

(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 2008/120707 A1

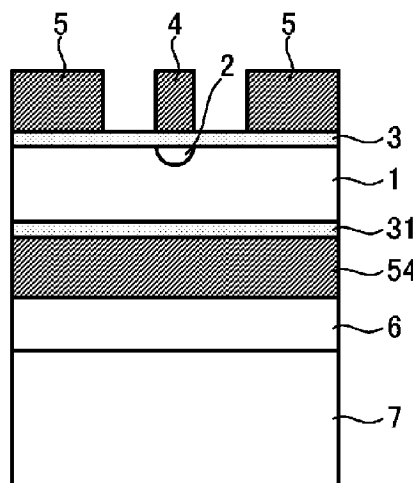
- (51) 国際特許分類:
G02F 1/035 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/056062
- (22) 国際出願日: 2008年3月28日 (28.03.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2007-092749 2007年3月30日 (30.03.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友大阪セメント株式会社 (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1028465 東京都千代田区六番町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).
- (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,

[続葉有]

(54) Title: LIGHT CONTROL ELEMENT

(54) 発明の名称: 光制御素子

【図4】



(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, through a low refractive index layer entirely formed in the length direction of the signal electrode, with a width wider than that of the signal electrode.

(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

[続葉有]

WO 2008/120707 A1



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.

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

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

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、前記信号電極の幅よりも大きく、前記信号電極の長さ方向全体に亘って形成された低屈折率層を介して、接地電極を含む第2電極を配置する構成とする。

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 LiNbO_3 基板を用いた光変調器の例であり、符号3は 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、ストリップライン状の信号電極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、 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 1cm 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10及び11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拡大する原因となる。

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、上述したような問題を解決し、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、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おり、

前記薄板の下方には、少なくとも前記第1電極の前記信号電極の幅よりも大きな幅を有し、少なくとも前記信号電極の長さ方向の全体に亘って設けられた低屈折率層を形成したことを特徴とする、光制御素子に関する。

[0013] 本発明における「コプレーナ型の電極」とは、信号電極を接地電極で挟んだものを意味し、例えば、信号電極と接地電極が同じ間隔で配置している構造、間隔が異な

る構造、接地電極が信号電極の片側の構造や、複数の信号電極を一对の接地電極で挟むものや、さらに、複数の信号電極の間に接地電極を追加配置するものなども含むものである。

- [0014] 請求項2に係わる発明では、請求項1に記載の光制御素子において、前記低屈折率層は、前記薄板と前記第2の電極との間に一様に形成されたことを特徴とする。
- [0015] 請求項3に係わる発明では、請求項1に記載の光制御素子において、前記低屈折率層は、前記第2の電極の前記接地電極内に埋設するようにして形成されたことを特徴とする。
- [0016] 請求項4に係わる発明では、請求項1～3のいずれか一に記載の光制御素子において、前記低屈折率層は、空気層を含むことを特徴とする。
- [0017] 請求項5に係わる発明では、請求項1～3のいずれか一に記載の光制御素子において、前記低屈折率層は、樹脂層を含むことを特徴とする。
- [0018] 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、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。
- [0019] 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、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。
- [0020] 請求項8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。
- [0021] 請求項9に係わる発明では、請求項6～8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。
- [0022] 請求項10に係わる発明では、請求項1～9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。
- [0023] 請求項11に係わる発明では、請求項1～10のいずれか一に記載の光制御素子に

において、前記低誘電率層の誘電率を ϵ_2 、厚さを d_2 とし、前記薄板の誘電率を ϵ_1 、厚さを d_1 とした場合、

$$d_2 < \epsilon_2 / \epsilon_1 \times d_1$$

なる関係を満足することを特徴とする。

[0024] (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 $10 \mu\text{m}$ 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、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に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。

[0025] しかも、前記薄板の下方には、少なくとも前記第1電極の前記信号電極の幅よりも大きな幅を有し、少なくとも前記信号電極の長さ方向の全体に亘って設けられた低屈折率層が形成されているので、電極損を低減し、光の閉じ込めを強くすることができる。これにより、高周波まで対応可能で、高効率な変調器を実現することができる。換言すれば、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。

[0026] 請求項2に係わる発明より、前記低誘電率層を前記信号電極に対してより近接して配置することができるので、上述した電極損低減の効果と、光の閉じ込めの効果とをより効果的に奏することができ、高周波まで対応可能で、高効率な変調器を簡易に実現することができる。

[0027] 請求項3に係わる発明より、同じく前記低誘電率層を前記信号電極に対してより近接して配置することができるので、上述した電極損低減の効果と、光の閉じ込めの効

果とをより効果的に奏することができ、高周波まで対応可能で、高効率な変調器を簡易に実現することができる。

[0028] 請求項4に係わる発明より、前記低誘電率層を空気層としているので、その低誘電率効果がより助長され、上述した電極損低減の効果と、光の閉じ込めの効果とをより効果的に奏することができ、高周波まで対応可能で、高効率な変調器を簡易に実現することができる。

[0029] 請求項5に係わる発明より、前記低誘電率層を樹脂層としているので、その低誘電率効果がより助長され、上述した電極損低減の効果と、光の閉じ込めの効果とをより効果的に奏することができ、高周波まで対応可能で、高効率な変調器を簡易に実現することができる。

[0030] 請求項6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高く、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。

[0031] 請求項7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。

[0032] 請求項8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。

[0033] 請求項9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。

[0034] 請求項10に係わる発明では、請求項1～10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。

[0035] 請求項11に係わる発明では、請求項1～10のいずれか一に記載の光制御素子において、光導波路に印加される有効な電圧が $1/2$ 以下にならないようにすることができ、前記光導波路部に印加される有効な電圧が下がり過ぎないようにすることができる。

図面の簡単な説明

- [0036] [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図である。
- [図5]同じく、本発明の光制御素子の例を示す図である。
- [図6]図4に示す光制御素子の変形例を示す図である。
- [図7]本発明のリッジ型光制御素子の例を示す図である。
- [図8]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9]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10]低誘電率膜を有する光制御素子の例を示す図である。
- [図11]同じく、低誘電率膜を有する光制御素子の例を示す図である。
- [図12]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13]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14]透明電極を利用した光制御素子の例を示す図である。
- [図15]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16]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]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19]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20]分極反転を用いた光制御素子の例を示す図である。
- [図21]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。
- [図22]スルーホールを利用した光制御素子の例を示す図である。

[図23]同じく、スルーホールを利用し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

[0037] 図4は、本発明の光制御素子に係わる一例を示す断面図である。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。

[0038] 図4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、光導波路としては、直線導波路または直線導波路を組み合わせたマツハツェンダー型干渉系を構成してもよい。

[0039] 図4の光制御素子の特徴は、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に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。

[0040] 第1の電極は、薄板1との間にSiO₂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。

[0041] また、第2の電極(接地電極54)は、薄板1との間に、第1の電極の信号電極4の幅よりも大きく、信号電極4の長さ方向の全体に亘って形成された低屈折率層31を介して配置されている。したがって、電極損を低減し、光の閉じ込めを強くすることができる。これにより、高周波まで対応可能で、高効率な変調器を実現することができる。

