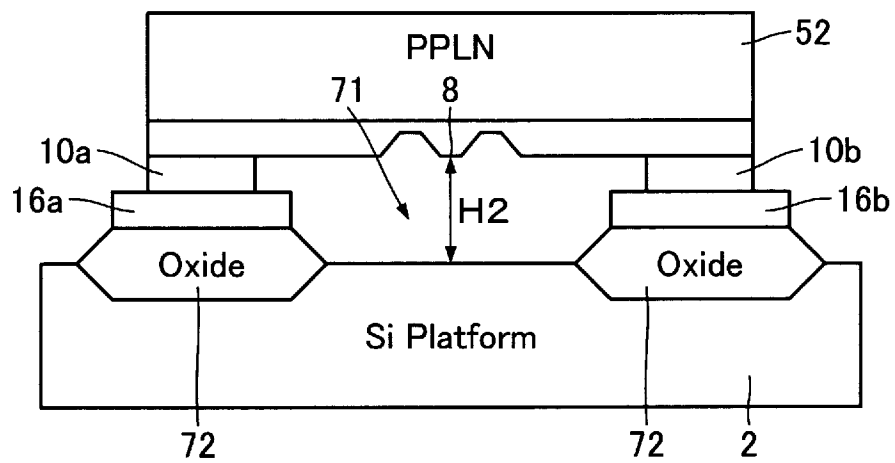
[図6]



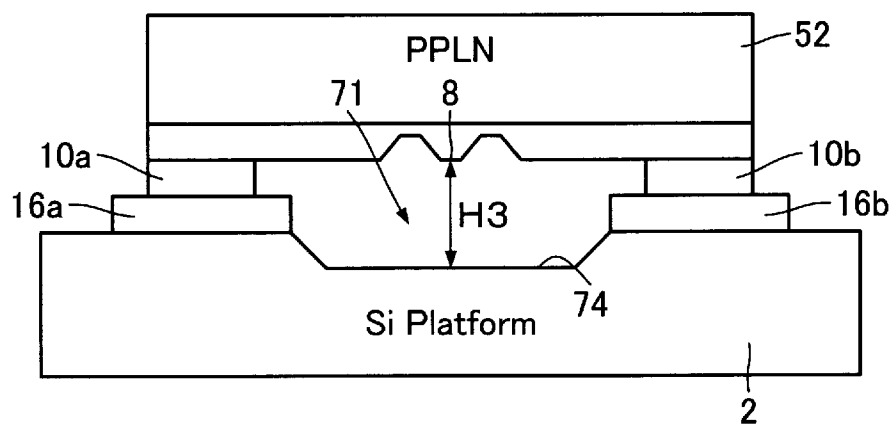
[図7-1]



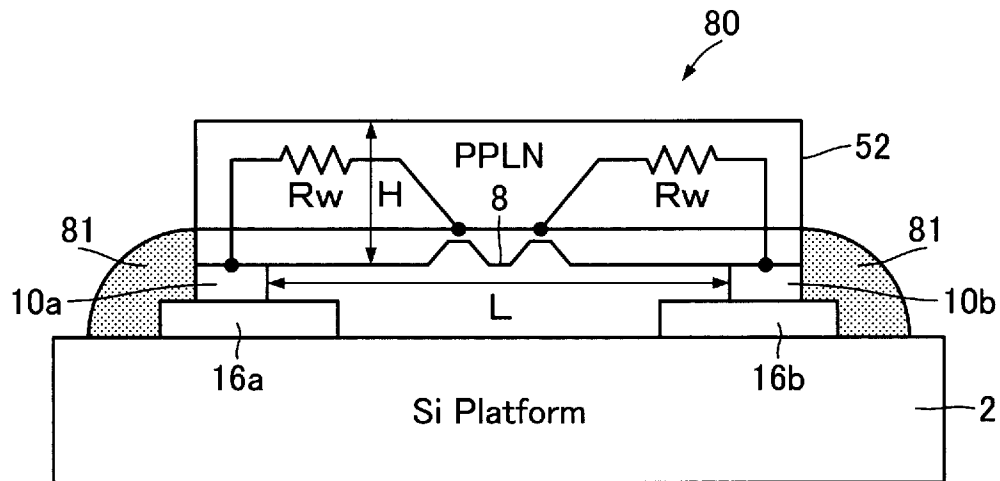
[図7-2]



