

(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
2011 年 10 月 13 日(13.10.2011)



PCT



(10) 国際公開番号
WO 2011/125692 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/035 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/057939
- (22) 国際出願日: 2011 年 3 月 30 日(30.03.2011)
- (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 2010-082232 2010 年 3 月 31 日(31.03.2010) 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 2 8 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 市岡 雅之 (ICHIOKA Masayuki) [JP/JP]; 〒1028465 東京都千代田区六番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社内 Tokyo (JP). 神力 孝 (SHINRIKI Takashi) [JP/JP]; 〒1028465 東京都千代田区六番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 田村 爾, 外 (TAMURA Chikashi et al.); 〒1070052 東京都港区赤坂 1 丁目 3 番 1 9 号 芳明ビル 4 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, 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 (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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

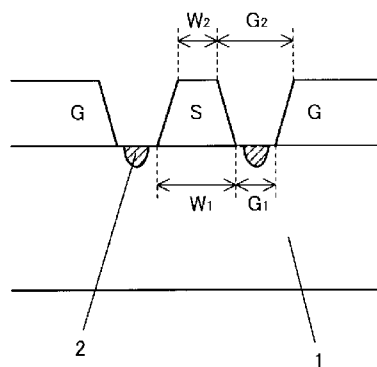
規則 4.17 に規定する申立て:

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL MODULATOR

(54) 発明の名称: 光変調器

【図3】



(57) Abstract: Provided is an optical modulator capable of having broadening the frequency response characteristic while suppressing an increase in the drive voltage; and capable of suppressing an increase in manufacturing time and cost. In an optical modulator which has a substrate (1) which has an electro-optical effect, an optical waveguide (2) which is formed on the substrate (1), and a modulating electrode which modulates the light waves propagated through the optical waveguide (2), the modulating electrode is a coplanar electrode comprising signal electrodes (S), and a grounding electrode (G) disposed so as to sandwich the signal electrodes (S); the gap (G1, G2) between the signal electrode and the grounding electrode is configured so as to gradually become wider in the direction from the portion closest to the substrate to the portion far away from the substrate; and at least the entire signal electrode is configured from a single material.

(57) 要約: 駆動電圧の増加を抑制しながら周波数応答特性の広帯域化が可能な光変調器を提供することであり、さらには、製造に掛る時間やコストの増

加を抑制した光変調器を提供することを目的とする。電気光学効果を有する基板 1 と、該基板に形成された光導波路 2 と、該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極とを有する光変調器において、該変調電極は、信号電極 S とそれを挟むように配置される接地電極 G とからなるコプレーナ型電極であり、該信号電極と該接地電極との間隔 (G1, G2) は、基板に最も近い部分から基板からはなれる方向に向かって徐々に広くなるよう構成され、少なくとも該信号電極全体は、単一の材料から構成されることを特徴とする。



— 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 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 光変調器

技術分野

[0001] 本発明は、光変調器に関するものであり、特に、電気光学効果を有する基板に光導波路及び変調電極を形成した光変調器に関する。

背景技術

[0002] 光通信分野や光計測分野において、ニオブ酸リチウムなどの電気光学効果を有する基板に光導波路及び変調電極を形成した光変調器が多用されている。このような光変調器は、数十GHz以上の高速変調が可能であり、より一層の高速変調や周波数応答特性の改善が求められている。

[0003] 光変調器の変調電極については、図1に光変調器の断面の一部を示すように、基板1上に信号電極S及び接地電極Gが形成されている。符号2は、基板1に形成された光導波路を示している。

[0004] 図1のような形状の変調電極では、信号電極の幅が、基板に最も近い部分の幅(W1)から基板から最も離れた部分の幅(W2)へと徐々に幅が大きくなるように形成され、信号電極Sと接地電極Gとの間隔は、逆に、基板に最も近い部分の間隔(G1)から基板から最も離れた部分の間隔(G2)へと徐々に狭くなるよう構成されている。

[0005] しかしながら、図1のような形状の変調電極を利用する場合には、周波数応答帯域の広帯域化を図るためには、信号電極と接地電極との間隔G1を広くする必要があるが、間隔G1を大きくすると駆動電圧が上昇するという問題を生じる。

