(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
2022年12月1日(01.12.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/249234 A1

(51) 国際特許分類:
G02F 1/377 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/019581

(22) 国際出願日： 2021年5月24日(24.05.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目５番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 井上 飛鳥(**INOUE Asuka**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 渡邉 啓(**WATANABE Kei**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 忠永 修(**TADANAGA Osamu**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 圓佛 晃次(**EMBUTSU Koji**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 谷・阿部特許事務所 (**TANI & ABE, P.C.**); 〒1070052 東京都港区赤坂２丁目６番２０号 Tokyo (JP).

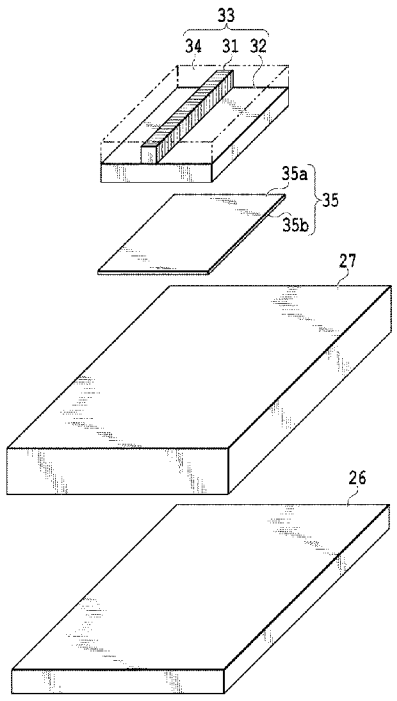
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, 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, 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, GH, GM, KE, LR, LS,

(54) **Title:** WAVELENGTH CONVERSION DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING WAVELENGTH CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称： 波長変換装置及び波長変換装置の製造方法

[図3]



(57) **Abstract:** The present invention achieves improvements in the stable operation and long-term reliability of a wavelength conversion device by relaxing stress applied to a wavelength conversion element when the temperature of the wavelength conversion element is controlled. A wavelength conversion device (30) is configured to comprise: a wavelength conversion element (33) to which excitation light and signal light are inputted and which outputs wavelength-converted output signal light; a temperature control element (26) which controls the temperature of the wavelength control element (33); an upper member (27) which is provided between the wavelength conversion element (33) and the temperature control element (26), and transfers heat between the temperature control element (26) and the wavelength conversion element (33); and a sheet-shaped bonding sheet (35) which is provided between the wavelength conversion element (33) and the upper member (27), at least part of the bonding sheet (35) being configured such that a surface (35a) facing the wavelength conversion element (33) is bonded to the wavelength conversion element (33) and a surface (35b) facing the upper member (27) is bonded to the upper member.

WO 2022/249234 A1

［続葉有］

MW, MZ, NA, RW, 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, 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)）

(57) 要約：波長変換素子の温度制御時に波長変換素子に加わる応力を緩和し、波長変換装置の安定動作及び長期信頼性の向上を実現する。波長変換装置（３０）を、励起光及び信号光を入力し、波長変換された出力信号光を出力する波長変換素子（３３）と、波長変換素子（３３）の温度を制御する温度制御素子（２６）と、波長変換素子（３３）と温度制御素子（２６）との間に設けられ、温度制御素子（２６）と波長変換素子（３３）との間で熱を伝達する上部部材（２７）と、波長変換素子（３３）と上部部材（２７）との間に設けられるシート状の接着シート（３５）と、を備え、接着シート（３５）の少なくとも一部は、波長変換素子（３３）に向かう面（３５ａ）が波長変換素子（３３）と接着し、上部部材（２７）に向かう面（３５ｂ）が上部部材と接着するように構成する。

明　細　書

発明の名称 ： 波長変換装置及び波長変換装置の製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、波長変換装置及び波長変換装置の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 紫外線から可視光線、さらにテラヘルツの波長帯域にわたってコヒーレント光の発生や変調が可能な光学素子は、様々な光通信システムの分野に適用される。このような分野としては、例えば、光信号の波長変換や光変調、光計測、光加工がある。中でも非線形光学効果を利用する光学素子は、波長変換や電気光学効果において優れた特性を有することが知られている。非線形光学効果及び電気光学効果を有する光学材料として、例えば、ニオブ酸リチウム（ＬｉＮｂＯ$_3$：以下、「ＬＮ」とも記す）やタンタル酸リチウム（ＬｉＴａＯ$_3$：以下、「ＬＴ」とも記す）といった酸化物系化合物基板がある。このような酸化物系化合物基板は、高い二次非線形光学定数及び高い電気光学定数を有し、広い波長帯域において透明であることから光学材料に好適である。

[0003] ＬＮやＬＴの中でも、周期的に分極反転された構造を有する周期分極反転ニオブ酸リチウム（Periodically Poled Lithium Niobate：以下、「ＰＰＬＮ」とも記す）や、周期分極反転タンタル酸リチウム（Periodically Poled Lithium Tantalate：以下、「ＰＰＬＴ」とも記す）が広く用いられている。なお、ＰＰＬＮやＰＰＬＴの周期分極反転構造は、室温で自発分極することが可能な特性を生かして形成される。周期分極反転構造を有する光学材料は、高い位相整合性を有し、この結果として高い二次非線形光学効果等を有する。ＰＰＬＮ、ＰＰＬＴの高い非線形性を用いた光デバイスとして、第二次高調波発生（Second-Harmonic Generation:以下、「ＳＨＧ」とも記す）、差周波発生（Difference Frequency Generation：以下、「ＤＦＧ」とも記す）、和周波発生（Sum-Frequency-Generation：以下、「ＳＦＧ」とも記す）を

利用した波長変換素子が知られている。

[0004] 例えば、中赤外光である２μｍから５μｍの波長域には、二酸化炭素に代表される様々な環境ガスの基準振動に起因する吸収帯が存在する。この吸収帯を光計測に応用した中赤外光源の一つとして、差周波発生を利用した光源がある。差周波発生には、波長が１μｍ付近にある励起光と、波長が通信波長帯にある光信号が用いられる。また、波長が５００ｎｍ付近の可視光における波長域には、半導体レーザでは実現が難しい波長域が存在する。この波長域の光を発生するため、波長が１μｍ付近の励起光を発生する光源と、第二次高調波発生及び和周波発生により可視光を発生することができる波長変換技術の開発が望まれている。

[0005] また、例えば、ＤＦＧを用いる波長変換技術は、光通信システムに用いられている波長が１．５５μｍ帯の光を一括して別の波長帯に変換することが可能である。このような波長変換技術は、波長分割多重方式における光ルーティングや、光ルーティングにおける各波長の衝突回避等を実現できるため、大容量光通信ネットワークを構築することに適用される。

[0006] また、ＤＦＧを用いる波長変換技術には、変換光が信号光に対して位相共役な光になることを利用した信号歪補償がある。信号歪補償は、光伝送路の中間地点において信号光を位相共役な光に変換し、変換前の光伝送路において光ファイバの分散や非線形光学効果によって発生した信号歪みを変換後の光伝送路において打ち消しあうように伝搬させることによって行われる。このため、波長変換技術は、光ファイバを用いる光通信において分散や非線形光学効果により生じる信号歪みを低減することが可能な技術としても用いられる。

[0007] また、高い波長変換効率を有する波長変換素子は、励起光から信号光へのエネルギー移行により生じる光パラメトリック増幅を用いる信号光の光増幅器を構成することが可能である。特に、励起光と信号光の位相関係に応じた増幅特性を有する位相感応増幅器は、原理的に雑音が混入しない低雑音な光増幅器として開発が望まれている。さらに、光を用いる量子コンピューティ

ングシステムの分野において、非線形光学効果の一つである光パラメトリック発振をする光導波路をファイバリング共振器内に挿入することで、従来のノイマン型の計算機よりも高速に特定の問題を解くことが可能であることが報告されている。

[0008] 以上の応用例に適用される技術の更なる高性能化のためには、より高い波長変換効率を有し、かつ長期の信頼性を保持した波長変換装置を実現することが重要となっている。そして、このような波長変換装置の実現には、波長変換効率が高い非線形光学素子の開発が必須である。その候補材料として、ＰＰＬＮが挙げられる。ＰＰＬＮを用いた波長変換素子の波長変換を高効率化するには、光導波路型の光デバイスが有望である。波長変換効率は非線形媒質を伝搬する光のパワー密度に比例し、光導波路型の光デバイスは、光導波路構造によって限られた領域に光を閉じ込めることができるからである。

[0009] 上述のように、ＬＮやＬＴ等の酸化物系化合物材料基板は、二次非線形光学定数に加えて電気光学定数も大きく、電気光学効果を用いた光変調器として広く使われている。また、光導波路型の光デバイスとしては、チタン拡散導波路に代表される拡散型の光導波路を用いたものが商用化されている。ただし、これらは高パワー耐性の光入力が困難であるという課題を有し、この課題を解決するため、光導波路をリッジ型にすることが検討されている。リッジ型光導波路は、例えば、非特許文献１に記載されていて、高い光損傷耐性、長期信頼性、デバイス設計の容易さといった特長を有する。特に、直接接合法により形成されるリッジ型光導波路は、高パワーの光入力が可能になり、高光強度の光変調信号の生成やレーザ加工技術等への応用が予想される。

[0010] リッジ型光導波路構造は、コアを二層のクラッド層で挟んだ構造を有する。この構造は、屈折率が異なる２枚の基板を接合して形成された異種材料接合基板の一方の基板を薄膜化した後にリッジ加工し、さらにオーバークラッド層を形成することにより形成される。

[0011] また、一般的に非線形光学材料の屈折率は、温度依存性を有している。特

に擬似移送整合条件を厳密に満たす必要がある場合、波長変換素子の温度を一定に保つ必要がある。このため、非線形光学素子である波長変換素子は、通常、サーミスタや熱電対等の測温体と共に設置され、その抵抗値を測定することによって温度をモニターされる。ヒーターやペルチェ素子等の温度制御部は、測定された温度に基づいてフィードバック制御を行って動作中の波長変換素子を一定の温度に保っている。

