

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2008年5月15日 (15.05.2008)

PCT

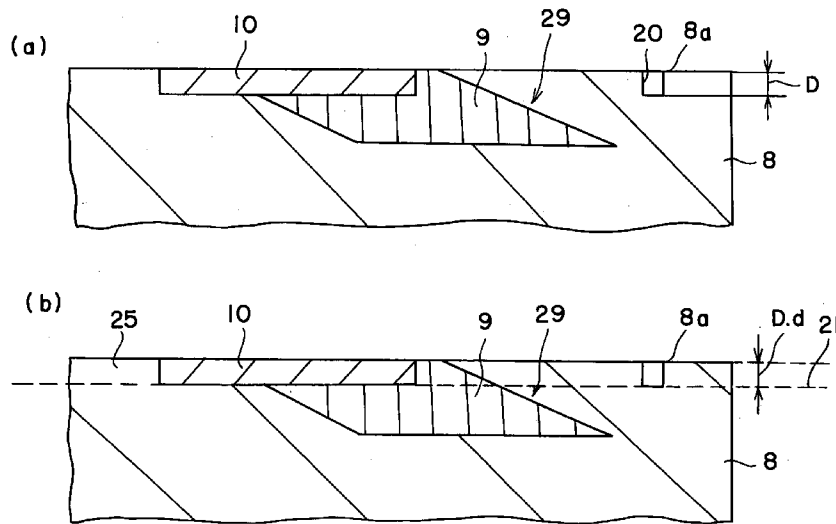
(10) 国際公開番号
WO 2008/056830 A1

- (51) 国際特許分類: G02F 1/377 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/072243
- (22) 国際出願日: 2007年11月9日 (09.11.2007)
- (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2006-303861 2006年11月9日 (09.11.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 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56号 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 吉野隆史 (YOSHINO, Takashi) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋
- (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL WAVEGUIDE SUBSTRATE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 光導波路基板の製造方法



(57) Abstract: A voltage is applied to an interdigitated electrode provided on a major surface (8a) of a ferroelectric single crystal substrate (8) turned into a single domain, and consequently a periodic polarization inversion structure (29) is made. The interdigitated electrode is removed, and the major surface (8a) is mechanically processed to remove the surface region (25), and thus a processed surface is formed. Then, an optical waveguide is fabricated on the substrate (8).

(57) 要約: 単分域化している強誘電体単結晶基板8の一方の主面8a上に設けられた櫛形電極に電圧を印加することによって、周期分極反転構造29を形成し、櫛形電極を除去し、基板8の一方の主

[続葉有]

WO 2008/056830 A1



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 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

明細書

光導波路基板の製造方法

発明の属する技術分野

- 5 本発明は、高調波発生素子などに使用可能な光導波路基板を製造する方法に関するものである。

背景技術

- 10 強誘電体の分極を強制的に反転させる分極反転構造を周期的に形成することで、表面弾性波を利用した光周波数変調器や、非線型分極の分極反転を利用した光波長変換素子などを実現することができる。特に、非線型光学材料の非線型分極を周期的に反転することが可能となれば、高効率な波長変換素子を作製することができ、これを用いて固体レーザなどの光を変換すれば、印刷、光情報処理、光応用計測制御などの分野に
- 応用できる小型軽量の短波長光源を構成することができる。

- 15 強誘電体非線型光学材料に周期状の分極反転構造を形成する手法としては、いわゆる電圧印加法が知られている。この方法では、強誘電体単結晶の基板の一方の主面に楕形電極を形成し、他方の主面に一様電極を形成し、両者の間にパルス電圧を印加する。こうした方法は、特開平8-220578、特開2005-70195、特開2005-7019
- 20 4に記載されている。

発明の開示

- 25 ニオブ酸リチウム単結晶などの非線型光学材料から第二高調波を発生させるためには、単結晶に周期状の分極反転を形成する必要がある。そして、周期分極反転構造を強誘電体単結晶基板に形成した後に、基板表面に機械加工やレーザー加工によってリッジ型チャンネル光導波路を形

成する。この際、リッジ型光導波路の内部に、周期分極反転構造が位置するようにすることで、光導波路に入射した基本波を高調波へと変調する。

しかし、周期分極反転構造を形成した領域にリッジ型光導波路を形成し、基本波を入射させると、光損失が非常に大きく、高調波出力がきわめて低くなることが判明してきた。これは、周期分極反転構造をスラブ導波路として使用した場合には見られなかった現象であり、予測を超えたものであった。

本発明の課題は、周期分極反転構造の形成された光導波路を有する光導波路基板を形成するのに際して、光導波路における光損失を低減して、高調波の発生効率を向上させることである。

本発明は、周期分極反転構造の形成された光導波路を有する光導波路基板を形成する方法であって、

単分域化している強誘電体単結晶基板の一方の主面上に設けられた櫛形電極に電圧を印加することによって、周期分極反転構造を形成する電圧印加工程、

櫛形電極を除去する電極除去工程、

強誘電体単結晶基板の一方の主面を機械的に加工して表面領域を除去して加工面を形成する表面領域除去工程、および

強誘電体単結晶基板に光導波路を形成する光導波路形成工程を有していることを特徴とする。

本発明者は、光導波路内に周期分極反転構造を形成した場合に、光導波路における損失が増大して高調波発生効率が顕著に低下する原因を追求した。この結果、周期分極反転を形成する工程において、電圧印加時に、強誘電体単結晶の表面領域にダメージが発生していることを突き止めた。このようなダメージとその高調波発生への影響について記載され

た文献は見つかっていない。

更に具体的に検討すると、楕形電極の先端エッジ部分は電界が集中し、先端部分から先の方へと向かって分極反転部分が延びていく。楕形電極の先端部下とその周辺では、結晶に大きなダメージないし結晶欠陥が発生するようである。この結果、分極効率の高そうなこの部分に光導波路を形成すると、光導波路を伝搬する光がダメージの影響を受けたものと考えられる。

本発明者は、こうした発見に基づき、例えば図6、図7に示すように、周期分極反転構造29を形成した後に、強誘電体単結晶基板8の表面領域25を機械加工によって除去することで、電圧印加時に生じたダメージ層10を除去あるいは縮小させ、光導波路における光損失を顕著に低減し、高調波発生効率を増大させ得ることを見いだした。

図面の簡単な説明

図1は、電圧印加法によって強誘電体単結晶基板8中に周期分極反転構造を形成している状態を模式的に示す斜視図である。

図2(a)は、基板8に周期分極反転構造29を形成した状態を示す断面図であり、図2(b)は、図2(a)の強誘電体単結晶基板から電極を除去した状態を示す断面図である。

図3は、基板8を支持基体12に対して接着した状態を示す断面図である。

図4は、図3の基板8を加工して薄層の強誘電体単結晶基板18を形成した状態を示す断面図である。

図5は、リッジ型光導波路14を形成した従来例の素子を示す断面図である。

図6(a)は、周期分極反転構造29、ダメージ層10および凹部2

0を示す断面図であり、図6(b)は、表面領域25を除去する工程を説明するための断面図である。

図7(a)は、表面領域を除去した後の基板8を示す断面図であり、図7(b)は、基板8を支持基体12に接着した状態を示す断面図である。

図8は、基板18を更に薄板加工した状態を示す断面図である。

図9は、リッジ型光導波路14を有する光導波路基板を示す断面図である。

図10は、拡散型光導波路30を有する光導波路基板を示す断面図である。

図11は、表面除去工程における加工量と第二高調波出力との関係を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