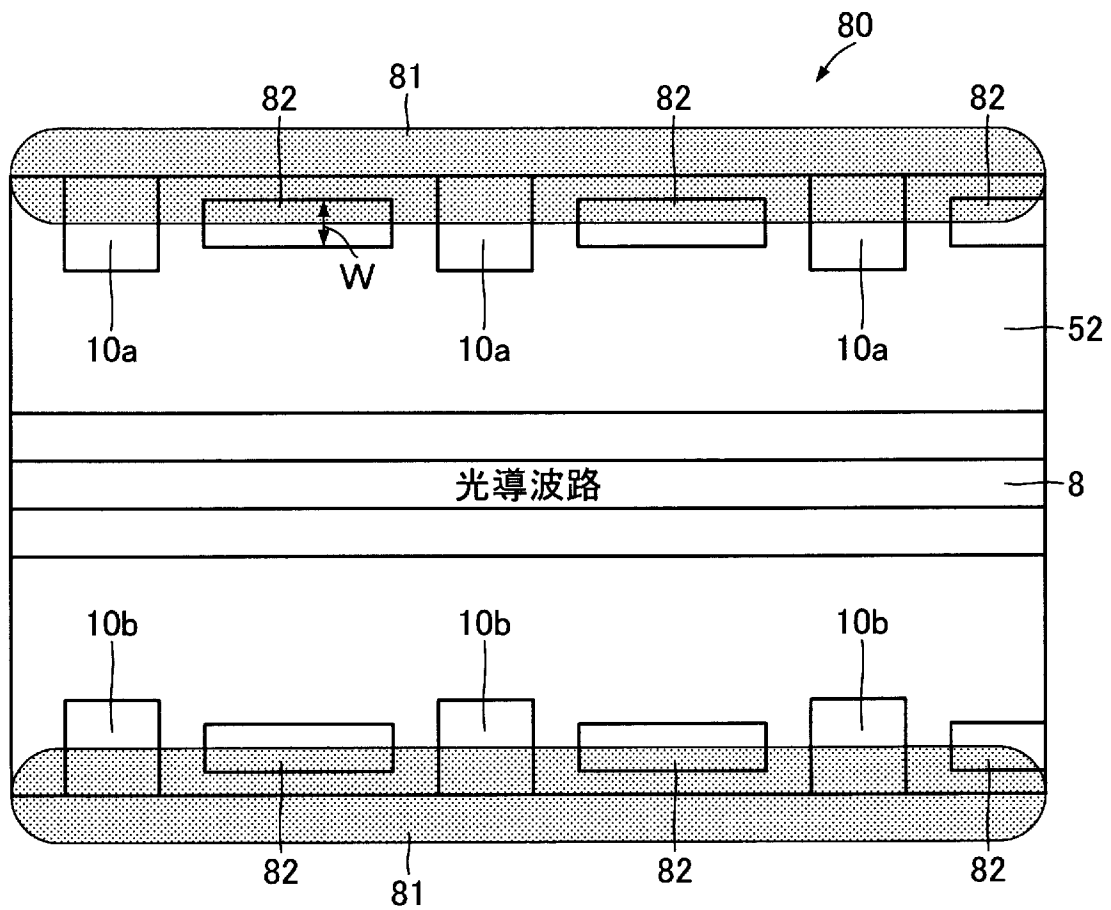
[図7-3]



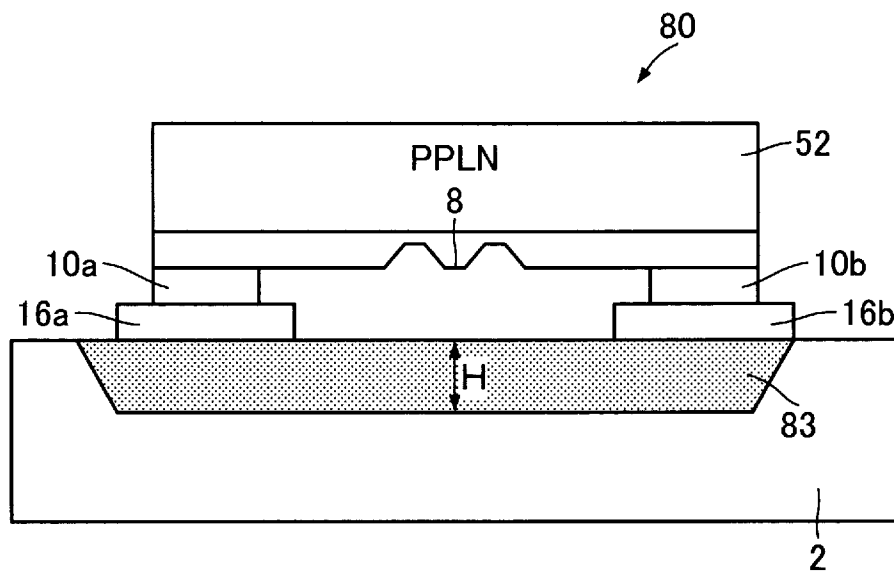
[図8-1]



