

(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
2016年9月29日(29.09.2016)



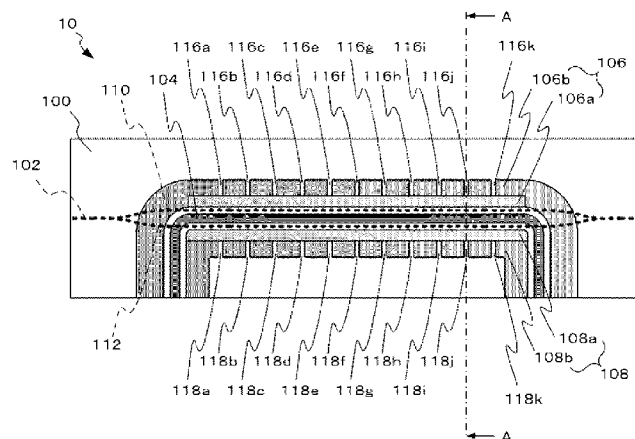
(10) 国際公開番号
WO 2016/152528 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/035 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/057396
- (22) 国際出願日: 2016年3月9日(09.03.2016)
- (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 2015-062368 2015年3月25日(25.03.2015) JP
- (71) 出願人: 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: 近藤 勝利(KONDOU Katsutoshi); 〒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); 〒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). 片岡 利夫(KATAOKA Toshio); 〒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: 特許業務法人O F H特許事務所(OFH PATENT); 〒1020074 東京都千代田区九段南三丁目8番11号 飛栄九段ビル 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, BN, 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, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: WAVEGUIDE-TYPE OPTICAL ELEMENT

(54) 発明の名称: 導波路型光素子



(57) Abstract: The present invention achieves even broader band operation in a waveguide-type optical element. Provided is a waveguide-type optical element provided with optical waveguides (110, 112) formed on a substrate (100) having an electrooptic effect and a control electrode for controlling light waves propagated in the optical waveguides, wherein the control electrode is constituted of a center electrode (104) formed parallel with the optical waveguide and grounding electrodes (106, 108) formed so as to sandwich the center electrode conductor at a distance, which is a prescribed distance, in the planar direction of the substrate, and the center electrode or the grounding electrodes have a plurality of interface pairs formed thereon each constituted by two interfaces facing each other along the propagation direction for a high-frequency signal propagated in the center electrode and grounding electrodes.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/152528 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

導波路型光素子において、更なる広帯域動作を可能とする。電気光学効果を有する基板 (100) 上に形成された光導波路 (110、112) と、当該光導波路を伝搬する光波を制御する制御電極と、を備える導波路型光素子であって、前記制御電極は、前記光導波路に対し平行に形成された中心電極 (104) と、当該中心電極導体を所定の距離だけ隔てて前記基板の面方向において挟むように形成された接地電極 (106、108) と、で構成され、前記中心電極又は前記接地電極は、当該中心電極及び当該接地電極を伝搬する高周波信号の伝搬方向に沿って、それぞれが相対抗する 2 つの界面で構成される複数の界面のペアが形成されている。

明 細 書

発明の名称：導波路型光素子

技術分野

[0001] 本発明は、光導波路と当該光導波路を伝搬する光波を制御するための制御電極とを備えた導波路型光素子に関し、特に、広い周波数範囲に亘って動作が可能な広帯域導波路型光素子に関する。

背景技術

[0002] 近年、光通信や光計測の分野においては、電気光学効果を有する基板上に光導波路を形成した光変調器などの導波路型光素子が多く用いられている。導波路型光素子は、一般に、上記光導波路と、当該光導波路内を伝搬する光波を制御するための制御電極を備える。

[0003] このような導波路型光素子として、例えば強誘電体結晶であるニオブ酸リチウム (LiNbO₃) (「LN」とも称する) を基板に用いたマッハツェンダ型光変調器が広く用いられている。マッハツェンダ型光変調器は、外部から光を導入するための入射導波路と、当該入射導波路により導入された光を2つの経路に分けて伝搬させるための分岐部と、分岐部の後段に分岐されたそれぞれの光を伝搬させる2本の並行導波路と、当該2本の並行導波路を伝搬した光を合波して外部へ出力するための出射導波路とにより構成されるマッハツェンダ型光導波路を備える。

[0004] また、マッハツェンダ型光変調器は、電圧を印加することで、電気光学効果を利用して、上記並行導波路内を伝搬する光波の位相を変化させて制御するための制御電極を備える。当該制御電極は、一般に、上記並行導波路の長さ方向に沿ってその上部又はその近傍に形成された中心電極と、当該中心電極に離間して配置された接地電極と、を有するCPW (Coplanar Waveguide) 型電極として構成されている。

[0005] 特に、並行導波路を伝搬する光波をより高い周波数で制御する広帯域 (マイクロ波帯域) のマッハツェンダ型光変調器の設計においては、以下(1)～(3

)をバランスさせる必要がある。

(1)並行導波路を伝搬する光の伝搬速度と中心電極を伝搬する伝搬速度との速度整合（以下、単に「速度整合」という）

(2)駆動回路の出力インピーダンスに対する中心電極の入力インピーダンスの整合（以下、インピーダンス整合という）

(3)光波とマイクロ波との重なり（変調効率）

[0006] すなわち、マッハツェンダ型光変調器では、速度整合と、インピーダンス整合と、を行うことを必須要件として、でき得る限り駆動電圧を低減する必要がある。さらに、広帯域化のためには、電極を伝搬する高周波信号の損失（マイクロ波損失）を低減することも必要となる。しかしながら、駆動電圧の低減と広帯域化は相反的な関係にあり、駆動電圧の増加を伴うことなく広帯域化を図ることには困難を伴う。

[0007] 従来、速度整合とインピーダンス整合を両立させるため基板の表面をリッジ形状に加工し、駆動電圧の上昇を抑制しつつ広帯域化を図ることが知られている（非特許文献1）。

また、更なる広帯域化のため、接地電極及び又は中心電極を2段構成（すなわち、それら電極の厚さを2段階に変化させる構成）としてインピーダンスを変えずに速度整合を満たす電極の厚さを厚くすることで、マイクロ波の導体損失を低減させている（特許文献1）

[0008] 上記従来の導波路型光素子では、基板厚さや電極厚さ等により速度整合を図りつつマイクロ波損失を低減して、ある程度まで広帯域な動作が可能となっている。しかしながら、實際上、形成できる電極の厚さは50 μm 程度が上限であり、電極厚さを厚くすることで広帯域化を図るには限界がある。すなわち、電極形成の際には、形成すべき電極の厚さに応じて電極のパターニングに用いるレジストも厚く形成する必要がある。しかし、レジスト厚さが厚くなるにつれてレジスト内部の応力が高まり、レジストと基板との間の付着力が低下して、電極形成途中でレジストが剥離してしまう確率が高まる。また、厚さに応じて電極形成の時間も長くなり、生産性が低下する。ここ

で、電極の形成方法は、非特許文献 1、2 に記載されているように、フォトリソグラフ及び電気メッキを用いたセミアディティブを用いている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特許第 2 6 0 6 6 7 4 号公報

非特許文献

[0010] 非特許文献1：“Broadband Optical Modulators”、ISBN978-1-4398-2506-8

非特許文献2：“A review of lithium niobate modulators for fiber-optic communications systems”、Selected Topics in Quantum Electronics, IEEE Journal of, 2000, Vol.6.No.1:pp 69-82

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 上記背景より、導波路型光素子において、更なる広帯域動作を可能とするため構成の実現が望まれている。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明の一の態様は、電気光学効果を有する基板上に形成された光導波路と、当該光導波路を伝搬する光波を制御する制御電極と、を備える導波路型光素子であって、前記制御電極は、前記光導波路に沿って形成された中心電極と、当該中心電極導体から所定の距離だけ隔てて前記基板の面方向において挟むように形成された接地電極と、で構成され、前記中心電極又は前記接地電極は、当該中心電極及び当該接地電極を伝搬する高周波信号の伝搬方向に沿って、それぞれが相対抗する 2 つの界面で構成される複数の界面のペアが形成されている。

