

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2008年10月9日 (09.10.2008)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2008/120719 A1

- (51) 国際特許分類:  
G02F 1/035 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/056087
- (22) 国際出願日: 2008年3月28日 (28.03.2008)
- (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2007-095118 2007年3月30日 (30.03.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友大阪セメント株式会社 (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1028465 東京都千代田区六番町6番地28 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 及川 哲 (OIKAWA, Satoshi) [JP/JP]; 〒1028465 東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社

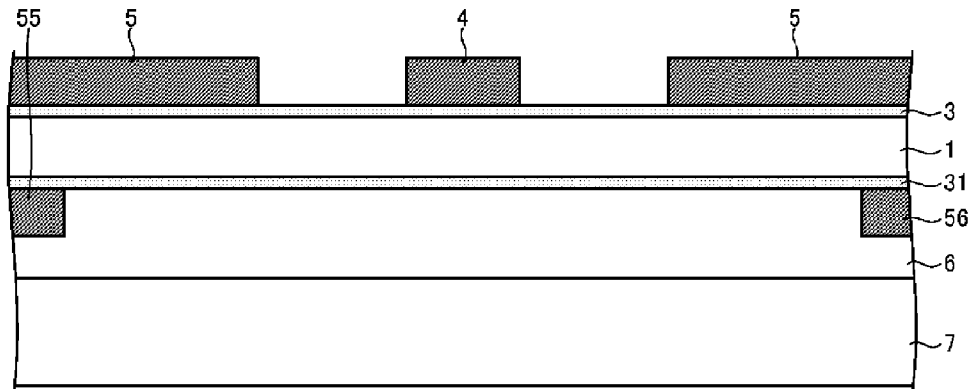
- 内 Tokyo (JP). 市川 潤一郎 (ICHIKAWA, Junichiro) [JP/JP]; 〒1028465 東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社内 Tokyo (JP). 金原 勇貴 (KINPARA, Yuhki) [JP/JP]; 〒1028465 東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社内 Tokyo (JP). 山根 裕治 (YAMANE, Yuji) [JP/JP]; 〒1028465 東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 須山 佐一 (SUYAMA, Saichi); 〒1010046 東京都千代田区神田多町2丁目1番地 神田東山ビル 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, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, 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,

[続葉有]

(54) Title: LIGHT CONTROL ELEMENT

(54) 発明の名称: 光制御素子

[図6]



(57) Abstract: A light control element is provided with a thin board having electro-optical effects; an optical waveguide formed on the thin board; and a control electrode for controlling light that passes through the optical waveguide. The light control element performs speed matching between a microwave signal applied to the control electrode and the light, impedance matching of the microwaves, reduction of a driving voltage and high speed operation. In the control electrode of the light control element, a signal electrode and a grounding electrode are arranged on an upper side of the thin board, and on a lower side of the thin board, a second electrode including the grounding electrode is arranged. The second electrode is arranged not to exist below the signal electrode, especially for achieving impedance matching.

(57) 要約: 本発明は、電気光学効果を有する薄板と、前記薄板に形成された光導波路と、前記光導波路を通過する光を制御するための制御電極とを有する光制御素子において、前記制御電極に印加されるマイクロ波信号と前記光との速度整合や、前記マイクロ波のインピーダンス整合、駆動電圧の低減及び高速動作を可能とするという課題を達成するものである。前記課題を達成するため、本発明の光制御素子の前記制御電極は、前記薄板の上側に信号電極と接地電極を配置し、前記薄板の下側には接地電極を含む第2電極を配置する構成とする。そして特にインピーダンス整合を図るために、前記信号電極の下側には前記第2電極が存在しないように配置する。



WO 2008/120719 A1



SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

(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,  
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, HR, HU,  
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE,

規則4.17に規定する申立て:

— 発明者である旨の申立て (規則 4.17(iv))

添付公開書類:

— 国際調査報告書

— 補正書・説明書

## 明 細 書

## 光制御素子

## 技術分野

[0001] 本発明は、光制御素子に関し、特に、電気光学効果を有し、厚みが $10\mu\text{m}$ 以下の薄板と、前記薄板に形成された光導波路と、前記光導波路を通過する光を制御するための制御電極とを有する光制御素子に関する。

## 背景技術

[0002] 従来、光通信分野や光測定分野において、電気光学効果を有する基板上に光導波路や制御電極を形成した導波路型光変調器や導波路型光スイッチなどの各種の光制御素子が多用されている。現在利用されている光制御素子の多くの形態は、図1に示すような、厚さ $0.5\sim 1\text{mm}$ 程度の電気光学結晶基板1に、光導波路2や信号電極4及び接地電極5を形成したものである。なお、図1はZカット型 $\text{LiNbO}_3$ 基板を用いた光変調器の例であり、符号3は $\text{SiO}_2$ 膜などのバッファ層を示している。

[0003] 特に、導波路型光変調器においては、光導波路内を伝搬する光波を変調制御するため、マイクロ波信号が制御電極に印加されている。このため、マイクロ波が効率的に制御電極を伝搬するためには、マイクロ波を光変調器に導入する同軸ケーブルなどの信号線路と光変調器内の制御電極とのインピーダンス整合を図る必要がある。このため、図1に示すように、信号電極4を接地電極5で挟み込む形状、いわゆるコプレーナ型の制御電極が利用されている。

[0004] しかしながら、コプレーナ型制御電極の場合には、基板1の電気光学効果の効率が高い方向(図1のZカット型 $\text{LiNbO}_3$ 基板の場合には、上下方向が前記方向に該当する)に、効率的に外部電界が作用しないため、必要な光変調度を得るために、より大きな電圧が必要となる。具体的には、 $\text{LiNbO}_3$ (以下、「LN」という)基板を利用し、光導波路に沿った電極長が $1\text{cm}$ の場合には、約 $10\sim 15\text{V}$ 程度の半波長電圧が必要となる。

[0005] また、図2に示すように、特許文献1には、光導波路の光波の閉じ込めを改善し、制御電極が生成する電界をより効率良く光導波路に印加するために、光導波路をリッ

ジ型導波路20とし、信号電極4及び41に対して、接地電極5, 51, 52をより近接配置する構成が提案されている。この構成により、ある程度の駆動電圧の低減は実現できるが、特に、高周波帯域における高速変調を実現するには、より一層の駆動電圧の低減が不可欠である。

[0006] また、特許文献2には、図3に示すように、基板を制御電極で挟み込み、電気光学効果の効率が低い方向(図3のZカット型 $\text{LiNbO}_3$ 基板の場合には、上下方向が前記方向に該当する)に電界を印加することが提案されている。しかも、図3の光変調器は、電気光学効果を有する基板を分極反転し、自発分極の方向(図中の矢印方向)が異なる基板領域10A及び10Bを形成すると共に、各基板領域には光導波路2が形成されており、共通の信号電極42と接地電極53で各光導波路に電界を印加した場合には、各光導波路を伝搬する光波には逆向きの位相変化を発生させることが可能となる。このような差動駆動により、駆動電圧をより一層低下させることが可能となる。

[0007] しかしながら、図3のような電極構造では、マイクロ波の屈折率が高くなり、光導波路を伝搬する光波と変調信号であるマイクロ波との速度整合を取ることが困難となる。しかも、インピーダンスは逆に低くなるため、マイクロ波の信号線路とのインピーダンス整合を取ることが難しくなるという欠点がある。

[0008] 他方、以下の特許文献3又は4においては、 $30\ \mu\text{m}$ 以下の厚みを有する極めて薄い基板(以下、「薄板」という)に、光導波路並びに変調電極を組み込み、前記薄板より誘電率の低い他の基板を接合し、マイクロ波に対する実効屈折率を下げ、マイクロ波と光波との速度整合を図ることが行われている。

[0009] しかしながら、このような薄板を用いた光変調器に対して、図1乃至図3のような構造の制御電極を形成した場合であっても、依然として、上述した問題は、根本的に解消されていない。図3のような制御電極で基板を挟み込む場合には、基板の厚みを薄くした場合、マイクロ波屈折率は下がる傾向にあるが、光波とマイクロ波との速度整合を実現するのは困難である。電極の幅にも依存するが、例えば、LNの薄板を用いた場合で、実効屈折率が約5程度であり、最適値である2.14には及ばない。他方、インピーダンスは、基板が薄くなるに従い下がる傾向となり、インピーダンス不整合が拮

大する原因となる。

特許文献1:米国特許明細書第6, 580, 843号

特許文献2:特許登録第3638300号明細書

特許文献3:特開昭64-18121号公報

特許文献4:特開2003-215519公報

特許文献5:特開平6-289341号公報

### 発明の開示

#### [0010] (発明が解決しようとする課題)

本発明が解決しようとする課題は、マイクロ波と光波との速度整合やマイクロ波のインピーダンス整合が実現でき、特にマイクロ波を光変調器に導入する同軸ケーブルなどの信号線路と光変調器内の制御電極とのインピーダンス整合を実現することができ、駆動電圧の低減が可能な光制御素子を提供することである。

[0011] また、駆動電圧の低減により、光制御素子の温度上昇を抑制でき安定動作が可能な光制御素子を提供することであり、さらには、コストのより安い低駆動電圧型駆動装置を利用できる光制御素子を提供することである。

#### [0012] (課題を解決するための手段)

上記課題を解決するため、請求項1に係わる発明では、

電気光学効果を有し、厚みが $10\mu\text{m}$ 以下の薄板と、前記薄板に形成された光導波路と、前記光導波路を通過する光を制御するための制御電極とを有する光制御素子において、

前記制御電極は、前記薄板を挟むように配置された第1電極と第2電極とからなり、前記第1電極は、少なくとも信号電極と接地電極とからなるコプレーナ型の電極を有し

、  
前記第2電極は、変調領域部において、少なくとも接地電極を有すると共に、前記第1電極の信号電極と協働して前記光導波路に電界を印加するように構成されており、信号入出力部において、少なくとも前記第1の電極の、前記信号電極の下方には電極を有しないように構成したことを特徴とする、光制御素子に関する。

[0013] 請求項2に係わる発明では、

前記薄板は、支持基板上に低誘電率層を介して支持され、前記信号入出力部において、前記第2電極から支持基板の方向に向けて離隔した位置に前記低誘電率層を介して追加の接地電極を有するようにしている。この結果、前記第2電極は接地電極として機能させることができ、インピーダンス調整を容易に行うことができるようになる。また、このような接地電極は、外部からの電気信号をシールドする効果があるので、外部との接続(チップの設置状況など)の影響を受けにくい。

[0014] なお、前記第2電極と前記追加の接地電極との距離は、例えば50  $\mu$  m以上とすることができる(請求項3)。

[0015] 請求項4に係わる発明では、

電気光学効果を有し、厚みが10  $\mu$  m以下の薄板と、前記薄板に形成された光導波路と、前記光導波路を通過する光を制御するための制御電極とを有する光制御素子において、

