

(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 12 月 31 日(31.12.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/208533 A1

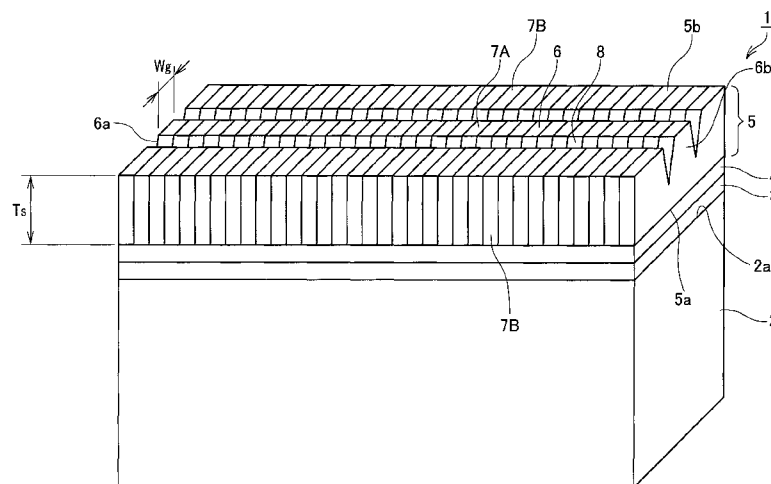
- (51) 国際特許分類:
G02B 6/122 (2006.01) *G02B 6/42* (2006.01)
G02B 5/32 (2006.01) *H01S 5/14* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/066657
- (22) 国際出願日: 2014 年 6 月 24 日(24.06.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-135119 2013 年 6 月 27 日(27.06.2013) JP
- (71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 近藤 順悟(KONDO Jungo); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 山口 省一郎(YAMAGUCHI Shoichiro); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 吉野 隆史(YOSHINO Takashi); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 武内 幸久(TAKEUCHI Yukihisa); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号日本碍子株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 細田 益稔, 外(HOSODA Masutoshi et al.); 〒1080074 東京都港区高輪一丁目 5 番 4 号常和高輪ビル 7 階 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, IR, IS, JP, 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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

(54) Title: VOLUME HOLOGRAM GRATING ELEMENT, LIGHT SOURCE DEVICE, AND CONNECTION STRUCTURE

(54) 発明の名称: ボリューム・ホログラム・グレーティング素子、光源デバイスおよび接続構造

[図1]



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide, in a volume hologram grating element, a compact mounting structure that does not require a collimating lens. This volume hologram grating element is provided with: a support substrate; a thin layer formed on the support substrate, the thin layer having a first principal surface on the support substrate side, and a second principal surface on the opposite side from the support substrate side; and a channel optical waveguide formed in the thin layer. A volume hologram grating is formed in the optical waveguide.

(57) 要約: ボリューム・ホログラム・グレーティング素子において、コリメートレンズの必要性のない、コンパクトな実装構造を提供可能とする。ボリューム・ホログラム・グレーティング素子は、支持基板、支持基板上に形成された薄層であって、支持基板側の第一の主面と、支持基板とは反対側の第二の主面とを有する薄層、および薄層に形成されているチャンネル型光導波路を備える。光導波路にボリューム・ホログラム・グレーティングが形成されている。



WO 2014/208533 A1

WO 2014/208533 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, 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：

ボリウム・ホログラム・グレーティング素子、光源デバイスおよび接続構造

技術分野

[0001] 本発明は、ボリウム・ホログラム・グレーティング素子、光源デバイスおよび接続構造に関するものである。

背景技術

[0002] ボリウム・ホログラム・グレーティング（以下、「VHG」という）は、光誘起屈折率変化、光熱屈折率変化等を利用して、光干渉パターンをシリカガラスやケイ酸塩ガラスに転写し、周期的に屈折率変化した構造を恒久的に形成したものである。具体例として、Optigrate社が保有する高効率回折光学素子製造技術（特許文献1）では、シリカガラス（組成：Na₂O-ZnO-Al₂O₃-SiO₂）にセリウム、銀、フッ素をドーピングしたガラスに、光熱屈折率プロセス（Photo-Thermo-Refractive process：PTRプロセス）により、線形の感光性に基づいたボリウム・ホログラム・グレーティングを製造している。

[0003] VHGの製造について、前記シリカガラスは、波長355～2000 nmで透過であり、325nm付近に光熱屈折率効果を誘起する吸収ピークをもつ。この波長帯のレーザとしてHe-Cdレーザがあり、平均出力35mWの干渉パターンをガラス面上に照射すると、銀イオンAg⁺が銀原子Ag⁰状態に変化することがプロセスの開始で、この状態は写真製作における『潜像：latent image』と類似している。この後、520℃で熱処理をすると微細結晶層の沈殿により、屈折率変化が生じ、ガラス全体にホログラフィックな位相パターン（屈折率変動パターン）が形成される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：米国特許第6,586,141

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] V H Gの応用として、外部共振器型レーザを構成する共振器として使用される。ここで、光源からV H Gに光を入射させるときには、コリメート光を入射する必要がある。入射光がコリメート光でないと、ある部分でしか反射しないので、スポットの真中が暗くなり、反射効率が悪くなる。いわゆるV H G－F A Cレンズのように、コリメートレンズ中にV H Gを形成した特殊な構造も提案されている。しかし、レンズのサイズが大きくなり、共振器全体の長さ、幅が大きくなる。さらに、V H Gはバルク結晶であるので、V H Gからの出力光は10 μ m以上となってしまうので、出力側に光導波路素子や光ファイバを結合する場合には集光する必要がありレンズが必須となる。このため、さらに大きくなるという問題が起こっていた。従って、V H G素子において、コリメートレンズの必要性のない、コンパクトな外部共振器型レーザ、さらには、このレーザと光部品を実装したコンパクトなモジュールが望まれる。

[0006] 本発明の課題は、ボリウム・ホログラム・グレーティング素子において、コリメートレンズの必要性のない、コンパクトな実装構造を提供可能とすることである。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明に係るボリウム・ホログラム・グレーティング素子は、
支持基板、
支持基板上に形成された薄層であって、支持基板側の第一の主面と、支持基板とは反対側の第二の主面とを有する薄層、および
薄層に形成されているチャンネル型光導波路を備えており、
チャンネル型光導波路にボリウム・ホログラム・グレーティングが形成されていることを特徴とする。

[0008] また、本発明は、レーザ光を発振する光源、および前記ボリウム・ホログラム・グレーティング素子を備えており、前記光源と前記ボリウム・ホ

ログラム・グレーティングとが外部共振器を構成することを特徴とする、光源デバイスに係るのである。

[0009] また、本発明は、前記ボリューム・ホログラム・グレーティング素子と、チャンネル型光導波路を有する光導波路素子との接続構造であって、

ボリューム・ホログラム・グレーティング素子のチャンネル型光導波路の出射面と、光導波路素子のチャンネル型光導波路とが光学的に結合されていることを特徴とする。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、VHGを形成する層と支持基板とを分離することで、VHGを形成する層を薄層とし、これによってVHGを伝搬する光を層の厚み（縦）方向に向かって閉じ込める。これとともに、薄層内で基板水平（横）方向への光の閉じ込めをするためにチャンネル型光導波路を導入し、その中にVHGを形成することで、光源の活性層に対して、コリメートレンズなしに光学結合することが可能となる。これによって、コンパクトで高効率の結合が可能な外部共振器型の光源を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の実施形態に係るVHG素子1を模式的に示す斜視図である。

[図2]図1のVHG素子1の横断面図である。

[図3]図1のVHG素子1を長手方向に切ってみた断面図である。

[図4]他の実施形態に係るVHG素子1Aの横断面図である。

[図5]実装基板10上にVHG素子1および光源11を実装した状態を模式的に示す図である。

[図6]実装基板10上にVHG素子1および光導波路素子15を設置した状態を示す図である。

[図7]光路変更素子31を模式的に示す斜視図である。

[図8]光路変更素子31を模式的に示す横断面図である。

[図9]光源11および光路変更素子31の結合状態を示す模式図である。

[図10]光源11、光路変更素子31および光導波路素子15の結合状態を示

す模式図である。

[図11]他の実施形態に係るVHG素子21を模式的に示す斜視図である。

[図12]VHG素子21の横断面を示す図である。

[図13]VHG素子21を長手方向に切ってみた図である。

発明を実施するための形態

[0012] 最初に図面を参照しつつ、本発明のVHG素子の具体的構造を例示し、次いで種々の実施形態について述べる。

[0013] VHG素子1では、図1～図3に示すように、支持基板2と薄層5とが互いに接合、一体化している。薄層5の支持基板2と反対側の第二の主面5bに例えば一対のリッジ溝8が形成されており、リッジ溝8の間にリッジ型の光導波路6が形成されている。本例では、薄層5の主面5a上に下側バッファ層4が形成されており、かつ支持基板2の上面2aに対して接着層3を介して接合されている。一方、薄層5の支持基板2と反対側の第二の主面5b側にリッジ溝8が形成され、またバッファ層9が形成されている。後述する反射型導波路素子ないし光路変更素子の場合、バッファ層9それ自体が出射光に対する無反射防止膜として機能してもよく、また、バッファ層9上に更に無反射防止膜を設けても良い。

[0014] 本例では、薄層5の全体にVHG7A、7Bが形成されている。この結果、リッジ型光導波路6内にVHG7Aが形成されているとともに、リッジ型光導波路6の両側にもVHG7Bが形成されている。