[0012] また、ＰＰＬＮ等の強誘電体結晶材料を用いた波長変換素子は、波長変換に用いられる場合、短波長の光の照射により波長変換素子内部の屈折率が変化し、特性が劣化する光損傷と呼ばれる現象を生じる。光損傷による特性への影響を抑制する方法として、波長変換素子を高温で動作させることが知られており、高温動作を実現するために温度制御部を用いる方法も提案されている。このように、波長変換素子を任意の温度、特に高温において安定的に動作させる技術は、波長変換の高効率化、長期信頼性の担保の観点から重要である。

[0013] 上述のリッジ型光導波路を備える波長変換回路を実際に使用する場合、外気温や外圧の変化に代表される使用環境変化により特性が劣化するのを防ぐため、光の入出力が可能な入出力ポートを備えた金属筐体内に光の入力光と出力光を合分波する合波器及び分波器とともに波長変換素子を格納して使用することが知られている。また、このような構成において、波長変換素子の温度を制御して波長変換効率を最大化するため、金属筐体内部に温度制御素子を備える波長変換装置がある。このような波長変換装置は、例えば、特許文献１に記載されている。

[0014] 特許文献１に記載の波長変換装置は、波長変換素子、波長変換素子に入力する信号光と励起光とを合波する合波器、波長変換素子で波長変化された信号光と励起光とを分波する分波器、温度制御素子及び温度制御素子と波長変換素子との間に設けられた上部部材と、以上の構成を密封する金属筐体と、備えている。上部部材は、波長変換素子の全体の温度を均一に制御するための金属部材である。特許文献１には、温度制御素子の温度変化で生じる熱応

力による上部部材及び金属筐体の底面部材の変形を抑制するため、上部部材及び底面部材の線膨張係数が温度制御素子の線膨張係数とほぼ等しいことが好ましいことが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0015] 特許文献1：特開２０２０－８６０３１号公報

非特許文献

[0016] 非特許文献1：S. Kurimura, Y. Kato, M. Maruyama, Y. Usui, and H. Nakajima, “Quasi-Phase-Matched adhered ridge waveguide in LiNb03,” Appl. Phys. Lett. 89, 191123(2006)

発明の概要

[0017] 図７は、波長変換装置における熱応力による変形について説明するための図である。図７に示す波長変換装置は、光導波路コア３１０、オーバークラッド層３４０及び基板３２０を有する波長変換素子３３０、上部部材２７０、温度制御素子２６０、以上の構成を密封する金属筐体２９０を備えている。温度制御素子２６０は金属筐体２９０の底面部材２８０の上面に設けられる。なお、図７中に示す座標系は、波長変換素子３３０に不図示の信号光が入力する方向をｘ軸とし、ｚ軸の座標が大きい側が小さい側よりも「上」に設定されている。上部部材２７０と底面部材２８０は、温度制御素子２６０が発生する熱による熱応力を受けて変形する。このため、公知の技術では、底面部材２８０及び上部部材２７０の熱膨張係数を、共に温度制御素子２６０の熱膨張係数とほぼ等しく設定することにより、熱応力による上部部材２７０と底面部材２８０の変形を抑制している。

[0018] 図７に示す公知の構成において、温度制御素子２６０は、上部部材２７０と底面部材２８０との間に介挿されている。温度制御素子２６０は、例えばペルチェ素子であり、上部部材２７０と底面部材２８０とに発熱及び吸熱効果を効率的に伝達するために、半田接合や銀ペースト、あるいは樹脂系材料

等の導電性接着剤により接合されている。

[0019] 上記の接合には、二つの課題がある。その一つは、上部部材２７０と波長変換素子３３０との熱膨張係数の違いにより生じる構造の反りである。この反りは、上部部材２７０と波長変換素子３３０との材料選定により、両者の熱膨張係数を限りなく等しいものにすることによって抑制することができる。しかし、高い熱伝導率を有しながら波長変換素子３３０と熱膨張係数が等しい材料を選定することは困難であり、上部部材２７０と波長変換素子３３０には熱膨張係数の違いが存在する。

[0020] 熱膨張係数が相違する上部部材２７０と波長変換素子３３０とを接着すると、温度制御時、特に高温動作時に両者の熱膨張係数の違いにより上部部材２７０と波長変換素子３３０とを接合した構造（以下、「接合構造」と記す）に反りが生じることが考えられる。半田や銀ペーストといった金属を材料とする導電性接着剤によって上部部材２７０と波長変換素子３３０とを接着した場合、導電性接着剤の弾性率が比較的大きいことから、接合構造の反りに追随して変形し、反りを抑止することができない。接合構造の反りは、波長変換装置の光軸ずれによる挿入損失の増大や温度制御素子２６０との接合不良による温度制御動作不良、波長変換素子３３０の応力歪といった光学特性の劣化を生じる。このような光学特性の劣化は、最終的に波長変換装置の長期信頼性の低下につながる。

[0021] 他の課題は、導電性接着剤の塗布むらである。すなわち、半田や銀ペースト及び樹脂系の導電性接着剤は、主に液体の形態をとるため、塗布後の層に少なからず塗布むらが存在する。塗布むらは、熱伝導率の面内分布を発生し、波長変換素子内の制御温度を一様にすることを妨げる。また、塗布むらは、波長変換素子３３０を水平固定することを困難にし、波長変換装置の特性を劣化させる一因になる。

[0022] 本開示は、上記の点に鑑みてなされたものであり、波長変換素子の温度制御時に波長変換素子に加わる応力を緩和すると共に、制御温度を一様にし、波長変換装置の安定動作及び長期信頼性の向上を実現することを目的とする

。

[0023] 上記目的を達成するために、本発明の一態様は、波長変換装置であって、励起光及び信号光を入力し、波長変換された変換出力信号光を出力する波長変換素子と、前記波長変換素子の温度を制御する温度制御部と、前記波長変換素子と前記温度制御部との間に設けられ、前記温度制御部と前記波長変換素子との間で熱を伝達する熱伝達部材と、前記波長変換素子と前記熱伝達部材との間に設けられるシート状の樹脂層と、を備え、前記シート状の樹脂層の少なくとも一部は、前記波長変換素子に向かう面が前記波長変換素子と接着し、前記熱伝達部材に向かう面が前記熱伝達部材と接着する。

[0024] 本発明の他の態様は、波長変換素子を有する波長変換装置の製造方法であって、前記波長変換素子の温度を制御する温度制御部の熱を前記波長変換素子に伝達する熱伝達部材と前記波長変換素子との間にシート状の樹脂層を挿入する工程と、前記シート状の樹脂層を加圧すると共に硬化させ、前記波長変換素子と前記熱伝達部材とを接着する工程と、接着された前記波長変換素子及び前記熱伝達部材を一部が開口している筐体の内部に収容し、前記筐体の底面部材と前記熱伝達部材との間に前記温度制御部を挿入する工程と、前記筐体の開口部分を封止する工程と、を含む。

[0025] 以上の態様によれば、波長変換素子の温度制御時に波長変換素子に加わる応力を緩和すると共に、制御温度を一様にし、波長変換装置の安定動作及び長期信頼性の向上を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]（ａ）は従来の波長変換装置における高温動作時の反りを示す模式図、（ｂ）は本発明の一実施形態の波長変換装置の反りを解消するための構造を示す模式図である

[図2]本発明の第１の実施形態の波長変換装置を説明するための模式的な斜視図である。

[図3]図２に示す波長変換素子装置の一部の模式的な分解斜視図である。

[図4]（ａ）は、第１の実施形態の波長変換装置の一部を図中のｙ－ｚ平面で

切断した模式的な断面図である。（ｂ）は、第１の実施形態の波長変換装置の一部を図中のｘ－ｚ平面で切断した模式的な断面図である。

[図5]（ａ）、（ｂ）及び（ｃ）は、波長変換素子の製造方法を説明するための図である。

[図6]（ａ）は、第２の実施形態の波長変換装置の一部を図中のｙ－ｚ平面で切断した模式的な断面図である。（ｂ）は、第２の実施形態の波長変換装置の一部を図中のｘ－ｚ平面で切断した模式的な断面図である。

[図7]波長変換装置における熱応力による変形について説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0027] 以下、本発明の第１の実施形態、第２の実施形態（以下、第１の実施形態、第２の実施形態を総称して「本実施形態」とも記す）を説明する。本実施形態の説明に用いる図面において、同様の部材には同様の符号を付し、その説明を一部略す場合がある。また、図面は、いずれも本実施形態の波長変換装置の形状、構成、この構成の各部分の位置関係及び技術思想を説明するための模式図であり、その具体的な形状やサイズ及び縦、横、厚み等を正確に示すものに限らない。

[0028] [概要]

図１（ａ）、図１（ｂ）は、本実施形態の概要を説明するための図である。図１（ａ）は従来の波長変換装置における高温動作時の反りを示す模式図、図１（ｂ）は本実施形態の波長変換装置の反りを解消するための構造を示す模式図である。図１（ａ）、図１（ｂ）のいずれにあっても、波長変換装置は、例えばペルチェ素子等の温度制御素子と波長変換素子２００とを熱伝導のために設けられた上部部材１００を介して接合している。図１（ａ）の従来の波長変換装置は、波長変換素子２００と上部部材１００とが導電性接着剤で接着されている。図１（ｂ）の波長変換装置は、波長変換素子２００と上部部材１００とを導電性接着剤で接着することに代えて、シートあるいはフィルム状の樹脂層を含む接着シート３００により接合している。接着シ

ート３００は、半田や銀ペーストと比較して弾性率が小さく、また、樹脂を材料とする導電性接着剤よりも平坦であって、かつ、上部部材１００の変形を緩和することに充分な剛性を得る厚さを有している。なお、ここで、シートとフィルムとは、いずれも厚さが比較的薄く、かつ均一な部材を指し、その厚さや平坦性を規定するものではない。