以下、適宜図面を参照しつつ、本発明を更に詳細に説明する。

まず、電圧印加法によって、強誘電体単結晶基板に周期分極反転構造を形成する。例えば、図1に示すように、強誘電体単結晶からなるオフカット基板を基板8として使用する。強誘電体単結晶の分極方向Aは、一方の主面8aおよび他方の主面8bに対して所定角度、例えば5°傾斜しているため、この基板8はオフカット基板と呼ばれている。

基板8の一方の主面8aに楕型電極3および対向電極1を形成し、他方の主面8bに一樣電極9を形成する。楕型電極3は、周期的に配列された多数の細長い電極片3aと、多数の電極片3aの付け根を接続する細長い給電部2とからなる。対向電極1は細長い電極片からなっており、対向電極1は、電極片3aの先端に対向するように設けられている。

最初に基板8の全体を方向Aに分極させておく。そして、楕型電極3

と対向電極 1 との間に V 1 の電圧を印加し、櫛型電極 3 と一様電極 9 との間に V 2 の電圧を印加する。これにより、図 2 (a) に示すように、分極反転部 9 が、各電極片 3 a から、方向 B と平行に徐々に進展する。分極反転方向 B は、非分極反転方向 A とは正反対になる。なお、電極部
5 に対応しない位置、すなわち隣接する分極反転部の間には、分極反転していない非分極反転部が残留する。このようにして、分極反転部と非分極反転部とが交互に配列された周期分極反転構造 2 9 が形成される。

ここで、図 2 に示すように、櫛形電極 3 a の直下および先端エッジ 3 b の周辺において、基板 8 の一方の主面 8 a 側の表面領域に、ダメージ層 10
10 層 1 0 が生成することを発見した。

チャンネル型光導波路内に周期分極反転構造を形成するためには、次いで、櫛形電極 3 を除去し、図 2 (b) に示すような状態とする。図 3 に示すように、強誘電体単結晶基板 8 の一方の主面 8 a を支持基体 1 2 の表面 1 2 a 側に対して接着する。そして基板 8 の他方の主面 8 b 側を
15 加工することで基板を薄くする。

この結果、図 4 に示すように、基板 1 8 が薄層化される。1 8 a は基板 1 8 の一方の主面であり、1 8 b は他方の主面である。基板 1 8 は、接着層 1 1 を介して支持基体 1 2 の表面 1 2 a に対して接着されている。

次いで、基板 1 8 に他方の主面側から加工を行い、図 5 に示すように
20 リッジ型光導波路 1 4 を形成したものとする。この場合、強誘電体単結晶基板 1 8 を加工することで、一对の溝 1 7 A、1 7 B を形成すると共に、その両側に延在部 1 5 A、1 5 B を残留させる。一对の溝 1 7 A と 1 7 B との間にはリッジ 1 4 が形成される。

ここで、従来は、図 5 のような形態であると、高調波の発生効率が説
25 明不能なほどに著しく低下することが判明した。この理由を検討していく過程で、図 5 に示すように櫛形電極下の領域にダメージ層 1 0 が形成

6

されており、ダメージ層 10 が、光導波路 14 を伝搬する基本波および高調波の損失をもたらしていたものと考えられた。

このような予測を実証するために、本発明者は、例えば図 6 (b) および図 7 に示すように、基板 8 の一方の主面 8 a を機械的に加工して表面領域 25 を除去し、加工面を形成することを想到した。この結果、楕形電極下のダメージ層 10 を除去あるいは縮小させることができ、光導波路における波長変換効率を著しく向上させ得ることを見いだした。

表面領域除去工程においては、例えば図 6 (b) に示すように、基板 8 の一方の主面 8 a から深さ d だけ、破線 21 で示す高さまで機械加工によって表面領域 25 を除去する。これによって、図 7 (a) に示すように、加工面 22 側にはダメージ層が現れなくなり、あるいは縮小する。

このときの加工深さ d は特に限定されない。しかし、ダメージ層を除去して波長変換効率を向上させるという観点からは、 $0.5 \mu\text{m}$ 以上が好ましく、 $1.0 \mu\text{m}$ 以上が更に好ましい。しかし、周期分極反転構造の深さには通常限界があり、深くなるほど波長変換効率は低下する傾向がある。従って、加工深さ d が大きくなると、光ビーム内に周期分極反転構造のない領域が多く含まれるようになる。従って、加工深さ d は、 $5.0 \mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $3.0 \mu\text{m}$ 以下が更に好ましい。

ただし、加工深さ d が一定でないと、得られた素子の波長変換効率には大きなバラツキが生ずる。従って、素子ごとの波長変換効率を均一にするためには、加工深さ d を一定にする必要がある。しかし、加工深さがたとえば $0.1 \mu\text{m}$ 以下になると、加工深さを測定することが困難であり、このために一定深さの加工を行うことができない。

したがって、好適な実施形態においては、強誘電体単結晶基板の一方の主面 8 a 側に、底面のある凹部 20 を形成し、凹部 20 が消失するまで表面除去を行う。すなわち、図 6 (a) に模式的に示すように、基板

8の一方の主面8a側に凹部20を形成する。凹部の形成方法は特に限定されないが、機械加工やレーザー加工が好ましい。凹部20を形成した段階では、凹部の深さDは、表面粗さ計によって測定可能である（図6(a)）。この状態で機械加工を進めると、凹部20が徐々に浅くなってくる。凹部20の深さは、継続的に顕微鏡で目視観察できるし、また必要であれば表面粗さ計で計測できる。そして凹部20が消滅した時点で機械加工を停止すれば、加工深さdは凹部の深さDに等しい。一方、凹部20がまだ残留している時点で機械加工を停止した場合には、その時点での凹部の深さsを計測する。そうすると、加工深さdは $(D - s)$ として算出できる。

このように加工前後における凹部の深さDを指標とすることによって、加工深さdを精密に計測可能である。特に凹部が消滅した時点で機械加工を停止することによって、凹部の深さDによって加工深さdを設定できるので好ましい。

15 機械加工の方法は特に限定されないが、ポリッシュ、研削、ウェットエッチングを例示できる。また加工に使用する研磨材としては以下を例示できる。

- ・コロイダルシリカ
- ・コロイダルアルミナ
- 20 ・ダイヤモンド砥粒

機械加工の終わった時点では、図7(a)に示すように、基盤8表面には加工面22が形成されている。加工面22の直下には、ダメージ層10は存在しないか、あるいは薄層化している。

25 光導波路は、基板の加工面8a側に形成することもできる。好適な実施形態においては、この基板を支持基体に対して接着し、次いで、基板を他方の主面側から加工して薄くする。これによって、強誘電体単結晶

基板を薄くして光導波路内部への光の閉じ込めを強くし、高調波への変換効率を向上させると共に、基板を薄くしても所望の機械的強度を付与することができる。

即ち、図7(b)に示すように、強誘電体単結晶基板8の加工面22を支持基体12の表面12a側に対して接着する。そして基板8の他方の主面8b側を加工することで基板を薄くする。

この結果、図8に示すように、基板18が薄層化される。22は基板18の加工面であり、18bは他方の主面である。基板18は、接着層11を介して支持基体12の表面12aに対して接着されている。この基板18は、厚さを調整することによって、スラブ光導波路として利用することができるので、図8の光導波路基板18は本発明の範囲内である。このためには、基板18の厚さは、2.0~10.0 μ mとすることが好ましく、3.0~6.0 μ mとすることが更に好ましい。

次いで、基板18内に他方の主面側18bから加工を行い、図9に示すようにリッジ型光導波路14を形成したものとする。この場合、強誘電体単結晶基板18を加工することで、一对の溝17A、17Bを形成すると共に、その両側に延在部15A、15Bを残留させる。一对の溝17Aと17Bとの間にはリッジ14が形成される。光導波路14内の領域には、ダメージ層は存在しないか、あるいはその体積は最小限となっている。