[0015] また、図4に示すVHG素子1Aは、図1～図3の素子と同様のものである。ただし、本例では、薄層5Aにリッジ型光導波路6が形成されているとともに、リッジ型光導波路6の両側に、リッジ型光導波路よりも厚さの小さい（薄い）延在部5c、5dが形成されている。なお、本例においても、薄層5（すなわち、リッジ型光導波路6および延在部5c、5d）の全体にわたってVHG7A、7Bが形成されている。

[0016] 図5に示す光源デバイスにおいては、実装基板10の実装面10aに、VHG素子1（1A）および光源11が実装されている。すなわち、VHG素

子の支持基板 2 の底面が実装面 10 a に固定されている。光源 11 は、基板部 11 b、活性層 11 c、バッファ層 11 d を備えており、発光面と反対側に反射膜 11 a が形成されている。

[0017] 光源 11 の活性層 11 c と、チャンネル型光導波路 6 とは、距離 G のギャップ 12 を挟んで対向しており、両者は光軸合わせされている。この結果、活性層 11 c から発振した光 A は、光導波路 6 の入射面 6 a に入射し、光導波路 6 内を矢印 B のように伝搬した後、出射面 6 b から矢印 C のように出射する。

[0018] ここで、チャンネル型光導波路 6 内に、V H G 7 A が形成されている。この V H G と光源とによって、外部共振器を構成し、発振するレーザ光の波長を安定化させる。これによって、波長の安定化されたレーザ光源を提供することが可能になる。

[0019] バットジョイントとは、異なる光導波路の端面同士を光軸方向に突き合わせてレンズなどの光学部品を使用せずに直接接合するジョイント構造をいう。本例では、活性層 11 c から出射した光は、ビーム形を保持しつつチャンネル型光導波路 6 に入射するので、結合効率が高く、バットジョイントが有効である。これによって、レンズを必要とせず、少ない部品点数で光学結合デバイスを実現できる。

[0020] また、本例では、図 6 に示すように、実装基板 10 の実装面 10 a 上に、V H G 素子 1 (1 A) と光導波路素子 15 が固定されている。光導波路素子 15 内にチャンネル型光導波路 13 が形成されている。そして、光導波路 13 の入射面 13 a が光導波路 6 の出射面 6 b と対向しており、光導波路 13 の出射面 13 b が反対側に設けられている。

[0021] 光導波路 6 の出射面 6 b と光導波路 13 の入射面 13 a とは、ギャップ 16 を挟んで対向しており、両者は光軸合わせされている。この結果、光導波路 6 から出射した光 C は、光導波路 13 の入射面 13 a に入射し、光導波路 13 内を矢印 D のように伝搬した後、出射面 13 b から出射する。

[0022] ここで、V H G 素子のチャンネル型光導波路の出射面と、光導波路素子の

チャンネル型光導波路の入射面とは、上の例のようにバットジョイントされていることが好ましい。しかし、V H G素子のチャンネル型光導波路の出射面と、光導波路素子のチャンネル型光導波路の入射面とは、レンズなどの光学系を用いて光学結合されていてもよい。

[0023] 上述の実施形態では、支持基板上に設けられた薄層でリッジ溝によって輪郭づけられたチャンネル型光導波路（リッジ光導波路）を光源の活性層と結合させている。薄層内に形成されたリッジ型のチャンネル型光導波路は、拡散光導波路と異なり、閉じ込めを強くすることができ光導波路表面での散乱がなく、このため散乱による伝搬損失の低下を防止できる。

[0024] また、好適な実施形態においては、本発明を、レーザ光の伝搬方向を変更する光路変更素子に対して適用する。こうした光路変更素子は、支持基板、光学結晶からなり、支持基板上に形成された薄層であって、支持基板側の第一の主面と、支持基板とは反対側の第二の主面とを有する薄層、および薄層に形成されているチャンネル型光導波路を備える。チャンネル型光導波路には、本発明によってV H Gが形成されている。また、チャンネル型光導波路は、光の入射面および光導波路を伝搬してきたレーザ光を反射する反射面を有しており、反射面で反射された光を薄層を通して素子の第二の主面側から出射させる。

[0025] 本実施形態によれば、光源から発振したレーザ光の光路を変化させて光導波路素子に入射させるための光路変更素子において、光源から光導波路素子への光の結合効率を高くし、安定させ得る。

[0026] 図7～図10は、光路変更素子の実施形態を示すものである。

図9、図10に示すように、図示しない実装装基に光源11が固定されている。光源11の活性層11cから、矢印Aのようにレーザ光が出射する。

[0027] 図7、図8に示すように、支持基板2と薄層5が接着剤3で接合、一体化している。薄層5の支持基板側の第一の主面5a側にリッジ溝8が形成されており、リッジ溝8の間にリッジ型の光導波路6が形成されている。本例では、薄層5の平坦な第二の主面5bにバッファ層9が形成されており、リッ

ジ溝側の第一の主面 5 a には下側バッファ層 4 が形成されている。この場合、バッファ層 9 は、出射光に対する無反射防止膜であってもよい。

[0028] 光路変更素子 3 1 の入射面 3 1 a は平坦であり、また光路変更素子の上面や底面に対して略垂直をなしている。一方、光路変更素子の反射面 3 1 b は、底面に対して角度 θ 傾斜している。 θ は、例えば $42 \sim 48^\circ$ で選択可能であり、通常 45° である。光源側から発振したレーザ光 A は、チャンネル型光導波路 6 の入射面 6 a に入射し、光導波路 6 内を矢印 B のように伝搬した後、光路変更素子の出射面に面する反射面 3 1 b によって反射される。そして、薄層内を伝搬し、素子の底面側の出射面 3 1 c から矢印 D のように出射する。

[0029] また、図 10 に示すように、光導波路素子 1 5 が固定されており、光導波路素子 1 5 内にチャンネル型光導波路 1 3 が形成されている。そして、光導波路 1 3 の入射面 1 3 a が光路変更素子 3 1 の底面 3 1 c と対向しており、光導波路 1 3 の出射面 1 3 b が反対側に設けられている。光路変更素子 3 1 の出射面 3 1 c は、光導波路素子 1 5 のチャンネル型光導波路 1 3 とバットジョイントされており、両者の間に空隙が設けられている。

[0030] 本例では、出射面 3 1 c に開口する光導波路はないが、反射面 3 1 b で反射された光はそのままビーム形を保持しつつ薄層を短い距離だけ伝搬して出射するので、光ビームの形は保持されており、このためバットジョイントが成り立つ。

[0031] 本発明では、上述の実施形態のように、支持基板上に設けられた薄層内で輪郭づけられたチャンネル型光導波路内を伝搬してきた光を、薄層端面で反射させ、薄層の底面側から出射させる。このとき、薄層内に形成されたチャンネル型光導波路は、閉じ込めを強くすることができ、光導波路表面での散乱がなく、このため光路変更素子の反射面での散乱による結合効率低下を防止できる。更に、光路変更素子の底面から出射させた光を、バットジョイント方式で別体の光導波路素子に結合することができるので、レンズを必要とせず少ない部品点数で、高い結合効率を実現可能である。また薄層を複屈折

率材料にすることで光源の偏光を維持することができ、高い偏光クロストークを保持した状態で光導波路素子に結合できる。

[0032] また薄層を複屈折率材料にすることで光源の偏光を維持することができ、高い偏光クロストークを保持した状態で、光源や光導波路素子に結合できる。

[0033] 光路変更素子として使用する場合には、上側バッファ層、下側バッファ層は、出射光に対して無反射防止膜としても機能してもよく、あるいは、各バッファ層の代わりにそれぞれ無反射防止膜を形成してもよい。

[0034] また、V H G素子において、光導波路の入射面には無反射膜（A Rコート）を形成することが好ましい。また、光導波路の出射面側にも無反射膜（A Rコート）が形成されることが好ましい。バッファ層は、実質的に光導波路に対してクラッドとして機能しており、出射光に対しては無反射膜として機能していてもよい。出射光に対する無反射膜については、出射面側にバッファ層の上に成膜して形成してもよい。バッファ層は、反射光のスポットサイズが広がらないという観点で5 μ m以下が好ましい。この観点で光路にはバッファ層はなくてもよい。

[0035] V H Gを薄層の全体に形成する場合には、V H Gの形成が比較的容易であるという利点がある。しかし、薄層の全体にV H Gを形成する必要はなく、少なくともチャンネル型光導波路にV H Gを形成すれば、外部共振器としての作用が得られる。また、チャンネル型光導波路の全長にわたってV H Gを形成する必要はない。光導波路の入射面とV H Gとの間、光導波路の出射面とV H Gとの間には、それぞれ、回折格子のない伝搬部を設けることができる。

[0036] また、他の実施形態においては、薄層が、前記ポリウム・ホログラム・グレーティングが形成された領域と、前記ポリウム・ホログラム・グレーティングが形成されていない領域とに分かれており、ポリウム・ホログラム・グレーティングが形成された領域がチャンネル型光導波路を構成する。この場合には、リッジ溝やイオン拡散などの光導波路形成手法を用いる必要

はなく、VHGによって光導波路を形成できる。図11～図13のVHG素子はこの実施形態に係るものである。

[0037] VHG素子21では、図11～図13に示すように、支持基板2と薄層20とが互いに接合、一体化している。薄層20の支持基板2と反対側の第二の主面20b、支持基板側の主面20aは、ともに平坦である。主面20a上には下側バッファ層4が形成されており、かつ支持基板2の上面2aに対して接着層3を介して接合されている。薄層20の支持基板2と反対側の主面20b側にもバッファ層を形成できる。