本発明の他の態様によると、前記複数の界面のペアは、前記高周波の伝搬方向に沿って所定の間隔で周期的に形成されている。

本発明の他の態様によると、前記接地電極は、前記中心電極に沿って当該中心電極と対向する部分が、他の部分よりも厚さが薄く形成されており、前

記複数の界面のペアは、前記厚さが薄く形成された前記接地電極の部分以外の部分に形成されている。

本発明の他の態様によると、前記複数の界面のペアは、前記中心電極に向かう方向とは逆の方向に向かって開口を有する矩形のスリットとして形成されている。

本発明の他の態様によると、前記複数の界面のペアは、前記中心電極に向かう方向に開口を有する矩形のスリットとして形成されている。

本発明の他の態様によると、前記接地電極は、前記中心電極に沿って当該中心電極と対向する部分が、他の部分よりも厚さが薄く形成されており、前記複数の界面のペアは、前記厚さが薄く形成された前記接地電極の部分に形成されている。

本発明の他の態様によると、前記複数の界面のペアは、前記中心電極の方向に向かって開口を有する矩形のスリットとして形成されている。

本発明の他の態様によると、前記矩形のスリットは、前記接地電極の前記中心電極に近い側のエッジから当該中心電極から離れる方向に所定の距離以内の範囲にわたり、当該範囲以外の部分よりも幅が狭く形成されている。

本発明の他の態様によると、前記複数の界面のペアは、前記接地電極の深さ方向に設けられた矩形の穴として形成されている。

本発明の他の態様によると、前記複数の界面のペアは、前記中心電極の深さ方向に設けられたスリットとして形成されている。

本発明の他の態様によると、前記基板は、ニオブ酸リチウムで構成されており、前記厚さが薄く形成された前記接地電極の部分の厚さは、 $5\ \mu\text{m}$ 以下である。

本発明の他の態様によると、前記基板は、ニオブ酸リチウムで構成されており、前記基板の厚さは $4\ \mu\text{m}$ 以下である。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の第1の実施形態に係る導波路型光素子の構成を示す図である。

[図2]図1に示す導波路型光素子のAA矢視断面の斜視図である。

[図3]図 1 に示す導波路型光素子における、中心電極と接地電極とにより構成される分布定数線路の等価回路である。

[図4]本発明の第 2 の実施形態に係る導波路型光素子の構成を示す図である。

[図5]図 5 に示す導波路型光素子の B B 矢視断面の斜視図である。

[図6]本発明の第 3 の実施形態に係る導波路型光素子の構成を示す図である。

[図7]図 6 に示す導波路型光素子の C C 矢視断面の斜視図である。

[図8]本発明の第 4 の実施形態に係る導波路型光素子の構成を示す図である。

[図9]図 8 に示す導波路型光素子の D D 矢視断面の斜視図である。

[図10]本発明の第 5 の実施形態に係る導波路型光素子の構成を示す図である。

[図11]図 1 0 に示す導波路型光素子の E E 矢視断面の斜視図である。

[図12]本発明の第 6 の実施形態に係る導波路型光素子の構成を示す図である。

[図13]図 1 2 に示す導波路型光素子の F F 矢視断面の斜視図である。

[図14]図 1 2 に示す導波路型光素子における、中心電極と接地電極とにより構成される分布定数線路の等価回路である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。以下に示す実施形態は、マッハツェンダ型光導波路で構成される光変調器である。しかし、本発明に係る導波路型光素子は、これに限らず、C P W型電極を構成する制御電極により動作するマッハツェンダ型光導波路、方向性結合器型光導波路、Y分岐型光導波路、その他のタイプの光導波路で構成された光変調器、光スイッチ、その他の機能を有する導波路型光素子に、一般に適用することができる。

[0015] [第 1 実施形態]

まず、本発明の第 1 の実施形態について説明する。

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る導波路型光素子の構成を示す図である。

本導波路型光素子 10 は、マッハツェンダ型光変調器であり、基板 100 上に形成されたマッハツェンダ (MZ、Mach-Zehnder) 型光導波路 102 と、CPW 型電極を構成する中心電極 104 及び 2 つの接地電極 106、108 と、を有する。

[0016] 基板 100 は、電気光学材料であるニオブ酸リチウム (LN) から成る基板であり、例えば X カットの LN 基板である。MZ 型光導波路 102 は、並行導波路 110、112 を有し、並行導波路 110、112 に挟まれた基板 100 面上の領域に、当該並行導波路 110、112 と平行に中心電極 104 が形成されている。また、並行導波路 110、112 を挟んで中心電極 104 と対向する側に、それぞれ、中心電極 104 から所定の距離だけ離れた位置に、接地電極 106、108 が形成されている。これらの中心電極 104、接地電極 106、108 は、並行導波路 110、112 を伝搬する光波を制御する制御電極を構成する。より詳細には、中心電極 104 と接地電極 106 とが、並行導波路 110 を伝搬する光波を制御する制御電極を構成し、中心電極 104 と接地電極 108 とが、並行導波路 112 を伝搬する光波を制御する制御電極を構成している。

[0017] 高周波信号は、中心電極 104 の図示左下側の端部から入力され、図示右下側端部に向かって伝搬して、例えば当該端部に接続された終端抵抗 (不図示) により終端される。

[0018] 接地電極 106 は、中心電極 104 に沿って当該中心電極 104 と対向する部分 (以下、対向部分) 106a と、それ以外の部分 (以下、後背部分) 106b とで構成されており、対向部分 106a は、後背部分 106b よりも厚さが薄くなっている。同様に、接地電極 108 は、中心電極 104 に沿って当該中心電極 104 と対向する部分 (以下、対向部分) 108a と、それ以外の部分 (以下、後背部分) 108b とで構成されており、対向部分 108a は、後背部分 108b よりも厚さが薄くなっている。

[0019] 特に、本実施形態では、接地電極 106 の後背部分 106b と、接地電極 108 の後背部分 108b とに、それぞれ、高周波信号の伝搬方向 (すなわ

ち、中心電極 104、接地電極 106、108 の長さ方向) に沿って、中心電極 104 に向かう方向とは逆の方向に向かって開口を有する平面視が矩形のスリット 116a~116k、118a~118k が設けられている。これらの矩形のスリット 116a~116k、118a~118k により、接地電極 106 の後背部分 106b と、接地電極 108 の後背部分 108b とには、それぞれ、高周波信号の伝搬方向に沿って、それぞれが相対抗する 2 つの界面 (すなわち、対応する接地電極 106 又は 108 の電極材料の表面) で構成される複数の界面のペアが形成される。

[0020] 図 2 は、図 1 に示す導波路型光素子 10 の AA 矢視断面の斜視図であり、AA 断面と共に当該 AA 断面につながる基板 100 の上面の一部が示されている。接地電極 106 及び 108 は、それぞれ、中心電極 104 に沿って当該中心電極 104 と対向する対向部分 106a、108a と、後背部分 106b、108b とで構成されており、対向部分 106a、108a は、当該後背部分 106b、108b よりも厚さが薄く形成されている。これにより、中心電極 104 と接地電極 106、108 とのインピーダンスが、当該中心電極 104、接地電極 106、108 に接続される駆動回路 (不図示) の出力インピーダンスと整合される。対向部分 106a、108a は、上記インピーダンスを 30~50Ω に整合する場合には、例えば 5μm 以下の厚さで形成される。また、後背部分 106b、108b の図示部分には、スリット 116h、116i、及び 118h、118i が設けられている。

[0021] 上記の構成を有する導波路型光素子 10 では、高周波信号の伝搬方向に沿って、接地電極 106 の後背部分 106b と、接地電極 108 の後背部分 108b とにそれぞれ設けられた矩形のスリット 116a~116k、118a~118k により、それぞれが相対抗する 2 つの界面で構成される複数の界面のペアが形成される。これらの界面のペアが、それぞれコンデンサとして機能する。このため、中心電極 104 と接地電極 106、108 とにより構成される分布定数線路の特性インピーダンスに付加的な容量成分が追加されることとなり、当該線路の S21 特性に共鳴点が生じて、広帯域動作が可