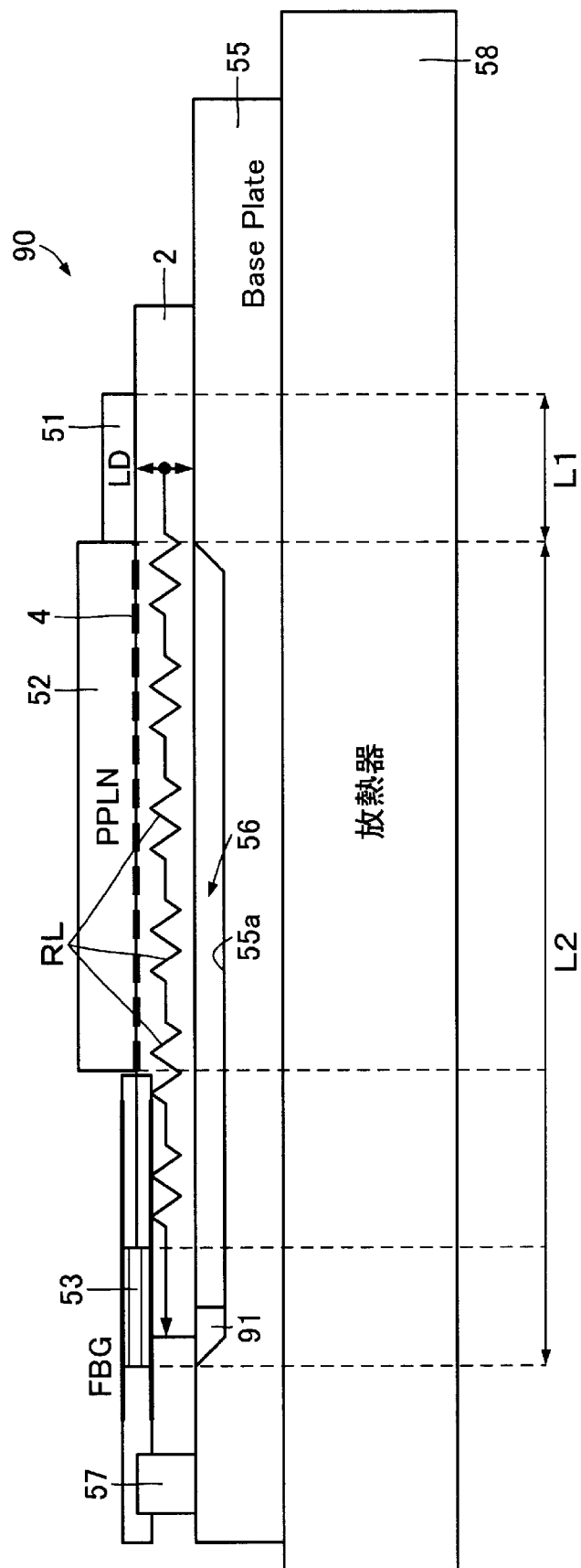
[図8-2]



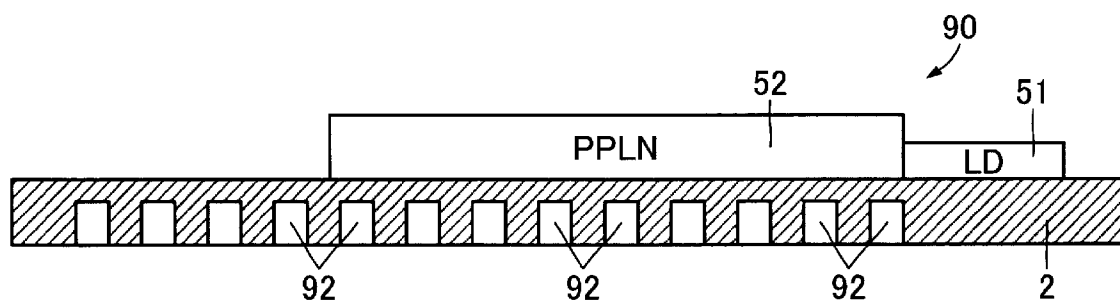
[図8-3]