[0029] 図１（ａ）に示すように、波長変換素子２００を導電性接着剤で上部部材１００に接着し、温度制御素子を、例えば波長変換素子の環境温度が６００℃以上の高温になる条件で動作させた場合、波長変換素子２００及び上部部材１００は温度制御素子が発生する熱Ｈによって加熱され、異なる倍率で膨張する。このとき、導電性接着剤は、膨張の倍率の相違によって生じる応力に追随して変形し、両者を接合した接合構造に反りが発生する。一方、図１（ｂ）に示す接合構造は、波長変換素子２００と上部部材１００との間に接着シート３００を挿入している。接着シート３００は、半田や銀ペーストよりも弾性率が小さく、また、樹脂を用いる液状の導電性接着剤よりも厚さを厚く、かつ均一に保つことができる。このような接着シート３００は、液状の導電性接着剤よりも高い剛性を有し、上部部材１００の変形を緩和して波長変換素子２００の加わる応力を抑え、接合構造の反りを抑止することができる。

[0030] また、接着シート３００は、厚さの面内分布を接着剤の塗布むら以下にすることができるため、液状の導電性接着剤を塗布して波長変換素子２００を上部部材１００に接着するよりも熱伝導率の面内分布を小さくし、波長変換素子２００に加わる制御温度を一様にすることができる。また、厚さが均一な接着シート３００は、波長変換素子２００を容易に上部部材１００に対して水平に固定することができる。以下、本実施形態の波長変換装置について、具体的に説明する。

[0031] [第１の実施形態]

（波長変換装置）

図２は、第１の実施形態の波長変換装置３０を説明するための模式的な斜

視図である。波長変換装置３０は、金属筐体２８と、金属筐体２８の内部に設けられた波長変換素子３３に入力される信号光１ａと励起光（図中省略）とを合波する合波器１４と、波長変換素子３３により波長変換された変換出力信号光３ｃと励起光（図中省略）とを分波する分波器１５と、を備えている。信号光１ａは、波長１５５０ｎｍの基本波であり、変換出力信号光３ｃは、基本波の第二高調波である波長７７５ｎｍの信号光である。

[0032] 金属筐体２８は、底面部材２８Ａ及び底面部材２８Ａ上に設けられるカバー部材２８Ｂを有している。底面部材２８Ａ上には、光導波路コア３１、基板３２及びオーバークラッド層３４を含む波長変換素子３３と、温度制御素子２６と、上部部材２７と、波長変換素子３３の基板３２と上部部材２７との間に設けられるシート状の樹脂層と、を備えている。第１の実施形態は、接着性を有する材料でシート状の樹脂層を形成し、シート状の樹脂層によって波長変換素子３３と上部部材２７とを接着するように構成する。このような第１の実施形態においては、シート状の接着層を接着シート３５とする。

[0033] 第１の実施形態の温度制御素子２６は、例えばペルチェ素子であり、波長変換素子３３に向かう面で発熱し、底面部材２８Ａに向かう面で吸熱する。発熱及び吸熱の熱量は、温度制御素子２６に供給する電流によって制御される。上部部材２７は、波長変換素子３３と温度制御素子２６との間にあって温度制御素子２６で発生した熱を波長変換素子３３に伝達する熱伝達部材として機能する。上部部材２７の材料は、ステンレス鋼、銅モリブデン鋼、炭素鋼、クロムモリブデン鋼、銅、リン脱酸銅、無酸素銅、リン青銅、または黄銅から選ばれる一種以上の金属を含むことが好ましい。第１の実施形態では、上部部材２７として無酸素銅を用いている。

[0034] 底面部材２８Ａ、カバー部材２８Ｂは、接合して以上の構成を密閉する。カバー部材２８Ｂは、信号光１ａを入力する入力ポート４００と、変換出力信号光３ｃが出力される出力ポート４０１と、を有している。なお、図２において、上下は図２中に示した座標系に従って定められ、ｚ座標の大きい側をｚ座標の小さい側よりも「上」、あるいは「上方」とする。

[0035] 光導波路コア３１と入力ポート４００の間、及び出力ポート４０１と光導波路コア３１との間は、それぞれ図示しない光ファイバによって接続されている。第１の実施形態は、光導波路コア３１と出力ポート４０１の側の光ファイバとの間に設けられた分波器１５によって図示しない励起光を反射し、変換出力信号光３ｃを透過させるようにしてもよい。また、第１の実施形態は、出力ポート４０１の側の分波器１５によって励起光を透過させ、変換出力信号光３ｃを反射させ、かつ反射光が出力ポート４０１の側の光ファイバに光学的に接続されるようにしてもよい。このような構成によれば、光導波路コア３１を導波して出力する光の成分から波長が変換された変換出力信号光３ｃの成分だけを抽出し、光導波路コア３１から出力される光のノイズを低減することができる。なお、第１の実施形態は、分波器１５として４５度ミラーを用いている。分波器１５は、第１の実施形態において、選択的透過反射部として機能する。

[0036] 底面部材２８Ａは、機械的強度が高い部材であることが好ましい。底面部材２８Ａの材料は、タングステン、モリブデン、コバール、銅タングステン鋼、ステンレス鋼、または銅モリブデン鋼から選ばれる一種以上の金属を含むことが好ましい。第１の実施形態では、底面部材２８Ａとしてステンレス鋼を用いている。金属筐体２８の内部には温度制御時の結露を防ぐため、乾燥ガス３０２が封入される。ここで金属筐体２８の内部とは、金属筐体２８に密閉されている波長変換素子３３、温度制御素子２６、上部部材２７、及び底面部材２８Ａの周囲の雰囲気のことである。乾燥ガス３０２は、窒素、酸素、アルゴン、またはヘリウムから選ばれる一種以上を含むことが望ましい。第１の実施形態では、乾燥ガス３０２として窒素ガスを用いている。

[0037] 光導波路コア３１は、信号光１ａの強度を損失させることなく、選択的にその内部を透過させる光導波路である。光導波路コア３１を備える波長変換素子３３は、光導波路型の波長変換素子である。光導波路コア３１の構造は、信号光１ａの波長が入力された時に信号光１ａと異なる波長を有する波長変換された変換出力信号光３ｃを出力する機能を有するものであれば特に限

定はされない。二次の非線形定数が光の進行方向に沿って周期的にまたは所定の変調が付与された周期で変化し、単一の波長または複数の波長について擬似位相整合を実現する構造であって、例えば、マルチＱＰＭ（Quasi Phase Matching）素子を採用することも可能である。また、第１の実施形態は、光導波路コア３１のサイズに関して特に制限はなく、マルチモードで光が伝搬する比較的大きなコア径（１０μｍ）以上のものであっても、シングルモードで光が伝搬する小コア径（１０μｍ）以下のものであってもよい。さらに、コア層の薄膜化をスマートカット法等にて行い小コア化を試みた光導波路であって、そのコア径が非常に小さなコア径（ｎｍ単位）でもよい。また、コア形状に関しても特に制限はなく、正方形、長方形、台形、その他加工可能な形状であればいずれでもよい。

[0038] 基板３２は、強誘電体であり、信号光１ａに対して透明、すなわち光吸収を生じない基板である。基板３２は、リッジ型光導波路を構成する際に、光導波路コア３１に対するアンダークラッド層として機能させるものであり、光導波路コア３１よりも信号光１ａ、励起光（図示せず）、及び波長変換された変換出力信号光３ｃに対して屈折率が低いことが必要である。基板３２に採用する強誘電体材料として、ＬｉＮｂＯ$_3$、ＫＮｂＯ$_3$（ニオブ酸カリウム）、ＬｉＴａＯ$_3$（タンタル酸リチウム）、ＬｉＮｂ（ｘ）Ｔａ（$_{1-x}$）Ｏ$_3$（０≦ｘ≦１）（不定比組成のタンタル酸リチウム）、またはＫＴｉＯＰＯ$_4$（チタン酸リン酸カリウム）、さらに、それらにＭｇ（マグネシウム）、Ｚｎ（亜鉛）、Ｓｃ（スカンジウム）、Ｉｎ（インジウム）から選ばれる少なくとも１つを添加物として含有しているものが好ましい。

[0039] オーバークラッド層３４は、アンダークラッド層である基板３２と同様の部材を材料にしてもよい。オーバークラッド層３４は、空気(エアークラッド)や化学気相成長法(Chemical Vapor Deposition:CVD)や火炎堆積法（Flame Hydrolysis Deposition:FHD）、スパッタリング法により堆積されたガラス等であってもよい。さらに、オーバークラッド層３４は、屈折率に関して特に制限はなく、サイズに関しても光導波路構造設計に寸法形状を有していれば

いずれでもよい。さらに、オーバークラッド層３４は、必要に応じて形成すればよい。

[0040] 上記のように、第１の実施形態では、直接接合により光導波路コア３１となるコア層と基板３２（アンダークラッド層）が接合されたリッジ型光導波路の波長変換素子３３を対象とする。すなわち、波長変換素子３３は、アンダークラッド層、オーバークラッド層、コア層から構成される構造をとり、コア層内部を光が伝搬する光導波路構造となっている。アンダークラッド層とコア層は直接接合により接合されることにより、高い光損傷耐性を有するため、光導波路内部にパワー密度の非常に高い励起光を入力することが可能となる。

[0041] 図３は、図２に示す波長変換素子３３、接着シート３５、上部部材２７及び温度制御素子２６の模式的な分解斜視図である。図４（ａ）は、図２に示す波長変換素子３３、接着シート３５、上部部材２７及び温度制御素子２６を図中のｙ－ｚ平面で切断した模式的な断面図である。図４（ｂ）は、図２に示す波長変換素子３３、接着シート３５、上部部材２７及び温度制御素子２６をｘ－ｚ平面で切断した模式的な断面図である。図３、図４（ａ）、図４（ｂ）に示すように、第１の実施形態の接着シート３５は、波長変換素子３３と上部部材２７の間の全面に設けられる。第１の実施形態は、接着シート３５をエポキシ系樹脂、ポリイミド系樹脂の少なくとも一方を含む材料により製造された接着剤のシートとした。このような接着シート３５は、波長変換素子３３の基板３２及び上部部材２７を貼り合わせる接着剤としても機能する。