[0038] 本例では、薄層20の全体にVHGが形成されていない。その代わりに、薄層20のうち、所定の光導波路パターンに沿ってVHG17を形成している。このVHGでは、一定周期で屈折率の高い場所が形成されており、この作用によって、VHG17の延びる方向に向かってレーザ光が伝搬する。この結果、チャンネル型光導波路16にVHG17が形成されることになる。なお、16aは入射面であり、16bは出射面である。

[0039] 本VHG素子21は、上述の各実施形態と同様に、光源11の活性層11cと、距離Gのギャップ12を挟んでバットジョイントすることができる。また、このVHGと光源とによって、外部共振器を構成し、発振するレーザ光の波長を安定化させる。これによって、波長の安定化されたレーザ光源を提供することが可能になる。

[0040] また、本例のVHG素子21は、前述したVHG素子と同様に、光導波路素子のチャンネル型光導波路に対して光学的に結合することが可能である。

[0041] 光導波路素子としては、光導波路を設けた素子一般を使用できるが、波長変換素子や光変調器であってもよい。また、本発明のVHG素子は、光導波路素子の他、光ファイバやフェルールのような光伝送部材に対して結合することも可能である。

[0042] 薄層の厚さは、光導波路素子のチャンネル型光導波路に対する結合効率の観点から、 $8\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $5\mu\text{m}$ 以下が更に好ましい。また、光導波路の伝搬損失を低減するという理由から、薄層の厚さは $0.5\mu\text{m}$ 以上が

好ましい。

[0043] 薄層を形成する材質は、光誘起屈折率変化、光熱屈折率変化を有する材料である。

[0044] 薄層を形成する光学結晶の好適例は、シリカガラスやケイ酸塩ガラスであり、具体的には、シリカガラス（組成： $\text{Na}_2\text{O}-\text{ZnO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ）にセリウム、銀、フッ素をドーブしたドーブガラスが例示できる。

[0045] また、薄層は、接合による貼り合わせによって形成することもできるが、支持基板上にスパッタ、蒸着、CVDによる成膜にて形成することも可能である。

[0046] 薄層中には光誘起屈折率変化、光熱屈折率変化を高効率に誘起するために、前記のようにセリウム、銀、フッ素がドーブされる。

[0047] 薄層内にVHGを形成する方法について、以下に示す。

前記のドーブしたシリカガラスにHe-Cdレーザと外部の回折格子を使用して所望の周期間隔となる干渉パターンをつくり、このパターンを前記ガラス基板上に照射する。すると前述のように、この周期に対応した屈折率変動パターンが形成される。その後、支持基板に貼り合せをして精密研磨加工を実施することにより、VHG構造を有した薄層を形成することができる。

[0048] リッジ型の光導波路は、光学結晶を加工、例えば機械加工やレーザ加工することによって物理的に加工し、成形することによって得られる。

[0049] 接着層の材質は、無機接着剤であってよく、有機接着剤であってよく、無機接着剤と有機接着剤との組み合わせであってよい。

[0050] 支持基体の材質は、VHGのある薄層よりも屈折率が小さく、使用波長に対して透明な材料が好ましい。具体的には、フッ化カルシウム、弗珪クラウンガラスである。樹脂接着の場合は、屈折率に制約をうけず、Si、水晶、石英ガラスなどのガラス、アルミナ、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウムを例示することができる。

[0051] 無反射層の反射率は、グレーティング反射率以下である必要があり、無反射層に成膜する膜材としては、二酸化珪素、五酸化タンタルなどの酸化物で

積層した膜や、金属類も使用可能である。

[0052] 光源としては、高い信頼性を有するGaAs系やInP系材料によるレーザが好適である。本願構造の応用として、例えば、非線形光学素子を利用して第2高調波である緑色レーザを発振させる場合は、波長1064nm付近で発振するGaAs系のレーザを用いることになる。GaAs系やInP系のレーザは信頼性が高いため、一次元状に配列したレーザアレイ等の光源も実現可能である。スーパーミネッセンスダイオードや半導体光アンプ(SOA)であってもよい。また、活性層の材質や波長も適宜選択できる。

[0053] また、光源、VHG素子、光導波路素子の各端面は、それぞれ、端面反射を抑制するために斜めカットしていてもよい。また、薄層と支持基板の接合は、上述の例では接着固定だが、直接接合でもよい。

[0054] 光導波路素子の構成は、チャンネル型光導波路が形成されている限り、特に限定されない。光導波路素子は例えば一体物の基板であってもよいが、好ましくは、支持基板と、この支持基板上に接合された光学結晶からなる薄層を備えており、薄層内にチャンネル型光導波路が形成されている。このチャンネル型光導波路は、リッジ型光導波路が好ましいが、拡散型光導波路でもよい。

[0055] 光源の出射面とVHG素子のチャンネル型光導波路の入射面との間の間隙の大きさGは、設計によるが、1 μ m以上が好ましく、9 μ m以下が好ましい。

実施例

[0056] (実施例A)

図1～図6に示す光源デバイスを作製した。

具体的には、厚み0.3mm、25mm角サイズのシリカガラス基板(組成:Na₂O-ZnO-Al₂O₃-SiO₂)にセリウム、銀、フッ素をドーピングした。次いで、このガラス基板の全面にわたって、光熱屈折率プロセスにより、ピッチ Λ 約318nmのボリウム・ホログラフィック・グレーティングを形成した。次に、0.5mm厚の弗珪クラウンガラスに接着して、研磨定盤に貼り付けた後に、シリカ基板をTs

= 2 μ mの厚さまで精密研磨した。その後、スパッタにてNiを成膜して、フォトリソグラフィーにより幅3 μ mのパターン形成した。次にフッ素系の反応性イオンエッチングにより幅W_g 3 μ m、Tr 2 μ mの光導波路パターンを形成した。次に、ダイシング装置にてバー状に切断し、両端面を光学研磨し、研磨端面に0.1%以下のARコートを形成した。最後にチップ切断して素子サイズは幅1mm、長さL_{wg} 3mmとした。

[0057] 次いで、得られたVHG素子の特性を評価するために、波長950nm帯のスーパーミネッセンスダイオード（SLD）で測定した。その結果、TM波、TE波とも最大反射率10%、半値全幅 $\Delta\lambda_g$ は0.2nmの反射特性を得た。

[0058] さらに、本VHG素子、波長950nmSLD、およびスポットサイズ3×2 μ mのPPLN導波路素子を使用して、図5、図6に示すような接続構造を作製した。SLDの長さは2mmとした。まず、VHG素子とSLDを実装基板に配置し光学調芯した。素子間のギャップは3 μ mとし調芯後にUV硬化樹脂で固定した。この後、SLDに電流注入して駆動させたところ、外部共振器型レーザとして発振を確認した。中心波長は950nm、出力50mWであり、中心波長の温度係数0.01nm/°Cとなり、VHGの温度特性に依存する温度係数の小さいレーザが実現できることを確認した。また、レーザ光のニアフィールドパターンを測定したところ、1/e²の水平方向幅が3 μ m、垂直方向高さが2 μ mのガウス分布を示した。

[0059] 次に、長さ8mmのPPLN導波路素子をVHG導波路素子の出力側に光学調芯した。素子間のギャップは3 μ mとし、前記同様にUV硬化樹脂にて固定した。実装後にモジュールの特性を評価した。VHG素子とPPLN素子との結合効率は80%であった。また、ペルチェ素子で温度50°Cで制御してSHG特性を測定したところ、出力が約3 mW、変換効率110%/Wとなり、外部共振器型レーザ構造を有しない通常のコヒーレント光源を用いた場合の結果と同等の変換効率を得た。

[0060] （実施例B）

図11～図13に示すようなVHG素子を作製した。

具体的には、厚み0.3mm、25mm角サイズのシリカガラス基板（組成：Na₂O-ZnO-Al₂O₃-SiO₂）にセリウム、銀、フッ素をドーピングした。得られたガラス基板の全面に、スパッタにてNiを成膜し、フォトリソグラフィーにて幅3μm、長さ159nmの長方形形状のパターンをピッチΛ318nm間隔で配置したNiマスクを形成した。その後、325nmのHe-Cdを照射して光熱屈折率プロセスにより、幅3μm、長さ159nm、ピッチΛ約318nmのボリウム・ホログラフィック・グレーティングを形成した。

[0061] 次に、0.5mm厚の弗珪クラウンガラスに接着して、研磨定盤に貼り付けた後にVHG基板を $T_s = 2\mu\text{m}$ の厚さまで精密研磨した。その後、ダイシング装置にてバー状に切断し、両端面を光学研磨し、研磨端面に0.1%以下のARコートを形成した。最後にチップ切断して素子サイズは幅1mm、長さ $L_{wg} = 3\text{mm}$ とした。

[0062] 導波路型VHG素子の特性を評価するために、波長950nm帯のスーパールミネッセンスダイオード（SLD）で測定した。その結果、TM波、TE波とも最大反射率10%、半値全幅 $\Delta\lambda_g$ は0.2nmの反射特性を得た。

[0063] さらに、本素子と波長950nmSLD、スポットサイズ $3\times 2\mu\text{m}$ の長さ8mmのPPLN導波路素子を使用して、図5に示すデバイスを作製した。SLDの長さは2mmとした。まず、VHG導波路素子とSLDを実装基板に配置し光学調芯した。素子間のギャップは3μmとし調芯後にUV硬化樹脂で固定した。この後、SLDに電流注入して駆動させたところ、外部共振器型レーザとして発振を確認した。中心波長は950nm、出力40mWであり、中心波長の温度係数0.01nm/°CとなりVHGの温度特性に依存する温度係数の小さいレーザが実現できることを確認した。また、レーザ光のニアフィールドパターンを測定したところ、 $1/e^2$ の水平方向幅が3μm、垂直方向高さが2μmのガウス分布を示した。