能となる。

[0022] 図3は、図1に示す導波路型光素子10における、中心電極104と接地電極106、108とにより構成される分布定数線路の等価回路である。L300、R302は、それぞれ、スリット116a~116k、118a~118kがない場合の、中心電極104、接地電極106、108のインダクタンス成分及び直流抵抗成分である。C304、R306は、それぞれ、中心電極104と接地電極106、108との間のキャパシタンス成分及び絶縁抵抗成分である。本実施形態の導波路型光素子10では、スリット116a~116k、118a~118kがあることにより、これらのスリットが構成する相対抗する2つの界面がコンデンサとして機能し、接地電極106、108に付加的なキャパシタンスC308が、並列に追加されることとなる。これにより、上述のように、中心電極104と接地電極106、108とにより構成される分布定数線路のS21特性に共鳴点が生じ、広帯域動作が可能となる。

[0023] なお、スリット116a~116k、118a~118kは、等間隔で周期的に配されていることが望ましいが、不等間隔で非周期的に配するものとしてもよい。また、このような電極構成は、基板100に付加的な応力を発生させないため、光波と高周波との間の速度整合のために基板100の厚さを例えば4 μ m以下とした場合にも有効に適用することが可能である。

[0024] [第2実施形態]

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。

図4は、本発明の第2の実施形態に係る導波路型光素子の構成を示す図である。なお、図4及び後述する図5においては、図1及び図2に示す第1の実施形態に係る導波路型光素子10と同じ構成要素については、図1及び図2と同じ符号を用いるものとし、上述した第1の実施形態に係る導波路型光素子10における説明を援用するものとする。

[0025] 本導波路型光素子40は、第1の実施形態に係る導波路型光素子10と同様の構成を有するが、接地電極106、108に代えて、接地電極406、

408を備える。接地電極406、408は、接地電極106、108と同様の構成を有するが、対向部分106a、108a及び後背部分106b、108bに代えて、対向部分406a、408a及び後背部分406b、408bを有する点異なる。対向部分406a、408a及び後背部分406b、408bは、対向部分106a、108a及び後背部分106b、108bと同様の構成を有する。しかし、後背部分406b、408bにスリットが設けられていない。対向部分406a、408aに、それぞれ、高周波信号の伝搬方向（すなわち、中心電極104、接地電極406、408の長さ方向）に沿って、中心電極104に向かう方向に向かって開口を有する平面視が矩形のスリット416a～416k、418a～418kが設けられている。

[0026] これらの矩形のスリット416a～416k、418a～418kにより、接地電極406の対向部分406aと、接地電極408の対向部分408aとには、それぞれ、高周波信号の伝搬方向に沿って、それぞれが相対抗する2つの界面（すなわち、対応する接地電極406又は408の電極材料の表面）で構成される複数の界面のペアが形成される。

[0027] 図5は、図4に示す導波路型光素子40のBB矢視断面の斜視図であり、BB断面と共に当該BB断面につながる基板100の上面の一部が示されている。接地電極406及び408は、それぞれ、中心電極104に沿って当該中心電極104と対向する対向部分406a、408aと、後背部分406b、408bとで構成されている。対向部分406a、408aは、当該後背部分406b、408bよりも厚さが薄く形成されている。これにより、中心電極104と接地電極406、408とのインピーダンスが、当該中心電極104、接地電極406、408に接続される駆動回路（不図示）の出力インピーダンスと整合される。対向部分406a、408aは、上記インピーダンスを30～50Ωに整合する場合には、例えば5μm以下の厚さで形成される。また、対向部分408aの図示部分には、スリット418g、418h、418iが設けられている。

[0028] 上記の構成を有する導波路型光素子40では、高周波信号の伝搬方向に沿って、接地電極406の対向部分406aと、接地電極408の対向部分408aとにそれぞれ設けられた矩形のスリット416a～416k、418a～418kにより、それぞれが相対抗する2つの界面で構成される複数の界面のペアが形成される。これらの界面のペアが、それぞれコンデンサとして機能する。このため、第1の実施形態に係る導波路型光素子10と同様に、中心電極104と接地電極406、408とにより構成される分布定数線路の特性インピーダンスに付加的な容量成分が追加されることとなる。さらに、当該線路のS21特性に共鳴点が生じて、広帯域動作が可能となる。

[0029] なお、スリット416a～416k、418a～418kは、等間隔で周期的に配することが望ましいが、不等間隔で非周期的に配するものとしてもよい。また、このような電極構成は、基板100に付加的な応力を発生させないため、光波と高周波との間の速度整合のために基板100の厚さを例えば4 μ m以下とした場合にも有効に適用することが可能である。

[0030] [第3実施形態]

次に、本発明の第3の実施形態について説明する。

図6は、本発明の第3の実施形態に係る導波路型光素子の構成を示す図である。なお、図6及び後述する図7においては、図1及び図2に示す第1の実施形態に係る導波路型光素子10と同じ構成要素については、図1及び図2と同じ符号を用いるものとし、上述した第1の実施形態に係る導波路型光素子10における説明を援用するものとする。

[0031] 本導波路型光素子60は、第1の実施形態に係る導波路型光素子10と同様の構成を有するが、接地電極106、108に代えて、接地電極606、608を備える。接地電極606、608は、接地電極106、108と同様の構成を有する。しかし、対向部分106a、108a及び後背部分106b、108bに代えて、対向部分606a、608a及び後背部分606b、608bを有する点異なる。対向部分606a、608a及び後背部分606b、608bは、対向部分106a、108a及び後背部分106

b、108bと同様の構成を有する。しかし、後背部分606b、608bに、それぞれ、高周波信号の伝搬方向（すなわち、中心電極104、接地電極606、608の長さ方向）に沿って、中心電極104に向かう方向に向かって開口を有する平面視が矩形のスリット616a～616k、618a～618kが設けられている。

[0032] これらの矩形のスリット616a～616k、618a～618kにより、接地電極606の後背部分606bと、接地電極608の後背部分608bとには、それぞれ、高周波信号の伝搬方向に沿って、それぞれが相対抗する2つの界面（すなわち、対応する接地電極606又は608の電極材料の表面）で構成される複数の界面のペアが形成される。

[0033] 図7は、図6に示す導波路型光素子60のCC矢視断面の斜視図であり、CC断面と共に当該CC断面につながる基板100の上面の一部が示されている。接地電極606及び608は、それぞれ、中心電極104に沿って当該中心電極104と対向する対向部分606a、608aと、後背部分606b、608bとで構成されており、対向部分606a、608aは、当該後背部分606b、608bよりも厚さが薄く形成されている。これにより、中心電極104と接地電極606、608とのインピーダンスが、当該中心電極104、接地電極606、608に接続される駆動回路（不図示）の出力インピーダンスと整合される。対向部分606a、608aは、上記インピーダンスを30～50Ωに整合する場合には、例えば5μm以下の厚さで形成される。また、後背部分606b、608bの図示部分には、スリット616g、616h、616i、及び618g、618h、618iが設けられている。

[0034] 上記の構成を有する導波路型光素子60では、高周波信号の伝搬方向に沿って、接地電極606の後背部分606bと、接地電極608の後背部分608bとにそれぞれ設けられた矩形のスリット616a～616k、618a～618kにより、それぞれが相対抗する2つの界面で構成される複数の界面のペアが形成される。そして、これらの界面のペアが、それぞれコンデ

ンサとして機能する。このため、第1の実施形態に係る導波路型光素子10と同様に、中心電極104と接地電極606、608とにより構成される分布定数線路の特性インピーダンスに付加的な容量成分が追加される。その結果、当該線路のS21特性に共鳴点が生じて、広帯域動作が可能となる。

[0035] なお、スリット616a～616k、618a～618kは、等間隔で周期的に配することが望ましいが、不等間隔で非周期的に配するものとしてもよい。また、このような電極構成は、基板100に付加的な応力を発生させないため、光波と高周波との間の速度整合のために基板100の厚さを例えば4 μ m以下とした場合にも有効に適用することが可能である。