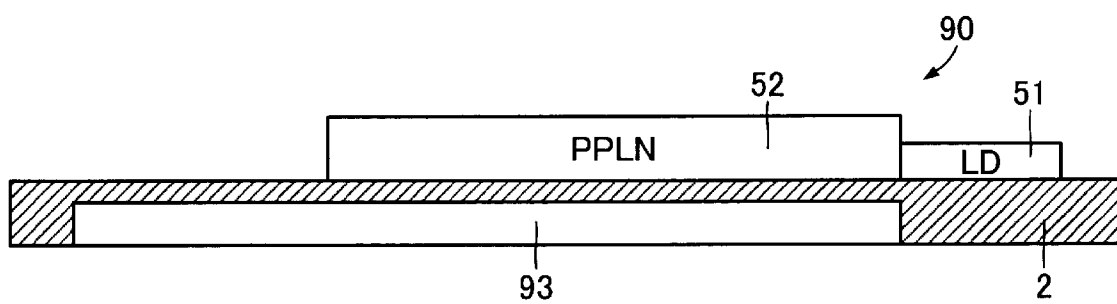
[図9-1]



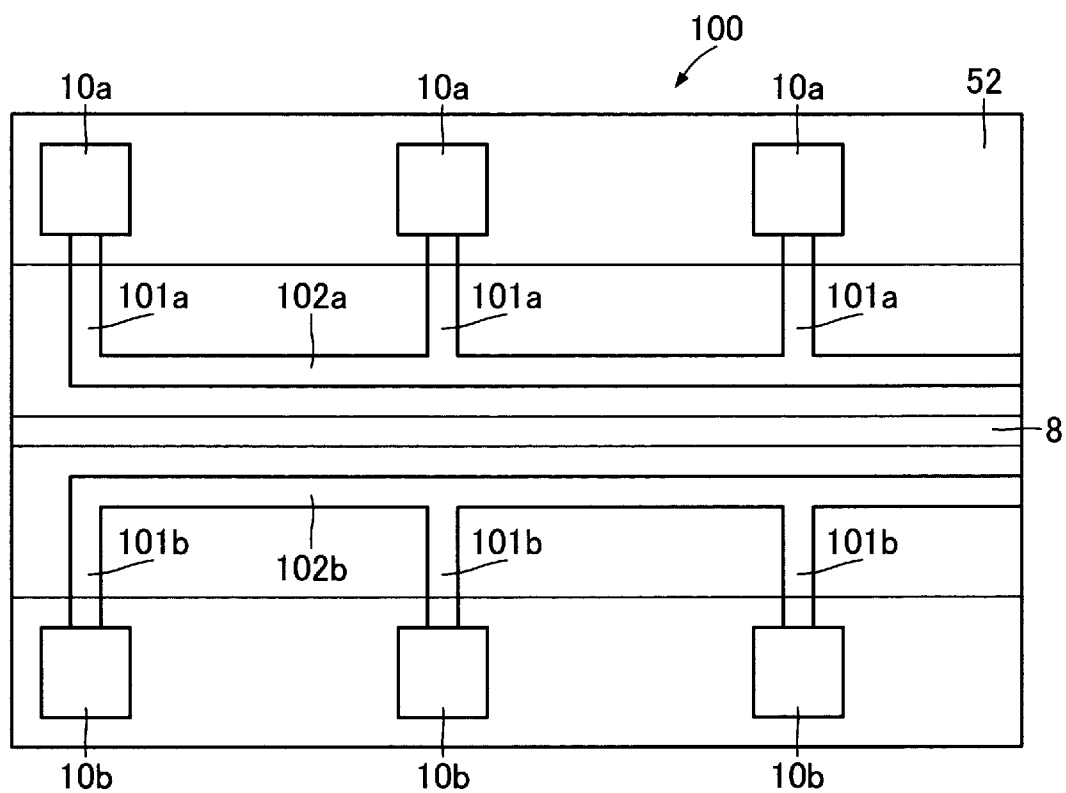
[図9-2]



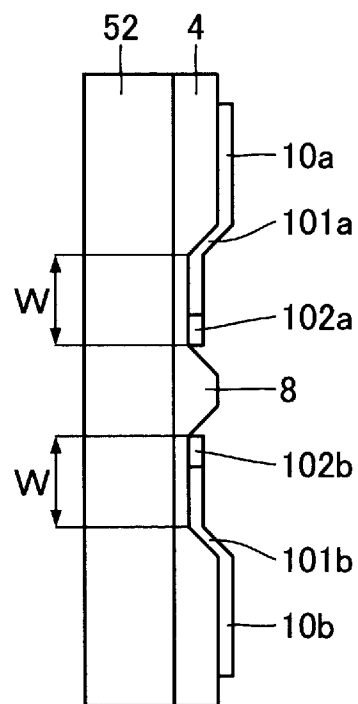
[図9-3]