[0064] 次に、PPLN導波路素子をVHG導波路素子の出力側に光学調芯した。素子間のギャップは3μmとし、前記同様にUV硬化樹脂にて固定した。実装後にモジュールの特性を評価した。VHG素子とPPLN素子との結合効率は80%であった。また、ペルチェ素子で温度50°Cで制御してSHG特性を測定したところ出力が

約 2 mW、変換効率110%/Wとなり、外部共振器型レーザ構造を有しない通常のコヒーレント光源を用いた場合の結果と同等の変換効率を得た。

[0065] (比較例)

厚み0.3mm、25mm角サイズのシリカガラス基板（組成：Na₂O-ZnO-Al₂O₃-SiO₂）にセリウム、銀、フッ素をドーピングした。得られたガラス基板の全面にわたって、光熱屈折率プロセスによりピッチΛ約318nmのボリウム・ホログラフィック・グレーティングを形成した。本素子の厚み25mm×0.3mmの両端面を光学研磨した後にARコート进行成膜した（バルク型VHG素子）。

[0066] バルク型VHG素子の特性を評価するために、波長950nm帯のスーパーLED（SLD）で測定した。その結果、TM波、TE波とも最大反射率10%、半値全幅 $\Delta\lambda_g$ は0.2nmの反射特性を得た。

[0067] さらに、本素子と波長950nmSLDを光学調芯し外部共振器型レーザを作製した。SLDの長さは2mmとした。素子間のギャップは3μmとした。この後、SLDに電流注入して駆動させたところ、外部共振器型レーザとして中心波長は950nmにて発振を確認できたが、出力10mW以下であった。また、レーザ光のニアフィールドパターンを測定したところ、スポットの中心部が暗いリング状のパターンでガウス分布ではなかった。

請求の範囲

- [請求項1] ボリウム・ホログラム・グレーティング素子であって、
 支持基板、
 前記支持基板上に形成された薄層であって、前記支持基板側の第一の主面と、前記支持基板とは反対側の第二の主面とを有する薄層、および
 前記薄層に形成されているチャンネル型光導波路を備えており、
 前記チャンネル型光導波路にボリウム・ホログラム・グレーティングが形成されていることを特徴とする、ボリウム・ホログラム・グレーティング素子。
- [請求項2] 前記チャンネル型光導波路がリッジ型光導波路であることを特徴とする、請求項1記載の素子。
- [請求項3] 前記薄層が、前記ボリウム・ホログラム・グレーティングが形成された領域と、前記ボリウム・ホログラム・グレーティングが形成されていない領域とに分かれており、前記ボリウム・ホログラム・グレーティングが形成された領域が前記チャンネル型光導波路を構成することを特徴とする、請求項1または2記載の素子。
- [請求項4] 前記薄層の全体にわたって前記ボリウム・ホログラム・グレーティングが形成されていることを特徴とする、請求項1または2記載の素子。
- [請求項5] 光を発振する光源、および請求項1～4のいずれか一つの請求項に記載のボリウム・ホログラム・グレーティング素子を備えており、前記ボリウム・ホログラム・グレーティングと前記光源とが外部共振器を構成することを特徴とする、光源デバイス。
- [請求項6] 前記ボリウム・ホログラム・グレーティング素子と前記光源とを実装するための実装基板を備えていることを特徴とする、請求項5記載の光源デバイス。
- [請求項7] 請求項1～4のいずれか一つの請求項に記載のボリウム・ホログ

ラム・グレーティング素子と、チャンネル型光導波路を有する光導波路素子との接続構造であって、

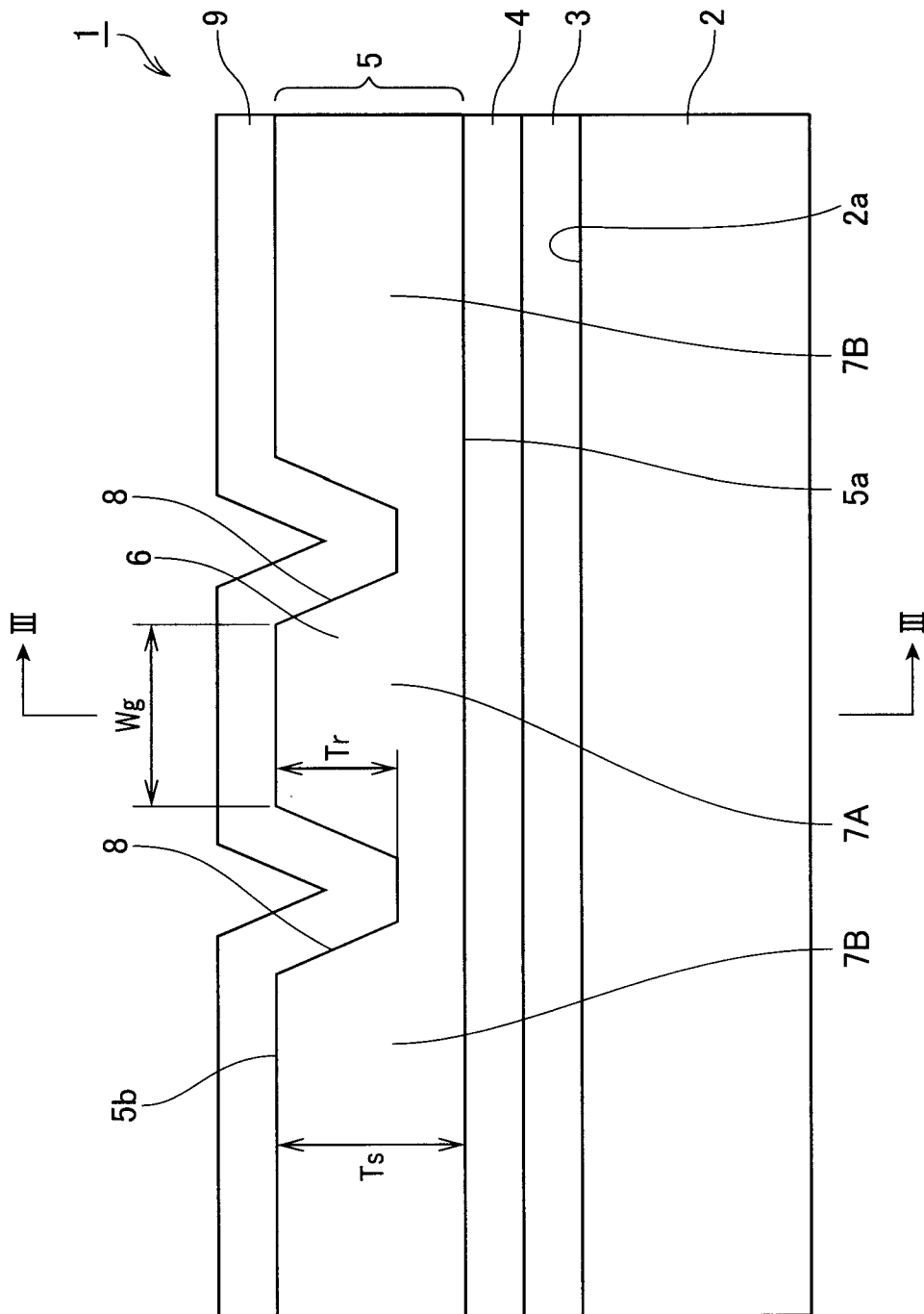
前記ボリューム・ホログラム・グレーティング素子の前記チャンネル型光導波路の出射面と、前記光導波路素子の前記チャンネル型光導波路とが光学的に結合されていることを特徴とする、接続構造。