あるいは、図8の状態から、リッジ加工の代わりに、図10に示すように拡散型チャンネル光導波路30を形成することもできる。

強誘電体単結晶基板を構成する強誘電体単結晶の種類は限定されない。しかし、ニオブ酸リチウム(LiNbO₃)、タンタル酸リチウム(LiTaO₃)、ニオブ酸リチウム-タンタル酸リチウム固溶体、K₃Li₂Nb₅O₁₅の各単結晶が特に好ましい。

強誘電体単結晶中には、光導波路の耐光損傷性を更に向上させるために、マグネシウム (Mg)、亜鉛 (Zn)、スカンジウム (Sc) 及びインジウム (In) からなる群より選ばれる1種以上の金属元素を含有させることができ、マグネシウムが特に好ましい。分極反転特性 (条件)

- 5 が明確であるとの観点からは、ニオブ酸リチウム単結晶、ニオブ酸リチウム-タンタル酸リチウム固溶体単結晶、タンタル酸リチウム単結晶にそれぞれマグネシウムを添加したものが特に好ましい。また、強誘電体単結晶中には、ドーパ成分として、希土類元素を含有させることができる。この希土類元素は、レーザー発振用の添加元素として作用する。この
- 10 の希土類元素としては、特にNd、Er、Tm、Ho、Dy、Prが好ましい。

- 基板としては、いわゆるZカット基板、オフカットX板、オフカットY板を使用することが特に好適である。オフカットX板、オフカットY板を使用する場合には、オフカット角度は特に限定されない。特に好ま
- 15 しくは、オフカット角度は 1° 以上であり、あるいは、 20° 以下である。Xカット基板やYカット基板を使用する場合には、一様電極を基板裏面に設けず、一表面上に設け、櫛型電極と一様電極との間に電圧を印加することができる。この場合には、対向電極はなくともよいが、浮動電極として残しておいても良い。また、Zカット基板を使用する場合には、
- 20 は、一様電極を裏面上に設け、櫛型の電極と一様電極との間に電圧を印加することができる。この場合には、対向電極は必ずしも必要ないが、浮動電極として残しておいても良い。

- 周期分極反転構造を形成するのに際して、櫛形電極、対向電極、一様電極の材質は限定されないが、Al、Au、Ag、Cr、Cu、Ni、Ni-Cr、Pd、
- 25 Taが好ましい。また、櫛形電極、対向電極、一様電極の形成方法は特に限定されず、真空蒸着法、真空スパッタ法を例示できる。印加電圧の大

きさは3 kV～8 kVが好ましく、パルス周波数は1 Hz～1000 Hzが好ましい。

強誘電体単結晶基板と接着される支持基板の材質は、絶縁性が高く、材質内の体積抵抗率が均一で、所定の構造強度を有していることが必要である。この材質としては、シリコン、サファイア、水晶、ガラス、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム-タンタル酸リチウム固溶体MgOドープニオブ酸リチウム、MgOドープタンタル酸リチウム、ZnOドープニオブ酸リチウム、ZnOドープタンタル酸リチウムを例示できる。

10 強誘電体単結晶基板と支持基体とを接着する接着剤の材質は特に限定されないが、アクリル系、エポキシ系の紫外線硬化型、熱硬化型、併用型の樹脂を例示できる。

チャンネル型光導波路を形成する方法は特に限定されない。例えば、リッジ型光導波路は、レーザーアブレーション加工、研削加工、ドライエッチング、ウェットエッチングによって形成可能である。内拡散型光導波路30は、例えばプロトン交換法等のイオン交換法や、チタン、亜鉛内拡散法によって形成できる。

本発明によって形成された周期状分極反転部は、このような分極反転部を有する任意の光学デバイスに対して適用できる。このような光学デバイス20は、例えば、第二高調波発生素子等の高調波発生素子を含む。第二高調波発生素子として使用した場合には、高調波の波長は330～1600 nmが好ましい。

実施例

25 図1～図5を参照しつつ説明した方法に従い、図5（比較例）に示すような構造の光導波路基板を作製した。また、図1～図2および図6～

図 9 を参照しつつ説明した方法に従い、図 9（本発明例）に示すような構造の光導波路基板を作製した。

5 厚さ 0.5mm の MgO 5% ドープニオブ酸リチウム 5 度オフカット Y 基板 8 の一方の主面 8 a に、周期 6.56 μ m の櫛状周期電極 3 をフォトリソグラフィ法によって形成した。基板の他方の主面 8 b には、全面に電極膜 9 を形成したのち、パルス電圧を印可して周期分極反転構造 2 9 を形成した。

10 反転構造 2 9 を形成した側の表面 8 a にエキシマレーザーを照射し、基板内の中心と 4 隅に矩形の凹部 2 0 を形成した。凹部の深さ D を接触式表面粗さ計で測定した。次いで、基板の一方の主面 8 a を図 6 (b) のように、不織布上、研磨パッドとコロイダルシリカ砥粒を用いて鏡面研磨し、凹部 2 0 が表面から見えなくなった時点で加工を停止した。加工深さ d は、凹部 2 0 の深さ D とした (図 7 (a))。

15 図 7 (b) に示すように、厚さ 1 mm のノンドープニオブ酸リチウム基板 1 2 に接着剤 1 1 を塗布した後、表面除去加工した MgO ドープニオブ酸リチウム基板 8 と貼り合せ、MgO ドープニオブ酸リチウム基板 8 の他方の主面を厚さ 3.8 μ m となるまで研削、研磨で削り落とした (図 8)。こうして得られた基板 1 8 はスラブ型光導波路および波長変換素子として機能する。

20 次に、レーザーアブレーション加工法により、チャンネル型リッジ導波路 1 4 を形成した (図 9)。形成したリッジ部 1 4 の幅が 4.5 μ m であり、深さが 2 μ m であった。リッジ加工後、スパッタ法により厚さ 0.5 μ m の Ta₂O₅ を導波路表面に成膜した。

25 ダイサーで長さ 12mm、幅 1.4mm で素子を切断した後、両端を端面研磨した。この導波路においてチタンサファイアレーザーを使用して光学特性を測定した。レーザーからの発振出力を 100 mW に調整し、そ

の基本光をレンズで導波路端面に集光した結果、55mW が導波路に結合できた。チタンサファイアレーザーの波長を可変させて位相整合する波長に調節した時に、得られた第二高調波（SHG）出力を表 1 および図 1 に示す。また、位相整合の際の基本光の波長は 1058～1060 nm 5 であった。

表 1

加工量 (μm)	SHG出力 (mW)
0.0	11.0
0.5	14.0
1.0	16.0
1.5	17.0
2.0	17.0
3.0	15.0
5.0	12.0
7.0	9.0
10.0	3.0

10 この結果からわかるように、電圧印加法によって周期分極反転構造を基板に形成した後に、基板の周期分極反転構造を形成した側の表面領域を機械的加工で除去することで、第二高調波発生出力が著しく向上することが判明した。

15 本発明の特定の実施形態を説明してきたけれども、本発明はこれら特定の実施形態に限定されるものではなく、請求の範囲の範囲から離れることなく、種々の変更や改変を行いながら実施できる。