[0036] [第4実施形態]

次に、本発明の第4の実施形態について説明する。

図8は、本発明の第4の実施形態に係る導波路型光素子の構成を示す図である。なお、図8及び後述する図9においては、図1及び図2に示す第1の実施形態に係る導波路型光素子10と同じ構成要素については、図1及び図2と同じ符号を用いるものとし、上述した第1の実施形態に係る導波路型光素子10における説明を援用するものとする。

[0037] 本導波路型光素子80は、第1の実施形態に係る導波路型光素子10と同様の構成を有するが、接地電極106、108に代えて、一定の一樣な厚さを有する接地電極806、808を備える。接地電極806、808には、それぞれ、高周波信号の伝搬方向（すなわち、中心電極104、接地電極806、808の長さ方向）に沿って、接地電極806、808の深さ方向（厚さ方向）に矩形のトレンチ816a～816k、818a～818kが設けられている。

[0038] これらの矩形のトレンチ816a～816k、818a～818kにより、接地電極806、808には、それぞれ、高周波信号の伝搬方向に沿って、それぞれが相対抗する2つの界面（すなわち、対応する接地電極806又は808の電極材料の表面）で構成される複数の界面のペアが形成される。

[0039] 図9は、図8に示す導波路型光素子80のDD矢視断面の斜視図である。

DD断面と共に当該DD断面につながる基板100の上面の一部が示されている。接地電極806及び808の図示部分には、トレンチ816g、816h、816i、及び818g、818h、818iが設けられている。

[0040] 上記の構成を有する導波路型光素子80では、高周波信号の伝搬方向に沿って接地電極806、808にそれぞれ設けられた矩形のトレンチ816a～816k、818a～818kにより、それぞれが相対抗する2つの界面で構成される複数の界面のペアが形成される。これらの界面のペアが、それぞれコンデンサとして機能する。このため、第1の実施形態に係る導波路型光素子10と同様に、中心電極104と接地電極806、808とにより構成される分布定数線路の特性インピーダンスに付加的な容量成分が追加されることとなり、当該線路のS21特性に共鳴点が生じて、広帯域動作が可能となる。

[0041] なお、トレンチ816a～816k、818a～818kは、等間隔で周期的に配することが望ましいが、不等間隔で非周期的に配するものとしてもよい。また、このような電極構成は、基板100に付加的な応力を発生させないため、光波と高周波との間の速度整合のために基板100の厚さを例えば4 μ m以下とした場合にも有効に適用することが可能である。

[0042] [第5実施形態]

次に、本発明の第5の実施形態について説明する。

図10は、本発明の第5の実施形態に係る導波路型光素子の構成を示す図である。なお、図10及び後述する図11においては、図1及び図2に示す第1の実施形態に係る導波路型光素子10と同じ構成要素については、図1及び図2と同じ符号を用いるものとし、上述した第1の実施形態に係る導波路型光素子10における説明を援用するものとする。

[0043] 本導波路型光素子1000は、第1の実施形態に係る導波路型光素子10と同様の構成を有するが、接地電極106、108に代えて、一定の一樣な厚さを有する接地電極1006、1008を備え、中心電極104に代えて、中心電極1004を備える。中心電極1004には、高周波信号の伝搬方

向（すなわち、中心電極 1004、接地電極 1006、1008 の長さ方向）に沿って、中心電極 1004 の上方（基板 100 から離れる方向。すなわち、図 10 の紙面手前方向。）に開いた矩形のスリット 1014 a ~ 1014 k が設けられている。

[0044] これらの矩形のスリット 1014 a ~ 1014 k により、中心電極 1004 には、高周波信号の伝搬方向に沿って、それぞれが相対抗する 2 つの界面（すなわち、中心電極 1004 の電極材料の表面）で構成される複数の界面のペアが形成される。

[0045] 図 11 は、図 10 に示す導波路型光素子 1000 の EE 矢視断面の斜視図であり、EE 断面と共に当該 EE 断面につながる基板 100 の上面の一部が示されている。一定の様な厚さを有する接地電極 1006、1008 と、中心電極 1004 とが設けられており、中心電極 1004 の図示部分には、スリット 1014 g、1014 h、1014 i が設けられている。

[0046] 上記の構成を有する導波路型光素子 1000 では、高周波信号の伝搬方向に沿って中心電極 1004 に設けられた矩形のスリット 1014 a ~ 1014 k により、それぞれが相対抗する 2 つの界面で構成される複数の界面のペアが形成される。これらの界面のペアが、それぞれコンデンサとして機能する。このため、第 1 の実施形態に係る導波路型光素子 10 と同様に、中心電極 1004 と接地電極 1006、1008 とにより構成される分布定数線路の特性インピーダンスに付加的な容量成分が追加されることとなり、当該線路の S₂₁ 特性に共鳴点が生じて、広帯域動作が可能となる。

[0047] なお、スリット 1014 a ~ 1014 k は、等間隔で周期的に配することが望ましいが、不等間隔で非周期的に配するものとしてもよい。また、このような電極構成は、基板 100 に付加的な応力を発生させないため、光波と高周波との間の速度整合のために基板 100 の厚さを例えば 4 μ m 以下とした場合にも有効に適用することが可能である。

[0048] [第 6 実施形態]

次に、本発明の第 6 の実施形態について説明する。

図１２は、本発明の第６の実施形態に係る導波路型光素子の構成を示す図である。なお、図１２及び後述する図１３においては、図１及び図２に示す第１の実施形態に係る導波路型光素子１０と同じ構成要素については、図１及び図２と同じ符号を用いるものとし、上述した第１の実施形態に係る導波路型光素子１０における説明を援用するものとする。

[0049] 本導波路型光素子１２００は、第１の実施形態に係る導波路型光素子１０と同様の構成を有するが、接地電極１０６、１０８に代えて、接地電極１２０６、１２０８を備える。

接地電極１２０６、１２０８は、接地電極１０６、１０８と同様の構成を有するが、対向部分１０６ａ、１０８ａ及び後背部分１０６ｂ、１０８ｂに代えて、対向部分１２０６ａ、１２０８ａ及び後背部分１２０６ｂ、１２０８ｂを有する点異なる。対向部分１２０６ａ、１２０８ａ及び後背部分１２０６ｂ、１２０８ｂは、対向部分１０６ａ、１０８ａ及び後背部分１０６ｂ、１０８ｂと同様の構成を有する。しかし、後背部分１２０６ｂ、１２０８ｂにはスリットが設けられておらず、対向部分１２０６ａ、１２０８ａに、それぞれ、高周波信号の伝搬方向（すなわち、中心電極１０４、接地電極１２０６、１２０８の長さ方向）に沿って、中心電極１０４に向かって開口を有するスリット１２１６ａ～１２１６ｋ、１２１８ａ～１２１８ｋが設けられている。

[0050] また、スリット１２１６ａ～１２１６ｋ、１２１８ａ～１２１８ｋは、それぞれ、接地電極１２０６、１２０８の対向部分１２０６ａ、１２０８ａの中心電極１０４に近い側のエッジから当該中心電極１０４から離れる方向に所定の距離以内の範囲の開口部において、それ以外の部分のよりも幅が狭く形成されている。

[0051] これらの矩形のスリット１２１６ａ～１２１６ｋ、１２１８ａ～１２１８ｋにより、接地電極４０６の対向部分１２０６ａと、接地電極１２０８の対向部分１２０８ａとには、それぞれ、高周波信号の伝搬方向に沿って、それぞれが相対抗する２つの界面（すなわち、対応する接地電極１２０６又は１