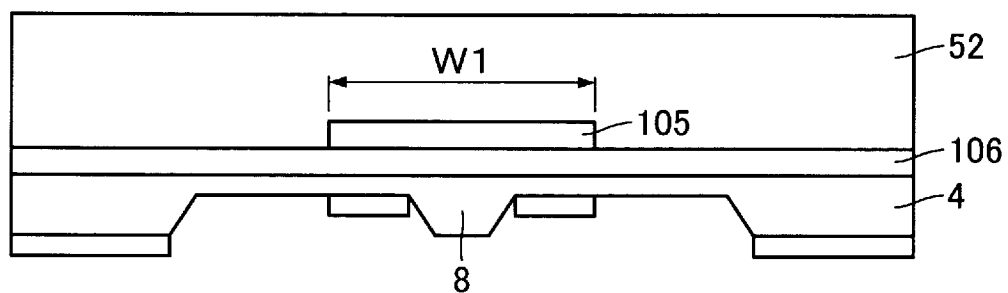
[図10-1]



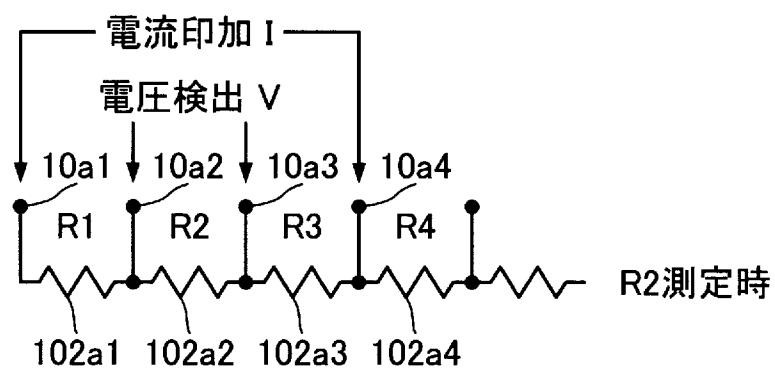
[図10-2]



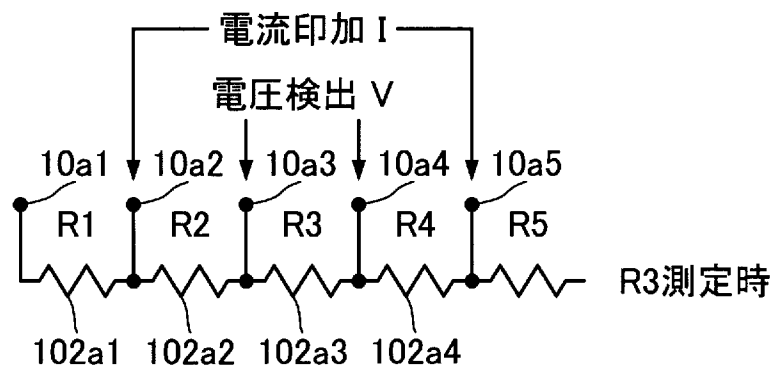
[図10-3]



[図11-1]



[図11-2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/070943

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/01 (2006.01) i, G02B6/122 (2006.01) i, G02F1/377 (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)

G02F1/01, G02B6/122, G02F1/377

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
A	JP 2001-147335 A (Hitachi Cable, Ltd.), 29 May 2001 (29.05.2001), paragraph [0014]; fig. 1 (Family: none)	1-18
A	JP 2001-100054 A (Kyocera Corp.), 13 April 2001 (13.04.2001), fig. 1 (Family: none)	1-18
A	JP 2008-192873 A (Seiko Epson Corp.), 21 August 2008 (21.08.2008), fig. 9 & US 2008/0187014 A1	1-18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 December, 2010 (13.12.10)

Date of mailing of the international search report

28 December, 2010 (28.12.10)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02F1/01(2006.01)i, G02B6/122(2006.01)i, G02F1/377(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. G02F1/01, G02B6/122, G02F1/377

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 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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
A	JP 2001-147335 A（日立電線株式会社）2001.05.29, 段落【0014】， 図1（ファミリーなし）	1-18
A	JP 2001-100054 A（京セラ株式会社）2001.04.13, 図1（ファミリー なし）	1-18
A	JP 2008-192873 A（セイコーエプソン株式会社）2008.08.21, 図9 & US 2008/0187014 A1	1-18

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

1 3 . 1 2 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 8 . 1 2 . 2 0 1 0

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）

林 祥恵

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

2 X

4 0 8 5