[0042] 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。

[0043] 低屈折率層31は、例えば空気層やテフロン(登録商標)などの樹脂層から構成することができる。

[0044] なお、本実施形態では、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。

[0046] 図5は、Xカット型 LiNbO_3 基板を用いたものでありXカット型の基板を用いたものであり、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。

[0047] また、図5に示す例においても、第2の電極(接地電極55及び56)は、薄板1との間に、第1の電極の信号電極4の幅よりも大きく、信号電極4の長さ方向の全体に亘って形成された低屈折率層31を介して配置されている。したがって、電極損を低減し、光の閉じ込めを強くすることができる。これにより、高周波まで対応可能で、高効率な変調器を実現することができる。低屈折率層31は、例えば空気層やテフロン(登録商標)などの樹脂層から構成することができる。

[0048] 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。

- [0049] 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。
- [0050] 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。
- [0051] 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)
- [0052] 光制御素子を含む薄板1の製造方法は、数百 μm 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製する。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。
- [0053] 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。

[0054] 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。

[0055] 図6は、図4に示す光制御素子の変形例を示す要部断面図である。本実施形態では、図4に示す実施形態に比較して、低屈折率層31が第2電極(接地電極)中に埋設されている点で相違する。しかしながら、このような場合においても、第2の電極(接地電極54)は、薄板1との間に、第1の電極の信号電極4の幅よりも大きく、信号電極4の長さ方向の全体に亘って形成された低屈折率層31を介して配置されている。したがって、電極損を低減し、光の閉じ込めを強くすることができる。これにより、高周波まで対応可能で、高効率な変調器を実現することができる。

[0056] 換言すれば、本実施形態の光制御素子においても、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。低屈折率層31は、例えば空気層やテフロン(登録商標)などの樹脂層から構成することができる。

[0057] 上記低誘電率層の厚さは、光導波路部に印加される有効な電圧が下がり過ぎないように調整することが好ましい。本実施形態では、光導波路に印加される有効な電圧が $1/2$ 以下にならないように設定した。

$$d2 < \varepsilon 2 / \varepsilon 1 \times d1$$

ここで、 $\varepsilon 2$ は低誘電率層の誘電率であり、 $d2$ は低誘電率層の厚さであり、 $\varepsilon 1$ は薄板1の誘電率であり、 $d1$ は薄板1の厚さである。例えば、低誘電率層を空気($\varepsilon 2 = 1$)とし、 $d1 = 10 \mu m$ とし、薄板1を LiNbO_3 から構成した場合には、低誘電率層の

厚さd2は0.36 μ m以下にすれば良い。

[0058] なお、その他の構成要素及びこれら構成要素に対して要求される要件について、図4に関する実施形態と同様である。

[0059] 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している。

[0060] (リッジ型導波路を有する光制御素子)

図7～9は、図4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。

[0061] 図7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、あり、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。

[0062] 図8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。

[0063] 図9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。

[0064] 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。

[0065] (低誘電率膜を有する光制御素子)

図10及び11は、図4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。

[0066] 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。

[0067] 図10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。

[0068] また、図11に示すように、接地電極5を跨ぐように信号電極4の給電部42を配置し、接地電極4と給電部42との間には低誘電率膜8が配置される。これにより、制御電極の立体的な配線が可能となり、制御電極に係わる配線設計の自由度が増加する。さらに、接地電極を信号電極の上方(薄板から離れる位置)を通過させることも可能である。

[0069] (薄板の裏面側に光導波路を形成した光制御素子)

図12及び13は、図4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 μ m以下の薄板を使用する場合には、図12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。

[0070] また、図13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。

[0071] 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が形成するこ

とができる。

[0072] 図7～9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12及び13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。

[0073] (透明電極を利用した光制御素子)

図14～16は、図4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。

[0074] 図14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15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14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15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。

[0075] 図16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。

[0076] なお、図16は、Zカット型LN基板を薄板として用いた例であるが、参考のために図17には、Xカット型LN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16に示すものと同じである。

[0077] (第2電極にパターン状電極を用いた光制御素子)

図18は、図4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。

[0078] 図18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。

[0079] (分極反転を用いた光制御素子)

図20及び21は、図4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。

[0080] 図20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。

[0081] 図21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。

[0082] (スルーホールを利用した光制御素子)

図22は、本発明の光制御素子に係わる応用例であり、第1電極の接地電極と第2電極の接地電極との電氣的接続に、スルーホールを利用した例である。第1電極の

接地電極と第2電極の接地電極とを、薄板に設けられたスルーホールを介して電氣的に接続することにより、光制御素子に係わる電気配線を簡略化できると共に、第1電極の接地電極と第2電極の接地電極とに発生する浮遊電荷のズレを抑制でき、より適切な電界を光導波路に印加させることが可能となる。

[0083] 図22は、Zカット型のLN薄板1を利用した例であり、第1電極の接地電極5と第2電極の接地電極54とが、薄板1のスルーホール内に配置された接続線路100により導通状態に維持されている。図2乃至図8に例示した第1電極の接地電極と第2電極の接地電極とは、薄板の周囲又は外部で電氣的に導通されているが、制御電極に印加される変調信号が高周波になるに従い、接地電極に誘起される浮遊電荷にタイミングのズレが生じ易くなる。このため、図22のように、光導波路に近い場所で両者を導通することで、このタイミングのズレを抑制することが可能となる。

[0084] なお、図22は、Zカット型LN基板を薄板として用いた例であるが、参考のために図23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22に示すものと同じである。

産業上の利用可能性

[0085] 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。

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、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おり、
- 前記薄板の下方には、少なくとも前記第1電極の前記信号電極の幅よりも大きな幅を有し、少なくとも前記信号電極の長さ方向の全体に亘って設けられた低屈折率層を形成したことを特徴とする、光制御素子。
- [2] 前記低屈折率層は、前記薄板と前記第2の電極との間に一様に形成されたことを特徴とする、請求項1に記載の光制御素子。
- [3] 前記低屈折率層は、前記第2の電極の前記接地電極内に埋設するようにして形成されたことを特徴とする、請求項1に記載の光制御素子。
- [4] 前記低屈折率層は、空気層を含むことを特徴とする、請求項1～3のいずれか一に記載の光制御素子。
- [5] 前記低屈折率層は、樹脂層を含むことを特徴とする、請求項1～3のいずれか一に記載の光制御素子。
- [6] 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1～5のいずれか一に記載の光制御素子。
- [7] 少なくとも前記薄板と前記第1電極の間には、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のいずれか一に記載の光制御素子。
- [8] 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。