208の電極材料の表面)で構成される複数の界面のペアが形成される。

[0052] 図13は、図12に示す導波路型光素子1200のFF矢視断面の斜視図であり、FF断面と共に当該FF断面につながる基板100の上面の一部が示されている。接地電極1206及び1208は、それぞれ、中心電極104に沿って当該中心電極104と対向する対向部分1206a、1208aと、後背部分1206b、1208bとで構成される。対向部分1206a、1208aは、当該後背部分1206b、1208bよりも厚さが薄く形成されている。これにより、中心電極104と接地電極1206、1208とのインピーダンスが、当該中心電極104、接地電極1206、1208に接続される駆動回路(不図示)の出力インピーダンスと整合される。対向部分1206a、1208aは、上記インピーダンスを30~50Ωに整合する場合には、例えば5μm以下の厚さで形成される。また、対向部分1208aの図示部分には、スリット1218h、1218iが設けられている。

[0053] 上記の構成を有する導波路型光素子1200では、高周波信号の伝搬方向に沿って、接地電極1206の対向部分1206aと、接地電極1208の対向部分1208aとにそれぞれ設けられた矩形のスリット1216a~1216k、1218a~1218kにより、それぞれが相対抗する2つの界面で構成される複数の界面のペアが形成される。これらの界面のペアが、それぞれコンデンサとして機能する。このため、第1の実施形態に係る導波路型光素子10と同様に、中心電極104と接地電極1206、1208とにより構成される分布定数線路の特性インピーダンスに付加的な容量成分が追加されることとなり、当該線路のS21特性に共鳴点が生じて、広帯域動作が可能となる。

[0054] さらに、導波路型光素子1200では、スリット1216a~1216k、1218a~1218kが、それぞれ、接地電極1206、1208の対向部分1206a、1208aの中心電極104に近い側のエッジから当該中心電極104から離れる方向に所定の距離以内の範囲の開口部において、

それ以外の部分のよりも幅が狭く形成されている。即ち、各スリット 1216a～1216k、1218a～1218k は、それぞれ対応する後背部分 1206b、1208b を背にした C 字状のループを構成する。この C 字状のループは、それぞれコイル（インダクタンス）として機能し、中心電極 104 と接地電極 1206、1208 とにより構成される分布定数線路の特性インピーダンスに付加的なインダクタンス成分を付加して、当該線路を伝搬する高周波の伝搬速度を遅くする。

[0055] 図 14 は、図 12 に示す導波路型光素子 1200 における、中心電極 104 と接地電極 1206、1208 とにより構成される分布定数線路の等価回路である。L1400、R1402 は、それぞれ、スリット 1216a～1216k、1218a～1218k が不在の場合の、中心電極 104、接地電極 1206、1208 のインダクタンス成分及び抵抗成分である。C1404、R1406 は、それぞれ、中心電極 104 と接地電極 1206、1208 との間のキャパシタンス成分及び抵抗成分である。本実施形態の導波路型光素子 10 では、スリット 1216a～1216k、1218a～1218k があることにより、これらのスリットが構成する相対抗する 2 つの界面がコンデンサとして機能する。接地電極 1206、1208 に付加的なキャパシタンス C1408 が、並列に追加されることとなる。

[0056] また、各スリット 1216a～1216k、1218a～1218k は、それぞれ C 字形の形状によりコイルとして機能し、接地電極 1206、1208 に付加的なインダクタンス L1410 が、直列に追加されることとなる。このため、上述のように、中心電極 104 と接地電極 1206、1208 とにより構成される分布定数線路を伝搬する高周波の伝搬速度が遅くなる。これにより、従来のように基板 100 を薄くして高周波の伝搬速度を速める調整を行いつつ、これと拮抗するように、接地電極（1206、1208）の形状寸法を調整することで高周波の伝搬速度を遅くする方向の調整を行うことができるので、導波路型光素子全体としての設計自由度が向上する。これにより、上述のように、中心電極 104 と接地電極 106、108 とによ

り構成される分布定数線路が変わることによりS 2 1特性の広帯域化が可能となる。

[0057] なお、スリット1 2 1 6 a～1 2 1 6 k、1 2 1 8 a～1 2 1 8 kは、等間隔で周期的に配することが望ましいが、不等間隔で非周期的に配するものとしてもよい。また、このような電極構成は、基板1 0 0に付加的な応力を発生させないため、光波と高周波との間の速度整合のために基板1 0 0の厚さを例えば4 μ m以下とした場合にも有効に適用することが可能である。

[0058] 以上、説明したように、上述した実施形態1ないし6に記載した導波路型光素子（1 0等）では、中心電極（1 0 4等）又は接地電極（1 0 6等）に、高周波信号の伝搬方向に沿って、スリット（1 1 6 a等）やトレンチ（8 1 6 a等）が形成されることにより、それぞれが相対抗する2つの界面で構成される複数の界面のペアが形成されている。これらの界面のペアのそれぞれはコンデンサとして機能するので、上記中心電極と上記接地電極とで構成される分布定数線路のS 2 1特性に共鳴点が生じ、その結果、上記導波路型光素子の更なる広帯域動作が可能となる。

符号の説明

[0059] 1 0、4 0、6 0、8 0、1 0 0 0、1 2 0 0・・・導波路型光素子、1 0 0・・・基板、1 0 2・・・MZ型光導波路、1 0 4、1 0 0 4・・・中心電極、1 0 6、1 0 8、4 0 6、4 0 8、6 0 6、6 0 8、8 0 6、8 0 8、1 0 0 6、1 0 0 8、1 2 0 6、1 2 0 8・・・接地電極、1 0 6 a、1 0 8 a、4 0 6 a、4 0 8 a、6 0 6 a、6 0 8 a、1 2 0 6 a、1 2 0 8 a・・・対向部分、1 0 6 b、1 0 8 b、4 0 6 b、4 0 8 b、6 0 6 b、6 0 8 b、1 2 0 6 b、1 2 0 8 b・・・後背部分、1 1 0、1 2・・・並行導波路、1 1 6 a～1 1 6 k、1 1 8 a～1 1 8 k、4 1 6 a～4 1 6 k、4 1 8 a～4 1 8 k、6 1 6 a～6 1 6 k、6 1 8 a～6 1 8 k、1 0 1 4 a～1 0 1 4 k、1 2 1 6 a～1 2 1 6 k、1 2 1 8 a～1 2 1 8 k・・・スリット、8 1 6 a～8 1 6 k、8 1 8 a～8 1 8 k・・・トレンチ。

請求の範囲

- [請求項1] 電気光学効果を有する基板上に形成された光導波路と、当該光導波路を伝搬する光波を制御する制御電極と、を備える導波路型光素子であって、
- 前記制御電極は、前記光導波路に沿って形成された中心電極と、当該中心電極導体から所定の距離だけ隔てて前記基板の面方向において挟むように形成された接地電極と、で構成され、
- 前記中心電極又は前記接地電極は、当該中心電極及び当該接地電極を伝搬する高周波信号の伝搬方向に沿って、それぞれが相対抗する2つの界面で構成される複数の界面のペアが形成されている、導波路型光素子。
- [請求項2] 前記複数の界面のペアは、前記高周波の伝搬方向に沿って所定の間隔で周期的に形成されている、
- 請求項1に記載の導波路型光素子。
- [請求項3] 前記接地電極は、前記中心電極に沿って当該中心電極と対向する部分が、他の部分よりも厚さが薄く形成されており、
- 前記複数の界面のペアは、前記厚さが薄く形成された前記接地電極の部分以外の部分に形成されている、
- 請求項1又は2に記載の導波路型光素子。
- [請求項4] 前記複数の界面のペアは、前記中心電極に向かう方向とは逆の方向に向かって開口を有する矩形のスリットとして形成されている、
- 請求項3に記載の導波路型光素子。
- [請求項5] 前記複数の界面のペアは、前記中心電極に向かう方向に開口を有する矩形のスリットとして形成されている、
- 請求項3に記載の導波路型光素子。
- [請求項6] 前記接地電極は、前記中心電極に沿って当該中心電極と対向する部分が、他の部分よりも厚さが薄く形成されており、
- 前記複数の界面のペアは、前記厚さが薄く形成された前記接地電極