前記制御電極は、前記薄板を挟むように配置された第1電極と第2電極とからなり、前記第1電極は、少なくとも信号電極と接地電極とからなるコプレーナ型の電極を有し

、

前記第2電極は、変調領域部において、少なくとも接地電極を有すると共に、前記第1電極の信号電極と協働して前記光導波路に電界を印加するように構成されており、信号入出力部において、前記薄板から前記支持基板の方向に向けて離隔した位置に低誘電率層を介して配置されていることを特徴とする、光制御素子に関する。

[0016] 請求項5に係わる発明では、請求項1～4のいずれか一に記載の光制御素子において、前記光導波路がリッジ型光導波路であることを特徴とする。

[0017] 請求項6に係わる発明では、請求項1～5のいずれか一に記載の光制御素子において、少なくとも前記薄板と前記第1電極との間には、バッファ層が形成されていることを特徴とする。

[0018] 請求項7に係わる発明では、請求項1～6のいずれか一に記載の光制御素子において、前記第1の電極及び前記第2の電極において、前記信号電極及び前記接地

電極は、透明電極又は薄板側に透明電極を配置した電極のいずれかで構成されていることを特徴とする。

[0019] 請求項8に係わる発明では、請求項5～7のいずれか一に記載の光制御素子において、少なくとも前記リッジ型導波路の両側に配置された溝には、低誘電率膜が充填されていることを特徴とする。

[0020] 請求項9に係わる発明では、請求項1～8のいずれか一に記載の光制御素子において、前記光導波路の少なくとも一部を含む薄板の自発分極が反転されていることを特徴とする。

[0021] (発明の効果)

請求項1に係わる発明により、電気光学効果を有し、厚みが10  $\mu$  m以下の薄板と、前記薄板に形成された光導波路と、前記光導波路を通過する光を制御するための制御電極とを有する光制御素子において、前記制御電極は、前記薄板を挟むように配置された第1電極と第2電極とからなり、前記第1電極は、少なくとも信号電極と接地電極とからなるコプレーナ型の電極を有し、前記第2電極は、変調領域部において、少なくとも接地電極を有すると共に、第1電極の信号電極と協働して前記光導波路に電界を印加するよう構成されているため、マイクロ波と光波との速度整合やマイクロ波のインピーダンス整合が実現でき、高速動作が可能な光制御素子を提供することができる。

[0022] また、前記第2電極は、信号入出力部において、少なくとも前記第1の電極の、前記信号電極の下方には電極を有しないように構成している。この場合、前記電極が存在しないことに起因して、前記信号入出力部における前記制御電極の静電容量が増大し、その結果インピーダンスの増大を図ることができ、マイクロ波を光制御素子に導入する同軸ケーブルなどの信号線路と光変調器内の制御電極とのインピーダンス整合を実現することができるようになる。

[0023] なお、上述した駆動電圧の低減により、光制御素子の温度上昇を抑制でき安定動作が可能な光制御素子を提供することができ、さらには、コストのより安い低駆動電圧型駆動装置を利用できる光制御素子を提供することができるようになる。

[0024] 請求項2及び3に係わる発明より、

前記薄板は、支持基板上に低誘電率層を介して支持され、前記信号入出力部において、前記第2電極から支持基板の方向に向けて離隔した位置に前記低誘電率層を介して追加の接地電極を有するようになっている。この結果、前記第2電極は接地電極として機能させることができ、インピーダンス調整を容易に行うことができるようになる。また、このような接地電極は、外部からの電気信号をシールドする効果があるので、外部との接続(チップの設置状況など)の影響を受けにくい。

[0025] 請求項4に係わる発明より、

電気光学効果を有し、厚みが $10\mu\text{m}$ 以下の薄板と、前記薄板に形成された光導波路と、前記光導波路を通過する光を制御するための制御電極とを有する光制御素子において、前記制御電極は、前記薄板を挟むように配置された第1電極と第2電極とからなり、前記第1電極は、少なくとも信号電極と接地電極とからなるコプレーナ型の電極を有し、前記第2電極は、変調領域部において、少なくとも接地電極を有すると共に、前記第1電極の信号電極と協働して前記光導波路に電界を印加するように構成されており、信号入出力部において、前記薄板から前記支持基板の方向に向けて離隔した位置に低誘電率層を介して配置されている。このため、マイクロ波と光波との速度整合やマイクロ波のインピーダンス整合が実現でき、高速動作が可能な光制御素子を提供することができる。

[0026] また、前記第2電極は、信号入出力部において、前記薄板から前記支持基板の方向に向けて離隔した位置に低誘電率層を介して配置されている。この場合、前記信号入出力部における前記制御電極の静電容量が増大し、その結果インピーダンスの増大を図ることができ、マイクロ波を光制御素子に導入する同軸ケーブルなどの信号線路と光変調器内の制御電極とのインピーダンス整合を実現することができるようになる。

[0027] なお、上述した駆動電圧の低減により、光制御素子の温度上昇を抑制でき安定動作が可能な光制御素子を提供することができ、さらには、コストのより安い低駆動電圧型駆動装置を利用できる光制御素子を提供することができるようになる。

[0028] 請求項5に係わる発明により、光導波路はリッジ型光導波路であるため、光波の閉じ込め効率がよく、また、制御電極が形成する電界を光導波路に集中させることが可

能となり、より低駆動電圧の光制御素子を実現することができる。

[0029] 請求項6に係わる発明により、少なくとも薄板と、第1電極との間にはバッファ層が形成されているため、光導波路を伝搬する光波の伝搬損失を抑制しながら、制御電極を光導波路のより近傍に配置することが可能となる。

[0030] 請求項7に係わる発明により、信号電極又は接地電極は、透明電極又は薄板側に透明電極を配置した電極のいずれかで構成されているため、バッファ層が無い場合でも、光導波路を伝搬する光波の伝搬損失を抑制しながら、制御電極を光導波路のより近傍に配置することが可能となる。

[0031] 請求項8に係わる発明により、少なくともリッジ型導波路の両側に配置された溝には、低誘電率膜が充填されているため、制御電極におけるマイクロ波屈折率やインピーダンスの調整が可能となり、より適切なマイクロ波屈折率やインピーダンスを得ることができる。

[0032] 請求項9に係わる発明では、請求項1～7のいずれか一に記載の光制御素子において、光導波路の少なくとも一部を含む薄板の自発分極が反転されているため、光制御素子の差動駆動が簡便な制御電極や駆動回路で容易に実現できる上、駆動電圧を低減することも可能となる。

#### 図面の簡単な説明

[0033] [図1]従来の光制御素子の例を示す図である。

[図2]同じく、従来の光制御素子の例を示す図である。

[図3]同じく、従来の光制御素子の例を示す図である。

[図4]本発明の光制御素子の例を示す平面図である。

[図5]図4の光制御素子をA-A線に沿って切った場合の断面図である。

[図6]図4の光制御素子をB-B線に沿って切った場合の断面図である。

[図7]図4～6に示す光制御素子の変形例を示す図である。

[図8]同じく、図4～6に示す光制御素子の変形例を示す図である。

[図9]同じく、図4～6に示す光制御素子の変形例を示す図である。

[図10]本発明のリッジ型光制御素子の例を示す図である。

[図11]同じく、本発明のリッジ型光制御素子の例を示す図である。

[図12]同じく、本発明のリッジ型光制御素子の例を示す図である。

[図13]低誘電率膜を有する光制御素子の例を示す図である。

[図14]薄板の裏面側に光導波路を形成した光制御素子の例を示す図である。

[図15]同じく、薄板の裏面側に光導波路を形成した光制御素子の例を示す図である。

。

[図16]透明電極を利用した光制御素子の例を示す図である。

[図17]同じく、透明電極を利用した光制御素子の例を示す図である。

[図18]同じく、透明電極を利用した光制御素子の例を示す図である。

[図19]同じく、透明電極を利用した光制御素子の例を示す図である。

[図20]第2電極にパターン状電極を用いた光制御素子の例を示す図である。

[図21]同じく、第2電極にパターン状電極を用いた光制御素子の例を示す図である。

[図22]分極反転を用いた光制御素子の例を示す図である。

[図23]同じく、分極反転を用いた光制御素子の例を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

[0034] 図4は、本発明の光制御素子に係わる一例を示す平面図であり、図5は、前記光制御素子の変調領域部におけるA-A線に沿って切った場合の断面図であり、図6は、前記光制御素子の信号入出力部におけるB-B線に沿って切った場合の断面図である。なお、前記変調領域部は、おおよそ信号電極及び接地電極が対向して並列配置されて、光導波路内を導波する光波(光信号)に対して実質的な変調がなされる領域部であり、前記信号入出力部は例えば図中破線で示すような領域であって、外部の同軸ケーブルなどとの接合を図る領域である。

[0035] なお、本例では、光導波路が形成されるべき薄板をZカット型基板から構成した場合について示しており、また、前記光制御素子の要部のみを示している。

[0036] 図4～6に示すように、Zカット型基板(薄板1)中には光導波路2が形成され、薄板1を挟むように制御電極が配置されている。制御電極としては、薄板1の上側に配置された第1電極と、薄板の下側に配置された第2電極とがある。第1電極は、信号電極4及び接地電極5を含み、第2電極は接地電極54を含んでいる。第1電極及び第2電極には、図示した電極以外にDC電極など、必要な電極を適宜付加できることは言う

までもない。また、薄板1は、支持基板7上において接着層6を介して支持されている。

- [0037] 図4～6の光制御素子の特徴は、変調領域部において、光導波路2に対して信号電極4と接地電極5による電界以外に、信号電極4と接地電極54とによる電界が印加されることである。これにより、光導波路2をおける図の縦方向の電界を強くすることができ、駆動電圧を低減させることが可能となる。しかも、制御電極におけるマイクロ波の屈折率及びインピーダンスは、信号電極4と接地電極5及び54により決定されるため、例えば、最適値であるマイクロ波屈折率2.14、インピーダンス50Ωに設定することも可能となる。
- [0038] 第1の電極は、薄板1との間にSiO<sub>2</sub>膜などのバッファ層3を介して配置されている。バッファ層には、光導波路を伝搬する光波が、制御電極により吸収又は散乱されることを防止する効果を有している。また、バッファ層の構成としては、必要に応じ、薄板1の焦電効果を緩和するため、Si膜などを組み込むことも可能である。
- [0039] また、第2の電極(接地電極54)は、信号入出力部において、第1電極の信号電極4の直下部分を含む領域を空隙部とし、かかる領域に接地電極54が存在しないようにしている。従って、前記空隙部には接地電極54に代わって接着層6が介在するようになるので、前記信号入出力部における第1電極及び第2電極からなる制御電極の静電容量が増大し、その結果、インピーダンスが増大するようになる。したがって、前記信号入出力部におけるインピーダンスを汎用のインピーダンス値である50Ωに限りなく近づけることができるようになる。したがって、外部の同軸ケーブルなどとのインピーダンス整合を採った接合が容易となる。
- [0040] なお、前記空隙部の幅は、信号電極4の少なくとも直下部分に相当するようになることが必要であり、インピーダンス整合の度合いに応じて、前記幅よりも適宜増大させることができる。
- [0041] 換言すれば、本実施形態の光制御素子によれば、マイクロ波と光波との速度整合やマイクロ波のインピーダンス整合が実現でき、しかも、駆動電圧の低減が可能な光制御素子を提供することができるようになる。また、駆動電圧の低減により、光制御素子の温度上昇を抑制でき安定動作が可能な光制御素子を提供することができ、さら