[9] 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6～8のいずれか一に記載の光制御素子。

[10] 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1～9のいずれか一に記載の光制御素子。

[11] 前記低誘電率層の誘電率を ϵ_2 、厚さを d_2 とし、前記薄板の誘電率を ϵ_1 、厚さを d_1 とした場合、

$$d_2 < \epsilon_2 / \epsilon_1 \times d_1$$

なる関係を満足することを特徴とする、請求項1～10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、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構成されており、
- 前記薄板と前記第2電極との間には、少なくとも前記第1電極の前記信号電極の幅よりも大きな幅を有し、少なくとも前記信号電極の長さ方向の全体に亘って設けられた低誘電率層を形成したことを特徴とする、光制御素子。
- [2] (補正後) 前記低誘電率層は、前記薄板と前記第2電極との間に一様な厚さに形成されたことを特徴とする、請求項1に記載の光制御素子。
- [3] (補正後) 前記低誘電率層は、前記第2の電極の前記接地電極内にその一面が前記薄板と接するように埋設するようにして形成されたことを特徴とする、請求項1に記載の光制御素子。
- [4] (補正後) 前記低誘電率層は、前記第1電極の前記信号電極の下方部に形成された空気層であることを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載の光制御素子。
- [5] (補正後) 前記低誘電率層は、樹脂層であることを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載の光制御素子。
- [6] 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1～5のいずれかに記載の光制御素子。
- [7] (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6に記載の光制御素子。
- [8] (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1～7のいずれかーに記載の光制御素子。

[9] (補正後) 前記第1電極及び前記第2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。

[10] (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1～9のいずれかーに記載の光制御素子。

[11] 前記低誘電率層の誘電率を ϵ_2 、厚さを d_2 とし、前記薄板の誘電率を ϵ_1 、厚さを d_1 とした場合、

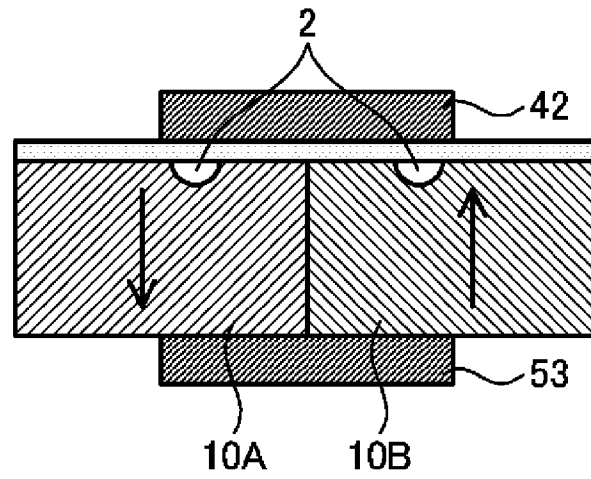
$$d_2 < \epsilon_2 / \epsilon_1 \times d_1$$

なる関係を満足することを特徴とする、請求項1～10のいずれかーに記載の光制御素子。

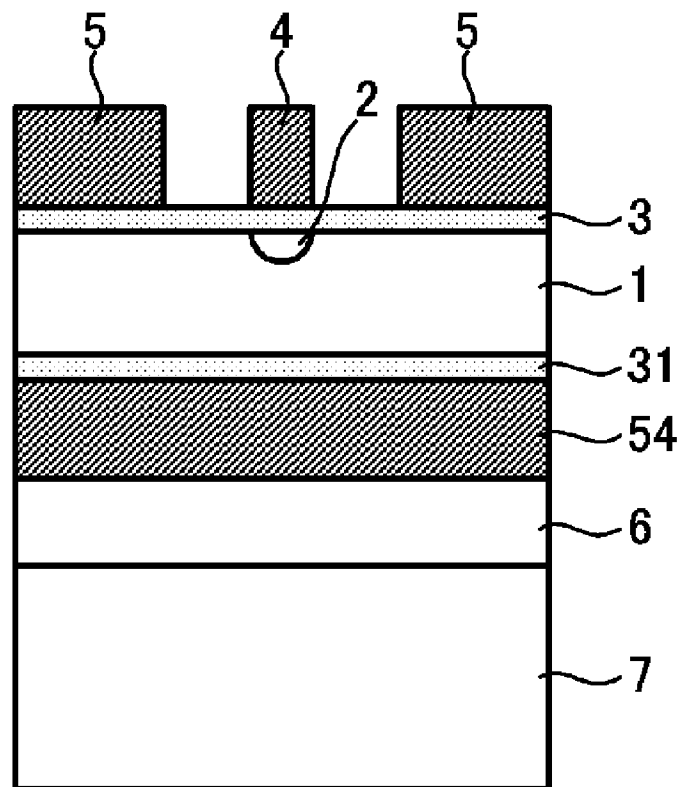
条約第19条(1)に基づく説明書

1. 請求項1～5では、当初記載の“低屈折率層”が“低誘電率層”の誤記であったことから、かかる誤記の訂正を行うようにしました。
2. また、請求項1では、光導波路への電界の印加が、第1電極の信号電極と第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とともに、“低誘電率層”が薄板と第2電極との間に存在することを明確にするようにしました。
3. 請求項3～5では、それぞれ“低誘電率層”の限定的な位置関係が明確となるように補正しました。
4. 請求項10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。
5. 請求項7～9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9を請求項7とし、従来の請求項7及び8を請求項8及び9に繰り下げるようにしました。

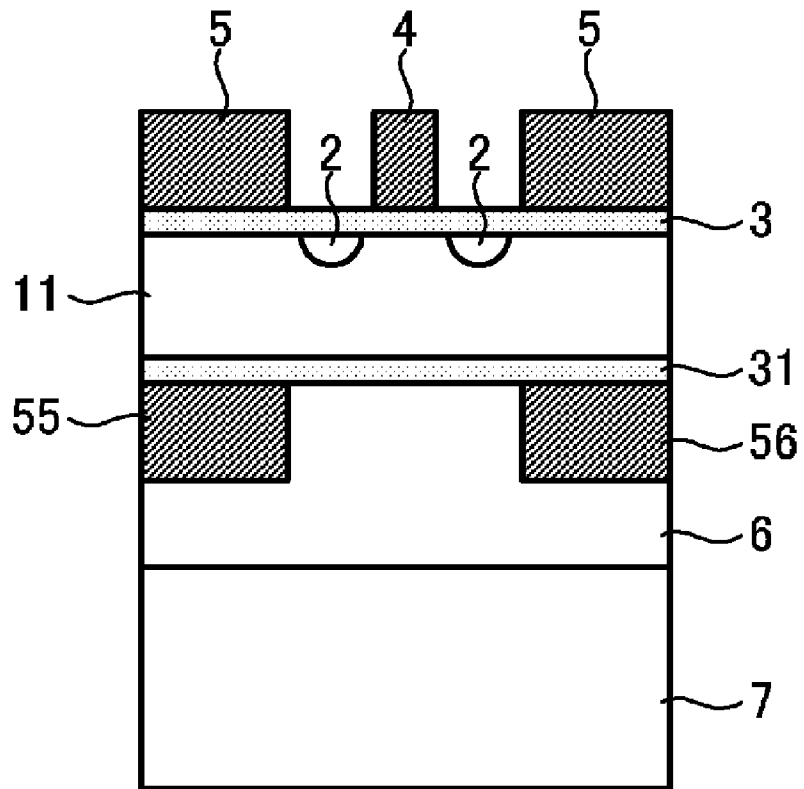
[図3]