[0006] 他方、特許文献1には、図2に示すような形状の変調電極も提案されている。基板1の上に電極下部(台座)3を形成し、その上に電極上部を形成し、電極の断面形状が連続的な形状とはなっていない。電極上部の幅(W2)は、電極下部の幅(W1)より幅の狭い電極であり、また、電極下部の信号電極Sと接地電極Gとの間隔(G1)は、電極上部の間隔(G2)よりも狭く

なっている。信号電極や接地電極を形成している。

- [0007] しかしながら、図2の電極を形成するには、少なくとも2回以上の電極形成プロセスが必要であり、電極形成に掛る時間やコストが増大する原因となる。

先行技術文献

特許文献

- [0008] 特許文献1：特開平9-185025号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0009] 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、駆動電圧の増加を抑制しながら周波数応答特性の広帯域化が可能な光変調器を提供することであり、さらには、製造に掛る時間やコストの増加を抑制した光変調器を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0010] 上記課題を解決するため、請求項1に係る発明は、電気光学効果を有する基板と、該基板に形成された光導波路と、該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極とを有する光変調器において、該変調電極は、信号電極とそれを挟むように配置される接地電極とからなるコプレーナ型電極であり、該信号電極と該接地電極との間隔は、基板に最も近い部分から基板からはなれる方向に向かって徐々に広くなるよう構成され、少なくとも該信号電極全体は、単一の材料から構成されることを特徴とする。
- [0011] 請求項2に係る発明は、請求項1に記載の光変調器において、該信号電極と該接地電極との間隔は連続的に変化するよう構成されていることを特徴とする。
- [0012] 請求項3に係る発明は、請求項1又は2に記載の光変調器において、該基板はXカット型の基板であり、該基板の厚みは、 $20\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

発明の効果

[0013] 請求項 1 に係る発明により、電気光学効果を有する基板と、該基板に形成された光導波路と、該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極とを有する光変調器において、該変調電極は、信号電極とそれを挟むように配置される接地電極とからなるコプレーナ型電極であり、該信号電極と該接地電極との間隔は、基板に最も近い部分から基板からはなれる方向に向かって徐々に広くなるよう構成され、少なくとも該信号電極全体は、単一の材料から構成されるため、駆動電圧の増加を抑制しながら周波数応答特性の広帯域化を実現可能な光変調器を提供することが可能となる。しかも、少なくとも信号電極全体が単一の材料で構成されるため、1 度の製造プロセスで信号電極を形成することも可能となる。

[0014] 請求項 2 に係る発明により、信号電極と接地電極との間隔は連続的に変化するよう構成されているため、図 2 に示した従来の光変調器のように、電極の製造工程が複雑化することが抑制され、製造時間や製造コストの増加も抑えられる。

[0015] 請求項 3 に係る発明により、基板は X カット型の基板であり、基板の厚みは、 $20\ \mu\text{m}$ 以下であるため、変調電極が形成する電界を効率良く光導波路に印加することが可能となり、周波数応答特性をより改善することも可能となる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]従来の光変調器の変調電極の断面を示す図である。

[図2]従来の他の光変調器の変調電極の断面を示す図である。

[図3]本発明の光変調器に係る変調電極の断面を示す図である。

[図4]本発明の光変調器に係る信号電極と接地電極について、他の実施例を示す図である。

[図5]本発明の光変調器について、基板が薄板である場合の断面を示す図である。

[図6]本発明の光変調器の製造プロセス（その 1）の一部を示す図である。

[図7] 本発明の光変調器の製造プロセス（その2）の一部を示す図である。

[図8] 本発明の光変調器の製造プロセス（その3）の一部を示す図である。

[図9] 本発明の光変調器と従来例との周波数応答特性の比較結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の光変調器について、好適例を用いて詳細に説明する。

図3に示すように、本発明は、電気光学効果を有する基板1と、該基板に形成された光導波路2と、該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極とを有する光変調器において、該変調電極は、信号電極Sとそれを挟むように配置される接地電極Gとからなるコプレーナ型電極であり、該信号電極と該接地電極との間隔（G1、G2）は、基板に最も近い部分から基板からはなれる方向に向かって徐々に広くなるよう構成され、少なくとも該信号電極（S）全体は、単一の材料から構成されることを特徴とする。