請求の範囲

1. 周期分極反転構造の形成された光導波路を有する光導波路基板を形成する方法であって、
- 5 単分域化している強誘電体単結晶基板の一方の主面上に設けられた楕形電極に電圧を印加することによって、周期分極反転構造を形成する電圧印加工工程、
- 前記楕形電極を除去する電極除去工程、
- 前記強誘電体単結晶基板の前記一方の主面を機械的に加工して表面領域を除去して加工面を形成する表面領域除去工程、および
- 10 前記強誘電体単結晶基板に前記光導波路を形成する光導波路形成工程を有していることを特徴とする、光導波路基板の製造方法。
2. 前記強誘電体単結晶基板の前記一方の主面側に凹部を形成し、
- 15 次いで前記表面領域除去工程を行うことを特徴とする、請求項1記載の方法。
3. 前記凹部が消失した時点で前記表面領域除去工程を停止することを特徴とする、請求項2記載の方法。
- 20
4. 前記表面領域除去工程後に、前記強誘電体単結晶基板の前記加工面を支持基体に対して接着する接着工程、および
- 次いで前記強誘電体単結晶基板を他方の主面側から加工して薄くする薄板加工工程を有することを特徴とする、請求項1～3のいずれか一つの請求項に記載の方法。
- 25

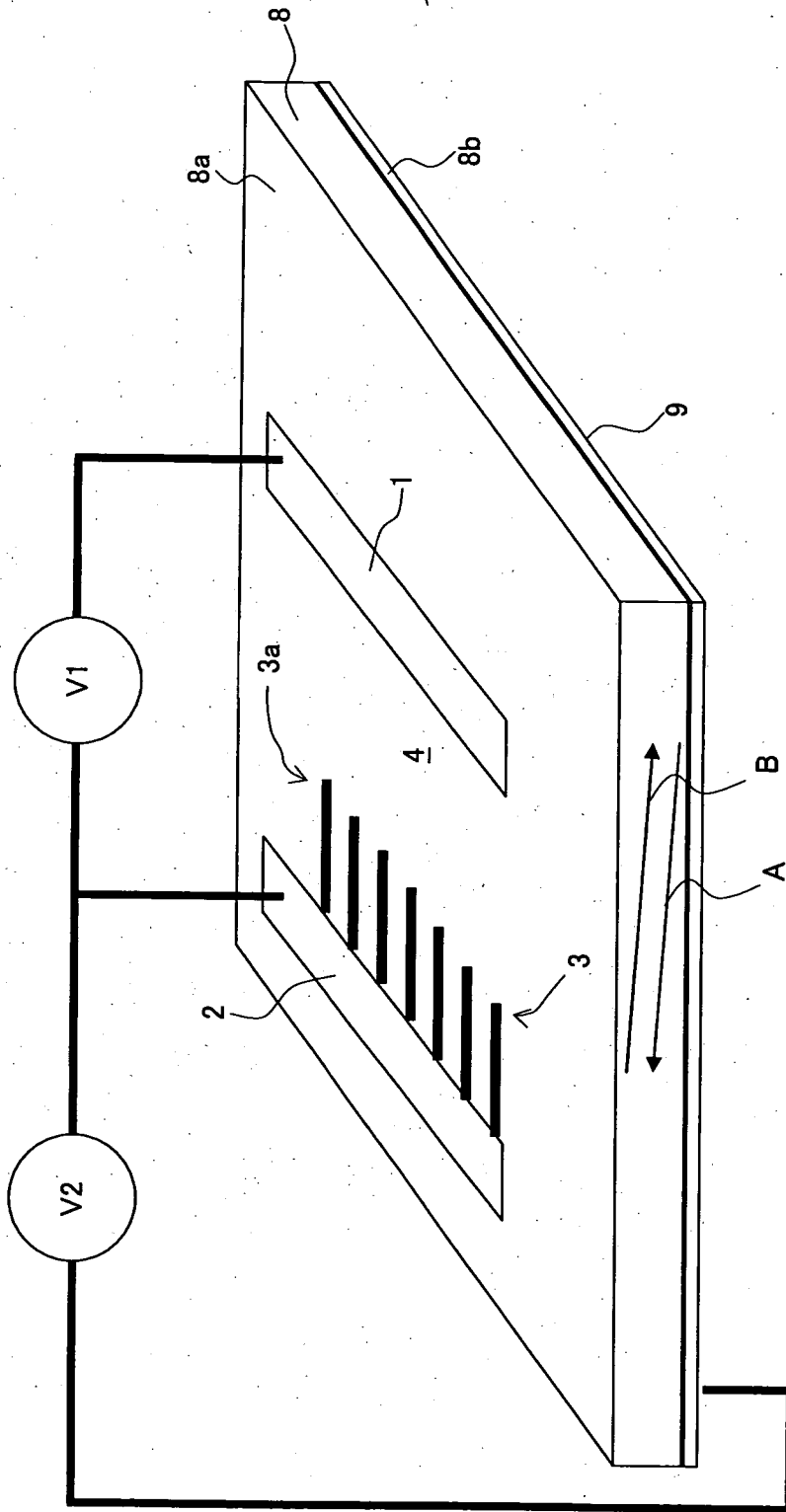
14

5. 前記強誘電体単結晶基板にチャンネル型光導波路を形成することを特徴とする、請求項 1～4 のいずれか一つの請求項に記載の方法。

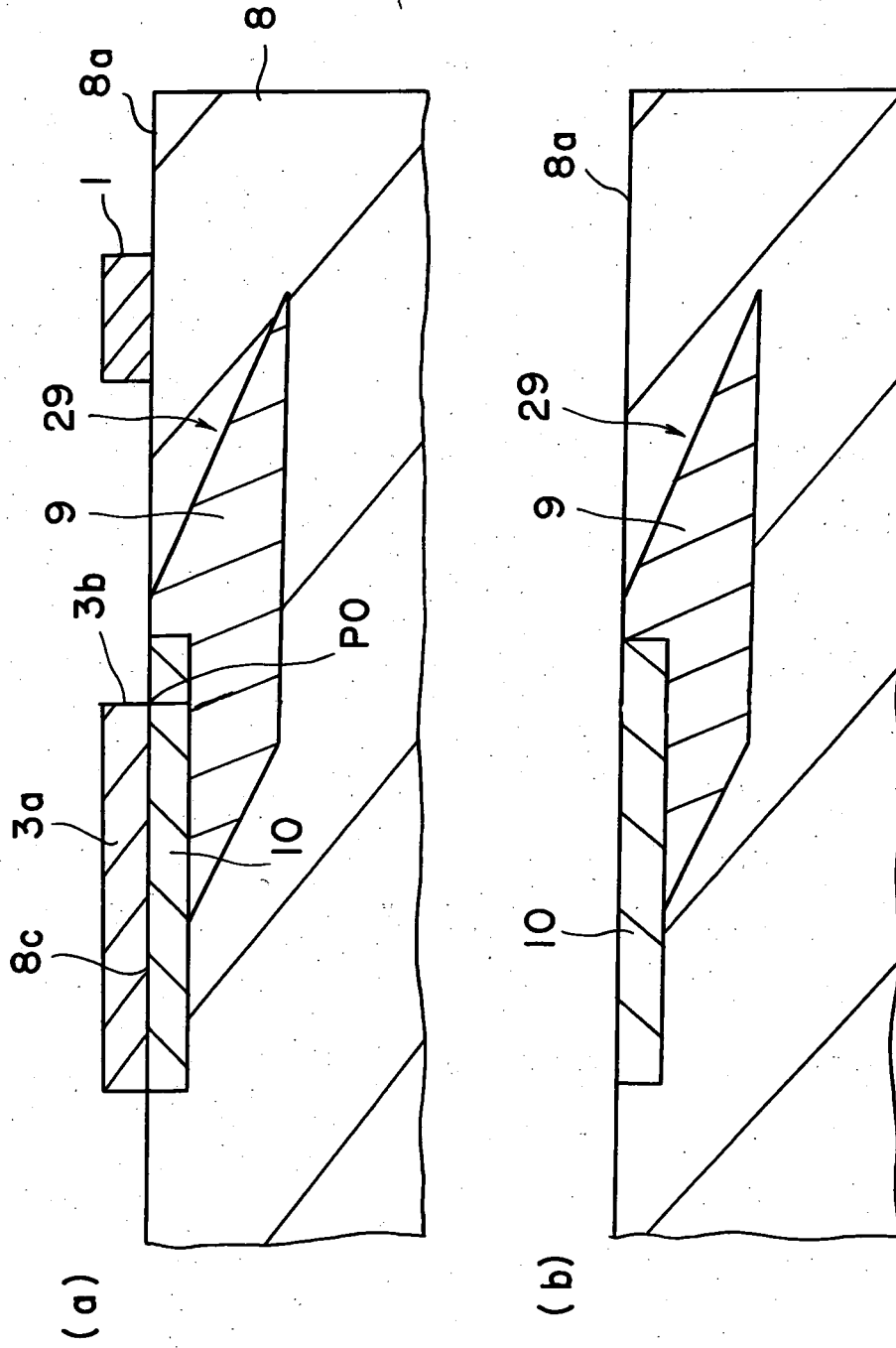
6. 前記強誘電体単結晶基板の他方の主面側に前記チャンネル型光
5 導波路を形成することを特徴とする、請求項 5 記載の方法。