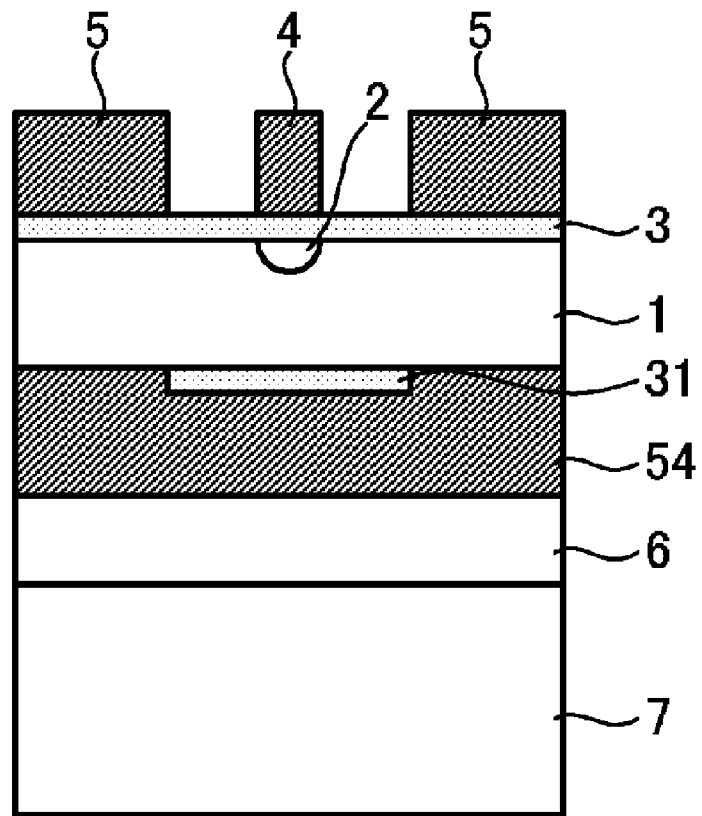
[図4]



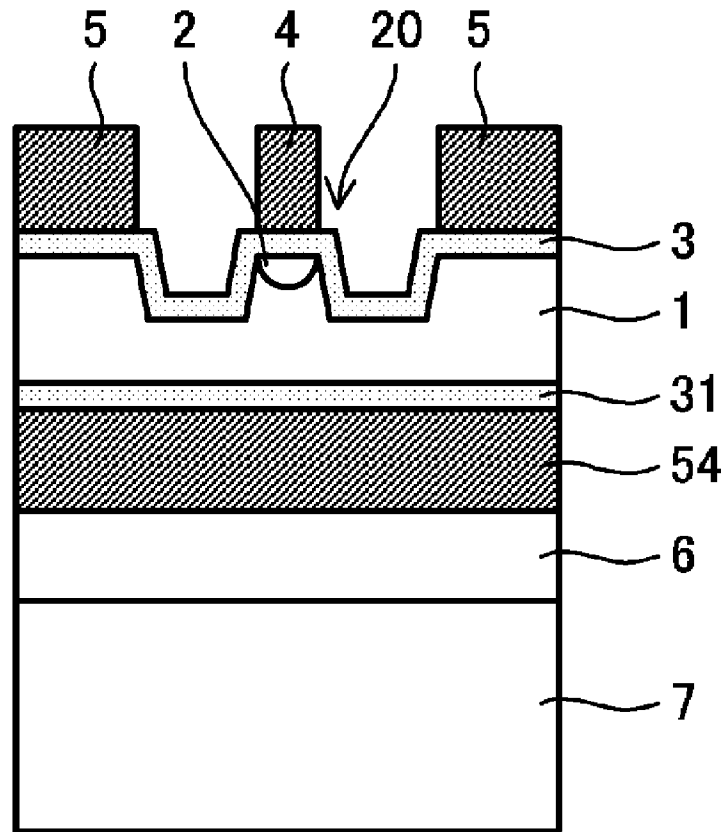
[図5]



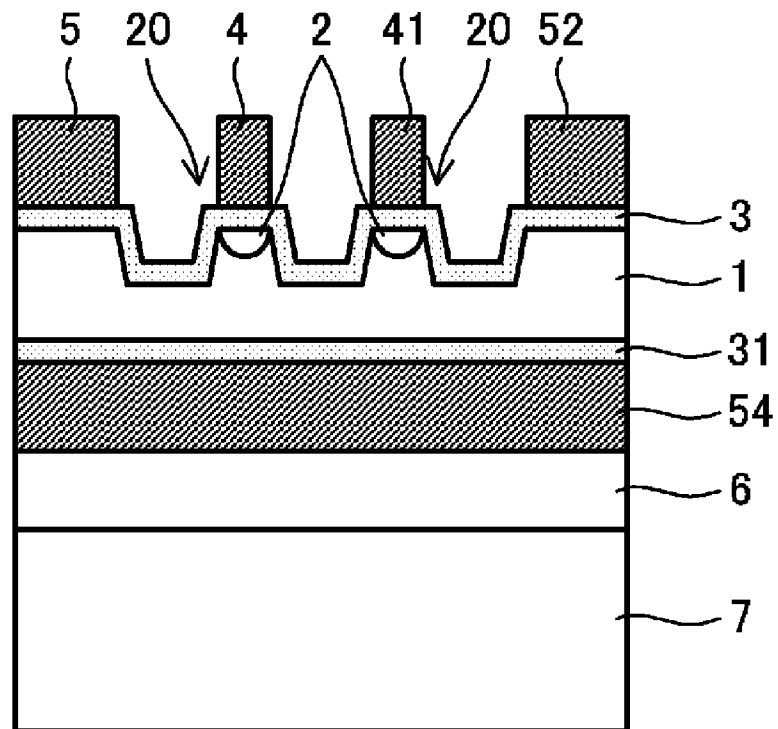
[図6]