には、コストのより安い低駆動電圧型駆動装置を利用できる光制御素子を提供することができるようになる。さらには、マイクロ波を光制御素子に導入する同軸ケーブルなどの信号線路と光変調器内の制御電極とのインピーダンス整合を実現することができるようになる。

[0042] 薄板1は、第2電極が形成された後に、接着層6を介して支持基板7に接合される。これにより、薄板1が $10\ \mu\text{m}$ 以下の場合でも、光制御素子として十分な機械的強度を確保することが可能となる。なお、接着層6は、低誘電率層としても機能するものである。したがって、接着層(低誘電率層)6が厚くなると、信号電極と接地電極との間隔が広がるため、電極間容量が小さくなり、インピーダンスが大きくなる。例えば、信号電極幅が $100\ \mu\text{m}$ であり、接地電極が $140\ \mu\text{m}$ である場合に、インピーダンスが $30\sim 60\ \Omega$ の範囲に入る厚さは $25\ \mu\text{m}$ 以下となる。また、低誘電率層として接着層以外の例えば $\text{SiO}_2$ などを用いた場合でも、同様である。

[0043] 図7は、Xカット型の基板を用いた場合の、図5に相当する断面図であり、電気光学効果の効率が低い方向は、図の横方向となる。このため、第1電極では、光導波路2を挟む位置に信号電極4と接地電極5とを配置し、第2電極では、信号電極4と接地電極55及び56とが形成する電界が、光導波路2に対して横方向の成分を有するように、接地電極55及び56の形状及び配置が決定されている。なお、後述するように、第2電極を光導波路の形状に対応してパターン状電極とすることにより、より最適な電界分布を形成することが可能となる。

[0044] なお、本実施形態でも、光導波路2に対して信号電極4と接地電極5による電界以外に、信号電極4と接地電極54とによる電界が十分に印加されるようにすべく、薄板1の厚さは $10\ \mu\text{m}$ 以下とする。また、薄板1の下限值は特に限定されるものではないが、例えば $0.7\ \mu\text{m}$ とする。これよりも薄いと十分な大きさの光導波路2を形成することが困難になる。

[0045] 薄板に使用される電気光学効果を有する結晶性基板としては、例えば、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、PLZT(ジルコン酸チタン酸鉛ランタン)、及び石英系の材料及びこれらの組み合わせが利用可能である。特に、電気光学効果の高いニオブ酸リチウム(LN)やタンタル酸リチウム(LT)結晶が好適に利用される。

- [0046] 光導波路の形成方法としては、Tiなどを熱拡散法やプロトン交換法などで基板表面に拡散させることにより形成することができる。また、特許文献5のように薄板1の表面に光導波路の形状に合わせてリッジを形成し、光導波路を構成することも可能である。
- [0047] 信号電極や接地電極などの制御電極は、Ti・Auの電極パターンの形成及び金メッキ方法などにより形成することが可能である。また、後述する透明電極については、ITOや赤外透明導電膜であるInとTiの複合酸化物膜などが利用可能であり、フォトリソグラフィ法により電極パターンを形成しリフトオフ法によって形成する方法や、所定の電極パターンが残るようにマスク材を形成し、ドライエッチング、あるいはウエットエッチングにて形成する方法などが使用可能である。(特許文献5参照)
- [0048] 光制御素子を含む薄板1の製造方法は、数百 $\mu\text{m}$ の厚さを有する基板に上述した光導波路を形成し、基板の裏面を研磨して、10 $\mu\text{m}$ 以下の厚みを有する薄板を作成する。その後薄板の表面に制御電極を作り込む。また、光導波路や制御電極などの作り込みを行った後に、基板の裏面を研磨することも可能である。なお、光導波路形成時の熱的衝撃や各種処理時の薄膜の取り扱いによる機械的衝撃などが加わると、薄板が破損する危険性もあるため、これらの熱的又は機械的衝撃が加わり易い工程は、基板を研磨して薄板化する前に行うことが好ましい。
- [0049] 支持基板7に使用される材料としては、種々のものが利用可能であり、例えば、薄板と同様の材料を使用する他に、石英、ガラス、アルミナなどのように薄板より低誘電率の材料を使用したり、薄板と異なる結晶方位を有する材料を使用することも可能である。ただし、線膨張係数が薄板と同等である材料を選定することが、温度変化に対する光制御素子の変調特性を安定させる上で好ましい。仮に、同等の材料の選定が困難である場合には、薄板と支持基板とを接合する接着剤に、薄板と同等な線膨張係数を有する材料を選定する。
- [0050] 薄板1と支持基板7との接合には、接着層6として、エポキシ系接着剤、熱硬化性接着剤、紫外線硬化性接着剤、半田ガラス、熱硬化性、光硬化性あるいは光増粘性の樹脂接着剤シートなど、種々の接着材料を使用することが可能である。
- [0051] 図8は、図4～6に示す光制御素子の変形例を示す要部断面図である。図8に示す

断面図は、上記実施形態の信号入出力部における断面図である図6に相当するものである。本例では、信号入出力部において、支持基板7と接着層6との間において接地電極54を有するように構成されている。したがって、前記信号入出力部では、第1電極及び第2電極との間に接着層6が介在するようになるので、これら電極から構成される制御電極の静電容量が増大し、その結果インピーダンスの増大を図ることができ、マイクロ波を光制御素子に導入する同軸ケーブルなどの信号線路と光変調器内の制御電極とのインピーダンス整合を実現することができるようになる。

[0052] なお、上記作用効果をより効果的に奏するようになるためには、接着層6の厚さが50  $\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。また、接着層6の厚さの上限は特に限定されるものではないが、例えば200  $\mu\text{m}$ とすることができる。

[0053] 図9は、図4～6に示す光制御素子の他の変形例を示す要部断面図である。図9に示す断面図は、上記実施形態の信号入出力部における断面図である図6に相当するものである。本例では、信号入出力部において、第1電極の信号電極4の直下部分を含む領域を空隙部とし、かかる領域に接地電極54が存在しないようにしている。また、支持基板7と接着層6との間において追加の接地電極57を有するように構成されている。

[0054] 従って、前記信号入出力部では、前記空隙部には接地電極54に代わって接着層6が介在するとともに、追加の接地電極と第1電極との間にも接着層6が介在するようになるので、前記信号入出力部における第1電極及び第2電極からなる制御電極の静電容量が増大し、その結果、インピーダンスが増大するようになる。したがって、前記信号入出力部におけるインピーダンスを汎用のインピーダンス値である50  $\Omega$ に限りなく近づけることができるようになる。したがって、外部の同軸ケーブルなどとのインピーダンス整合を採った接合が容易となる。

[0055] 以下に、本発明に係わる光制御素子の応用例について説明する。なお、以下の図面には、前出した部材と同じ部材を用いる場合には、可能な限り同じ符号を用い、さらに、構成の特徴を明確にするため、必要に応じ接着層や支持基板を省略して記載している。また、記載が冗長となるのを防止すべく、図4～6に示す実施形態を中心とした応用例について説明するようになっている。また、以下の応用例は、光制御素子の

変調領域部に関するものであり、以下に示す図面は、上記実施形態の図5に相当する断面図である。

[0056] (リッジ型導波路を有する光制御素子)

図10～12は、図4～6に示す光制御素子に係わる応用例であり、光導波路をリッジ型導波路で形成した例を示す。光導波路をリッジ型光導波路で形成することにより、光波の閉じ込め効率が高くなり、また、制御電極が形成する電界を光導波路に集中させることが可能となるため、より低駆動電圧の光制御素子を実現することができる。

[0057] 図10に示すように、光制御素子の光導波路をリッジ型導波路20することによって、リッジ部20に伝搬する光波を閉じ込めている。リッジ部20には、信号電極4と接地電極5とが形成する電界と、信号電極4と接地電極54とが形成する電界とが集中的に印加されるため、光制御素子の駆動伝達を低減させることにも寄与する。

[0058] 図11は、2つの光導波路2をリッジ型導波路20とするものである。リッジ型導波路に対応して信号電極4及び41が配置され、信号電極には互いに逆向きの信号などが印加されている。例えば、左側のリッジ部20についてみると、信号電極4と接地電極5とが形成する電界と、信号電極4と接地電極54とが形成する電界と、さらには信号電極4と信号電極41とが形成する電界とが集中的に印加される。

[0059] 図12は、2つの光導波路2をリッジ型導波路20とすると共に、2つの光導波路間に、接地電極51に対応したリッジ部を形成したものである。リッジ型導波路20に対応して信号電極4及び41が配置され、信号電極には個々独立した信号などが印加されている。

[0060] 例えば、左側のリッジ部20についてみると、信号電極4と接地電極5とが形成する電界と、信号電極4と接地電極54とが形成する電界と、さらには信号電極4と接地電極51とが形成する電界とが集中的に印加される。

[0061] (低誘電率膜を有する光制御素子)

図13は、図4～6に示す光制御素子に係わる他の応用例であり、リッジ型導波路を形成する溝や、第1電極を構成する信号電極4と接地電極5との間に低誘電率膜を配置した例を示す。このような低誘電率膜の配置により、制御電極におけるマイクロ波屈折率やインピーダンスの調整が可能となり、また、制御電極の配線の自由度を

増加させることが可能となる。

[0062] 低誘電率膜の材料としては、ベンゾシクロブテン(BCB)などが使用でき、低誘電率膜の製造方法として、塗付法などが利用できる。

[0063] 図13に示すように、リッジ型導波路20の両側に形成される溝や、信号電極4と接地電極5との間、あるいは第1電極を覆うように低誘電率膜8を形成することができる。

[0064] (薄板の裏面側に光導波路を形成した光制御素子)

図14及び15は、図4～6に示す光制御素子に係わるその他の応用例であり、光導波路2(リッジ型導波路20)を薄板1の裏面(図の下側)に形成した例を示す。厚みが10 $\mu$ m以下の薄板を使用する場合には、図14のように、光導波路2を薄板1の裏面に形成し、第1電極である信号電極4及び接地電極5を薄板の表面に、また、第2電極である接地電極54を薄板1の裏面に形成しても、特に信号電極4と接地電極54とが形成する電界により、リッジ部20に電界を印加させることが可能となる。

[0065] また、図15は、2つの信号電極4及び41を用いた例であり、左側のリッジ部20に対しては、特に信号電極4と接地電極54とが形成する電界により、また、右側のリッジ部20に対しては、特に信号電極41と接地電極54とが形成する電界により、電界が印加される。

[0066] なお、各リッジ部20を形成する溝には、必要に応じて低誘電率膜81を形成することができる。

[0067] 図10～12のような光制御素子の場合には、リッジ型導波路のリッジ部の頂上に信号電極4や41を正確に配置することが必要であるが、図14及び15のような光制御素子の場合には、信号電極4や41の幅をリッジ型導波路の幅以上に設定するだけで、両者間に若干の位置ズレが発生しても、効率よくリッジ部に電界を印加することができるという利点を有している。