[0018] 電気光学効果を有する基板1としては、特に、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 又はPLZT（ジルコン酸チタン酸鉛ランタン）のいずれかの単結晶が好適に利用可能である。また、基板に形成する光導波路は、例えば、 LiNbO_3 基板（LN基板）上にチタン（Ti）などの高屈折率物質を熱拡散することにより形成される。また、光導波路となる部分の両側に溝を形成したリブ型光導波路や光導波路部分を凸状としたリッジ型導波路も利用可能である。

[0019] 変調電極は、信号電極Sや接地電極Gから構成され、基板表面に、Ti・Auの電極パターンを形成し、金メッキ方法などにより形成することが可能である。さらに、必要に応じて光導波路形成後の基板表面に誘電体 SiO_2 等のバッファ層を設けることも可能である。なお、本発明に係る「信号電極全体は、単一の材料で構成される」との意味において、上述のように、基板と電極を構成する材料との接合強度を高めるため、Ti・Auの電極パターンのような下地を設けることは、排除していない。

[0020] 本発明の光変調器の特徴の一つは、変調電極を構成する信号電極Sと接地電極Gとの間隔を、基板1に最も近い部分から基板からはなれる方向に向か

って徐々に広くなるよう構成することである。このため、図3に示すように信号電極と接地電極の両方に傾斜した側面を形成することも可能であるが、図4(a)に示すように、信号電極Sのみに傾斜した側面を設けたり、図4(b)に示すように、接地電極Gのみに傾斜した側面を設けることも可能である。

[0021] 少なくとも信号電極全体を単一の材料で構成することで、電極の製造工程が複雑化することが抑制される。しかも、信号電極の部分毎に異なる材料を使用する場合には、電気信号の伝搬にムラが発生し易くなり、信号の伝搬損失が増加したり、光導波路へ印加される電界にムラ、更にはインピーダンスの急激な変化による電気信号の反射によるインピーダンス不整合が生じるなどの不具合も発生する。

[0022] また、信号電極と接地電極との間隔は連続的に変化するよう構成することで、1度の製造プロセスで変調電極を形成することも可能となる。また、不連続部分による電気信号の反射や空気中への放出が減少するため、伝搬損失の増大、インピーダンスの急激な変化による電気信号の反射によるインピーダンス不整合などの不具合が抑制できる。

[0023] ここで、信号電極と接地電極との間隔が「連続的に変化する」とは、電極の高さ方向に向かって該間隔が滑らかに変化することを意味している。なお、信号電極の電気信号の伝播方向に沿って形状が滑らかに変化することで、インピーダンス不整合を抑制できる。

[0024] また、本発明のような変調電極の形状は、信号電極に沿って、信号入力用パッド部、該パッド部から作用部（変調電極が形成する電界が光導波路に作用する部分）など、基本的には、信号電極の全てに渡って適用することが好ましいが、少なくとも作用部に適用するだけでも十分に周波数応答特性を改善することが可能となる。

[0025] 図5は、薄板の基板1を、接着剤4などを用いて補強基板5に接合した構成を示している。図5に示すように、本発明の光変調器に使用される基板は、Xカット型の基板であり、基板の厚みは、 $20\mu\text{m}$ 以下であることがより

好ましい。Xカット型基板を用いた場合には、信号電極Sと接地電極Gとの間に光導波路2が配置されるため、信号電極Sと接地電極Gとの基板に最も近い部分の間隔（G1）を狭くすることで、電界を効率良く光導波路に印加でき、駆動電圧の低減を図ることが可能である。

[0026] また、 $20\mu\text{m}$ 以下の厚みを有する薄板を利用することで、変調信号であるマイクロ波の閉じ込めが強くなり、光導波路に効率良く電界を印加できると共に、マイクロ波と光波との速度整合も図ることが可能となる。

[0027] 図6乃至8は、電極の製造プロセスの一部を示す図である。

図6では、基板1上に塗布したフォトレジスト膜10にフォトマスク20を用いて、パターン露光を行う様子を示している。フォトマスク20の透過部21を透過した光は、フォトレジスト膜10に所定のパターンを露光する。符号22はフォトマスクの不透過部であり、符号11はフォトレジスト膜の露光部分、符号12は、フォトレジスト膜の非露光部分を各々示している。