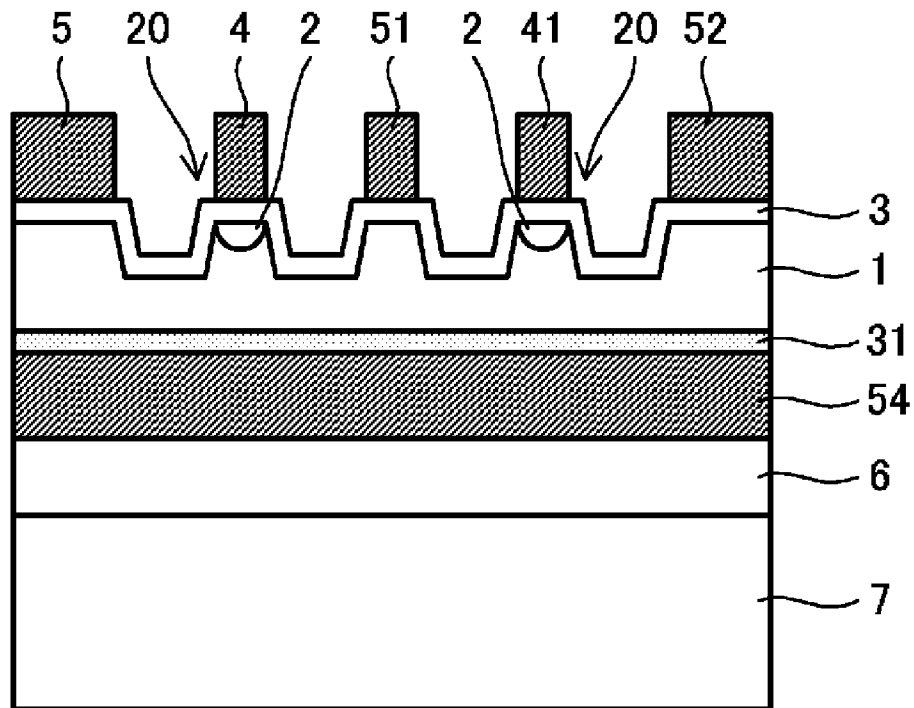
[図7]



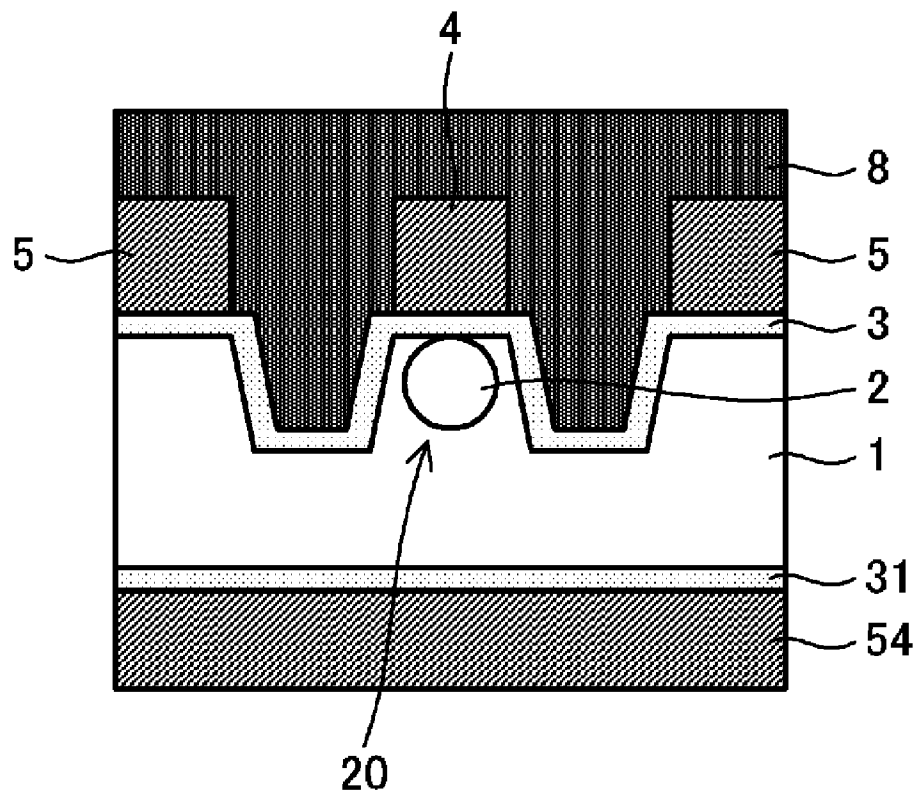
[図8]



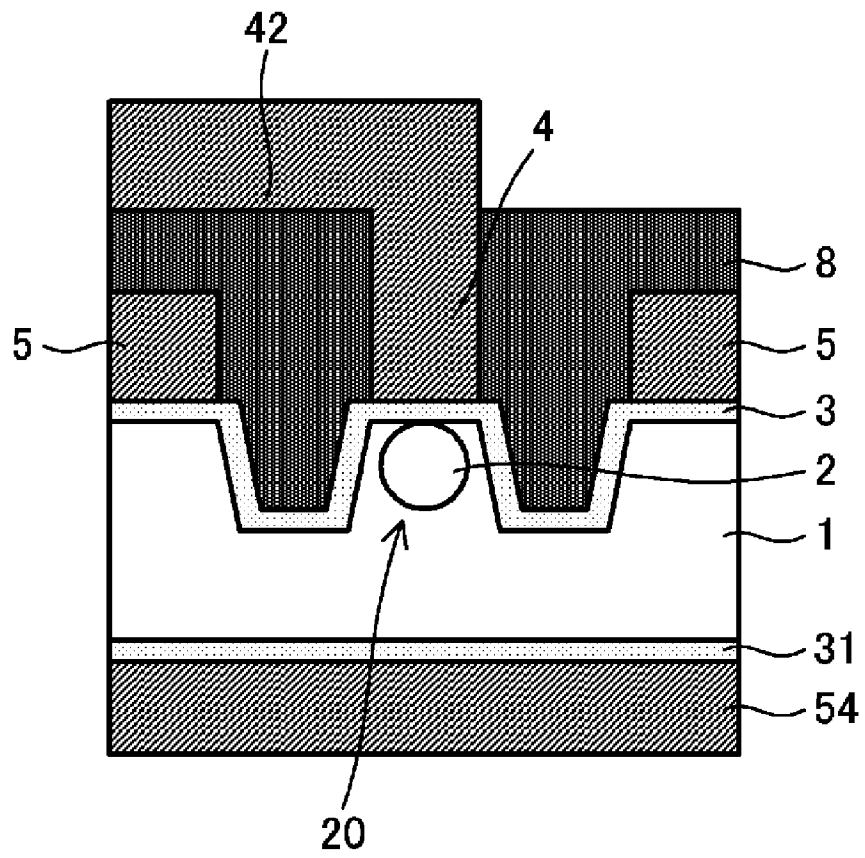
[図9]



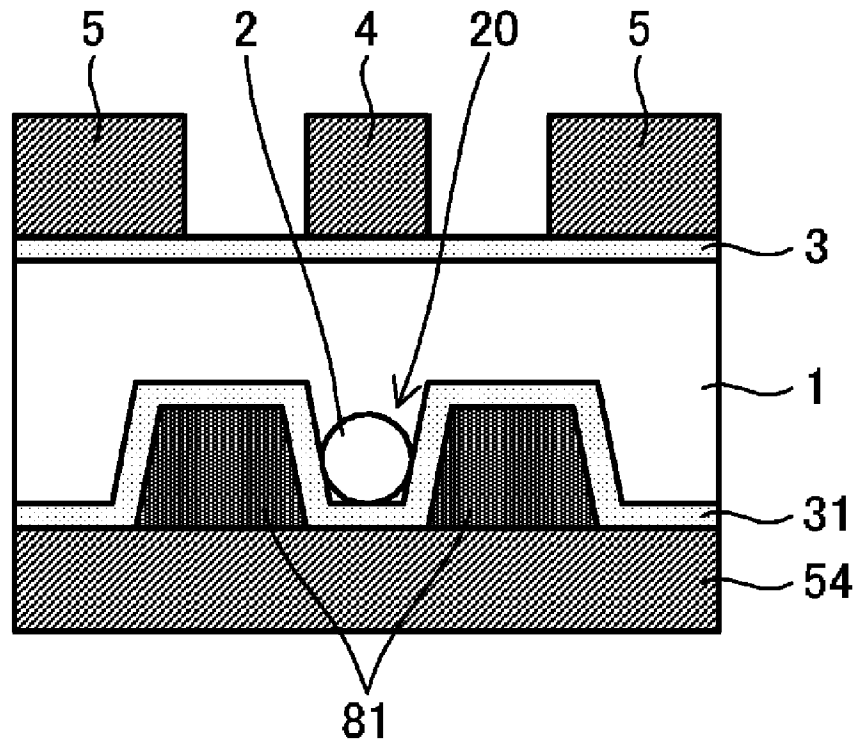
[図10]