[0068] (透明電極を利用した光制御素子)

図16～19は、図4～6に示す光制御素子に係わるさらにその他の応用例であり、透明電極(9及び91至96)を電極に使用した例を示す。信号電極又は接地電極に、透明電極又は薄板側に透明電極を配置した電極のいずれかを用いることにより、バッファ層が無い場合でも、光導波路を伝搬する光波の伝搬損失を抑制しながら、制

御電極を光導波路のより近傍に配置することが可能となり、駆動電圧を低減させることができる。

[0069] 図16は、第2電極の接地電極に透明電極9を使用する例であり、図17は第1電極に透明電極91, 92を使用する例である。これらの場合には、図16で示したバッファ層3が本質的に不要となり、電極を光導波路に近接して配置することが可能となる。なお、図17の第1電極を構成する接地電極(透明電極91)は、電極の近傍に光導波路が無い場合、通常金属電極で形成しても良い。

[0070] 図18は、制御電極の一部(薄板1又は11に接する側)に、透明電極を使用する例を示すものである。透明電極は、一般的にAuなどの金属電極と比較して電気抵抗率が高いため、電極の電気抵抗を下げる目的で、透明電極9や93乃至96に接触して金属電極140, 150, 151を配置することができる。また、透明電極は、93や95, 96に示したようにリッジ型導波路の近傍又はリッジ型光導波路の側面に配置することも可能であり、極めて効果的に電界を導波路に作用させることが可能となる。

[0071] なお、図18は、Zカット型基板を薄板として用いた例であるが、参考のために図19には、Xカット型基板を薄板として用いた場合の例を示した。各符号の意味するところは同じであり、得られる作用効果も図18に示すものと同じである。

[0072] (第2電極にパターン状電極を用いた光制御素子)

図20は、図4～6に示す光制御素子に係わる他の応用例であり、第2電極を形成する接地電極をパターン状電極で構成した例を示す。第2電極を、光導波路の形状に対応した形状を有するパターン状電極とすることにより、光導波路に印加される電界を、より適切な形状に調整でき、駆動電圧をより一層低減させることが可能なる。

[0073] 図20は、接地電極57を光導波路2に沿ったストリップ状の電極とし、信号電極4と接地電極57とが形成する電界を、より光導波路2に集中するように構成している。なお、図20は、Zカット型基板を薄板として用いた例であるが、参考のために図21には、Xカット型基板を薄板として用いた場合の例を示した。各符号の意味するところは同じであり、得られる作用効果も図20に示すものと同じである。

[0074] (分極反転を用いた光制御素子)

図22及び23は、図4～6に示す光制御素子に係わるその他の応用例であり、薄板

1を分極反転した例を示す。光導波路の少なくとも一部を含む薄板1の自発分極を反転させることにより、光制御素子の差動駆動が、簡便な制御電極や駆動回路で容易に実現でき、駆動電圧の低減も可能となる。

[0075] 図22は、薄板1の基板領域12と13とにおいて、互いに異なる向き(図中の矢印)に自発分極が揃えられている。第1電極を構成する信号電極43は、各基板領域12及び13に形成された光導波路2に対して、共通の電界を印加することが可能である。各光導波路においては互いに基板の分極方向が異なるため、光導波路を伝搬する光波の位相変化が逆の状態となり、結果として、差動駆動と同様の効果を得ることができる。

[0076] 図23は、薄板1の基板領域12と13との分極方向を互いに異なるように調整すると共に、リッジ型光導波路を利用した場合の例を示す。2つのリッジ型導波路20に電界を印加する信号電極44は共通であり、さらに、2つの信号電極44は接続線路45により導通されている。また、リッジ型導波路を形成する溝や、信号電極と接地電極5との間には、低誘電率膜8が形成されている。

### 実施例

[0077] 本実施例では、図4～6に示すような光制御素子を作製した。なお、この場合、信号入出力部において、接地電極54は全く形成しないようにした。なお、信号入出力部における信号電極4の幅は $100\mu\text{m}$ とし、接地電極5とのギャップは $140\mu\text{m}$ とした。また、薄板1の厚さは $4\mu\text{m}$ とし、バッファ層3の厚さは $3\mu\text{m}$ とした。さらに、各電極はAuから構成し、薄板1はZカット型のニオブ酸リチウム( $\text{LiNbO}_3$ )から構成し、バッファ層3は $\text{SiO}_2$ から構成するようにした。その結果、前記信号入出力部におけるインピーダンス値は約 $43\Omega$ となった。

[0078] なお、前記信号入出力部において、前記接地電極を信号電極4の下方領域を含むようにして形成した場合は、インピーダンス値は約 $4\Omega$ となった。したがって、本実施例の光制御素子では、外部の同軸ケーブルなどとのインピーダンス整合を図った状態での接続を容易に行うことができる。

### 産業上の利用可能性

[0079] 本発明に係わる光制御素子によれば、マイクロ波と光波との速度整合やマイクロ波

のインピーダンス整合が実現でき、しかも、駆動電圧の低減が可能な光制御素子を提供することが可能となる。また、駆動電圧の低減により、光制御素子の温度上昇を抑制でき安定動作が可能な光制御素子を提供でき、さらには、コストのより安い低駆動電圧型駆動装置を利用できる光制御素子を提供することが可能となる。また、マイクロ波を光制御素子に導入する同軸ケーブルなどの信号線路と光変調器内の制御電極とのインピーダンス整合を実現することができる。

## 請求の範囲

- [1] 電気光学効果を有し、厚みが $10\ \mu\text{m}$ 以下の薄板と、前記薄板に形成された光導波路と、前記光導波路を通過する光を制御するための制御電極とを有する光制御素子において、
- 前記制御電極は、前記薄板を挟むように配置された第1電極と第2電極とからなり、前記第1電極は、少なくとも信号電極と接地電極とからなるコプレーナ型の電極を有し
- 、
- 前記第2電極は、変調領域部において、少なくとも接地電極を有すると共に、前記第1電極の信号電極と協働して前記光導波路に電界を印加するように構成されており、信号入出力部において、少なくとも前記第1の電極の、前記信号電極の下方には前記第2電極を有しないように構成したことを特徴とする、光制御素子。
- [2] 前記薄板は、支持基板上に低誘電率層を介して支持され、
- 前記信号入出力部において、前記第2電極から支持基板の方向に向けて離隔した位置に前記低誘電率層を介して追加の接地電極を有することを特徴とする、請求項1記載の光制御素子。
- [3] 前記第2電極と前記追加の接地電極とは、 $50\ \mu\text{m}$ 以上離隔して位置することを特徴とする、請求項2に記載の光制御素子。
- [4] 電気光学効果を有し、厚みが $10\ \mu\text{m}$ 以下の薄板と、前記薄板に形成された光導波路と、前記光導波路を通過する光を制御するための制御電極とを有する光制御素子において、
- 前記制御電極は、前記薄板を挟むように配置された第1電極と第2電極とからなり、前記第1電極は、少なくとも信号電極と接地電極とからなるコプレーナ型の電極を有し
- 、
- 前記第2電極は、変調領域部において、少なくとも接地電極を有すると共に、前記第1電極の信号電極と協働して前記光導波路に電界を印加するように構成されてお

り、信号入出力部において、前記薄板から前記支持基板の方向に向けて離隔した位置に低誘電率層を介して配置されていることを特徴とする、光制御素子。

- [5] 前記光導波路は、リッジ型光導波路であることを特徴とする、請求項1～4のいずれか一に記載の光制御素子。
- [6] 少なくとも前記薄板と前記第1電極との間には、バッファ層が形成されていることを特徴とする、請求項1～5のいずれか一に記載の光制御素子。
- [7] 前記第1の電極及び前記第2の電極において、前記信号電極及び前記接地電極は、透明電極又は薄板側に透明電極を配置した電極のいずれかで構成されていることを特徴とする、請求項1～6のいずれか一に記載の光制御素子。
- [8] 少なくとも前記リッジ型導波路の両側に配置された溝には、低誘電率膜が充填されていることを特徴とする、請求項5～7のいずれか一に記載の光制御素子。
- [9] 前記光導波路の少なくとも一部を含む薄板の自発分極が反転されていることを特徴とする、請求項1～8のいずれか一に記載の光制御素子。

## 補正された請求の範囲

[2008年7月24日 (24. 07. 2008) 国際事務局受理]

- [1] (補正後) 電気光学効果を有し、厚みが $10\mu\text{m}$ 以下の薄板と、前記薄板に形成された光導波路と、前記光導波路を通過する光を制御するための制御電極とを有する光制御素子において、
- 前記制御電極は、前記薄板を挟むように配置された第1電極と第2電極とからなり、
- 前記第1電極は、少なくとも信号電極と接地電極とからなるコプレーナ型の電極を有し、
- 前記第2電極は、変調領域部において、少なくとも接地電極を有すると共に、前記第1電極の信号電極と前記第2電極の接地電極とによって前記光導波路に電界を印加するように構成されており、信号入出力部において、少なくとも前記第1の電極の、前記信号電極の下方には前記第2電極を有しないように構成したことを特徴とする、光制御素子。
- [2] 前記薄板は、支持基板上に低誘電率層を介して支持され、
- 前記信号入出力部において、前記第2電極から支持基板の方向に向けて隔離した位置に前記低誘電率層を介して追加の接地電極を有することを特徴とする、請求項1記載の光制御素子。
- [3] 前記第2電極と前記追加の接地電極とは、 $50\mu\text{m}$ 以上隔離して位置することを特徴とする、請求項2に記載の光制御素子。
- [4] (補正後) 電気光学効果を有し、厚みが $10\mu\text{m}$ 以下の薄板と、前記薄板に形成された光導波路と、前記光導波路を通過する光を制御するための制御電極とを有する光制御素子において、
- 前記制御電極は、前記薄板を挟むように配置された第1電極と第2電極とからなり、
- 前記第1電極は、少なくとも信号電極と接地電極とからなるコプレーナ型の電極を有し、
- 前記第2電極は、変調領域部において、少なくとも接地電極を有すると共に、前記第1電極の信号電極と前記第2電極の接地電極とによって前記光導波路に電界を印加するように構成されており、信号入出力部において、前記薄板から前記支持基板