[0042] すなわち、第１の実施形態は、接着シート３５の波長変換素子３３に向かう面３５ａが波長変換素子３３と接着し、上部部材２７に向かう面３５ｂが上部部材２７と接着する。なお、このような構成は、接着シート３５の全面にわたるものに限定されず、接着シート３５の一部であってもよい。すなわち、第１の実施形態においては、波長変換素子３３の基板３２の下面と上部部材２７の上面とが、接着シート３５を介して接続され、直接接触しない箇

所が少なくとも一部に存在する。ただし、当然のことながら、接着シート３５のうち、面３５ａが波長変換素子３３と接着し、かつ面３５ｂが上部部材２７と接着する範囲は、上部部材２７の変形を緩和する効果を発揮する範囲を満たしている。

[0043] 第１の実施形態の接着シート３５は、上部部材２７が波長変換素子に加える応力の緩和に必要な弾性が得られ、温度制御素子２６からの熱を効率よく基板３２に伝導することが可能なものであればよい。特に、接着シート３５の厚さは、その厚さが金属筐体内に収まり、他の部材と干渉しない厚みであればいずれでもよい。平坦性及び接合構造の反りの抑止の観点から、第１の実施形態の接着シート３５の厚さは、例えば、１０μｍ以上、２００μｍ以下が好ましい。

[0044] 第１の実施形態の接着シート３５は、上述のように、エポキシ系樹脂、ポリイミド系樹脂の少なくとも一方を材料とするものに限定されず、弾性率、熱伝導率及び剛性が必要性能を満たしていればいずれの材料を用いてもよい。また、第１の実施形態は、接着シート３５に熱硬化性の樹脂を用いているが、これに限定されず、波長変換素子３３や上部部材２７に影響を与えない方法であれば、どのような方法によって硬化する材料を用いてもよい。このような硬化方法としては、例えば、光硬化方法が挙げられる。

[0045] また、接着シート３５は、エポキシ系樹脂あるいはポリイミド系樹脂の他、主に硬化剤、エラストマー、フィラー、硬化促進剤及びカップリング剤等を材料に含む。接着シート３５は、このような材料を混合して接着剤組成物の層を支持フィルム上に形成し、加熱、乾燥させて半硬化状態にすることによって作製される。支持フィルムとしては、例えば、ポリテトラフルオロエチレン、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリメチルペンテン、ポリエチレンテレフタレート、ポリイミド等のフィルムが挙げられる。支持フィルムの厚さは、例えば、１０μｍから２００μｍ程度であってもよい。第１の実施形態は、接着剤組成物を公知の方法により支持フィルムに塗布して接着シート３５を作製してもよく、塗布方法としては、例えば、ナイフコート法、ロ

ールコート法、スプレーコート法、グラビアコート法、バーコート法、カーテンコート法等を用いてもよい。加熱乾燥の条件は、使用した溶剤が充分に揮発する条件であれば特に制限はない。接着シート３５は、波長変換素子３３の基板３２及び上部部材２７に面３５ａ、３５ｂが貼り付けられた後、さらに加熱され、半硬化状態から完全硬化状態になる。

[0046] 以上説明したように、第１の実施形態の接着シート３５は、波長変換素子３３及び上部部材２７に貼り付けられて、かつ、半田や銀ペーストよりも小さい弾性率に起因した優れた応力緩和性を有するため、熱膨張係数の異なる異種材料の接着に最適な接着剤である。また、接着シート３５は、シート、あるいはフィルムの特性上非常に平坦であるため、塗布される液状接着剤よりも平坦な接着層を実現することが可能である。また、接着シート３５は、樹脂系材料にて構成されるため、比較的伸びが良く、波長変換素子３３の基板３２及び上部部材２７の微細な凹凸へ埋まり込み易く、接着面積を大きくすることができる。そして、このような作用により、基板３２及び上部部材２７に対する接着力、熱伝導率を高めることができる。

[0047] また、接着シート３５は、面３５ａ、３５ｂが基板３２または上部部材２７と接着し、面３５ａ、３５ｂの間の厚さを確保することができる。このため、接着シート３５は、同様の樹脂を材料とする液状接着剤よりも高い剛性を有し、上部部材２７の変形を緩和して波長変換素子３３との接合構造の反りを低減することができる。このような第１の実施形態の波長変換装置３０は、波長変換素子の温度制御時に波長変換素子に加わる応力を緩和し、安定動作及び長期信頼性の向上を実現することができる。

[0048] さらに、第１の実施形態は、エポキシ系樹脂等の他の材料を調整することにより、接着シート３５の硬化後の弾性率や熱膨張係数を調整することができる。この際、接着シート３５の弾性率が同様の樹脂を材料とする液状の接着剤の弾性率よりも小さくなるようにすれば、基板３２と上部部材２７との接合構造の反りをいっそう緩和することができる。さらに、例えば、フィラーの混合量を調整し、接着シート３５の熱膨張係数を基板３２及び上部部材

２７の熱膨張係数に近づけることが好ましい。公知の接着材料に比べて弾性率が小さく、平坦な構造であるシート状の接着シート３５を用いることで、波長変換素子に加わる応力が緩和されると同時に、波長変換素子３３に加わる温度（制御温度）を一様にし、かつ波長変換素子３３と上部部材２７との平坦な接着が可能になる。このような構成により、公知の波長変換装置に比べて、光学特性及び長期信頼性の高い波長変換装置が実現できる。

[0049]（波長変換装置の製造方法）

次に、以上説明した波長変換装置の製造方法を説明する。図５を参照して説明する第１の実施形態の波長変換装置の製造方法は、アンダークラッド層となる基板３２と、光導波路コア３１となるコア基板３１１とを接合する工程と、コア基板３１１を薄膜化する工程と、コア基板３１１を加工して光導波路を形成する工程と、基板３２及びコア基板３１１を分割して波長変換素子３３をチップ化する工程と、波長変換素子３３を上部部材２７に接着シート３５を挟んで取り付ける工程と、を含んでいる。以下、このような工程を順次説明する。

[0050]（基板の接合工程）

図５（ａ）、図５（ｂ）及び図５（ｃ）は、リッジ型の光導波路を有する波長変換素子３３の製造方法を説明するための図である。第１の実施形態は、図５（ａ）に示すように、基板３２と、コア層となる基板であるコア基板３１１と、を直接接合により接合する。コア基板３１１は、非線形光学材料の基板である。直接接合は、接着剤を用いない接合技術であり、高強度の光を入力した場合の光損失耐性を向上させることができる。接合工程において、基板３２とコア基板３１１とに熱膨張係数が可能な限り近いものを選定することにより、後の熱処理プロセスにおいて基板３２の割れを抑制することが可能になる。

[0051] 直接接合は、化学薬品を用いて基板３２及びコア基板３１１の表面処理を行った後、基板３２、コア基板３１１同士を重ね合わせ、表面間引力を使って両者を接合する方法である。表面処理は、温度や化学薬品の種類といった

条件を接合の対象となる基板３２、コア基板３１１の種類や組み合わせに応じて最適化して行われる。また、基板３２、コア基板３１１の貼り合わせは、マイクロパーティクルが極力存在しない清浄雰囲気化にて、作業を行う必要がある。また、直接接合は常温で行われるが、このときの接合強度は小さいため、その後に高温での熱処理を行い、拡散接合を行い、接合強度を向上させる必要がある。接合された基板３２及びコア基板３１１は、接合面にマイクロパーティクル等の挟み込みがなく、ボイドフリーであり、室温状態においてクラック等が発生しない。接着剤等を用いずに基板同士を強固に接合することのできる直接接合は、高光損傷耐性、長期信頼性、デバイス設計の容易性などの特長を有し、本検討では界面近傍における三次元光導波路の特性安定化につながる。他にも、非線形光学効果の一種である差周波発生を用いた中赤外域の光発生において、不純物の混入や接着剤等の吸収を回避できるといったメリットもある。

[0052]（薄膜化工程）

基板３２と貼り合わされたコア基板３１１は、図５（ｂ）に示すように、薄膜化される。第１の実施形態の薄膜化工程は、薄膜化の手法に特に制限はなく、研削、研磨による薄膜化でもスマートカットによる薄膜化のいずれであってもよい。研削、研磨による薄膜化では、研削研磨用の定盤の平坦度が管理された装置を用いて、任意の深さに光導波路が存在するようになるまで研削研磨加工を施す。研削研磨工程終了後にポリッシング加工を行うことで、鏡面の研磨表面(光学端面)を得ることができる。最終的に基板の平行度(基板の最大高さと最小高さの差)を光学的な平行度測定器を用いて測定することで、基板全体としての平行度を得ることができる。

[0053] スマートカットによる薄膜化工程は、主にイオンの打ち込み工程と薄膜の剥離工程の二つの工程を含んでいる。イオン打ち込み工程においては、二次非線形光学効果を有する薄膜化をする必要がある基板に対しヘリウムもしくは水素イオンが打ち込まれる。イオンは制御された加速電圧と制御されたドーズ量の下、コア基板３１１の表面から打ち込まれ、表面からある一定の深

さにトラップされる。使用されるイオンは水素やヘリウムといったコア基板３１１を構成する原子よりも小さいものが望ましい。基板剥離工程は、イオンが打ち込まれたコア基板３１１を熱処理し、コア基板３１１内のダメージ層を境にコア基板３１１を剥離する工程である。非線形光学材料が周期分極反転構造を有する場合には、パターニングされた分極方向を崩さないために、基板剥離工程における熱処理温度は二次非線形光学結晶のキュリー温度以下で行われる。