[0028] 図6では、露光の前後において、フォトレジスト膜のベーク時（硬化時）に、温度や時間を調整することで、台形の露光パターン（11）を形成することが可能である。この露光終了後、現像を行い、露光部11のレジストを除去し、メッキにより金の電極を符号11の部分に形成することが可能である。

[0029] 図7では、フォトマスク20を用いてフォトレジスト膜10を露光する際に、矢印a～cのように、光の照射角度を変化させることで、図7のような露光パターン（台形の露光部11）を形成することが可能となる。

[0030] 図8では、基板1の上に、形状の異なるレジストパターン（30～32）を積み上げることで、符号40で示すような基板側から上に向かって徐々に幅が狭くなる空間を形成する。この空間に電極材料を充填することで、基板側の幅（W1）より上側の幅（W2）が狭い信号電極を形成することが可能となる。

[0031] 本発明に係る光変調器として、図3の形状において、 $W1 = 30\mu\text{m}$ 、W

$2 = 26 \mu\text{m}$ 、 $G1 = 20 \mu\text{m}$ 、 $G2 = 24 \mu\text{m}$ とした場合の周波数応答特性をシミュレーションした結果を図9に示す。また、従来例として、図1の形状において、 $W1 = 30 \mu\text{m}$ 、 $W2 = 34 \mu\text{m}$ 、 $G1 = 20 \mu\text{m}$ 、 $G2 = 16 \mu\text{m}$ とした場合についても同様に、図9に示す。

[0032] 図9の結果から、本発明の光変調器の方が、周波数応答特性が格段に改善していることが容易に理解される。

産業上の利用可能性

[0033] 以上説明したように、本発明によれば、駆動電圧の増加を抑制しながら周波数応答特性の広帯域化が可能な光変調器を提供することであり、さらには、製造に掛る時間やコストの増加を抑制した光変調器を提供することが可能となる。

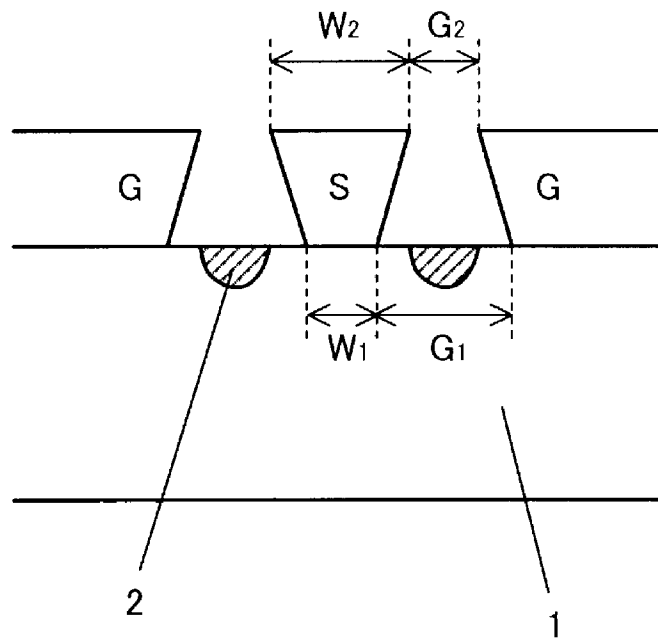
符号の説明

- [0034]
- 1 基板
 - 2 光導波路
 - 3 電極下部
 - 4 接着剤
 - 5 補強基板
 - 10 フォトレジスト膜
 - 20 フォトマスク