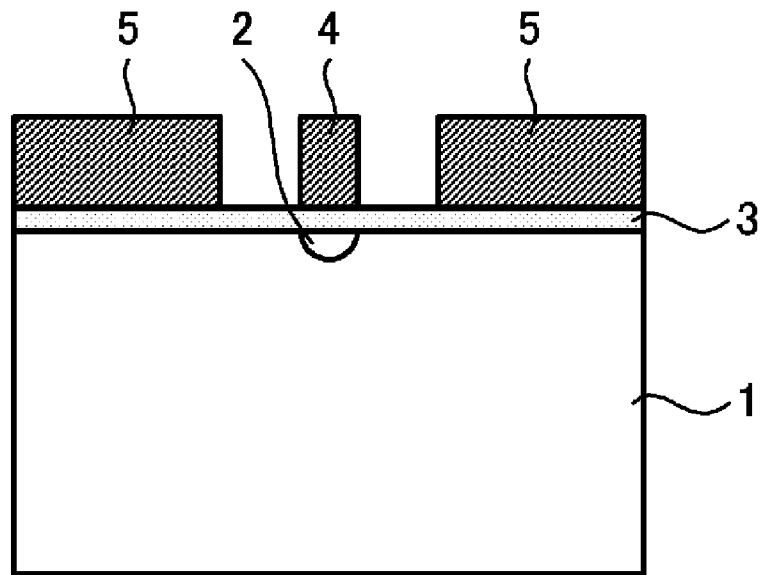
の方向に向けて離隔した位置に低誘電率層を介して配置されていることを特徴とする、光制御素子。

- [5] 前記光導波路は、リッジ型光導波路であることを特徴とする、請求項1～4のいずれかーに記載の光制御素子。
- [6] (補正後) 少なくとも前記リッジ型導波路の両側に配置された溝には、低誘電率膜が充填されていることを特徴とする、請求項5に記載の光制御素子。
- [7] (補正後) 少なくとも前記薄板と前記第1電極との間には、バッファ層が形成されていることを特徴とする、請求項1～6のいずれかーに記載の光制御素子。
- [8] (補正後) 前記第1の電極及び前記第2の電極において、前記信号電極及び前記接地電極は、透明電極又は薄板側に透明電極を配置した電極のいずれかで構成されていることを特徴とする、請求項1～7のいずれかーに記載の光制御素子。
- [9] (補正後) 前記光導波路は2つの光導波路であり、一方の光導波路が属する前記薄板の光導波路領域において、自発分極が反転されていることを特徴とする、請求項1～8のいずれかーに記載の光制御素子。

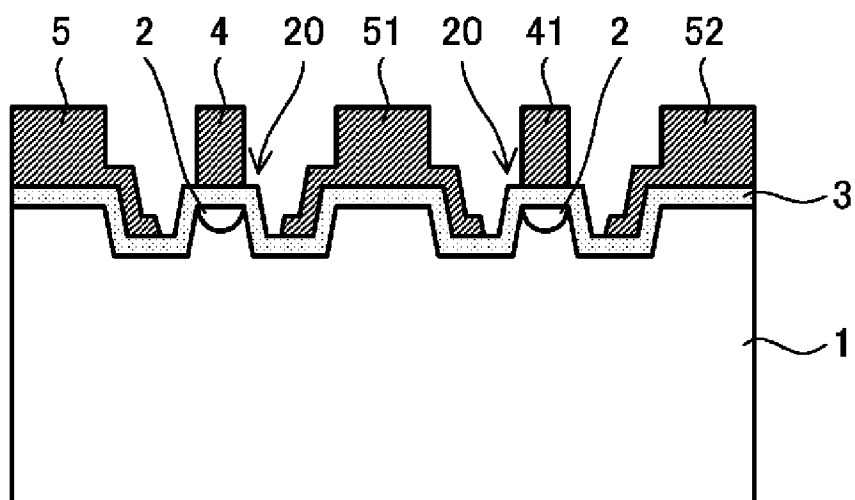
## 条約第19条(1)に基づく説明書

1. 請求項1及び4では、光導波路への電界の印加が、第1電極の信号電極と前記第2電極の接地電極とによるものであることを明確にするような補正を行いました。
2. 請求項9では、薄板における自発分極の反転が、2つの光導波路の内的一方が属する領域であることを明確にしました。
3. 請求項6～8では、“リッジ型光導波路”の従属関係が明確になるように、従来の請求項8を請求項6とし、従来の請求項6及び7を請求項7及び8に繰り下げるようにしました。

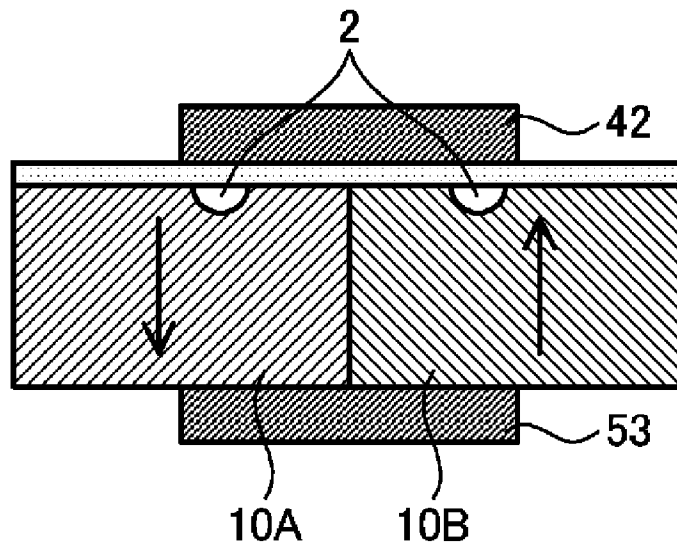
[図1]



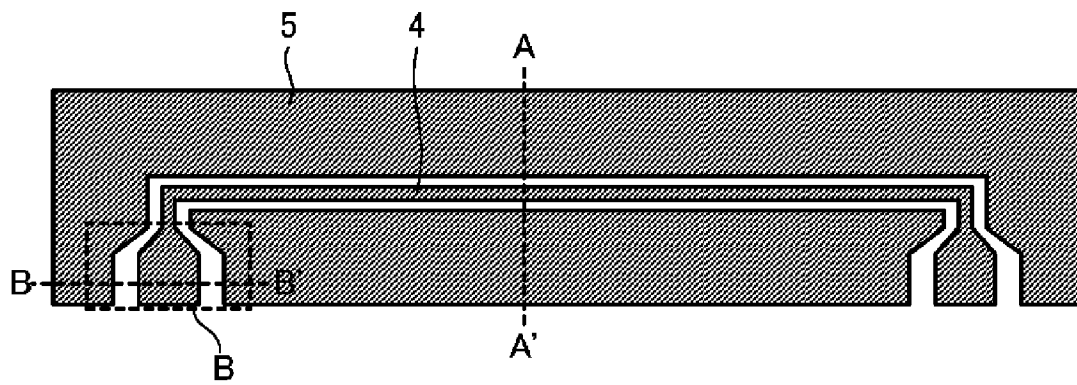
[図2]



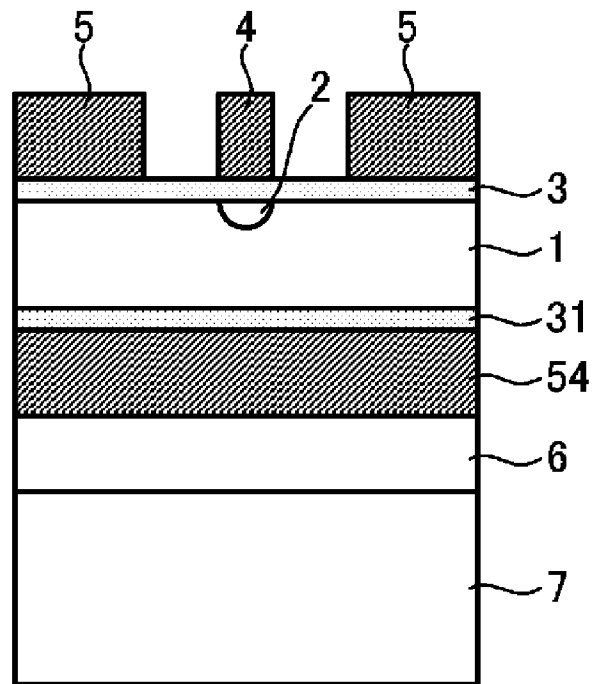
[図3]



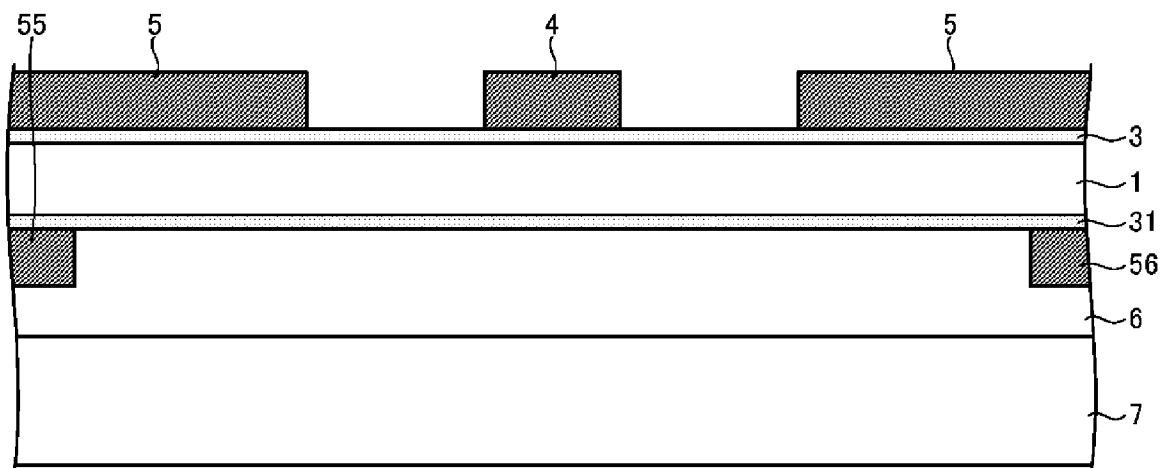
[図4]



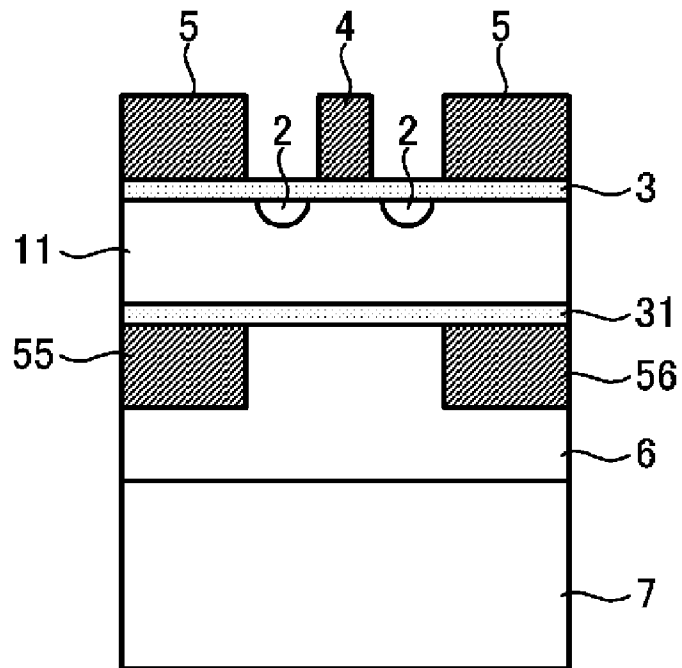
[図5]