7. 前記強誘電体単結晶基板が、ニオブ酸リチウム単結晶、タンタル酸リチウム単結晶、およびニオブ酸リチウム-タンタル酸リチウム固
10 溶体単結晶からなる群より選ばれた単結晶からなることを特徴とする、
請求項 1～6 のいずれか一つの請求項に記載の方法。

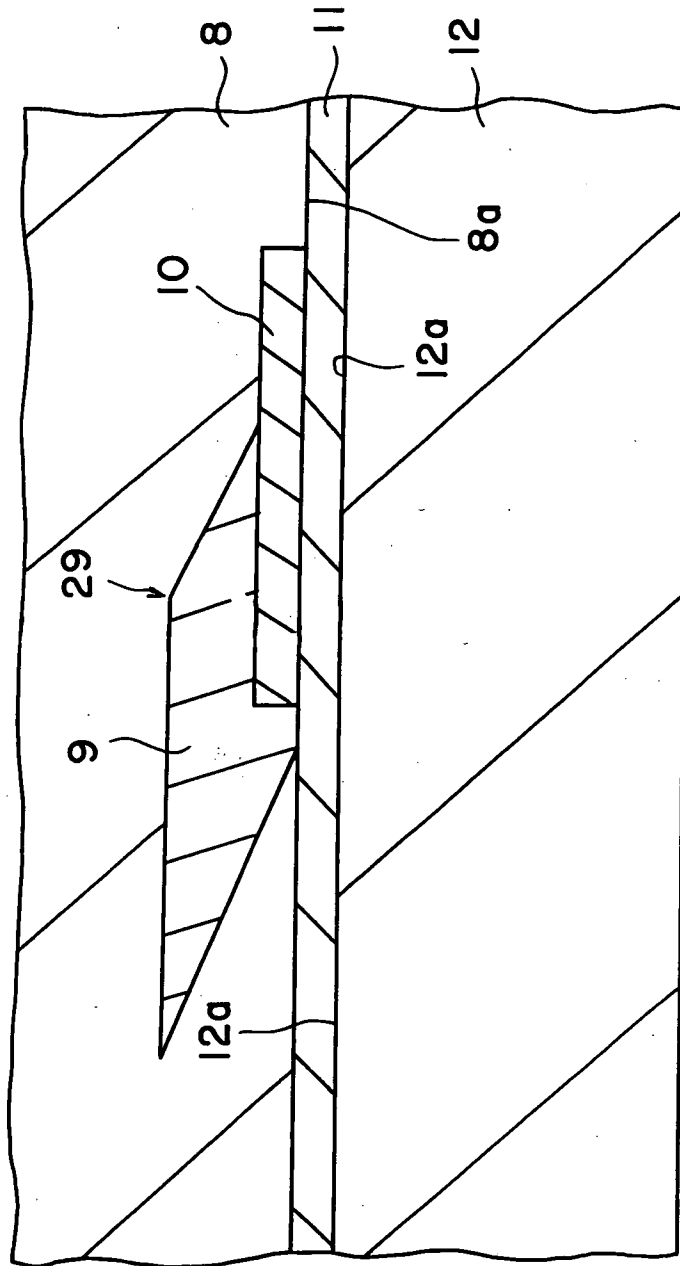
第1図



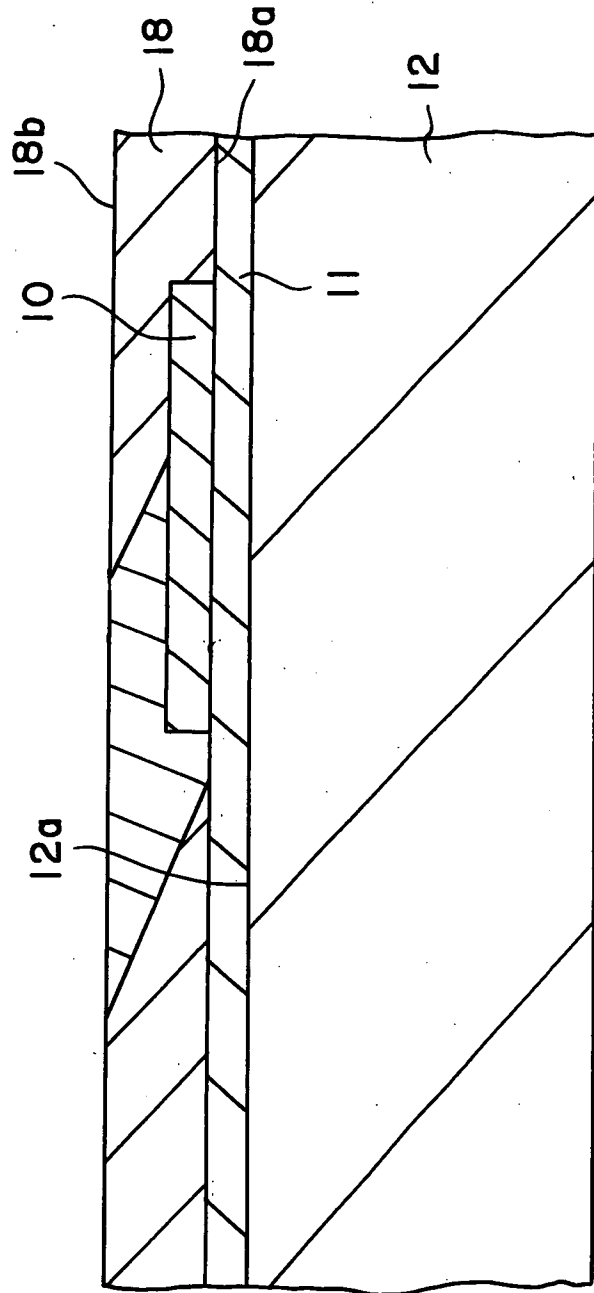
第 2 図



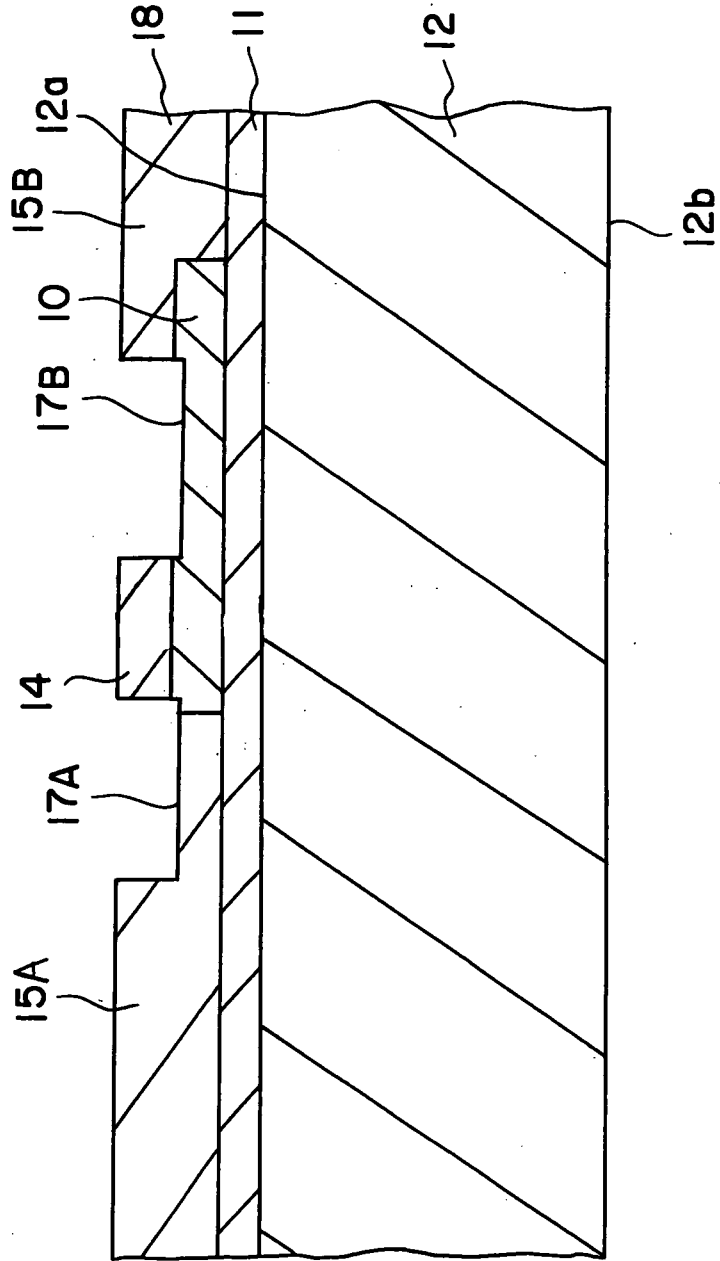
第 3 図



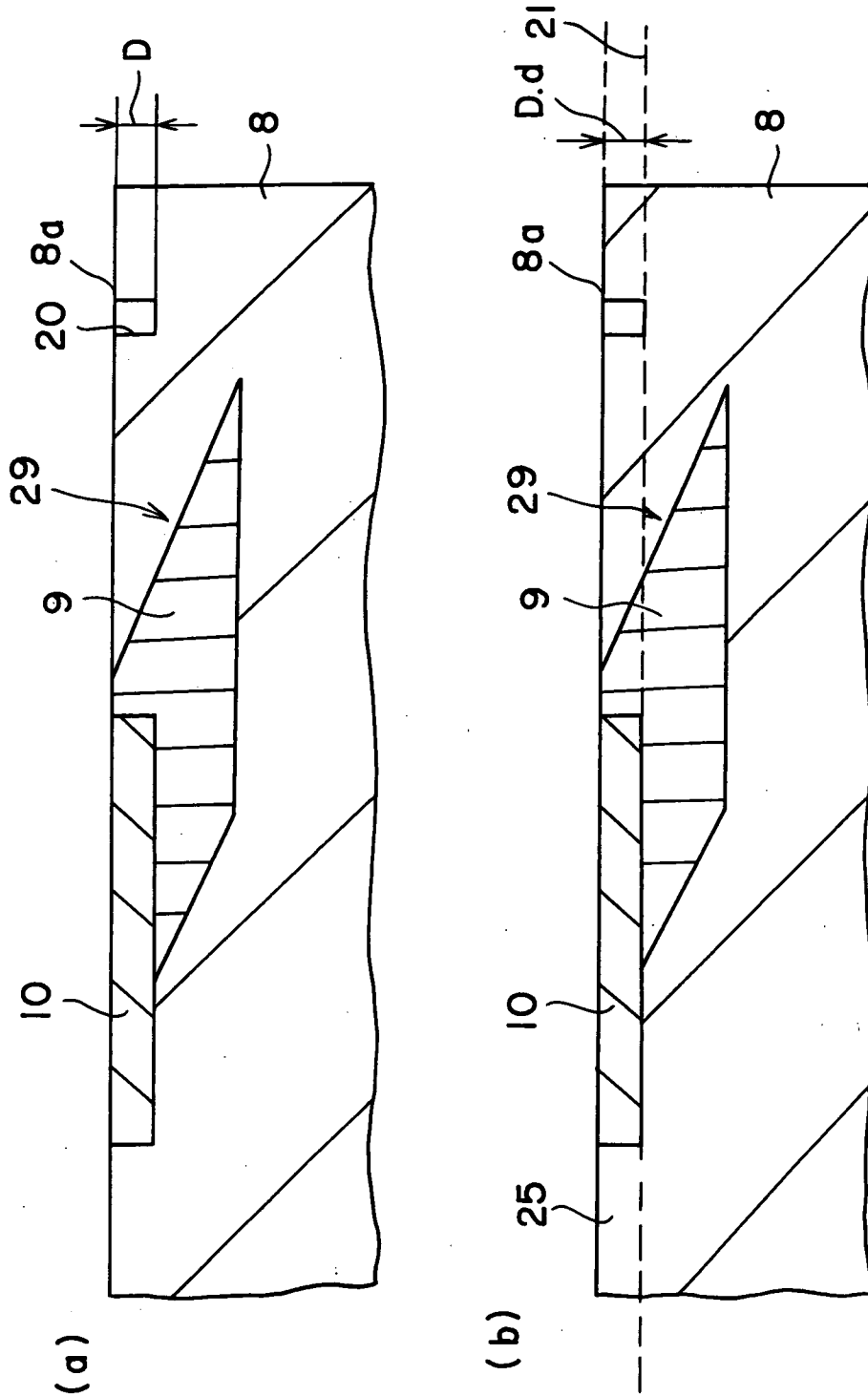
第 4 図



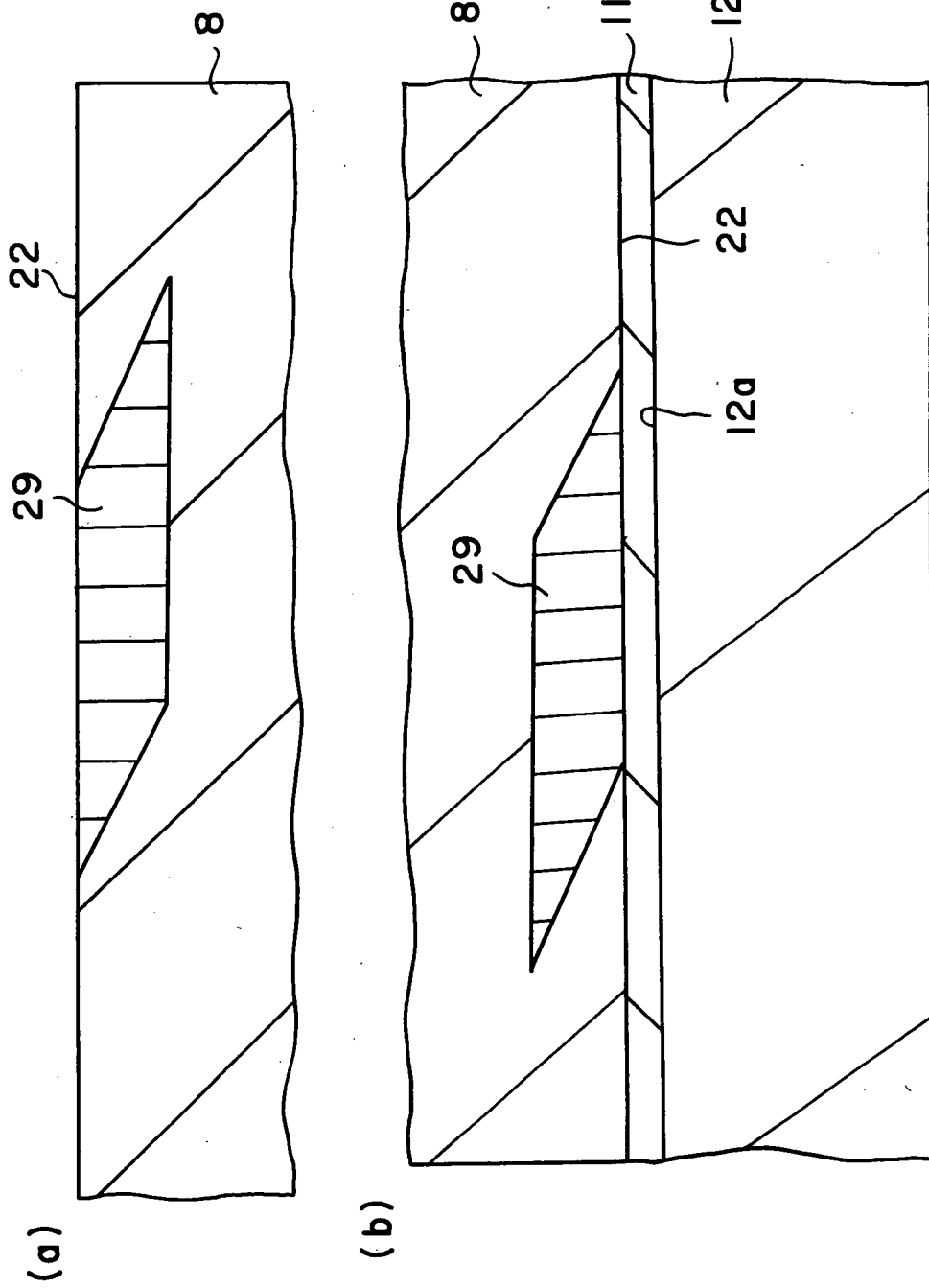
第 5 図



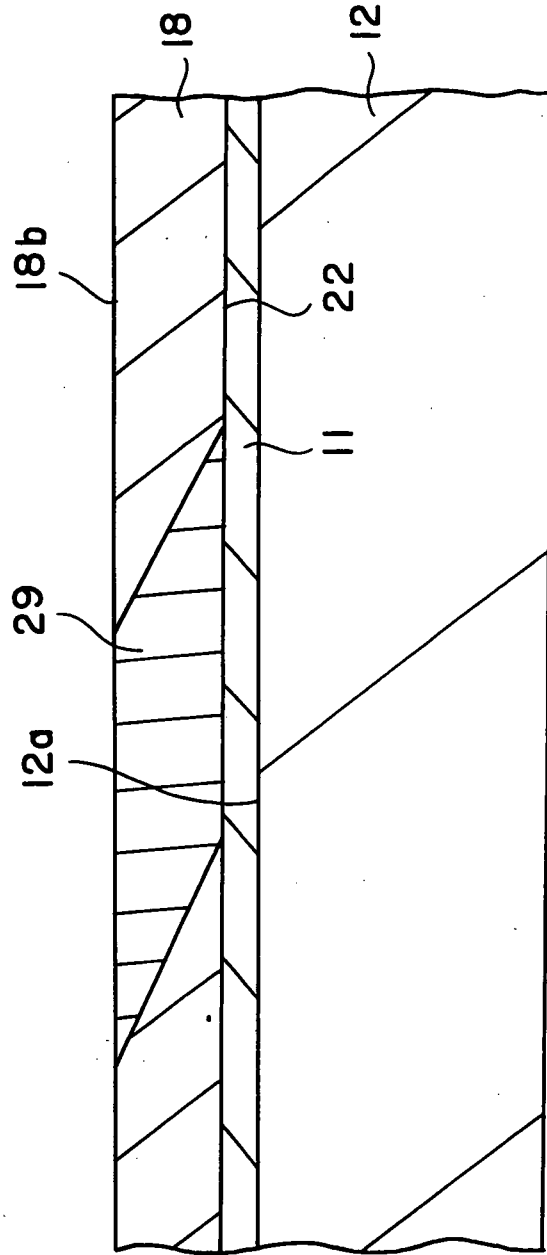
第 6 図



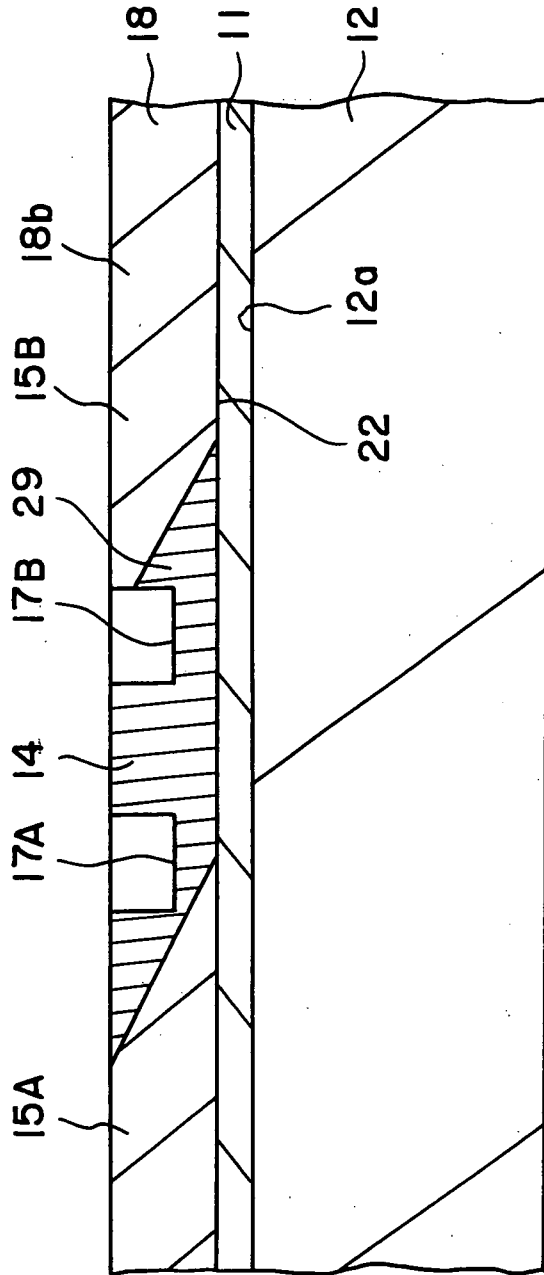
第 7 図



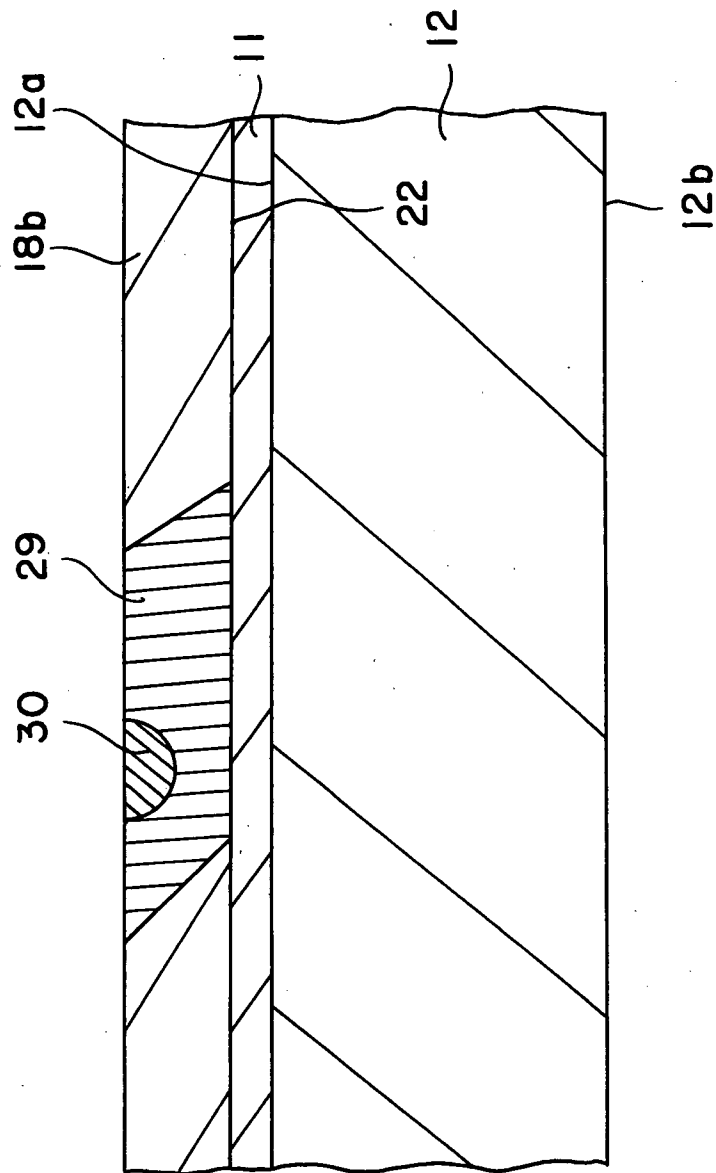
第 8 图



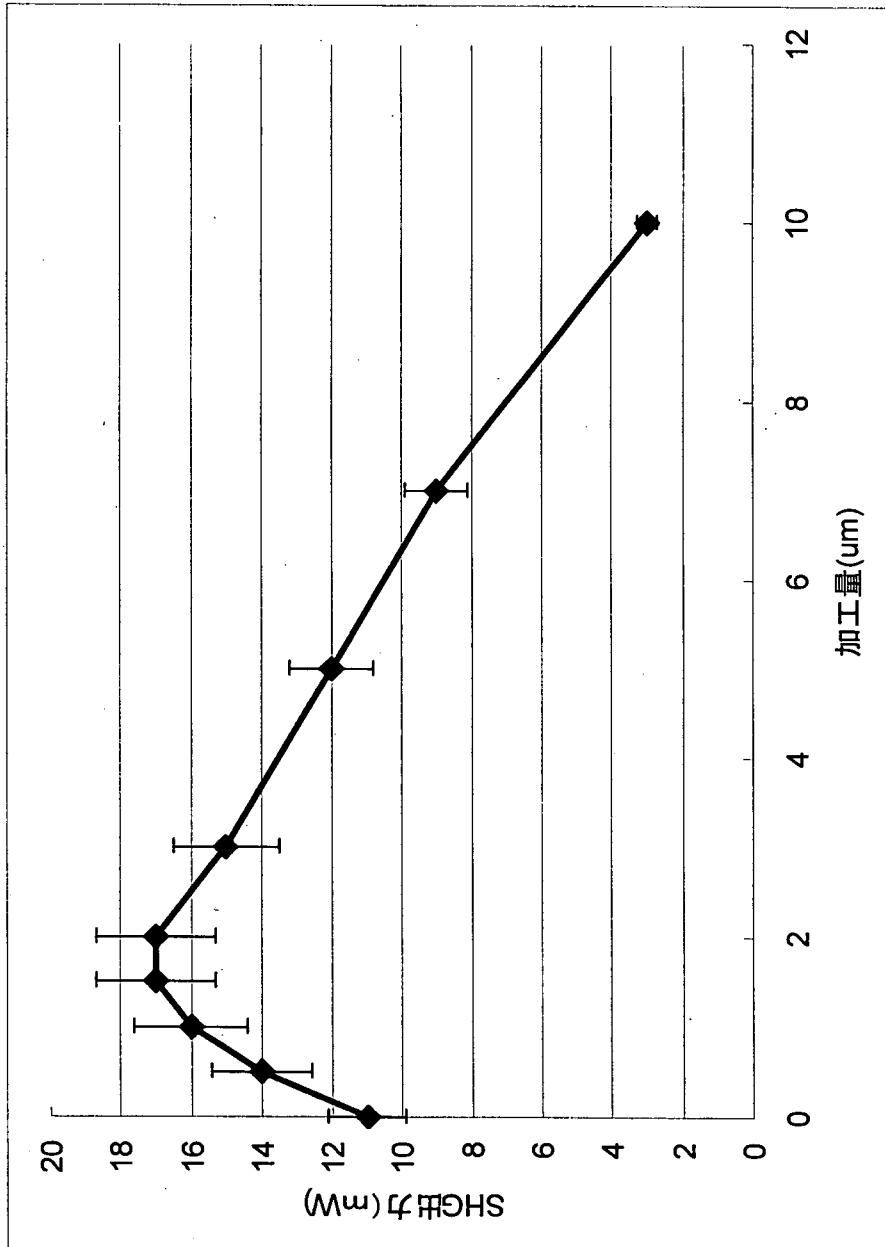
第 9 図



第10図



第11図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/072243

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
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)
G02F1/37, G02B6/12