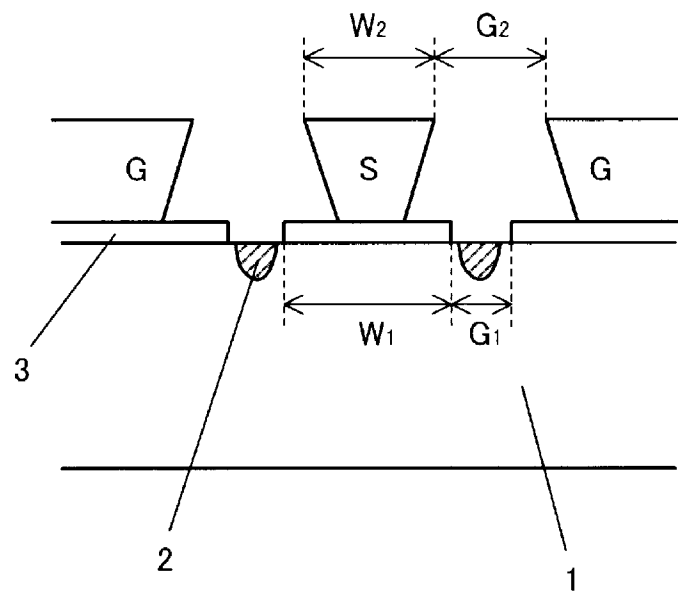
請求の範囲

- [請求項1] 電気光学効果を有する基板と、該基板に形成された光導波路と、該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極とを有する光変調器において、
- 該変調電極は、信号電極とそれを挟むように配置される接地電極とからなるコプレーナ型電極であり、
- 該信号電極と該接地電極との間隔は、基板に最も近い部分から基板からはなれる方向に向かって徐々に広くなるよう構成され、
- 少なくとも該信号電極全体は、単一の材料から構成されることを特徴とする光変調器。
- [請求項2] 請求項1に記載の光変調器において、該信号電極と該接地電極との間隔は連続的に変化するよう構成されていることを特徴とする光変調器。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載の光変調器において、該基板はXカット型の基板であり、該基板の厚みは、 $20\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光変調器。

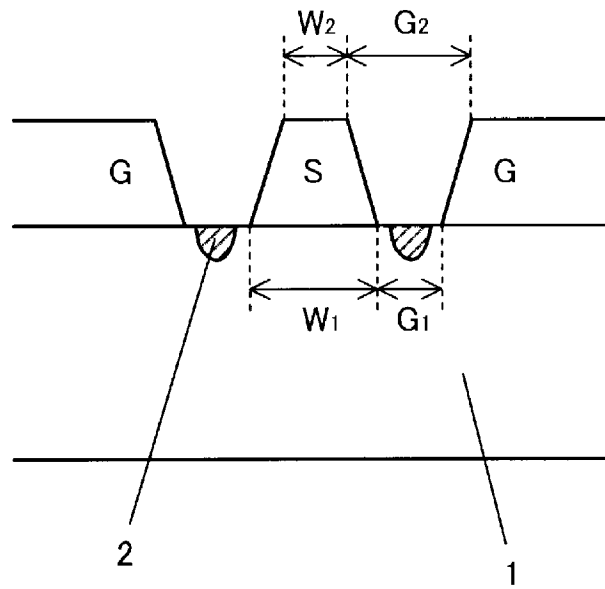
[図1]



[図2]

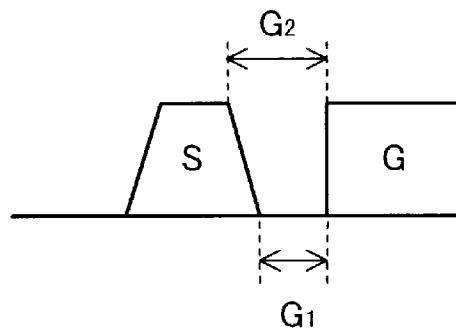


[図3]

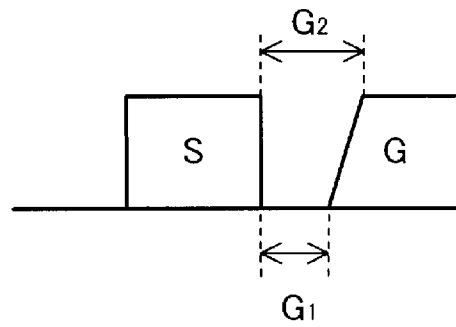


[図4]