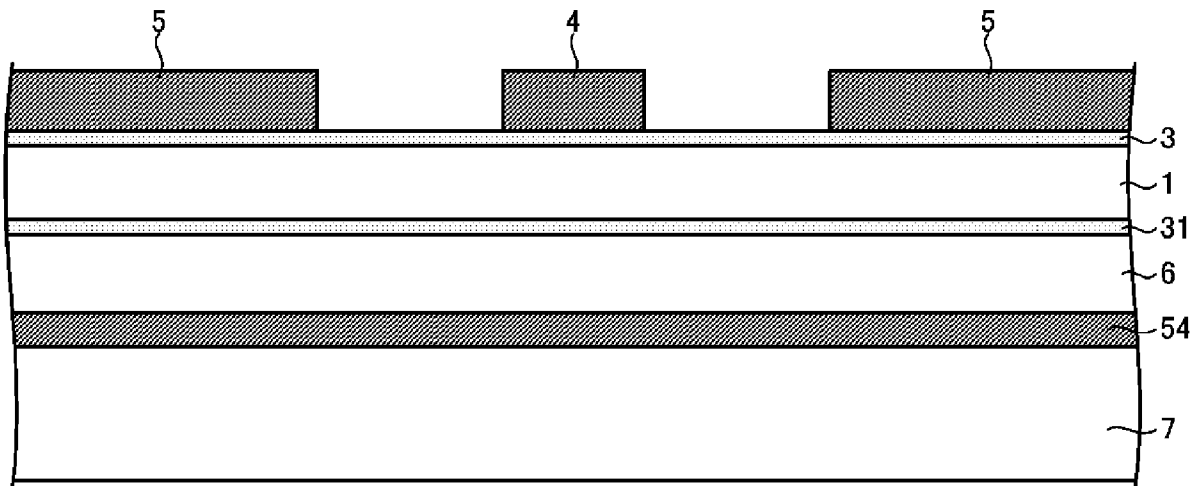
[図6]



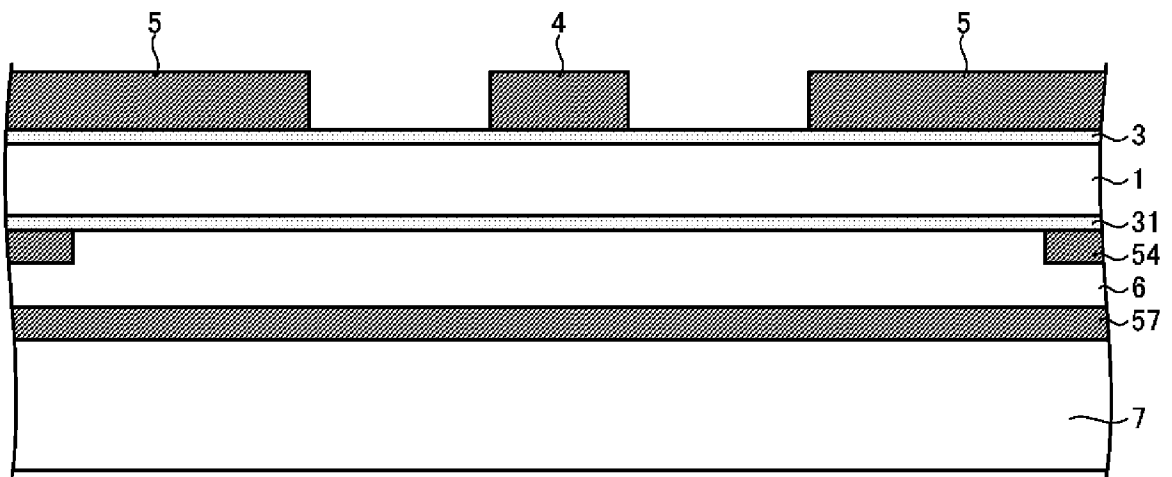
[図7]



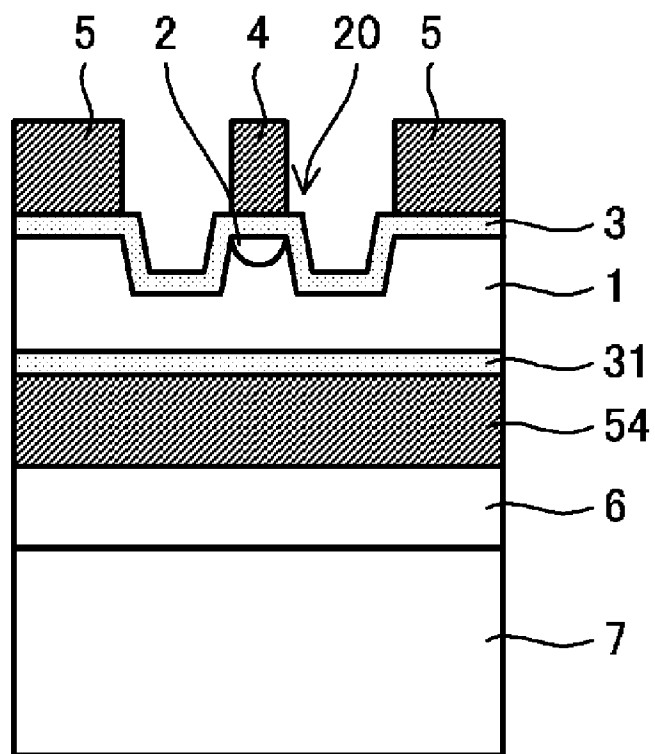
[図8]



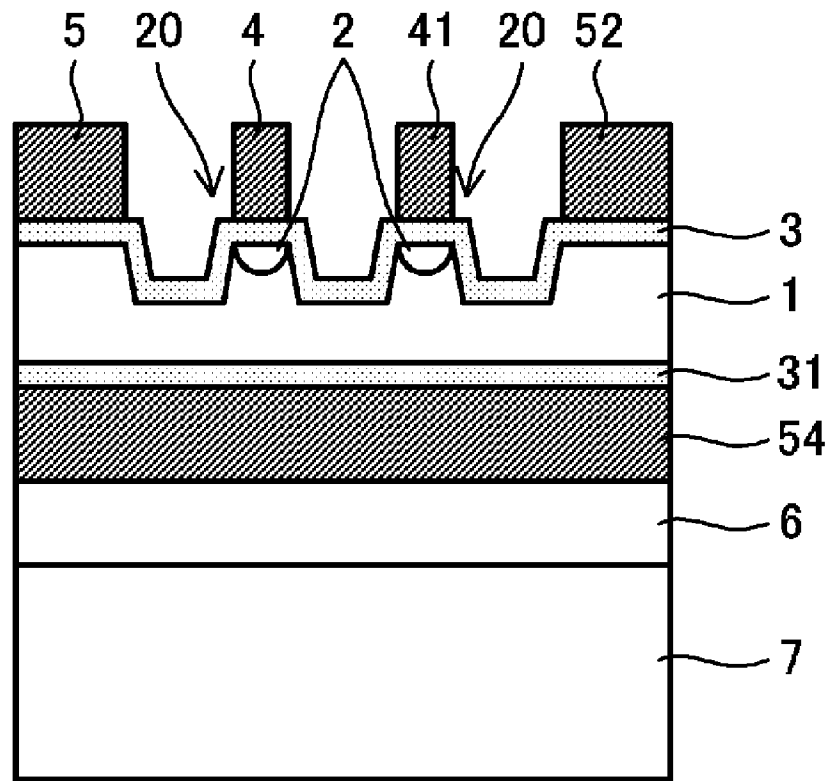
[図9]



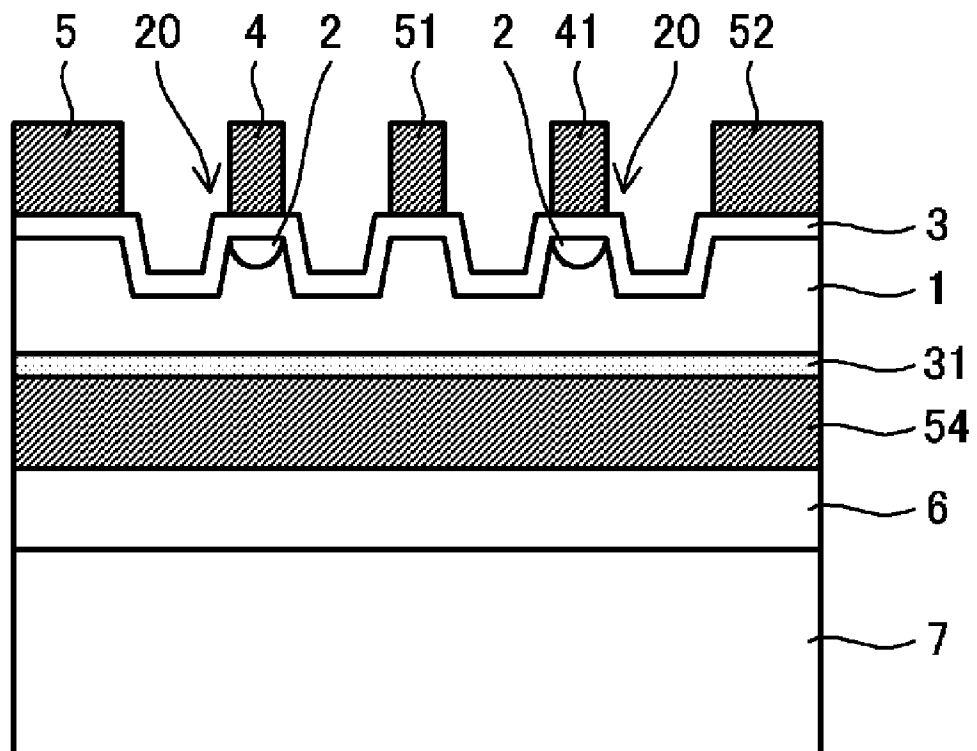
[図10]