の部分に形成されている、

請求項 1 又は 2 に記載の導波路型光素子。

[請求項7] 前記複数の界面のペアは、前記中心電極の方向に向かって開口を有する矩形のスリットとして形成されている、

請求項 6 に記載の導波路型光素子。

[請求項8] 前記矩形のスリットは、前記接地電極の前記中心電極に近い側のエッジから当該中心電極から離れる方向に所定の距離以内の範囲にわたり、当該範囲以外の部分よりも幅が狭く形成されている、

請求項 7 に記載の導波路型光素子。

[請求項9] 前記複数の界面のペアは、前記接地電極の深さ方向に設けられた矩形の穴として形成されている、

請求項 1 又は 2 に記載の導波路型光素子。

[請求項10] 前記複数の界面のペアは、前記中心電極の深さ方向に設けられたスリットとして形成されている、

請求項 1 又は 2 に記載の導波路型光素子。

[請求項11] 前記基板は、ニオブ酸リチウムで構成されており、

前記厚さが薄く形成された前記接地電極の部分の厚さは、 $5\ \mu\text{m}$ 以下である、

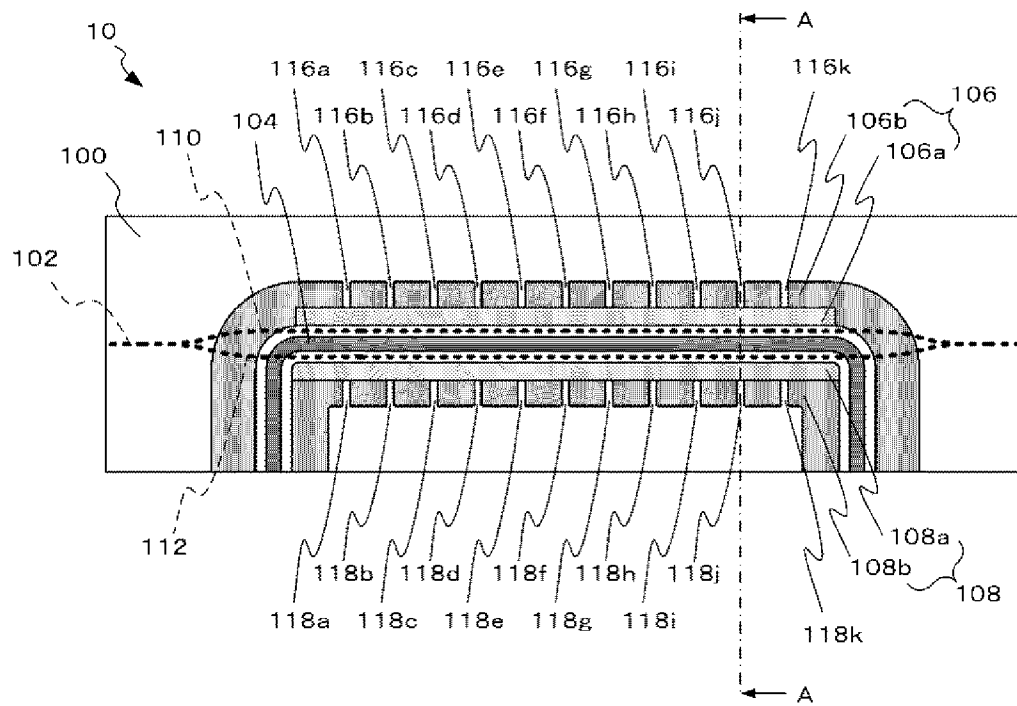
請求項 3 ないし 8 のいずれか一項に記載の導波路型光素子。

[請求項12] 前記基板は、ニオブ酸リチウムで構成されており、

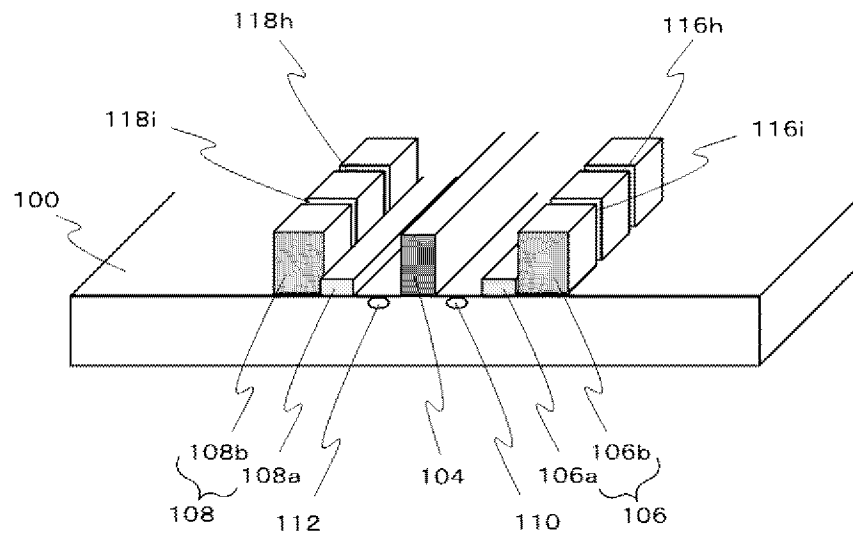
前記基板の厚さは $4\ \mu\text{m}$ 以下である、

請求項 1 ないし 11 のいずれか一項に記載の導波路型光素子。

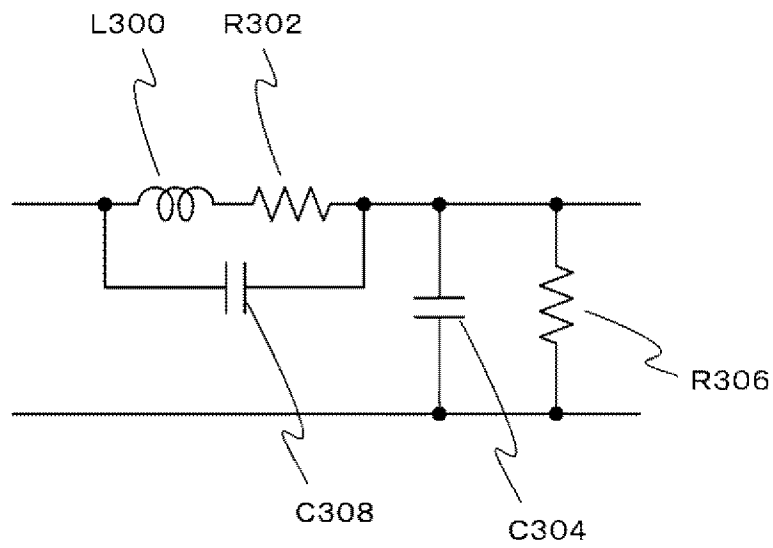
[図1]



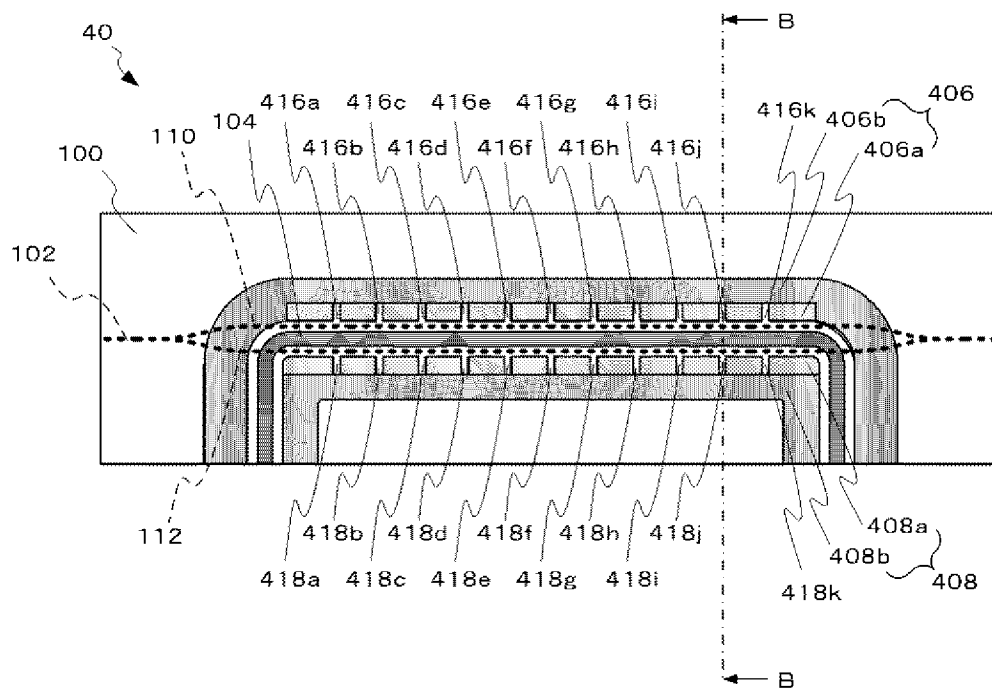
[図2]