[0054]（光導波路形成工程）

第１の実施形態は、次に、図５（ｃ）に示すように、薄膜化されたコア基板３１１を加工して光導波路コア３１を形成する。光導波路の形成は、形成方法に特に制限はなく、ドライエッチングプロセスやダイシングソーによる光導波路の切り出し等の公知の方法を用いてもよい。ドライエッチングによる光導波路コア３１の形成は、ドライエッチング装置を用いてコア基板３１１の表面をエッチングすることにより行われる。この際、コア基板３１１の表面には公知のフォトリソグラフィのプロセスによって光導波路のレジストパターンが形成される。形成されたレジストパターンをマスクとし、ドライエッチングすることによって光導波路が形成される。

[0055] ダイシングソー等の機械加工による光導波路コア３１の形成は、例えば、公知のダイシングプロセスに用いられるダイシングブレードを用いて行われる。ダイシングプロセスでは、主に加工に使用される機械の精度、特にサンプルを固定するステージや加工部の位置精度により、作製される光導波路コア３１の構造の精度が決定する。さらに、第１の実施形態は、図５（ｃ）に示すように、光導波路コア３１上からオーバークラッド層３４となるガラス層を堆積する。

[0056] 次に、第１の実施形態は、上記工程により作製された構成を分割する。分割された基板３２及びコア基板３１１の各々は、１チップの波長変換素子３３となるようにチップ化される。チップ化は、ダイシングソーを用いて行ってもよいが、加工手法に特に制限はない。また、チップ化の後にチップの端

面を光学研磨する、あるいは反射防止膜をコートすることによってチップに光が入射もしくは出射する際の光損失を低減することができる。第１の実施形態では、さらに、チップ化された波長変換素子３３について光学特性の評価を行っている。

[0057] 次に、第１の実施形態では、上記の工程により作製された波長変換素子３３は、上部部材２７の上面に固定される。この際、図３に示すように、波長変換素子３３の基板３２と上部部材２７の上面との間に接着シート３５が挿入され、加圧及び加熱されて基板３２と上部部材２７とを接着する。このような接着は、導電性接着剤の公知の接合の手法である。そして、上部部材２７の上に固定された後、上面が開口している状態のカバー部材２８Ｂの内側に、上部部材２７、底面部材２８Ａ、及びそれらの間に温度制御素子２６を挿入し、固定後収納する。固定後、乾燥ガス３０２雰囲気中で金属筐体２８のカバー部材２８Ｂの上面と周囲の側面とをシーム溶接することにより金属筐体２８の気密封止が行われる。

[0058] [第２の実施形態]

次に、第２の実施形態を説明する。第２の実施形態の波長変換装置の斜視図は、第１の実施形態で説明した図２に示す構成と同様であるため、図示及び説明を省く。図６（ａ）は、図２に示す第２の実施形態の波長変換素子３３、接着シート３５、上部部材２７及び温度制御素子２６を図中のｙ－ｚ平面で切断した模式的な断面図である。図６（ｂ）は、図２に示す波長変換素子３３、接着シート３５、上部部材２７及び温度制御素子２６をｘ－ｚ平面で切断した模式的な断面図である。第２の実施形態は、第１の実施形態の接着シート３５に代えて、基板３２と上部部材２７との間において、接着シートが形成されない、非形成領域３５０が形成される点で第１の実施形態と相違する。非形成領域は、第２の実施形態の樹脂層非形成領域に相当する。

[0059] すなわち、第２の実施形態は、第１の実施形態の接着シート３５よりも小面積の接着シート３５１、３５２、３５３を複数備え、基板３２と上部部材２７とを接着する。このように構成することにより、接着シート３５１、３

５２、３５３の両側に接着シートが形成されない非形成領域３５０が形成される。図６（ａ）、図６（ｂ）に示すように、接着シート３５１、３５２、３５３は、いずれも接着シートとｙ方向の長さは同様であるが、ｘ方向の長さが接着シート３５よりも短くなっている。このような接着シート３５１、３５２、３５３は、上部部材２７の上面においてストライプ状に配置される。なお、第２の実施形態においても、接着シート３５１は、その基板３２に向かう面３５１ａが基板３２と接着し、上部部材２７に向かう面３５１ｂが上部部材２７と接着する。なお、図示を略すが、接着シート３５２、３５３においても基板３２に向かう面、上部部材２７に向かう面がそれぞれ対向する面と接着する。

[0060] 接着シートは、打ち抜き加工やレーザ加工することによって任意のサイズ及び形状に加工することができる。このため、第１の実施形態で説明した基板３２の全面を接着する以外にも、基板３２と上部部材２７とを部分的に接着することができる。このような構成によれば、波長変換素子３３の一部分だけを選択的に温度を調整することが可能になる。現在、波長変換素子３３の動作中、内部に温度分布が存在することが知られている。具体的には、光導波路コア３１の光の入力ポート付近及び出力ポート付近が他の部分よりも温度が高くなっている。

[0061] この点は、入力ポートにおいてはハイパワーな光を入力した際に光吸収が生じ、熱緩和される過程により温度が高くなるためであると考えられる。また、出力ポートにおいては、波長変換されて短波長になった高エネルギーの光が発生するため、材料吸収に伴う熱緩和が生じ、温度が高くなると考えられる。第２の実施形態は、波長変換素子３３の一部を選択的に温度調整し、光導波路内の温度分布を抑制することに有効である。なお、選択的に温度を調整する場合、金属筐体２８内に乾燥ガス３０２を導入し、雰囲気中に波長変換素子３３を設置すると、より高い効果を得ることができる。

符号の説明

[0062] １ａ　信号光

３ｃ　変換出力信号光

１４　合波器

１５　分波器

２６，２６０　温度制御素子

２７，１００，２７０　上部部材

２８，２９０　金属筐体

２８Ａ，２８０　底面部材

２８Ｂ　カバー部材

３０，２００　波長変換装置

３１，３１０　光導波路コア

３２，３２０　基板

３３，３３０　波長変換素子

３４，３４０　オーバークラッド層

３５，３００，３５１，３５２，３５３　接着シート

３５ａ，３５ｂ，３５１ａ，３５１ｂ　面

３１１　コア基板

４００　入力ポート

４０１　出力ポート

３５０　非形成領域

請求の範囲

[請求項1] 波長変換装置であって、

励起光及び信号光を入力し、波長変換された変換出力信号光を出力する波長変換素子と、

前記波長変換素子の温度を制御する温度制御部と、

前記波長変換素子と前記温度制御部との間に設けられ、前記温度制御部と前記波長変換素子との間で熱を伝達する熱伝達部材と、

前記波長変換素子と前記熱伝達部材との間に設けられるシート状の樹脂層と、を備え、

前記シート状の樹脂層の少なくとも一部は、前記波長変換素子に向かう面が前記波長変換素子と接着し、前記熱伝達部材に向かう面が前記熱伝達部材と接着する、波長変換装置。

[請求項2] 前記シート状の樹脂層における前記波長変換素子から前記熱伝達部材に向かう長さは、１０μｍ以上、２００μｍ以下である、請求項１に記載の波長変換装置。

[請求項3] 前記波長変換素子と前記熱伝達部材との間において、前記シート状の樹脂層が形成されない、樹脂層非形成領域が形成される、請求項１または２に記載の波長変換装置。

[請求項4] 前記シート状の樹脂層は、エポキシ系樹脂、ポリイミド系樹脂の少なくとも一方を材料に含む、請求項１から３のいずれか一項に記載の波長変換装置。

[請求項5] 前記波長変換素子は、ＬｉＮｂＯ$_3$、ＬｉＴａＯ$_3$もしくはＬｉＮｂ（$_x$）Ｔａ（$_{1-x}$）Ｏ$_3$（０≦ｘ≦１）のいずれか、または、これらにＭｇ、Ｚｎ、Ｓｃ、Ｉｎからなる群から選ばれた少なくとも一種を添加物として含有したものである、請求項１から４のいずれか一項に記載の波長変換装置。