[請求項8] 前記ボリューム・ホログラム・グレーティング素子と前記光導波路素子とを実装するための実装基板を備えていることを特徴とする、請求項7記載の接続構造。

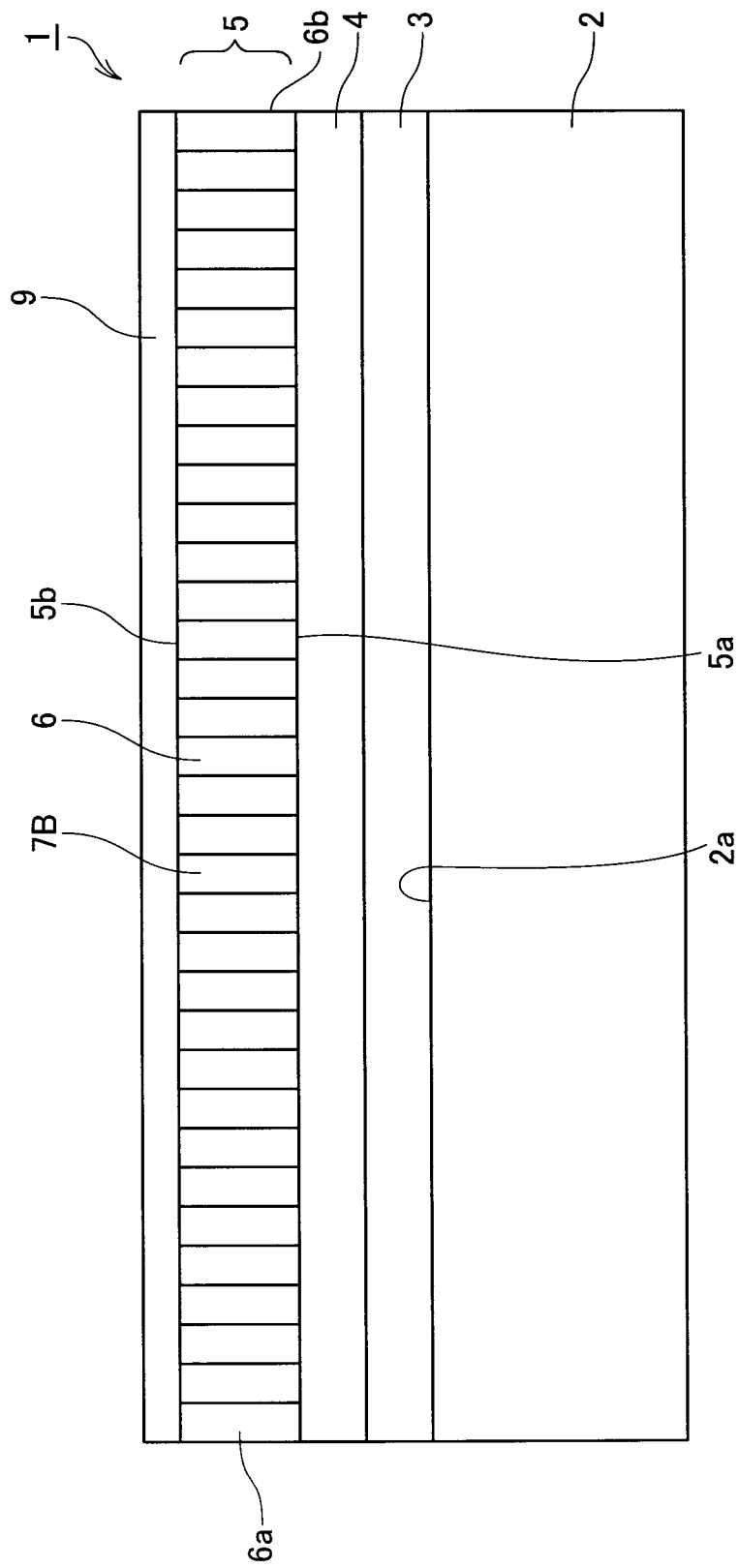
[請求項9] レーザ光を発振する光源を備えており、前記ボリューム・ホログラム・グレーティングと前記光源とが外部共振器を構成することを特徴とする、請求項7または8記載の接続構造。

A detailed cross-sectional view of a semiconductor device 100. The device features a substrate 2 with a gate stack 5 on top. The gate stack 5 consists of a gate dielectric 3 and a gate electrode 4. Below the gate stack, there are several layers and regions: a first channel layer 6a, a second channel layer 6b, and a third channel layer 7A. These layers are separated by insulating spacers 8. A fourth channel layer 7B is located below the other channel layers. A contact layer 9 is positioned at the bottom of the device. A width W_g is indicated for the gate stack 5, and a thickness T_s is shown for the substrate 2.

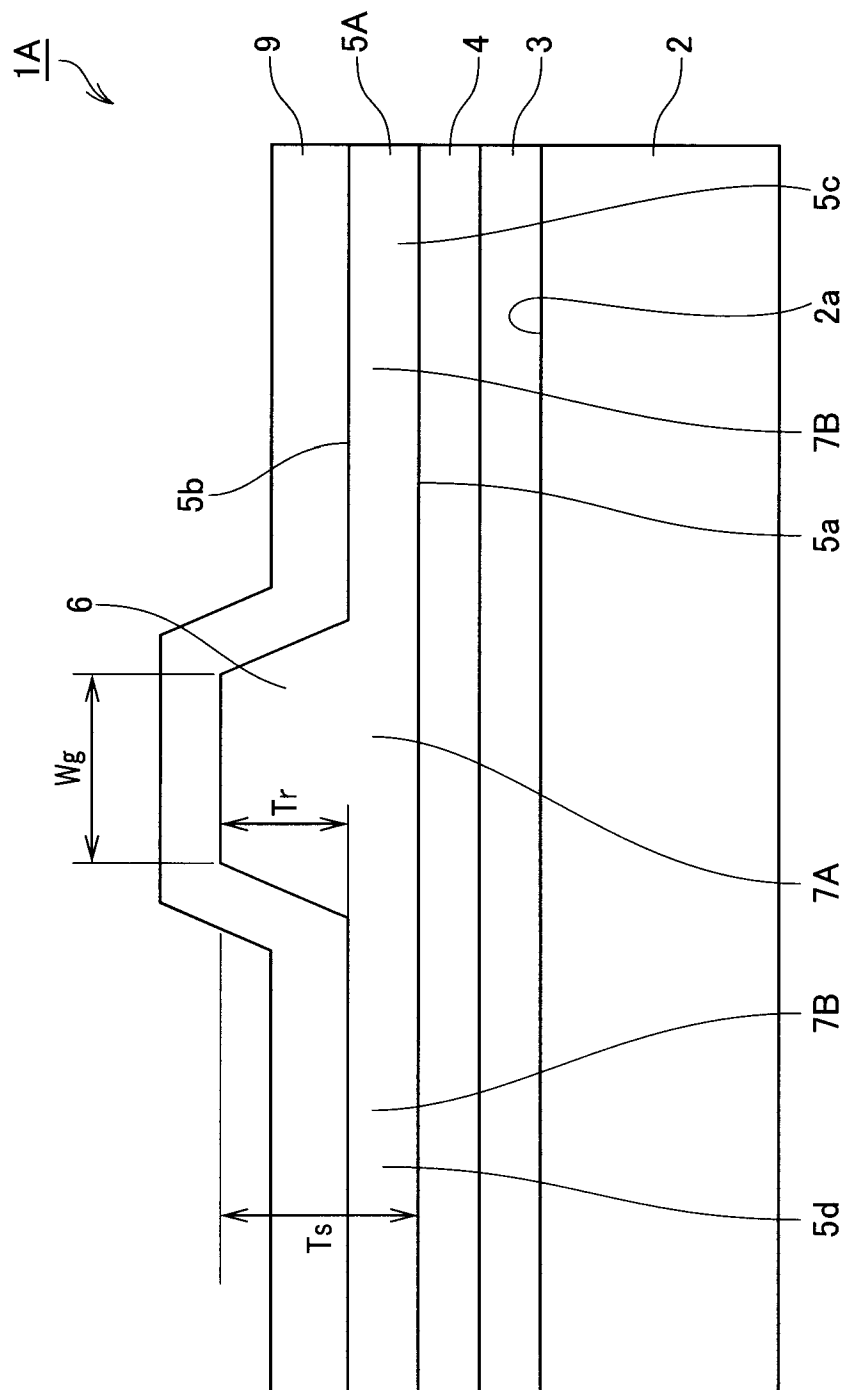
[図2]



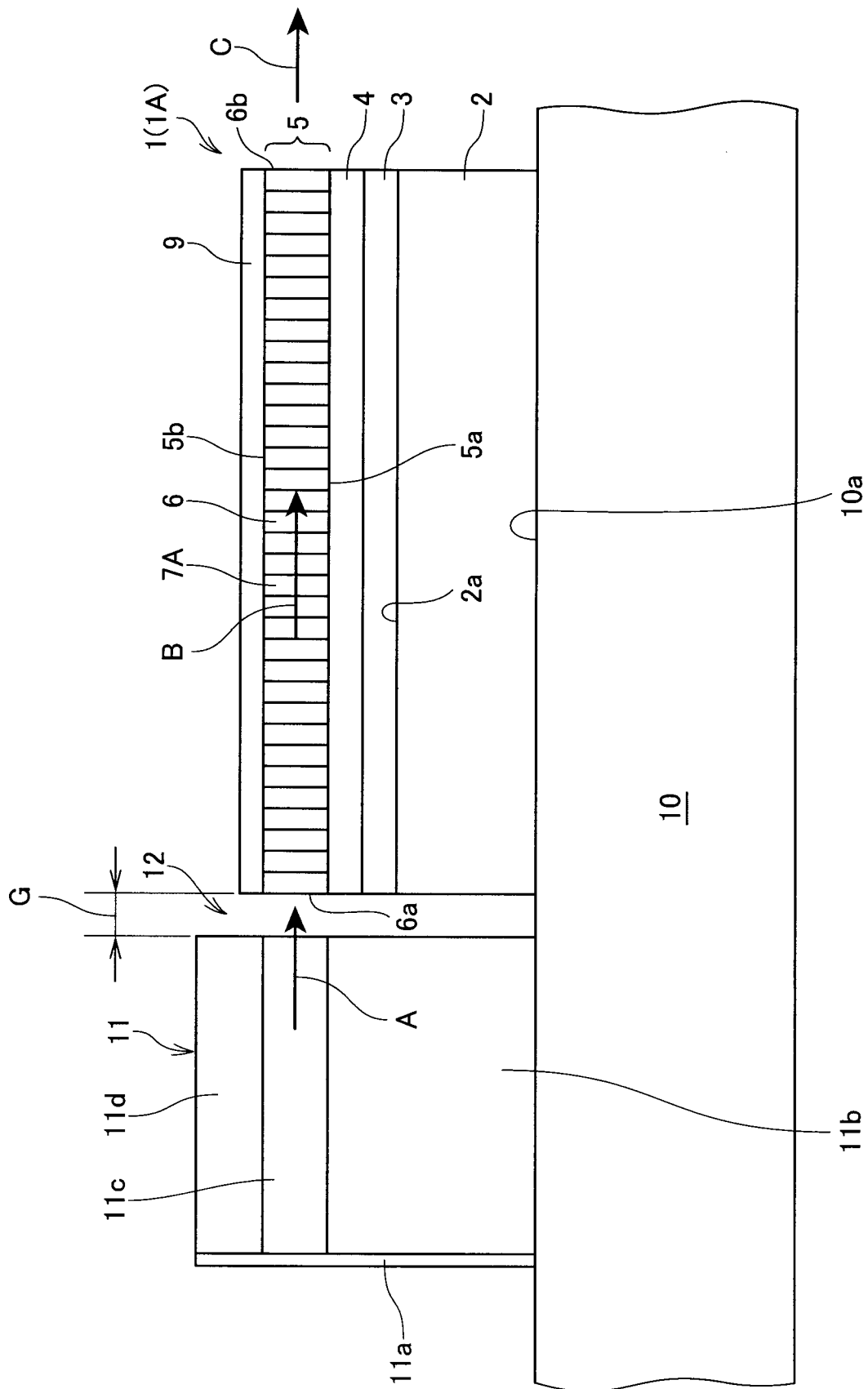
[図3]