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	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

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 2001-66652 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 16 March, 2001 (16.03.01), Par. No. [0059] (Family: none)	1-7
Y	JP 2003-270687 A (NGK Insulators, Ltd.), 25 September, 2003 (25.09.03), Par. No. [0006] (Family: none)	1-7
Y	JP 4-335620 A (Sony Corp.), 24 November, 1992 (24.11.92), Par. Nos. [0021], [0028] (Family: none)	1-7

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 07 February, 2008 (07.02.08)	Date of mailing of the international search report 19 February, 2008 (19.02.08)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/072243

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 9-26607 A (Eastman Kodak Co.), 28 January, 1997 (28.01.97), Par. No. [0007] & US 5756263 A & EP 745883 A1	1-7
Y	JP 2004-45666 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 12 February, 2004 (12.02.04), Par. Nos. [0058] to [0060]; Fig. 4 (Family: none)	4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. 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 (IPC)) Int.Cl. G02F1/37 G02B6/12											
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2008年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2008年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2008年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2008年	日本国実用新案登録公報	1996-2008年	日本国登録実用新案公報	1994-2008年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2008年										
日本国実用新案登録公報	1996-2008年										
日本国登録実用新案公報	1994-2008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 請求の範囲の番号									
Y	JP 2001-66652 A (松下電器産業株式会社) 2001.03.16, 【0059】 (ファミリーなし)	1-7									
Y	JP 2003-270687 A (日本碍子株式会社) 2003.09.25, 【0006】 (フ ァミリーなし)	1-7									
Y	JP 4-335620 A (ソニー株式会社) 1992.11.24, 【0021】, 【00 28】 (ファミリーなし)	1-7									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> 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 07.02.2008		国際調査報告の発送日 19.02.2008									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 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) 佐藤 宙子	2X 9316								
		電話番号 03-3581-1101	内線 3294								

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 請求の範囲の番号
Y	JP 9-26607 A (イーストマン コダック カンパニー) 1997.01.28, 【0007】 & US 5756263 A & EP 745883 A1	1-7
Y	JP 2004-45666 A (日本電信電話株式会社) 2004.02.12, 【0058】 - 【0060】, 第4図 (ファミリーなし)	4