[請求項6] 前記波長変換素子は、光導波路を備える光導波路型波長変換素子であり、かつ、分極が周期的に反転されている、請求項１から５のいず

れか一項に記載の波長変換装置。

[請求項7] 前記変換出力信号光を導出する光ファイバと、

前記波長変換素子と光ファイバとの間に設けられ、前記励起光及び前記変換出力信号光のうちの一方を透過すると共に他方を反射する選択的透過反射部と、をさらに備え、

前記選択的透過反射部は、透過または反射した前記変換出力信号光を前記光ファイバと光学的に接続する、請求項１から６のいずれか一項に記載の波長変換装置。

[請求項8] 波長変換素子を有する波長変換装置の製造方法であって、

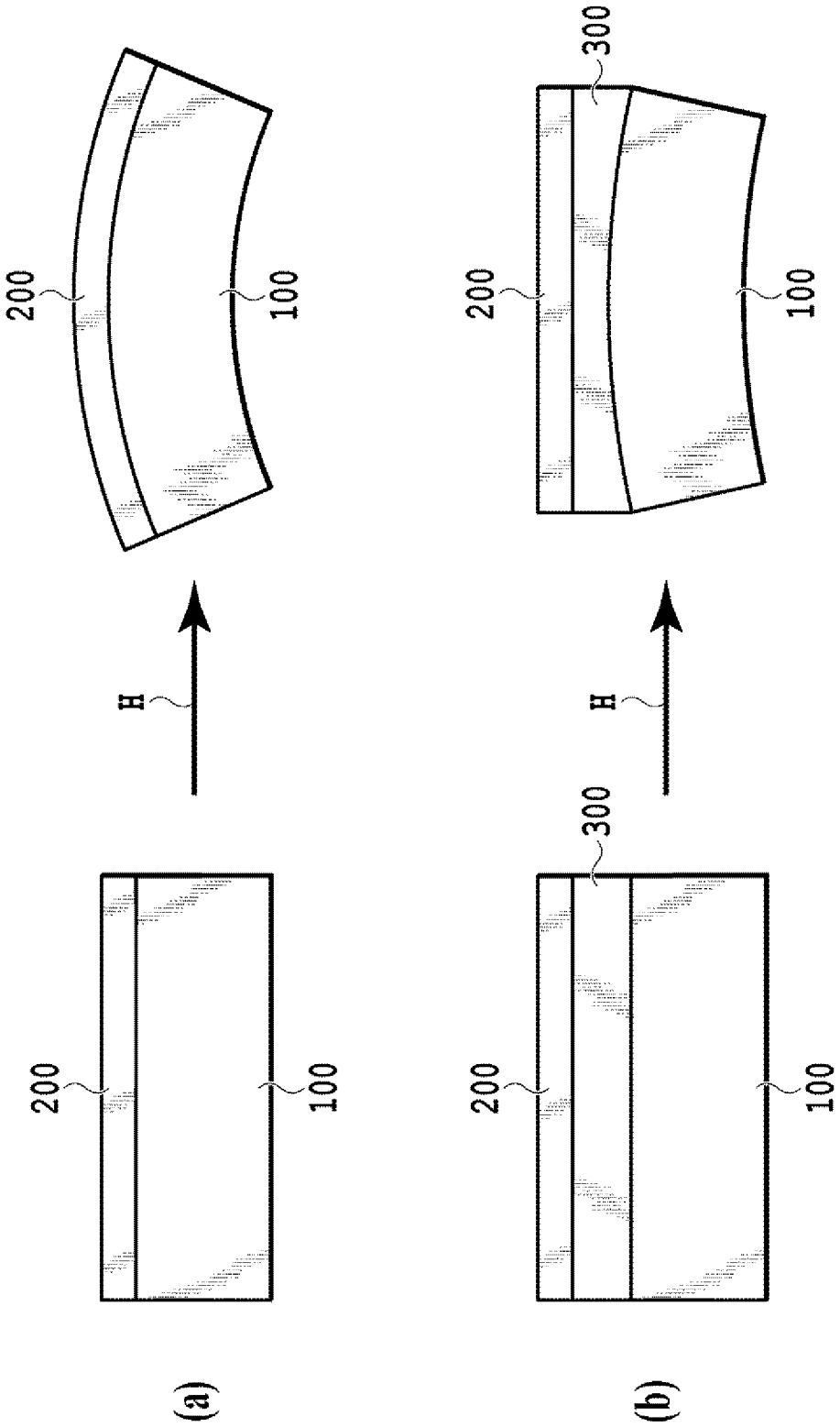
前記波長変換素子の温度を制御する温度制御部の熱を前記波長変換素子に伝達する熱伝達部材と前記波長変換素子との間にシート状の樹脂層を挿入する工程と、

前記シート状の樹脂層を加圧すると共に硬化させ、前記波長変換素子と前記熱伝達部材とを接着する工程と、

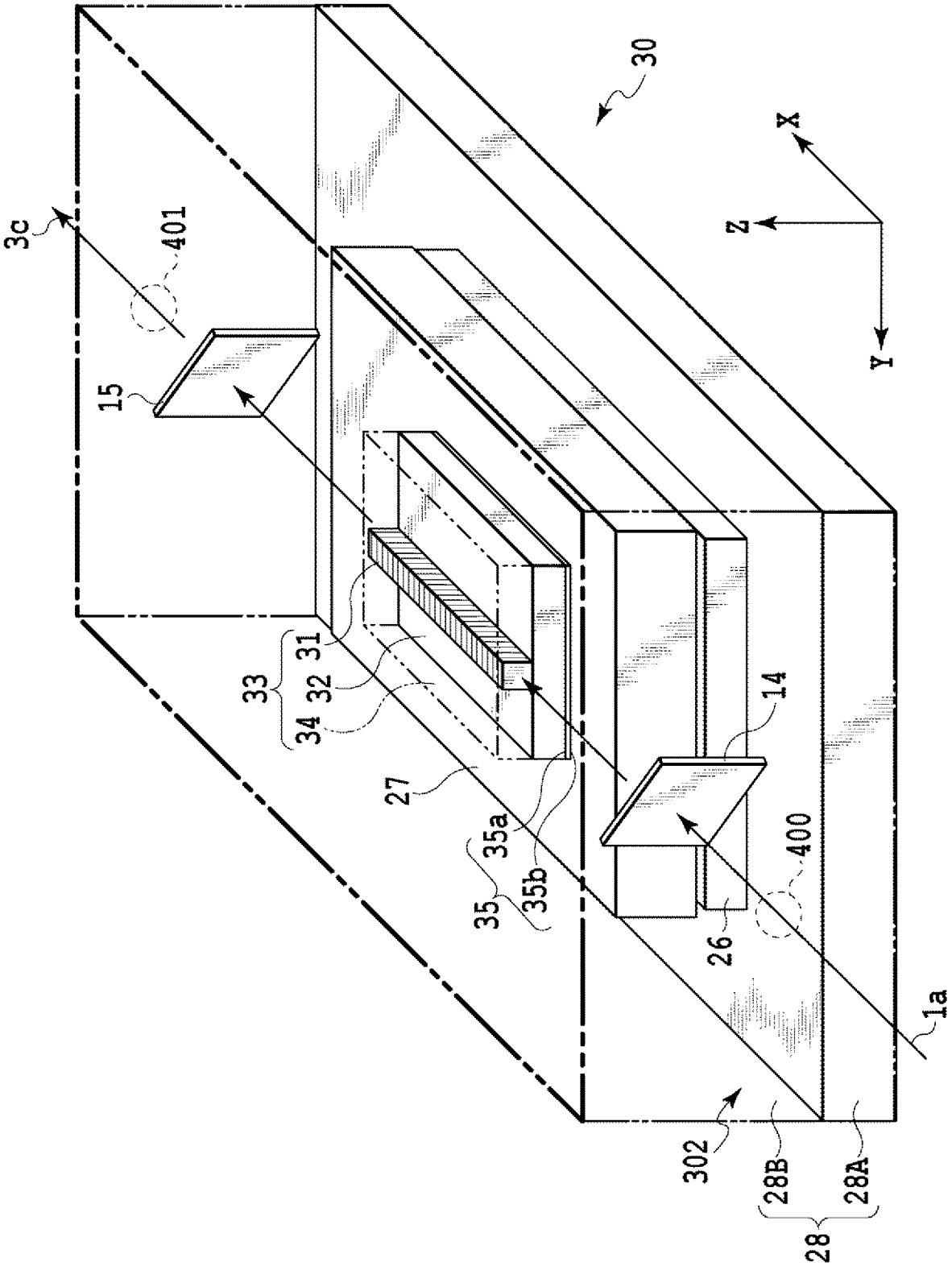
接着された前記波長変換素子及び前記熱伝達部材を一部が開口している筐体の内部に収容し、前記筐体の底面部材と前記熱伝達部材との間に前記温度制御部を挿入する工程と、

前記筐体の開口部分を封止する工程と、を含む、波長変換装置の製造方法。

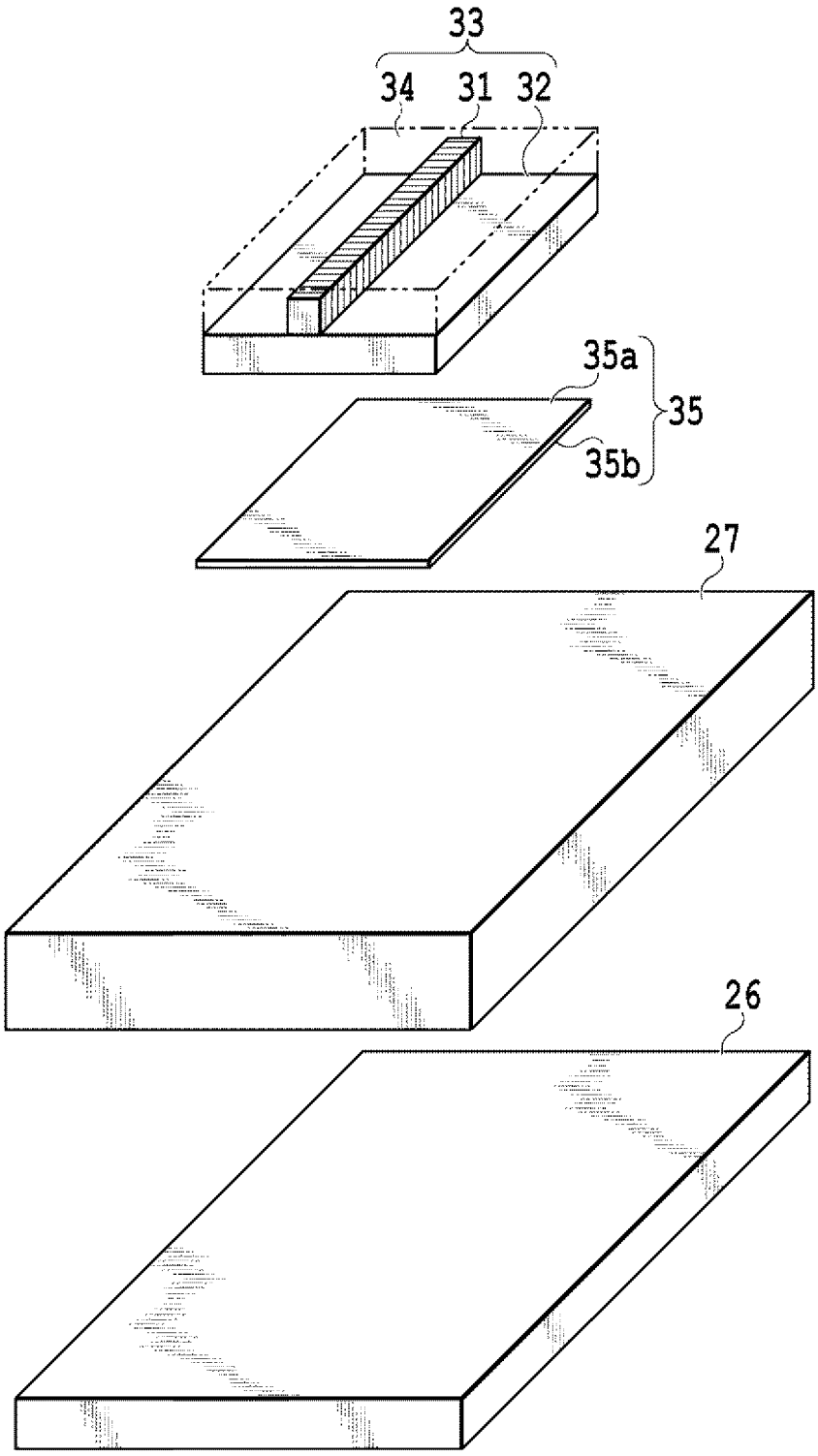
[図1]