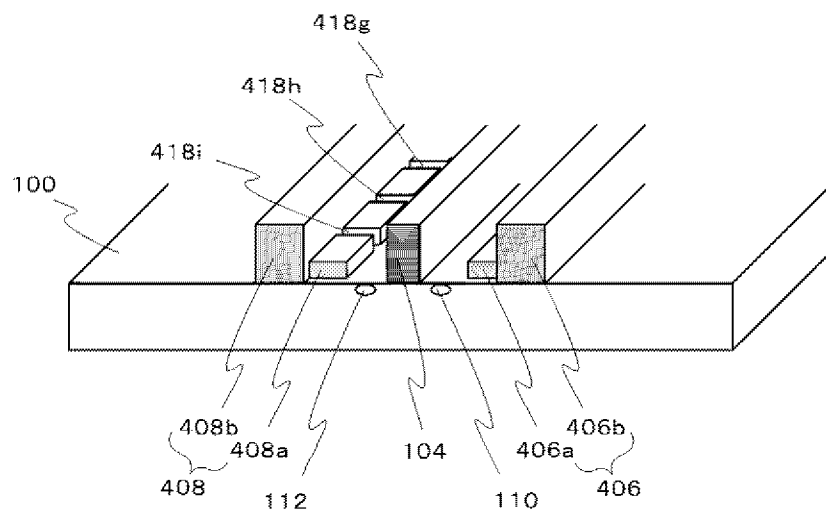
[図3]



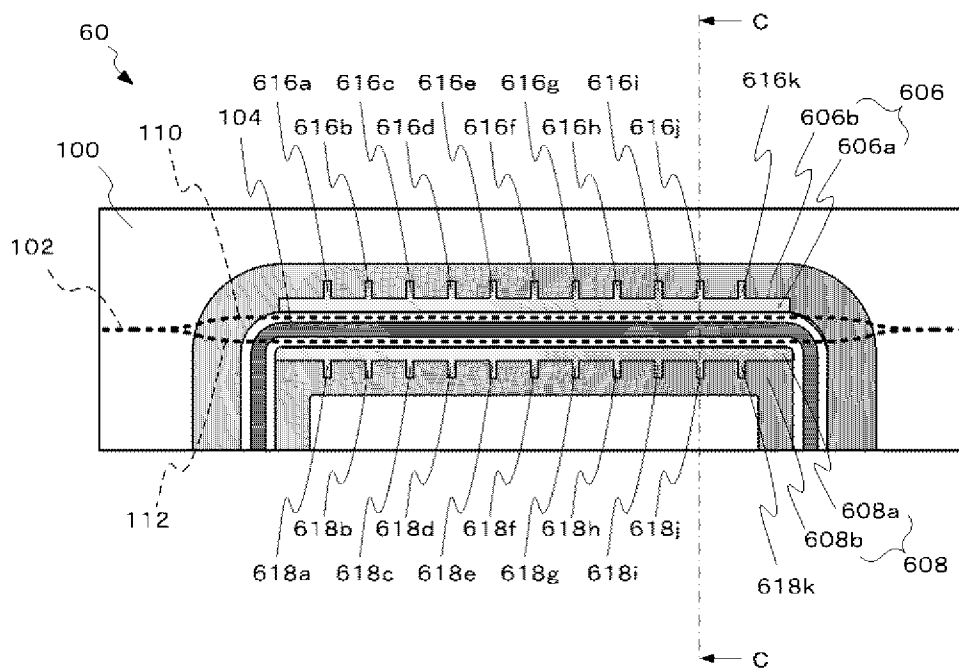
[図4]



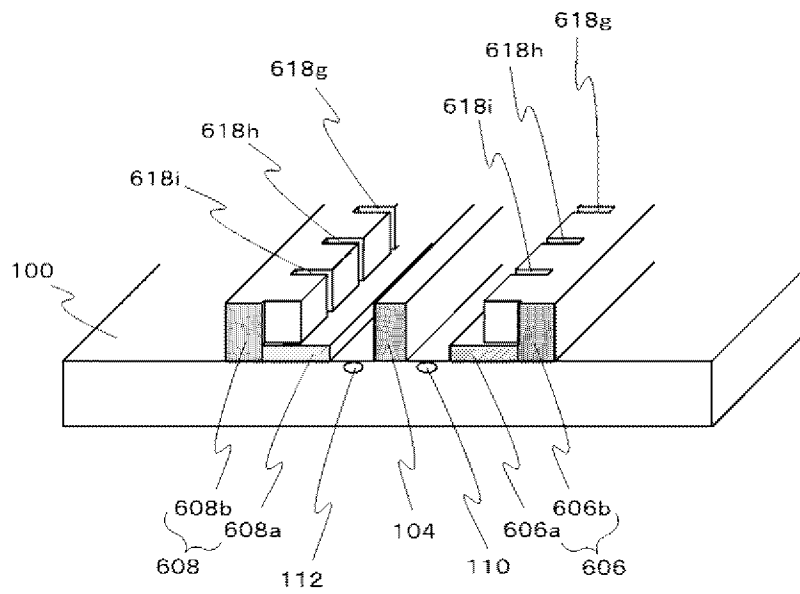
[図5]



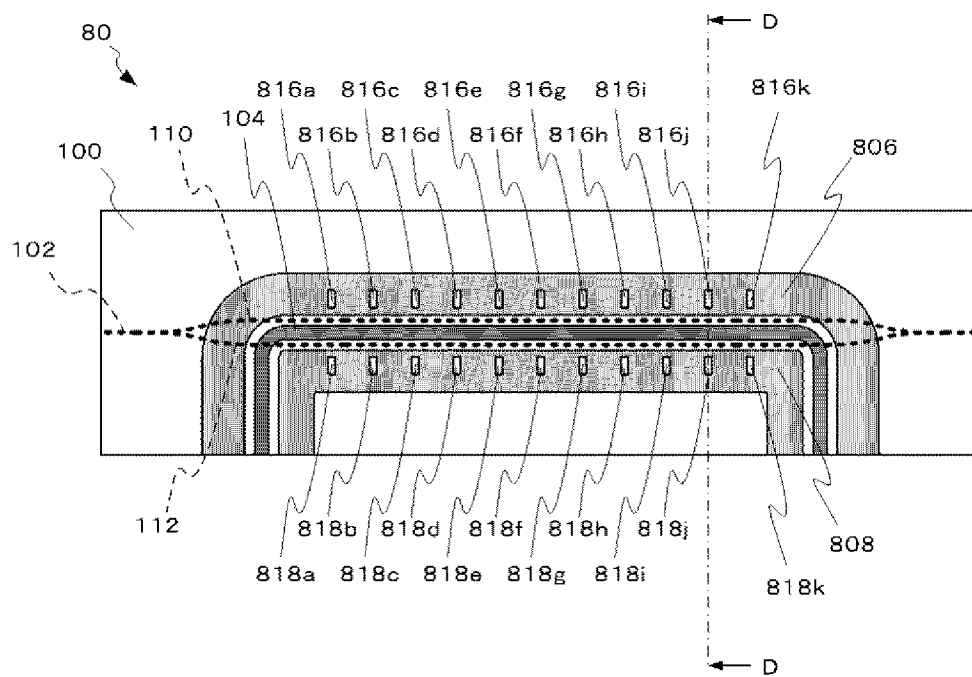
[図6]