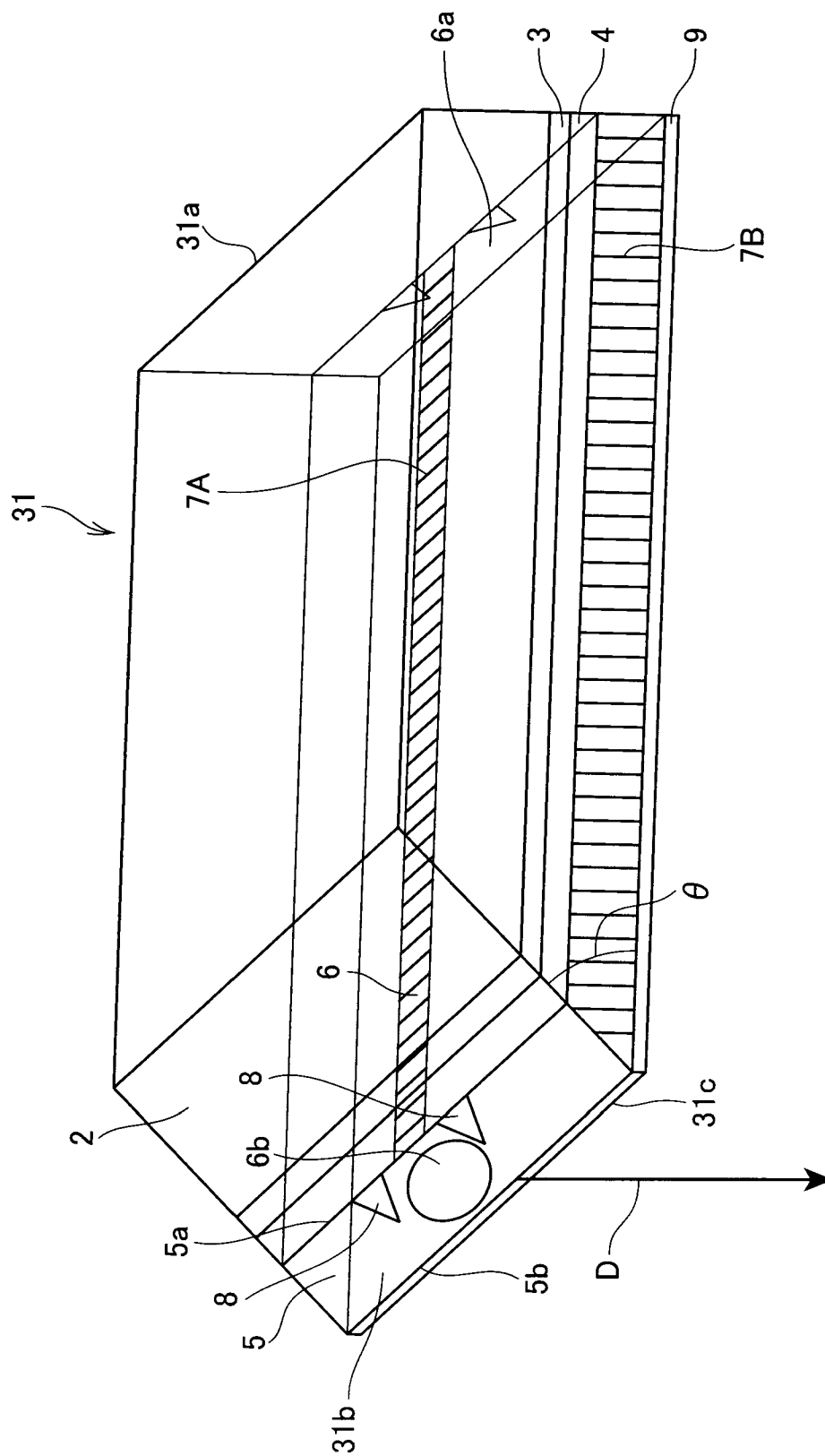
[図4]



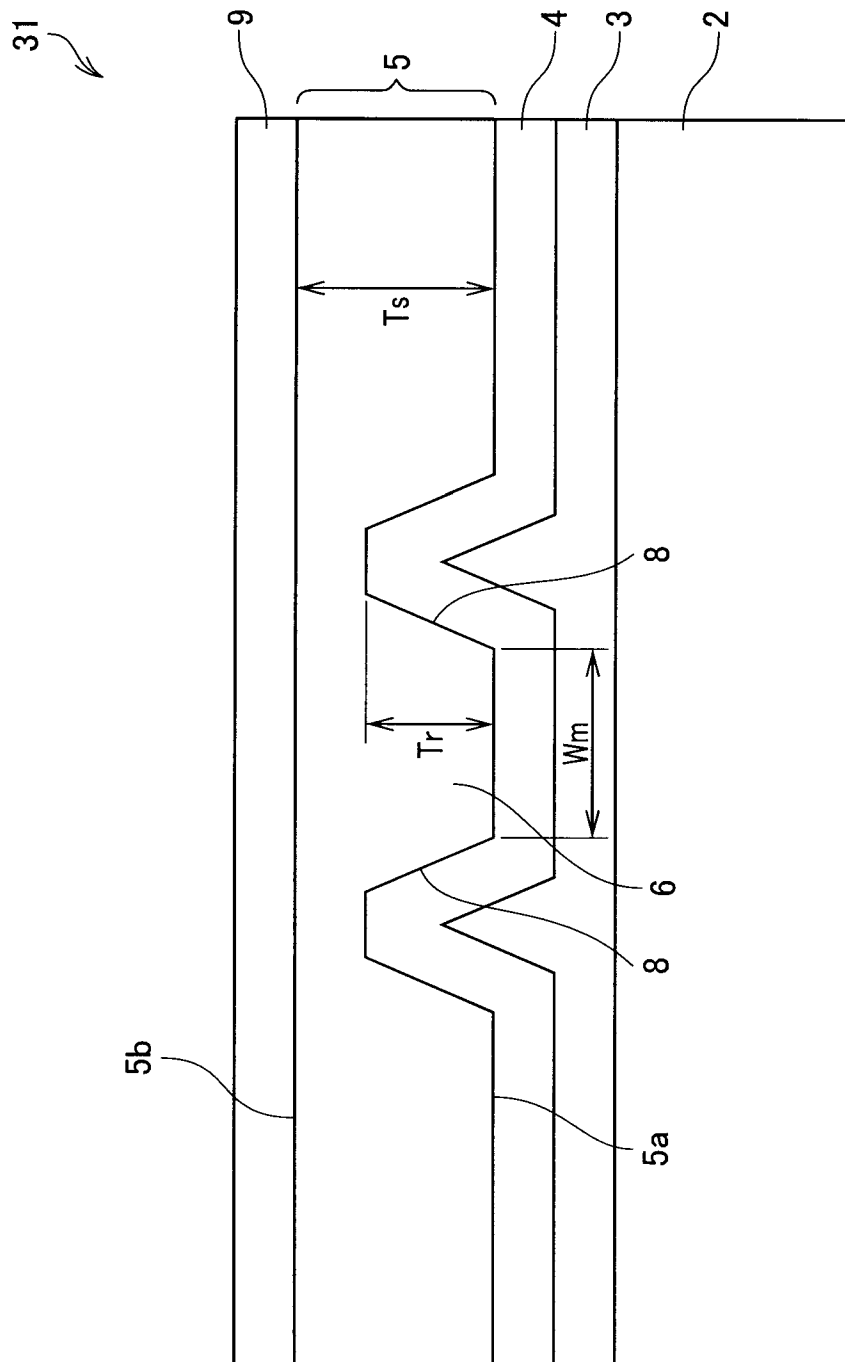
[図5]