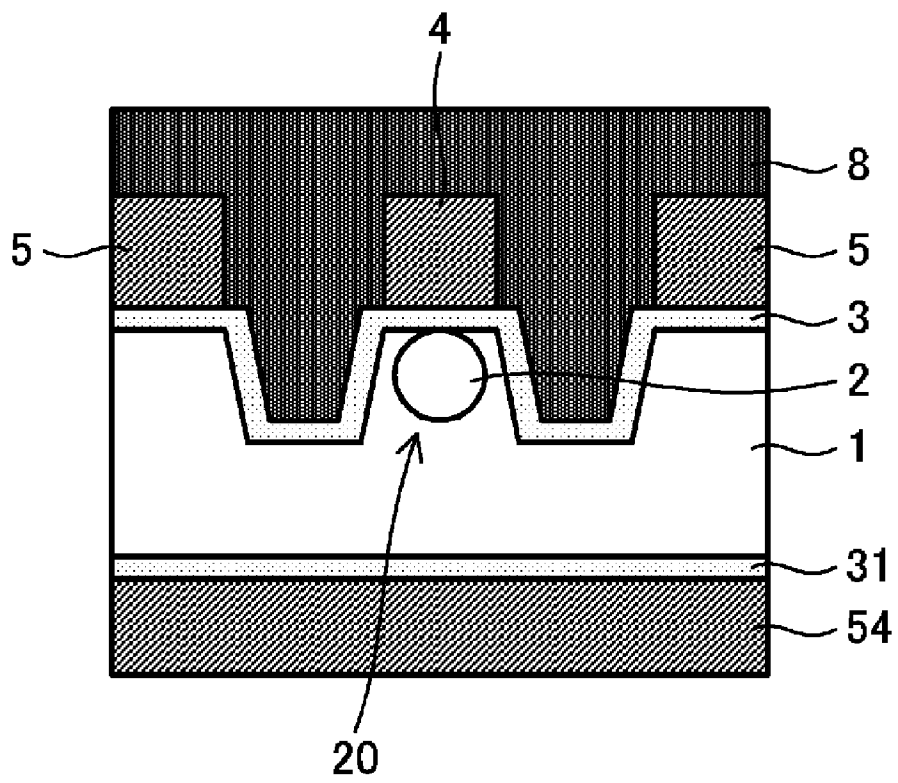
[図11]



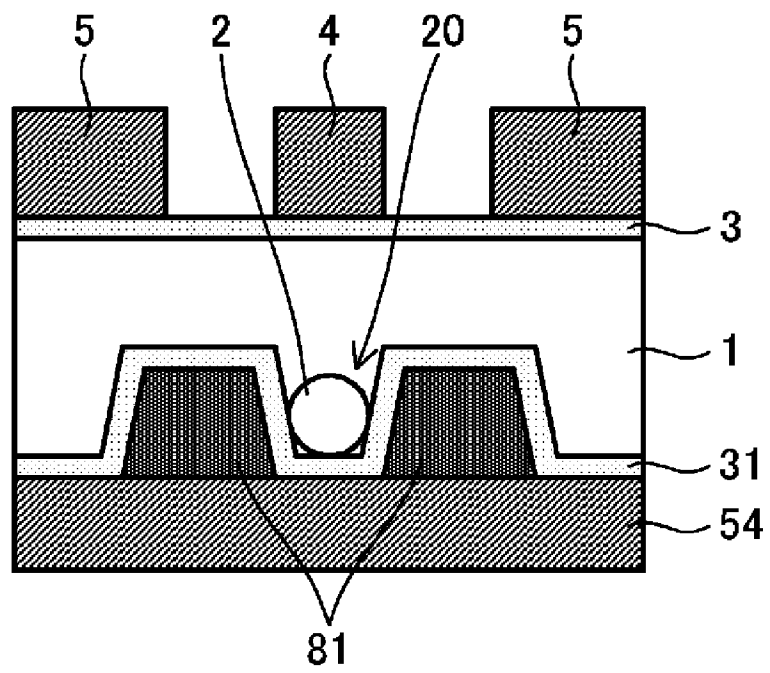
[図12]



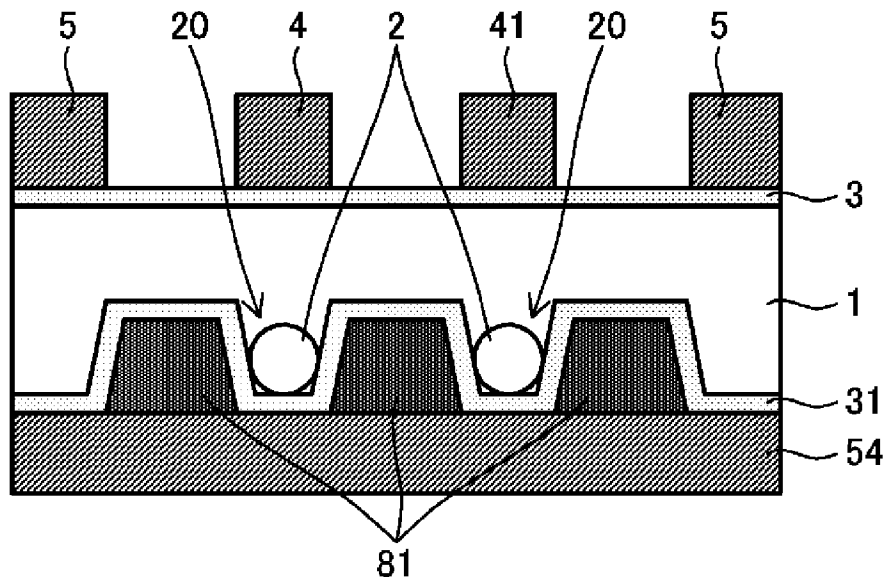
[図13]



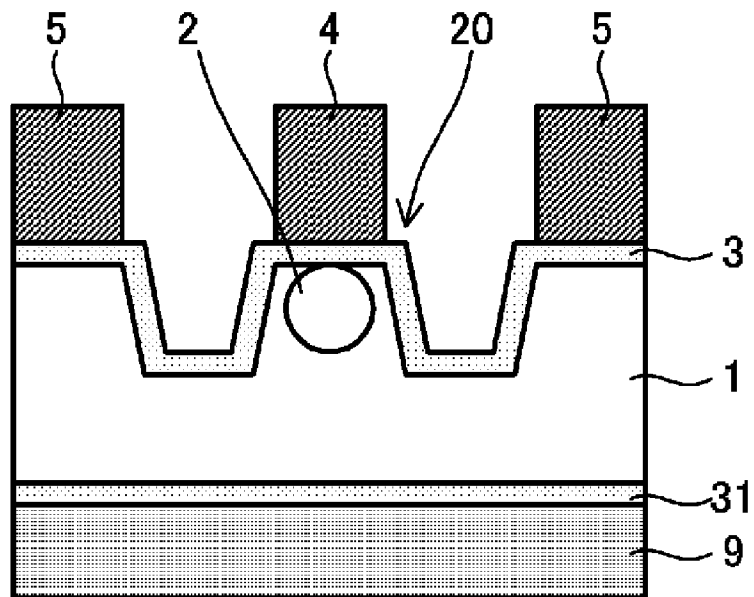
[図14]



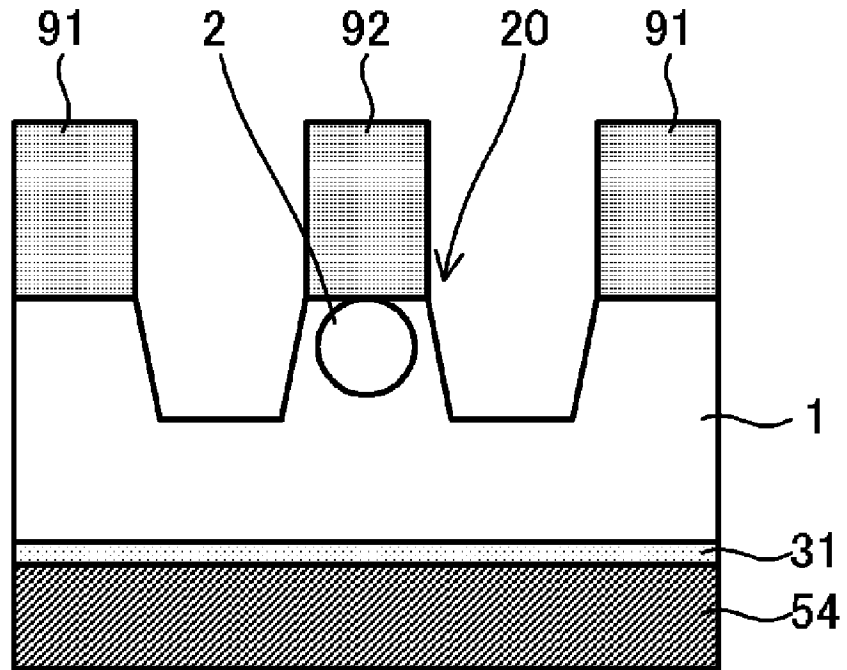
[図15]



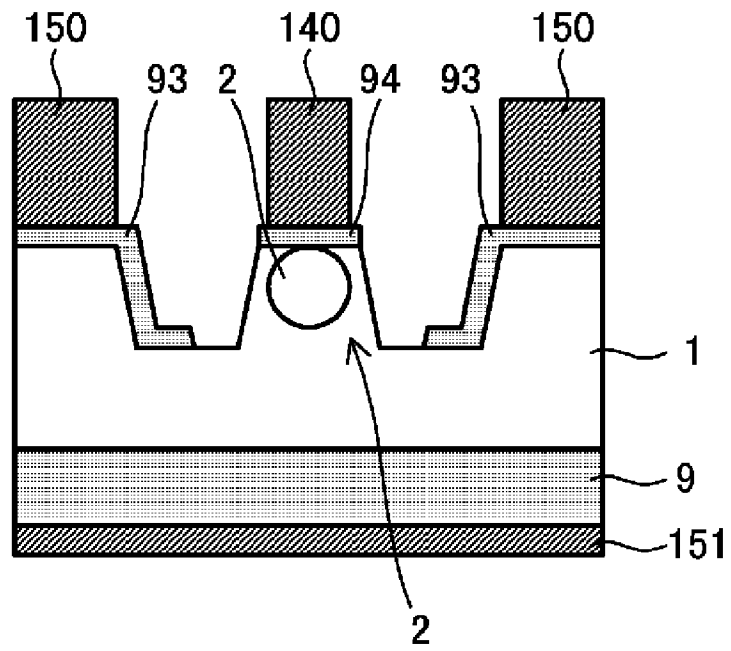
[図16]



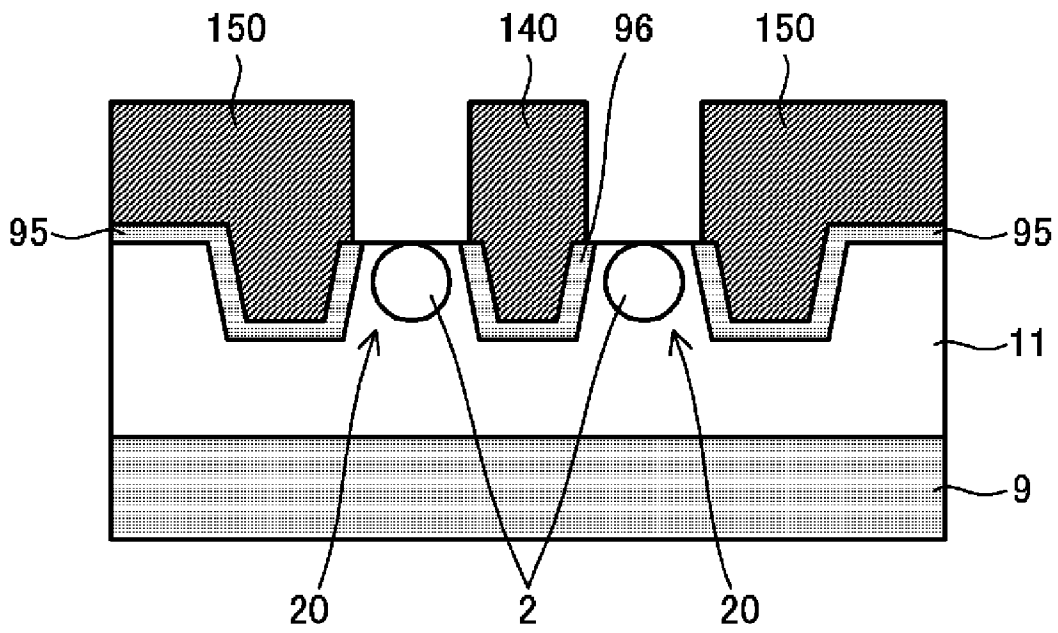
[図17]