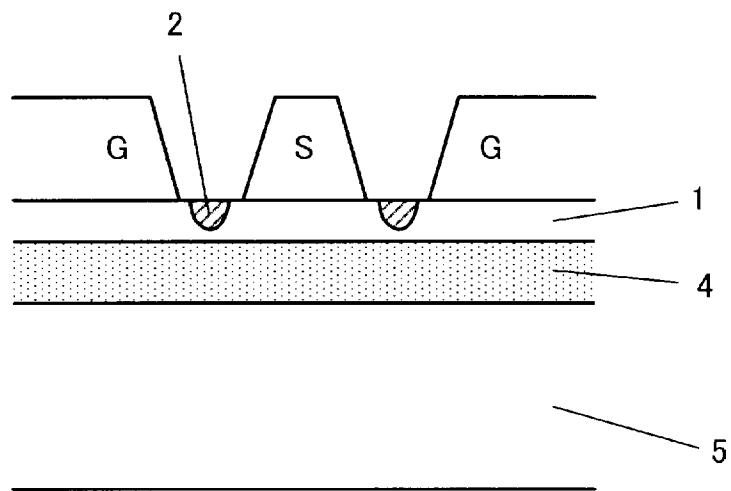
(a)



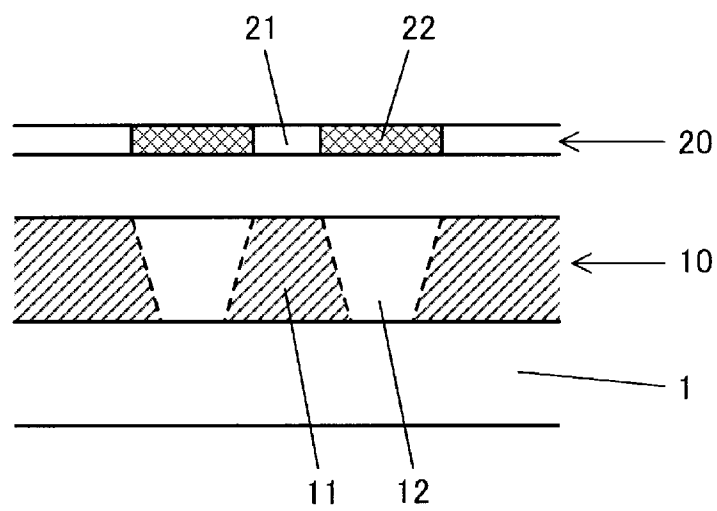
(b)



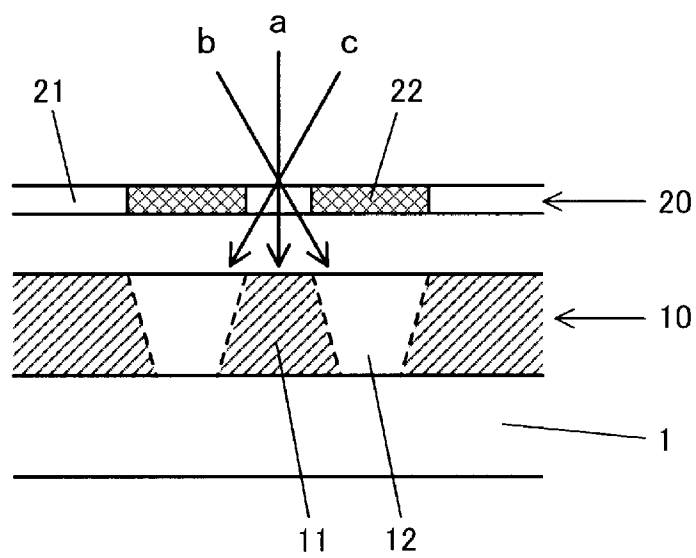
[図5]



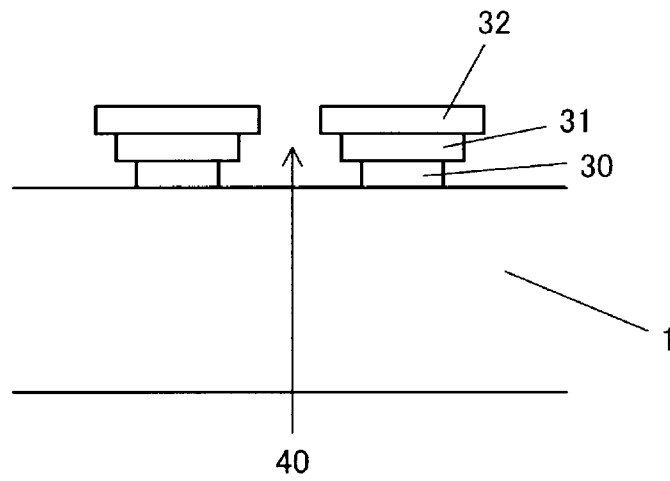
[図6]