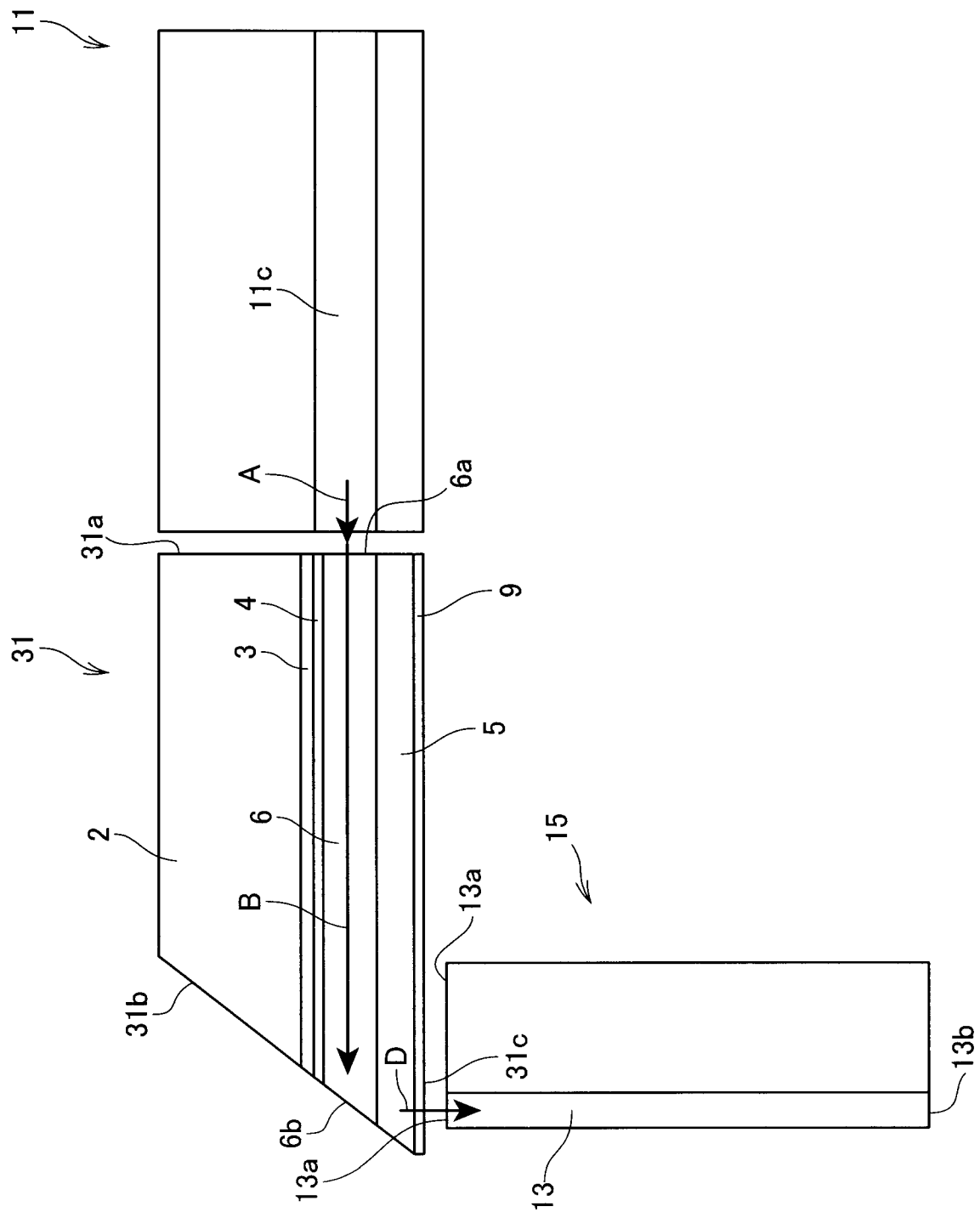
[図7]



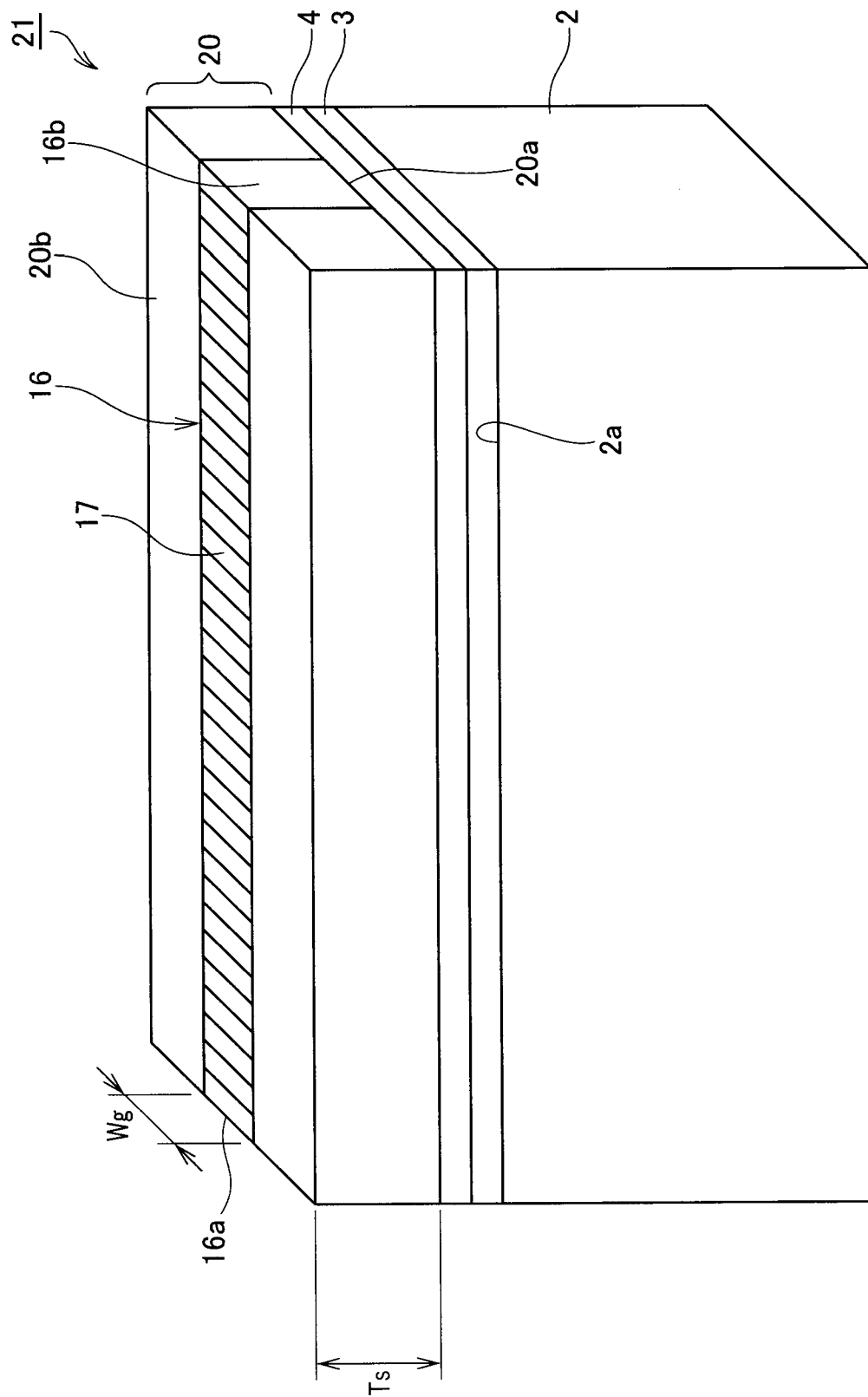
[図8]



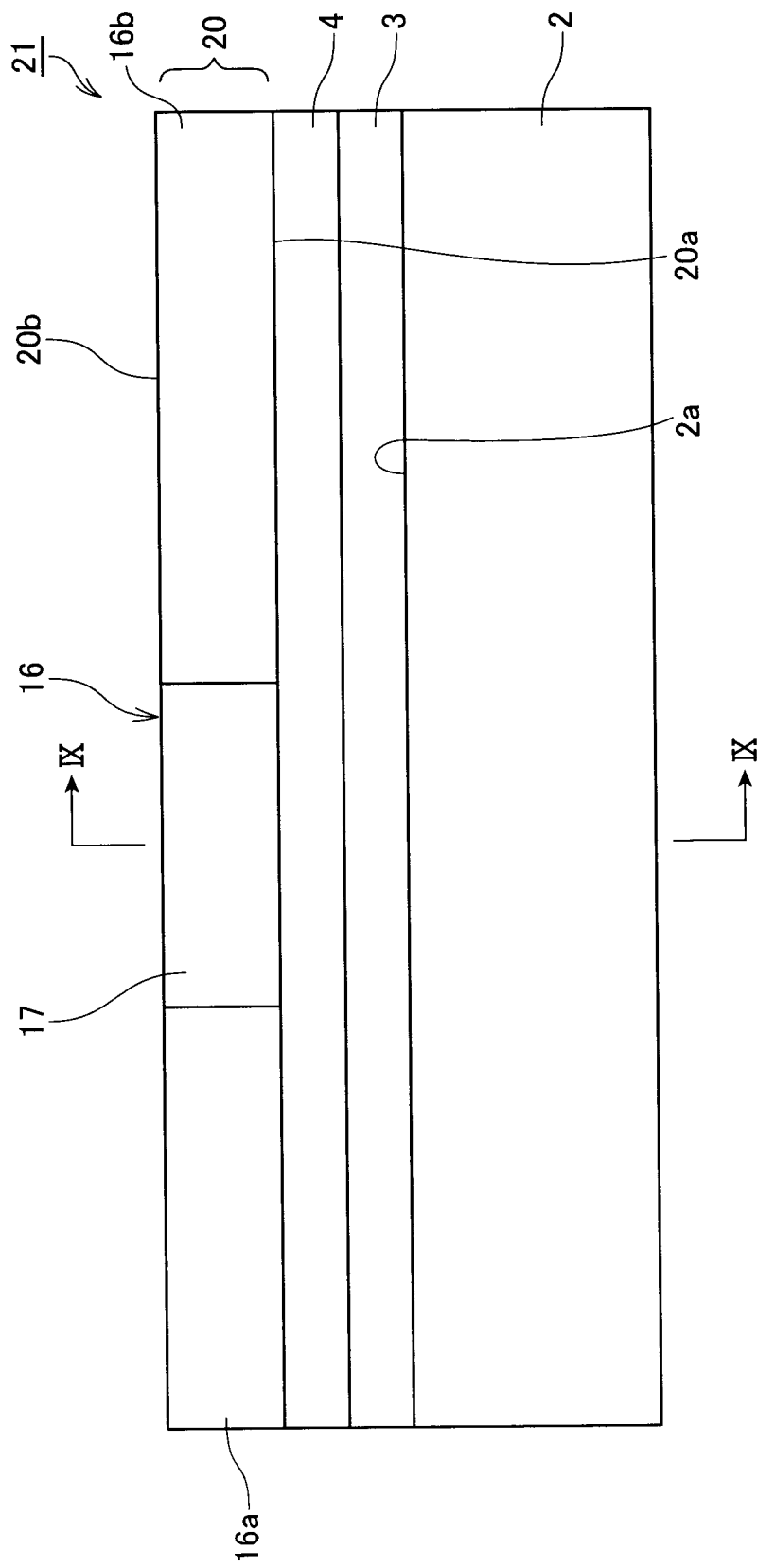
[図10]