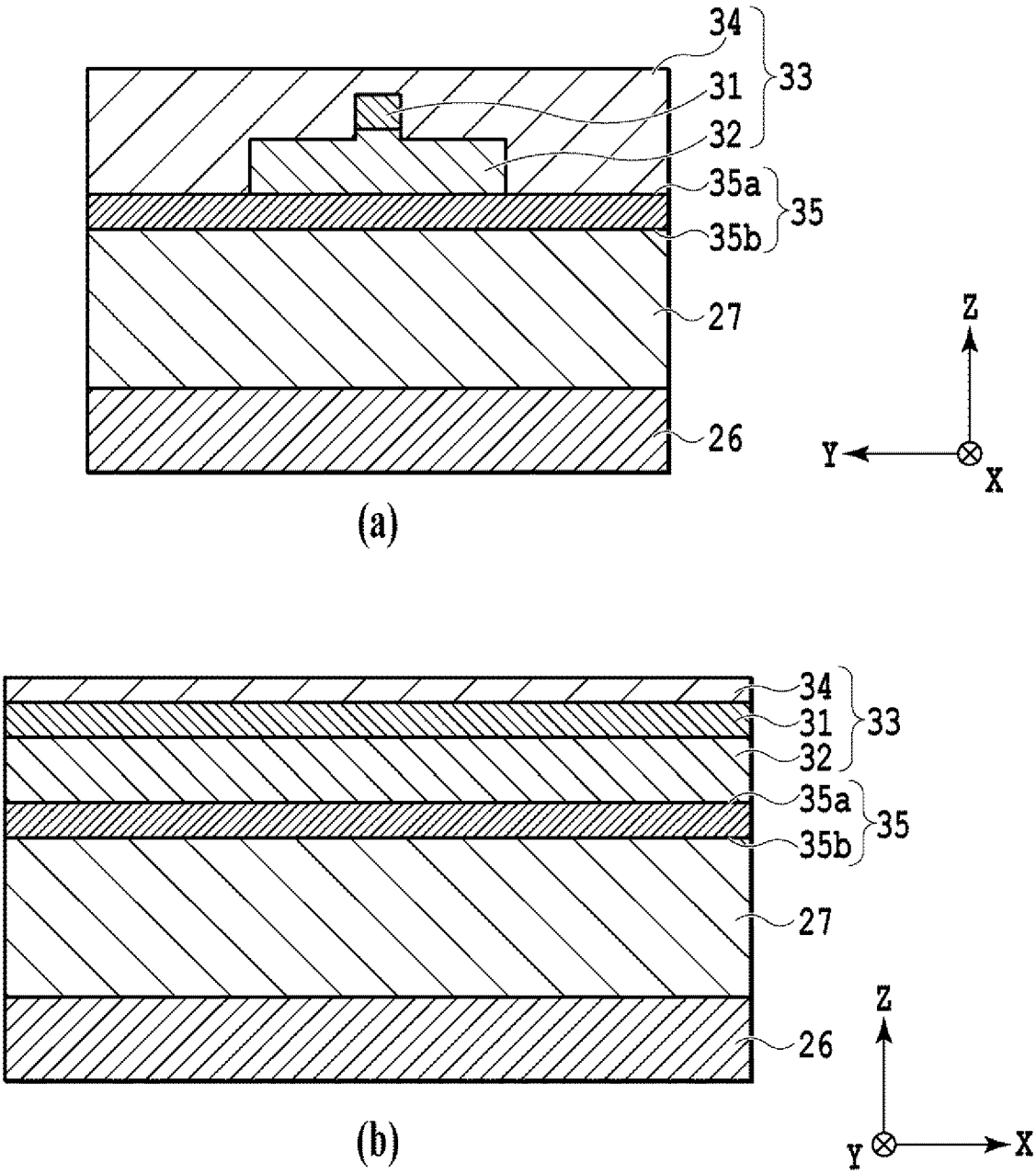
[図2]


30
X
Z
Y
3c
401
15
33
31
32
34
27
35a
35b
35
14
400
26
1a
302
28B
28A
28

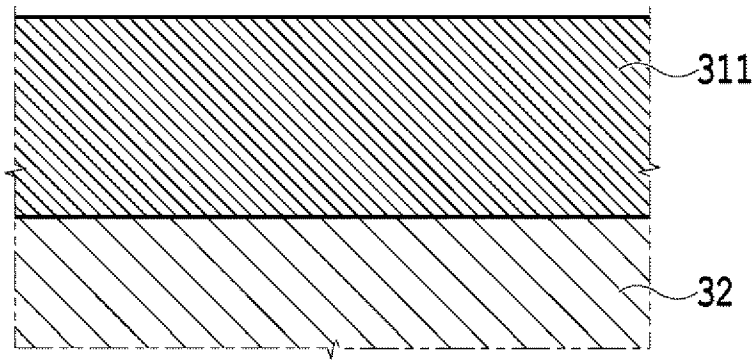
[図3]



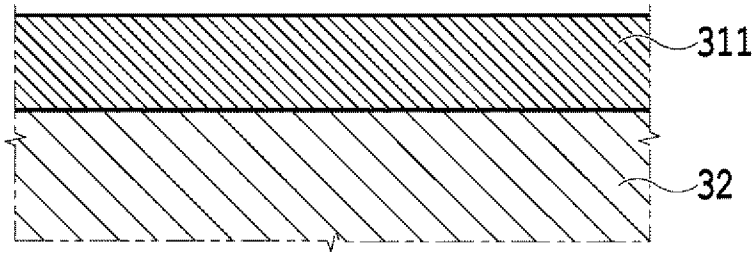
[図4]



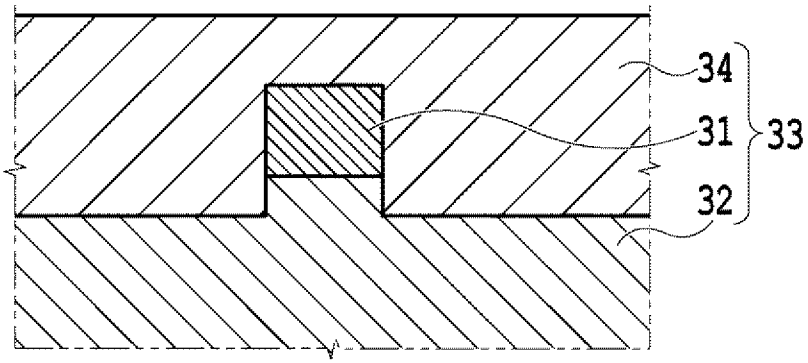
[図5]



(a)

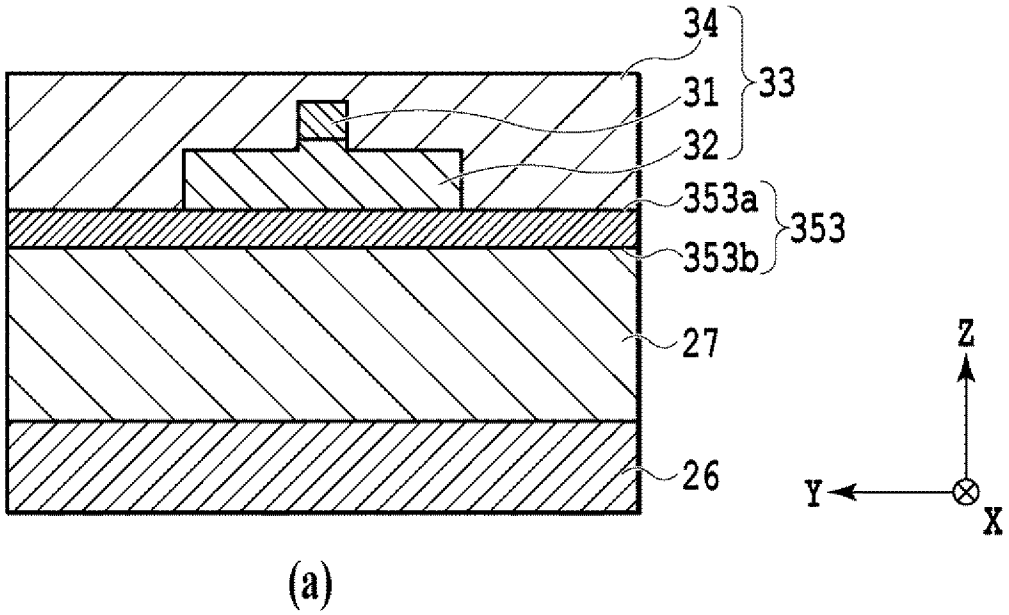


(b)