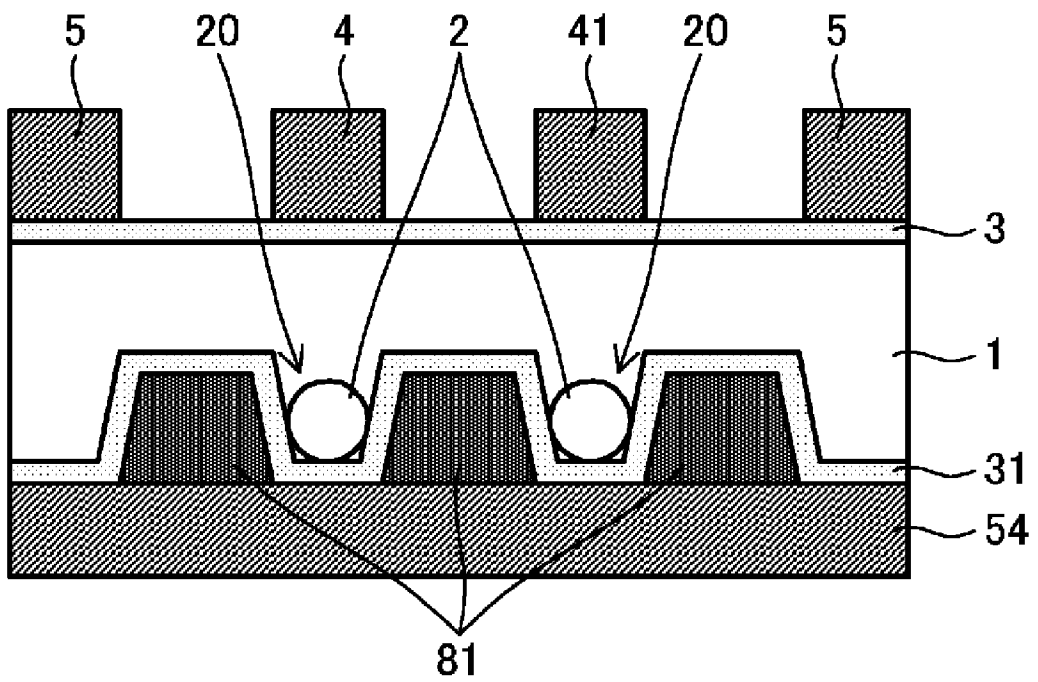
[図11]



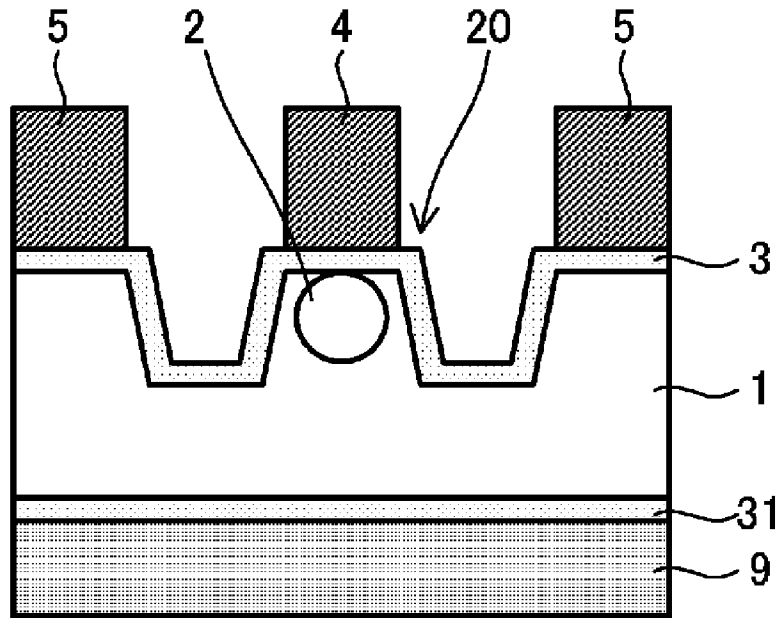
[図12]



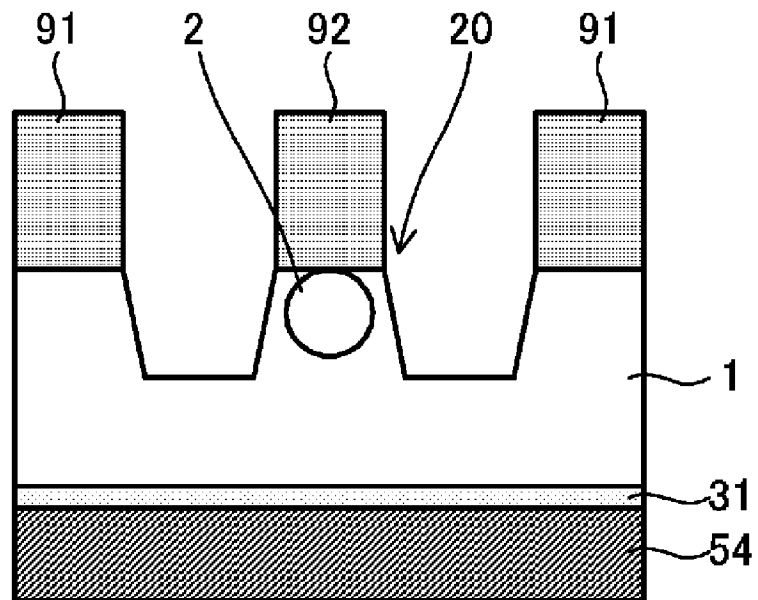
[図13]