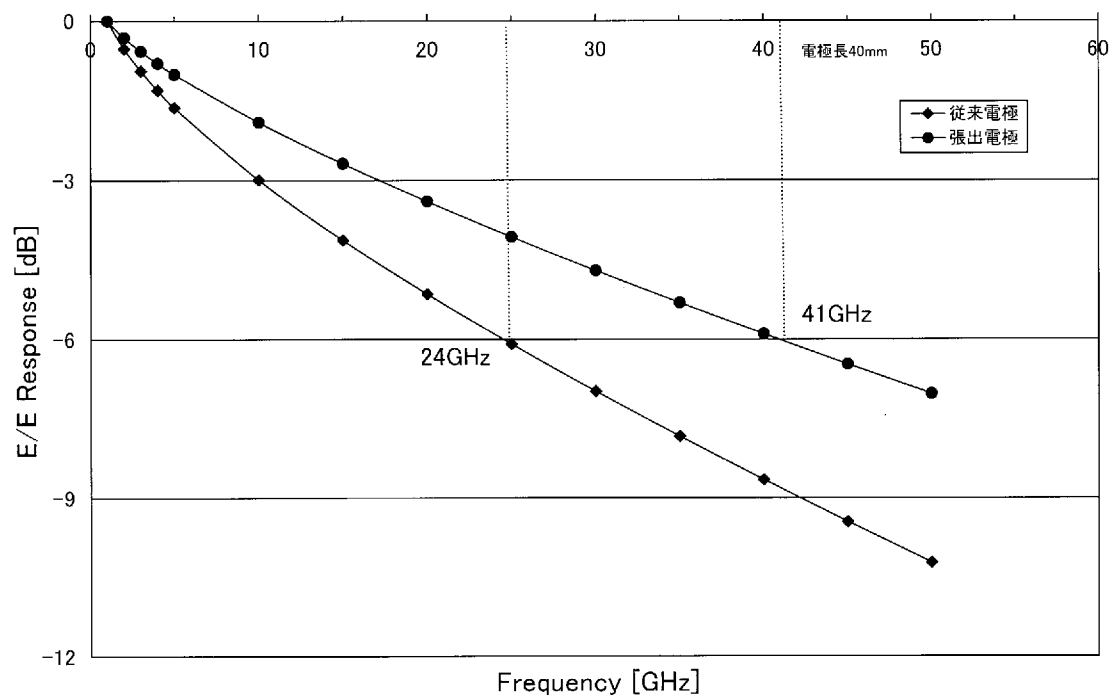
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/057939

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)

G02F1/00-1/125, G02F1/29-1/35, G02B6/12-6/14

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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

JSTPlus (JDreamII), JST7580 (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	M. Goano, et al., "A general conformal-mapping approach to the optimum electrode design of coplanar waveguide with arbitrary cross section", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2001.09, Vol. 49, No. 9, p.1573-1577	1, 2 3
Y	JP 2009-086336 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 23 April 2009 (23.04.2009), claims 1, 2; paragraph [0016] & US 2010/0247024 A1 & WO 2009/041468 A1	3

☐ 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
20 April, 2011 (20.04.11)Date of mailing of the international search report
10 May, 2011 (10.05.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

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 (I P C))

Int.Cl. G02F1/00-1/125, G02F1/29-1/35, G02B6/12-6/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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)

JSTPlus (JDreamII), JST7580 (JDreamII)

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
X	M. Goano, et al., "A general conformal-mapping approach to the optimum electrode design of coplanar waveguide with arbitrary cross section", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2001.09, Vol. 49, No. 9, p.1573-1577	1, 2
Y		3
Y	JP 2009-086336 A (住友大阪セメント株式会社) 2009.04.23, 請求項 1, 2, 段落【0016】 & US 2010/0247024 A1 & WO 2009/041468 A1	3

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 0 . 0 4 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 5 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

林 祥恵

2 X

4 0 8 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4