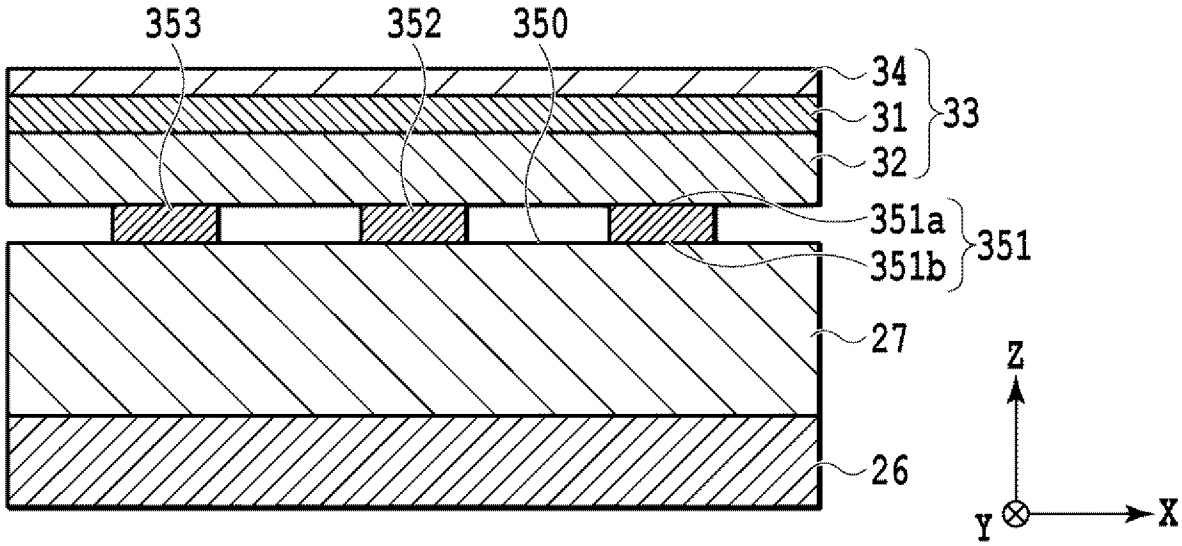


(c)

[図6]

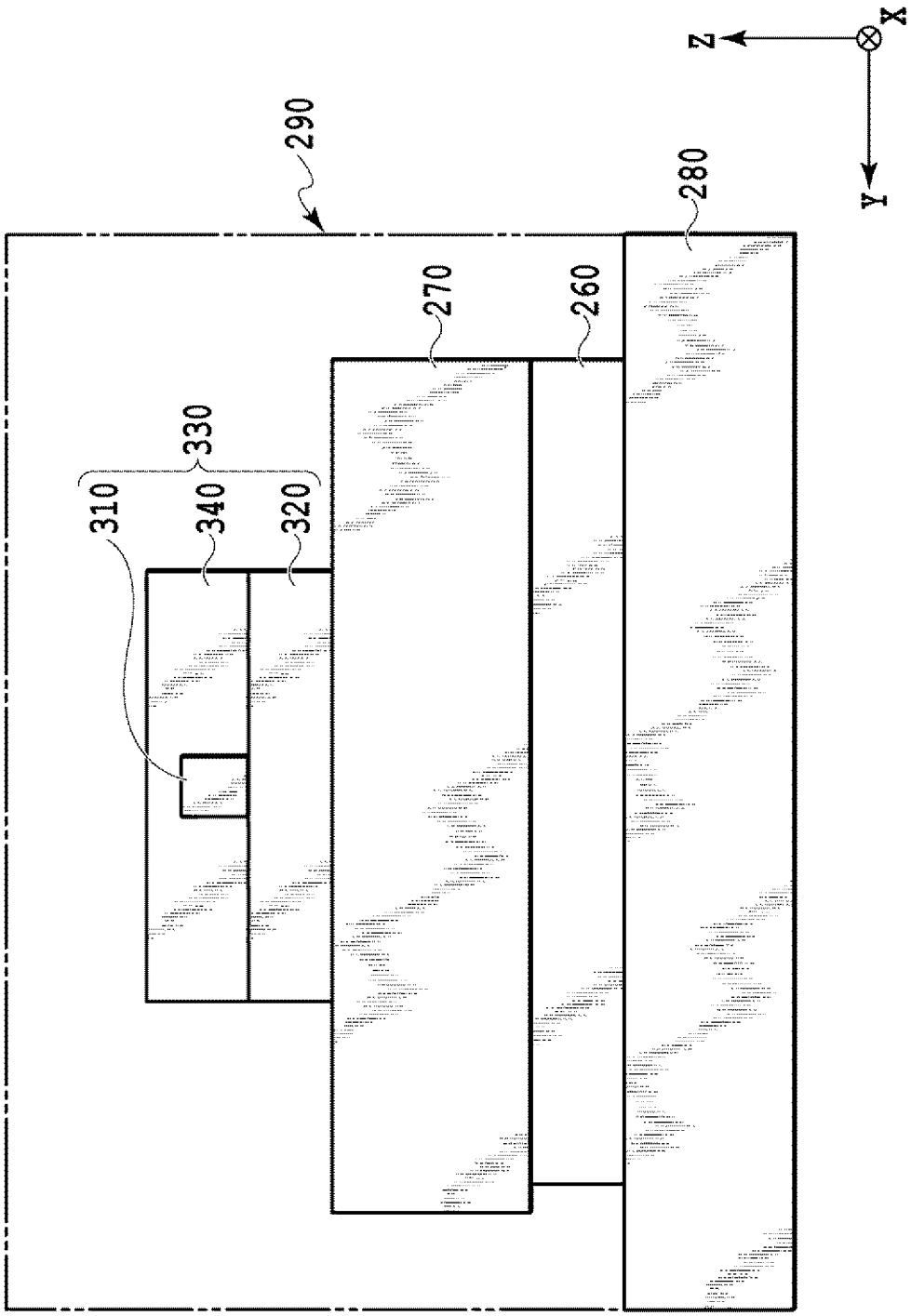

34
31
32
33
353a
353b
353
27
26
Z
Y
X

(a)


353
352
350
34
31
32
33
351a
351b
351
27
26
Z
Y
X

(b)

[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/019581

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02F 1/377(2006.01)i
FI: G02F1/377

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)
G02F1/00-1/125; G02F1/21-7/00

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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 2009-3210 A (PANASONIC CORP) 08 January 2009 (2009-01-08) paragraphs [0010]-[0021], fig. 1-3	1-8
Y	JP 2009-194371 A (PANASONIC CORP) 27 August 2009 (2009-08-27) paragraphs [0053], [0162], [0205], fig. 1, 19	1-8
Y	JP 2012-53488 A (NGK INSULATORS LTD) 15 March 2012 (2012-03-15) paragraphs [0069], [0088], fig. 5	2, 6
Y	JP 2010-109132 A (YAMAHA CORP) 13 May 2010 (2010-05-13) paragraph [0022], fig. 1	2, 4

☒ 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	Date of mailing of the international search report
15 July 2021 (15.07.2021)	10 August 2021 (10.08.2021)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/019581

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2004/049526 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD) 10 June 2004 (2004-06-10) page 2, line 3 to page 2, line 16, fig. 13	3
Y	US 9397469 B1 (VOXTEL, INC.) 19 July 2016 (2016-07-19) column 10, line 29 to column 10, line 41, fig. 4A	4
A	US 2010/0073761 A1 (KOREA ELECTRONICS TECHNOLOGY INSTITUTE) 25 March 2010 (2010-03-25) paragraph [0068], fig. 1	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/019581

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2009-3210 A	08 Jan. 2009	(Family: none)	
JP 2009-194371 A	27 Aug. 2009	US 8254421 B1 column 21, line 26 to column 21, line 33, column 29, line 59 to column 29, line 67, fig. 1, 19	
JP 2012-53488 A	15 Mar. 2012	US 2007/0189689 A1 paragraphs [0088], [0111]-[0112], fig. 5 WO 2006/041172 A1 EP 1801625 A1	
JP 2010-109132 A	13 May 2010	US 2010/0108117 A1 paragraph [0050], fig. 1 CN 101728373 A	
WO 2004/049526 A1	10 Jun. 2004	US 2006/0034570 A1 paragraphs [0004]-[0005], fig. 13 CN 1720649 A	
US 9397469 B1	19 Jul. 2016	(Family: none)	
US 2010/0073761 A1	25 Mar. 2010	KR 10-2010-0033219 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/019581

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G02F 1/377(2006.01)i
FI: G02F1/377

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））

G02F1/00-1/125; G02F1/21-7/00

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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 2009-3210 A (パナソニック株式会社) 08.01.2009 (2009-01-08) 段落[0010]-[0021], 図1-3	1-8
Y	JP 2009-194371 A (パナソニック株式会社) 27.08.2009 (2009-08-27) 段落[0053], [0162], [0205], 図1, 19	1-8
Y	JP 2012-53488 A (日本碍子株式会社) 15.03.2012 (2012-03-15) 段落[0069], [0088], 図5	2, 6
Y	JP 2010-109132 A (ヤマハ株式会社) 13.05.2010 (2010-05-13) 段落[0022], 図1	2, 4
Y	WO 2004/049526 A1 (松下電器産業株式会社) 10.06.2004 (2004-06-10) 第2頁第3行-同頁第16行, 図13	3
Y	US 9397469 B1 (VOXTEL, INC.) 19.07.2016 (2016-07-19) 第10欄第29行-同欄第41行, 図4A	4
A	US 2010/0073761 A1 (KOREA ELECTRONICS TECHNOLOGY INSTITUTE) 25.03.2010 (2010-03-25) 段落[0068], 図1	1-8

☐ 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	国際調査報告の発送日
15.07.2021	10.08.2021

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）

坂上　大貴 2L 1567

電話番号 03-3581-1101 内線 3293

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/JP2021/019581

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2009-3210 A	08.01.2009	（ファミリーなし）	
JP 2009-194371 A	27.08.2009	US 8254421 B1 第21欄第26行-同欄第33行， 第29欄第59行-同欄第67行， 図1，19	
JP 2012-53488 A	15.03.2012	US 2007/0189689 A1 段落[0088]，[0111]-[0112]，図5 WO 2006/041172 A1 EP 1801625 A1	
JP 2010-109132 A	13.05.2010	US 2010/0108117 A1 段落[0050]，図1 CN 101728373 A	
WO 2004/049526 A1	10.06.2004	US 2006/0034570 A1 段落[0004]-[0005]，図13 CN 1720649 A	
US 9397469 B1	19.07.2016	（ファミリーなし）	
US 2010/0073761 A1	25.03.2010	KR 10-2010-0033219 A	