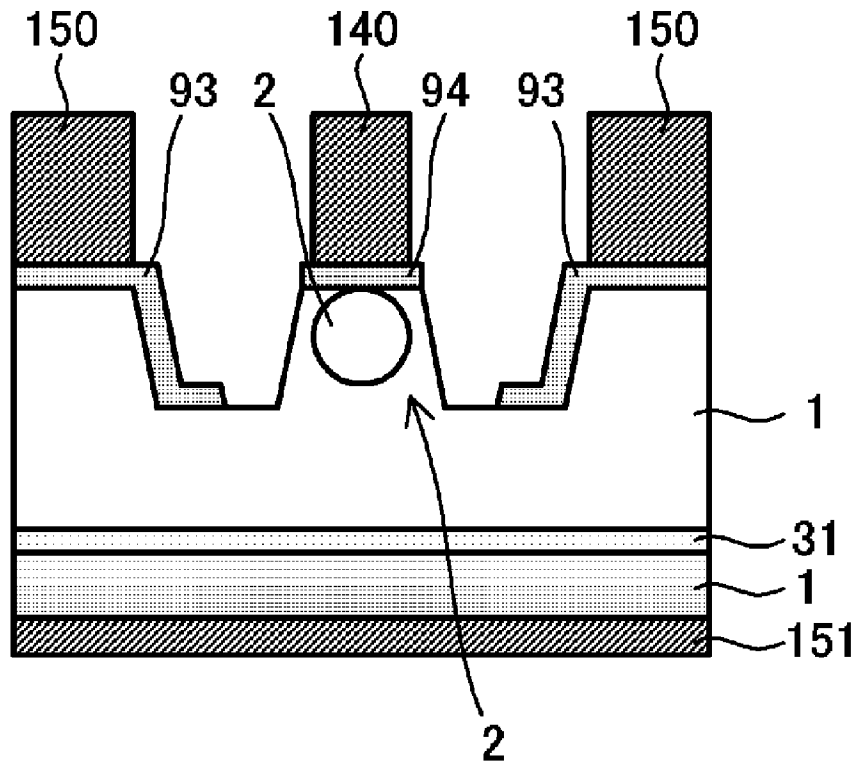
[図14]



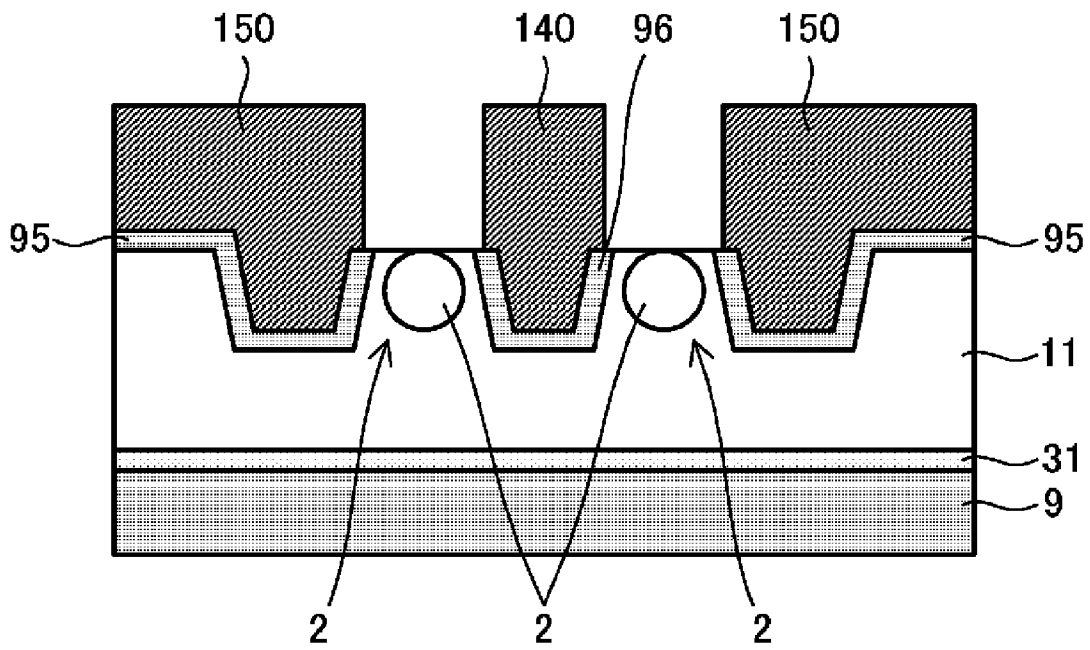
[図15]



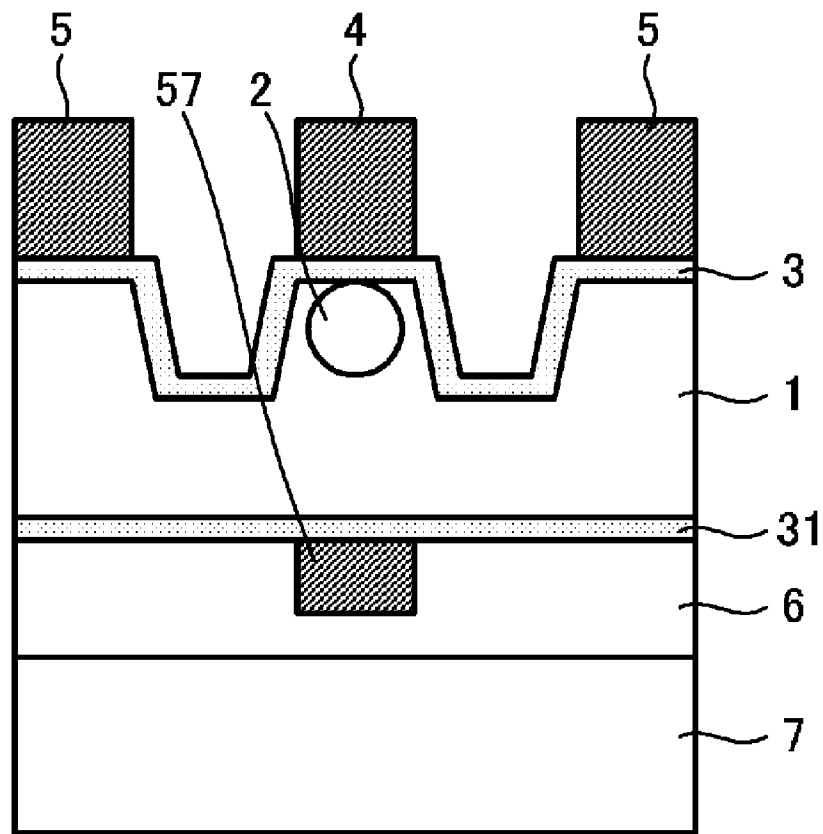
[図16]