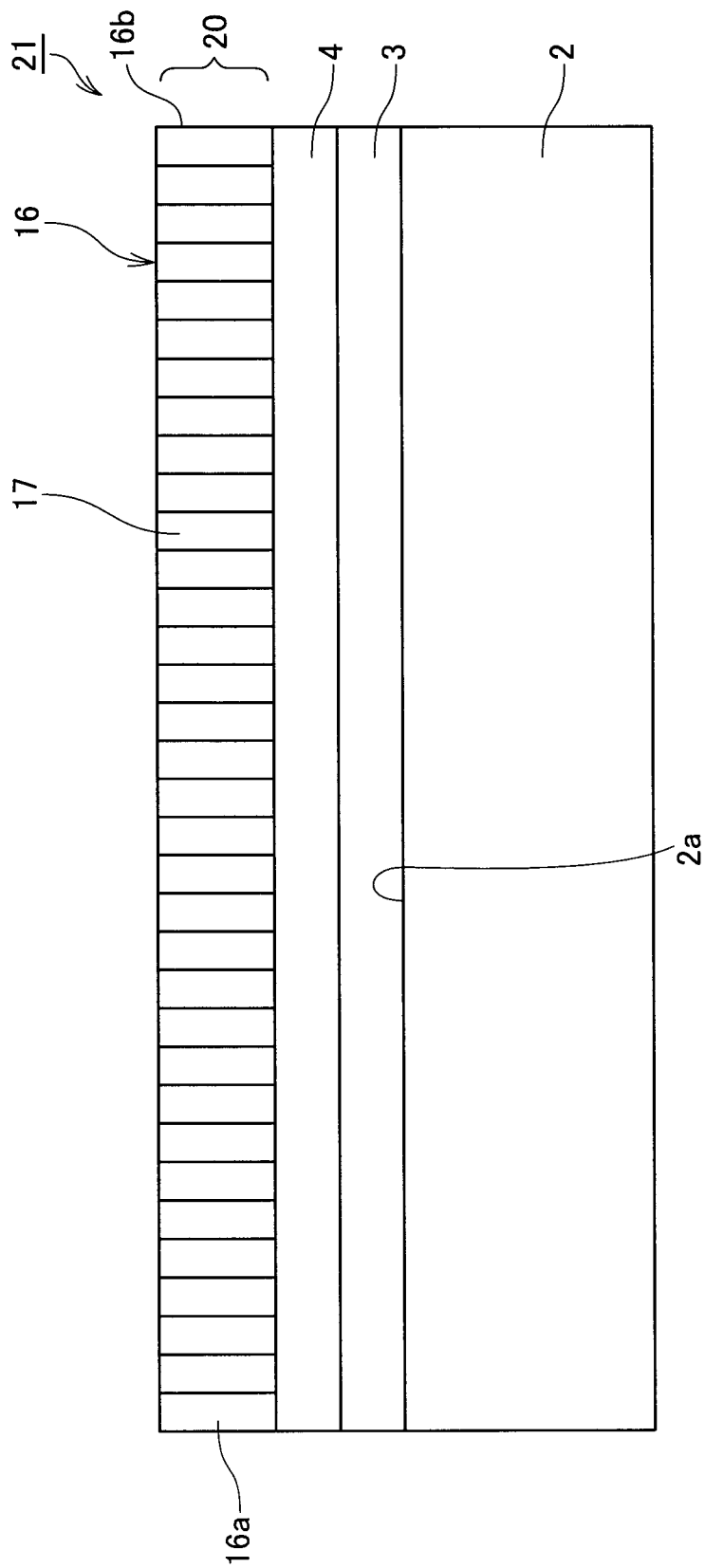
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/066657

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/122(2006.01)i, G02B5/32(2006.01)i, G02B6/42(2006.01)i, H01S5/14(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)

G02B6/12-6/14, G02B6/26, G02B6/30-6/35, G02B6/42-6/43, G02B5/18, G02B5/32, H01S5/00-5/50

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-171252 A (Fujitsu Ltd.), 05 August 2010 (05.08.2010), paragraphs [0002] to [0009], [0022] to [0026], [0064] to [0110], [0138] to [0145]; fig. 1, 5 to 7 (Family: none)	1-9
Y	JP 2009-182158 A (Shimadzu Corp.), 13 August 2009 (13.08.2009), paragraph [0006] & US 2009/0196320 A1 & CN 101499610 A	1-9

☒ 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
10 September, 2014 (10.09.14)

Date of mailing of the international search report
30 September, 2014 (30.09.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/066657

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-219845 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 05 August 2004 (05.08.2004), paragraphs [0030] to [0057]; fig. 1 & US 2006/0257084 A1 & EP 1586940 A1 & WO 2004/063809 A1 & CN 1739061 A	2, 4
Y	US 2004/0020893 A1 (BOOKHAM TECHNOLOGY, PLC.), 05 February 2004 (05.02.2004), paragraph [0031]; fig. 3, 4 & GB 2384321 A	2
Y	US 2002/0197013 A1 (Ansheng Liu, Mario J. Paniccia, Remus Nicolaescu, Richard Jones), 26 December 2002 (26.12.2002), paragraphs [0032] to [0034]; fig. 1 to 3 & US 2003/0133658 A1 & US 2002/0197011 A1 & US 2002/0197012 A1	2, 4
Y	JP 07-122809 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 12 May 1995 (12.05.1995), paragraphs [0004] to [0005]; fig. 4 (Family: none)	4
Y	JP 2009-152524 A (Seiko Epson Corp.), 09 July 2009 (09.07.2009), paragraphs [0021], [0032]; fig. 5 (Family: none)	6, 8-9
A	JP 11-335199 A (NGK Insulators, Ltd.), 07 December 1999 (07.12.1999), paragraphs [0037] to [0041]; fig. 3 to 5 & US 2001/0029884 A1 & EP 962558 A1	1-9
A	JP 07-287267 A (Eastman Kodak Co.), 31 October 1995 (31.10.1995), paragraph [0011]; fig. 2 & US 5436919 A & EP 666623 A1	1-9
P, A	JP 2013-140225 A (Citizen Holdings Co., Ltd.), 18 July 2013 (18.07.2013), entire text; all drawings & US 2013/0170511 A1	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B6/122(2006.01)i, G02B5/32(2006.01)i, G02B6/42(2006.01)i, H01S5/14(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. G02B6/12-6/14, G02B6/26, G02B6/30-6/35, G02B6/42-6/43, G02B5/18, G02B5/32, 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

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

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	JP 2010-171252 A (富士通株式会社) 2010.08.05, 【0002】 - 【0009】, 【0022】 - 【0026】, 【0064】 - 【0110】, 【0138】 - 【0145】, 図 1, 5-7 (ファミリーなし)	1-9
Y	JP 2009-182158 A (株式会社島津製作所) 2009.08.13, 【0006】 & US 2009/0196320 A1 & CN 101499610 A	1-9

☒ 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 0 . 0 9 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

3 0 . 0 9 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

奥村 政人

2 X

4 7 5 2

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	JP 2004-219845 A (松下電器産業株式会社) 2004. 08. 05, 【0030】 - 【0057】, 図 1 & US 2006/0257084 A1 & EP 1586940 A1 & W0 2004/063809 A1 & CN 1739061 A	2, 4
Y	US 2004/0020893 A1 (BOOKHAM TECHNOLOGY, PLC.) 2004. 02. 05, 【0031】, 図 3, 4 & GB 2384321 A	2
Y	US 2002/0197013 A1 (Ansheng Liu, Mario J. Paniccia, Remus Nicolaescu, Richard Jones) 2002. 12. 26, 【0032】 - 【0034】, 図 1-3 & US 2003/0133658 A1 & US 2002/0197011 A1 & US 2002/0197012 A1	2, 4
Y	JP 07-122809 A (沖電気工業株式会社) 1995. 05. 12, 【0004】-【0005】, 図 4 (ファミリーなし)	4
Y	JP 2009-152524 A (セイコーエプソン株式会社) 2009. 07. 09, 【0021】, 【0032】, 図 5 (ファミリーなし)	6, 8-9
A	JP 11-335199 A (日本碍子株式会社) 1999. 12. 07, 【0037】 - 【0041】, 図 3-5 & US 2001/0029884 A1 & EP 962558 A1	1-9
A	JP 07-287267 A (イーストマン コダック カンパニー) 1995. 10. 31, 【0011】, 図 2 & US 5436919 A & EP 666623 A1	1-9
PA	JP 2013-140225 A (シチズンホールディングス株式会社) 2013. 07. 18, 全文, 全図 & US 2013/0170511 A1	1-9