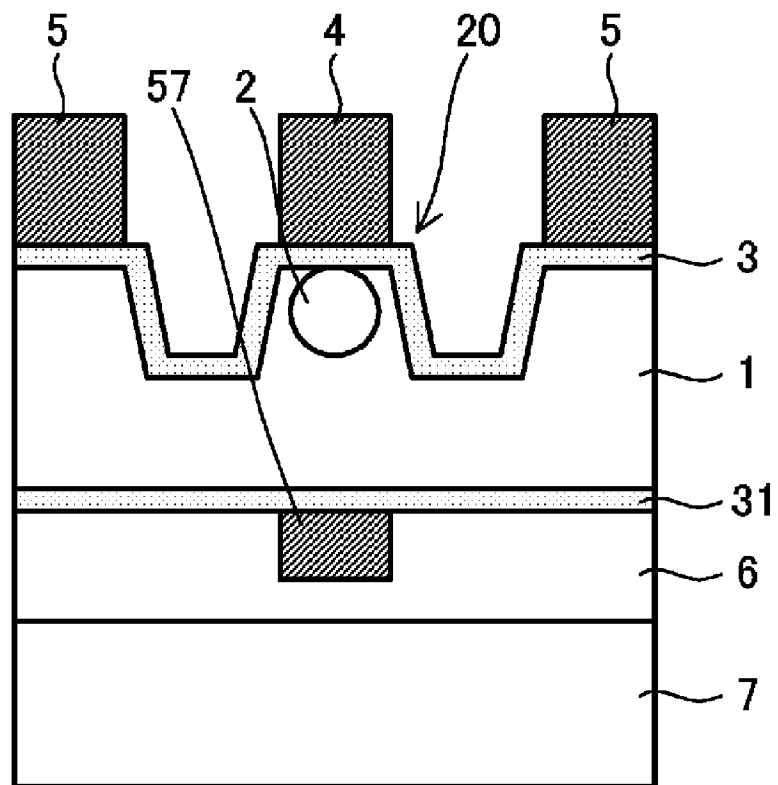
[図18]



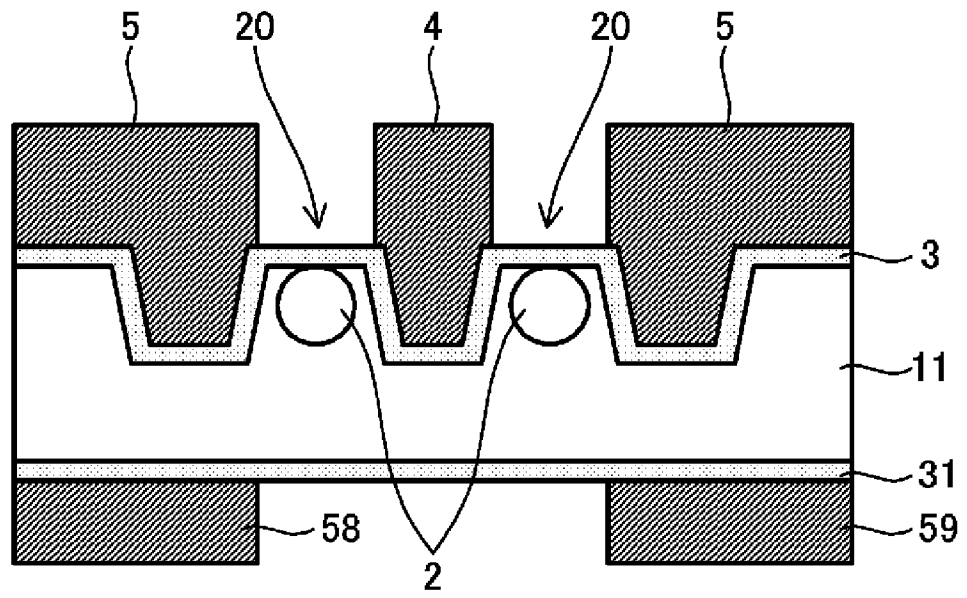
[図19]



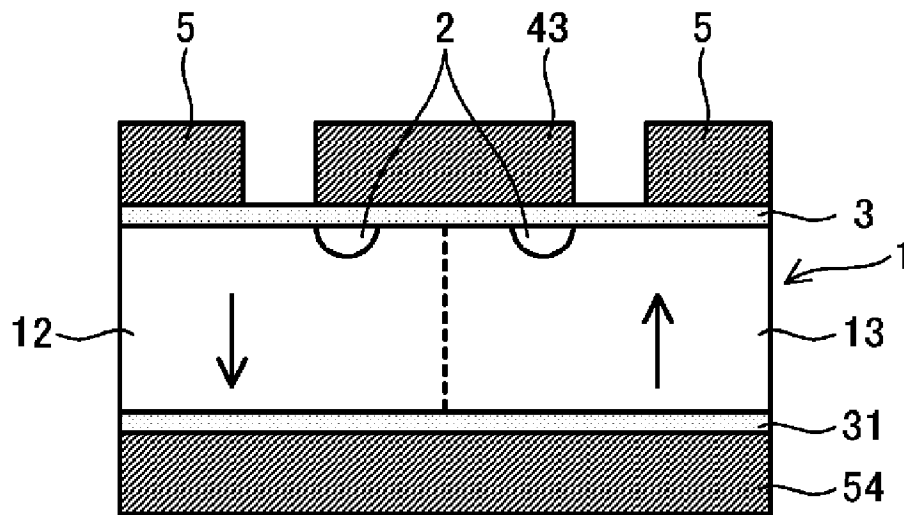
[図20]



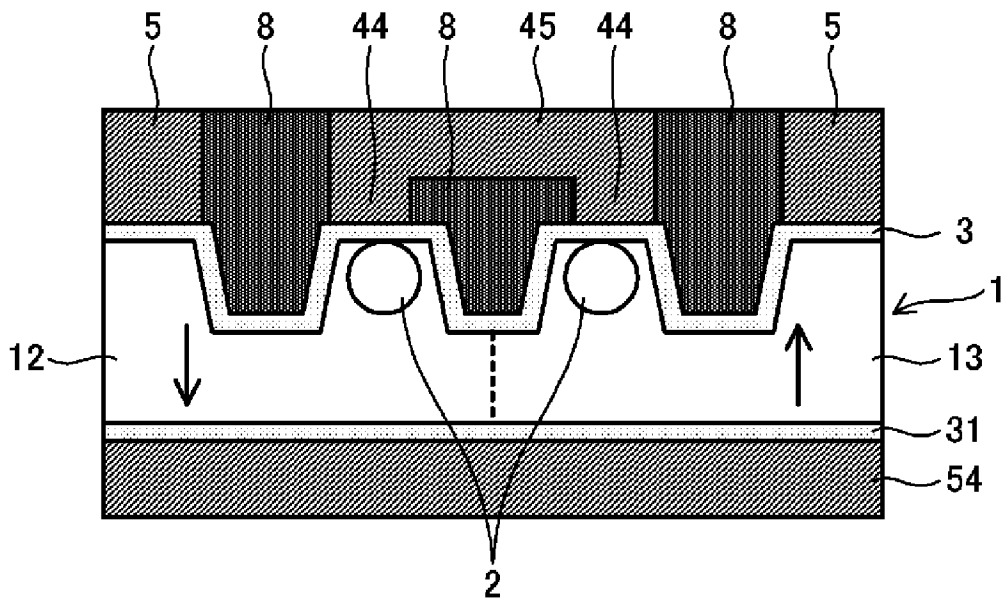
[図21]



[図22]



[図23]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2008/056087

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
G02F1/035 (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)  
G02F1/035

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 A	JP 2003-156723 A (NGK Insulators, Ltd.), 30 May, 2003 (30.05.03), Full text; all drawings & US 2003/0044100 A1 & EP 001291706 A2	1, 4-9 2, 3
Y	JP 05-093892 A (NEC Corp.), 16 April, 1993 (16.04.93), Par. Nos. [0005] to [0007] (Family: none)	1, 4-9
Y	JP 2006-047746 A (Fujitsu Ltd.), 16 February, 2006 (16.02.06), Par. Nos. [0009], [0033] to [0036]; Figs. 4, 10, 12 & US 2006/0029319 A1	5-9

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 18 April, 2008 (18.04.08)	Date of mailing of the international search report 01 May, 2008 (01.05.08)
--	---

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

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/056087

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 2006-243327 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 September, 2006 (14.09.06), Par. No. [0015] (Family: none)	7-9
Y	JP 10-039266 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 13 February, 1998 (13.02.98), Par. Nos. [0054] to [0055]; Fig. 4 & US 005790719 A & DE 019649441 A1	8, 9
Y	JP 2004-004589 A (Japan Science and Technology Corp.), 08 January, 2004 (08.01.04), Par. Nos. [0009] to [0029]; Figs. 1, 2 (Family: none)	9
P,X P,A	WO 2007/114367 A1 (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 11 October, 2007 (11.10.07), Full text; all drawings (Family: none)	1, 4-9 2, 3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G02F1/035(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. G02F1/035		
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 1971-2008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 2003-156723 A（日本碍子株式会社） 2003.05.30, 全文, 全図	1, 4-9
A	& US 2003/0044100 A1 & EP 001291706 A2	2, 3
Y	JP 05-093892 A（日本電気株式会社） 1993.04.16, 段落【0005】 - 【0007】 （ファミリーなし）	1, 4-9
<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 18.04.2008	国際調査報告の発送日 01.05.2008	
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） 植田 高盛 電話番号 03-3581-1101 内線 3294	2X 4086

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 2006-047746 A (富士通株式会社) 2006.02.16, 段落【0009】, 段落【0033】 - 【0036】, 第4, 10, 12図 & US 2006/0029319 A1	5-9
Y	JP 2006-243327 A (松下電器産業株式会社) 2006.09.14, 段落【0015】 (ファミリーなし)	7-9
Y	JP 10-039266 A (日本電信電話株式会社) 1998.02.13, 段落【0054】 - 【0055】, 第4図 & US 005790719 A & DE 019649441 A1	8, 9
Y	JP 2004-004589 A (科学技術振興事業団) 2004.01.08, 段落【0009】 - 【0029】, 第1, 2図 (ファミリーなし)	9
P, X	WO 2007/114367 A1 (住友大阪セメント株式会社) 2007.10.11, 全文, 全図	1, 4-9
P, A	(ファミリーなし)	2, 3