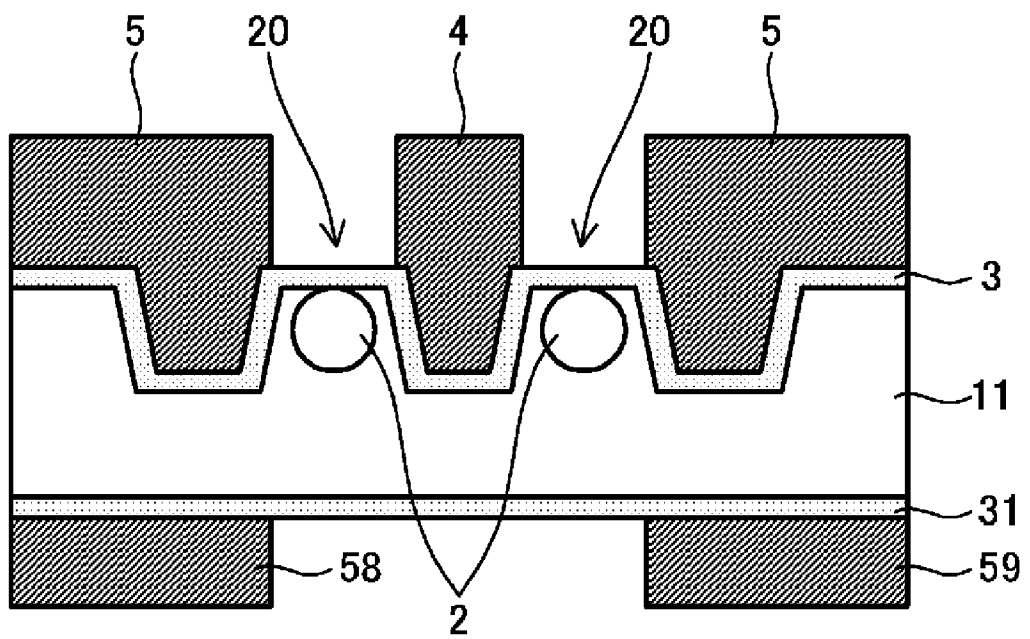
[図17]



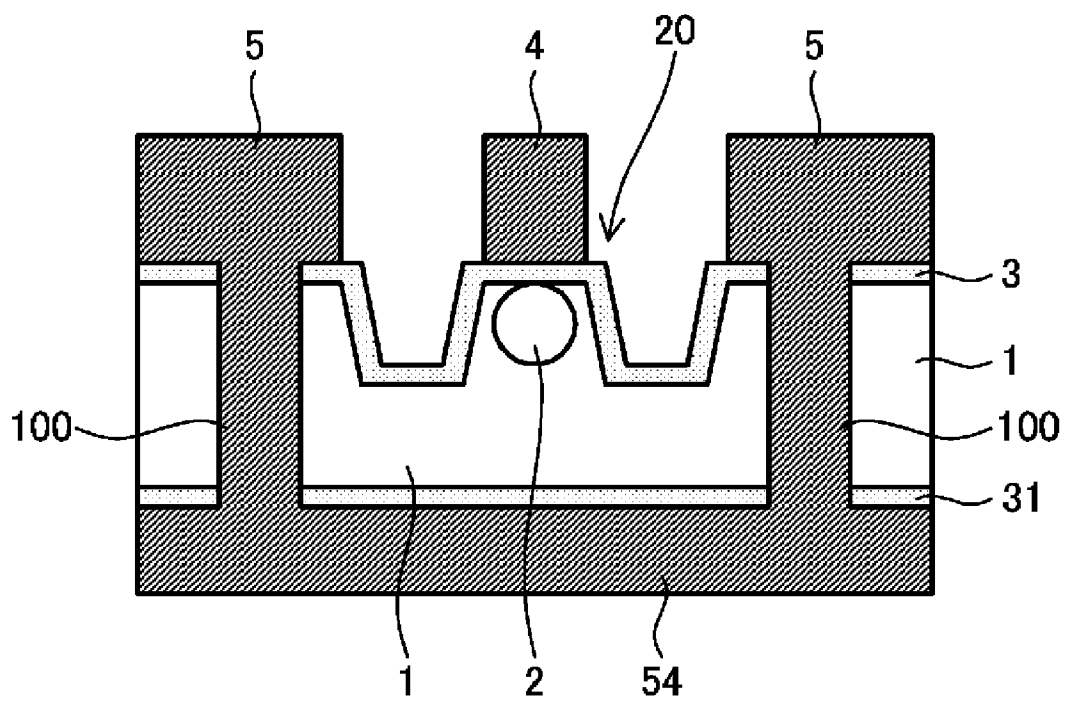
[図18]



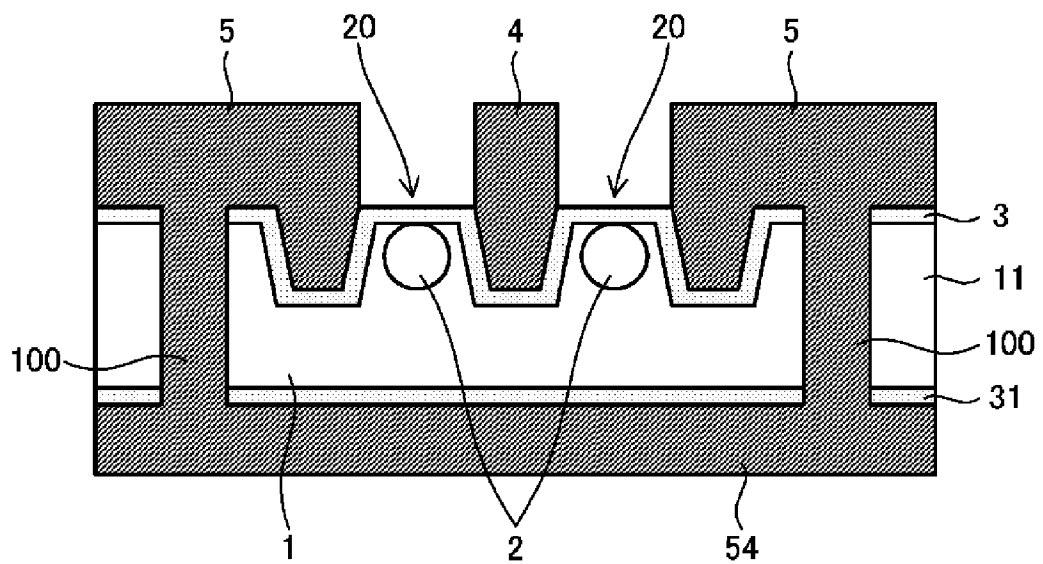
[図19]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/056062

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 | 1-10 11 |
| Y A | JP 05-093892 A (NEC Corp.), 16 April, 1993 (16.04.93), Par. Nos. [0005] to [0007] (Family: none) | 1-10 11 |
| 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 | 6-10 |

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 17 April, 2008 (17.04.08) | 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/JP2008/056062

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) | 8-10 |
| 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 | 9,10 |
| 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) | 10 |
| 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) | 1-10 11 |

| | | |
|--|--|------------------|
| 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 | 1-10 |
| A | & US 2003/0044100 A1 & EP 001291706 A2 | 11 |
| Y | JP 05-093892 A (日本電気株式会社) 1993.04.16, 段落【0005】 - 【0007】 | 1-10 |
| A | (ファミリーなし) | 11 |
| <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 17.04.2008 | 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】 - 段落【0036】, 第4, 10, 12図 & US 2006/0029319 A1 | 6-10 |
| 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) | 8-10 |
| 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 | 9, 10 |
| 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) | 10 |
| 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 | 1-10 |
| P, A | (ファミリーなし) | 11 |