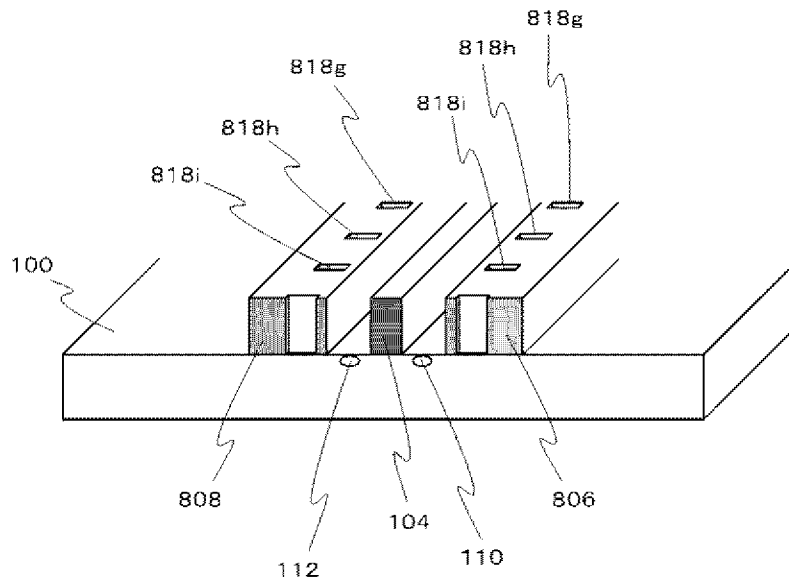
[図7]



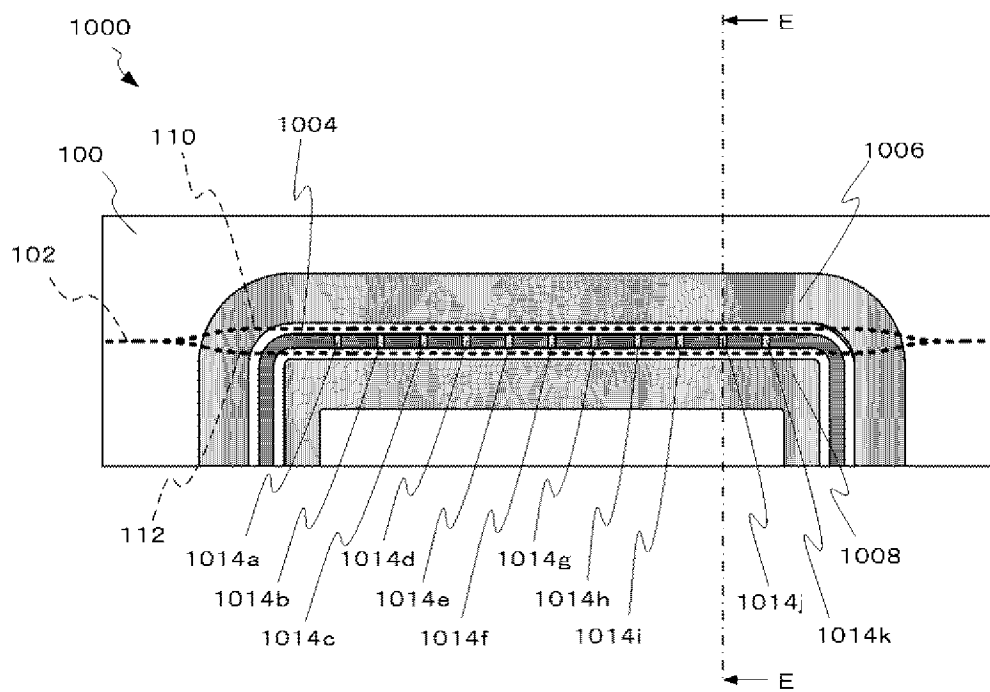
[図8]



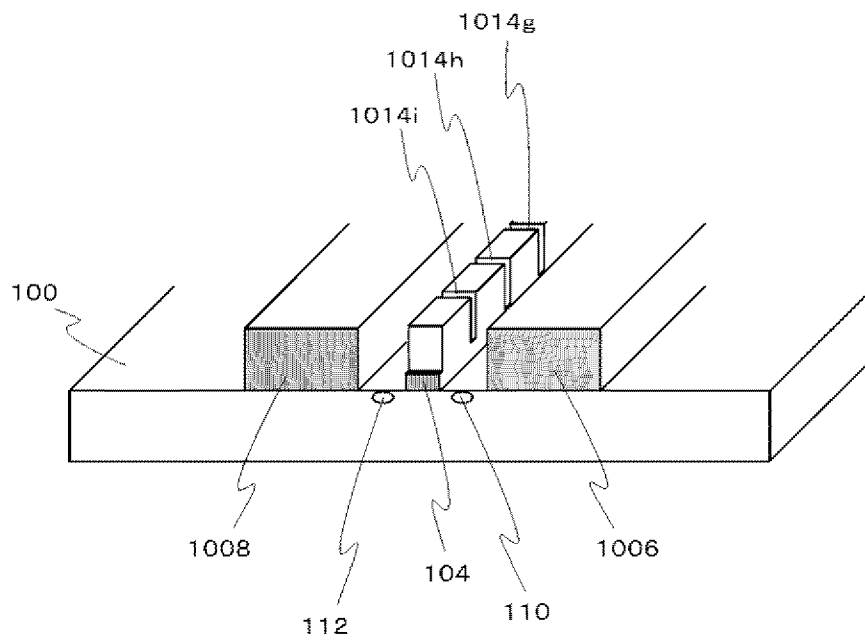
[図9]



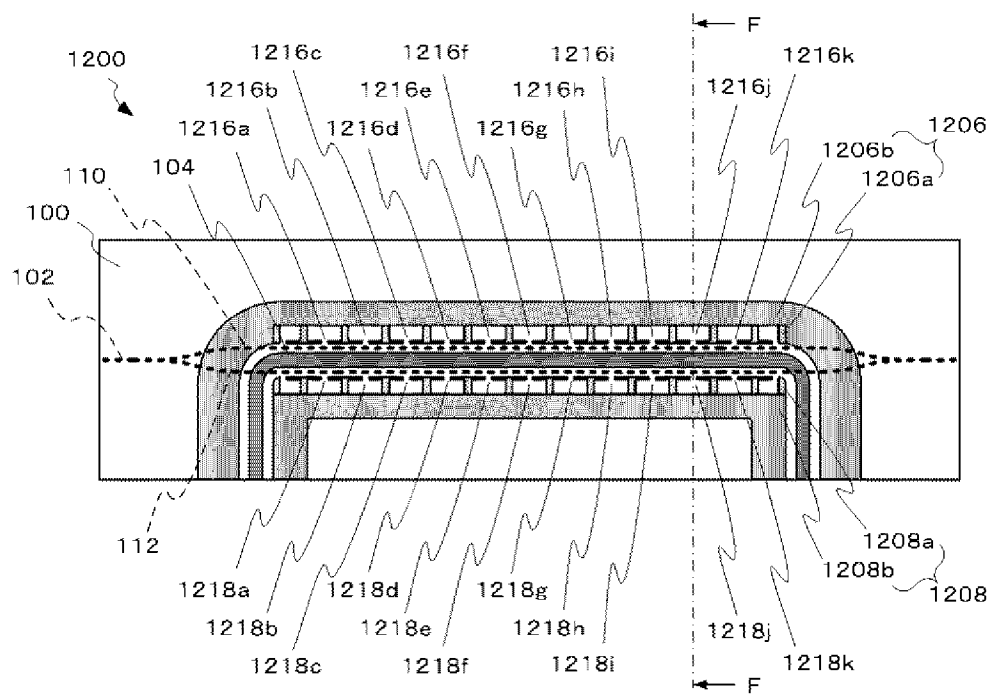
[図10]



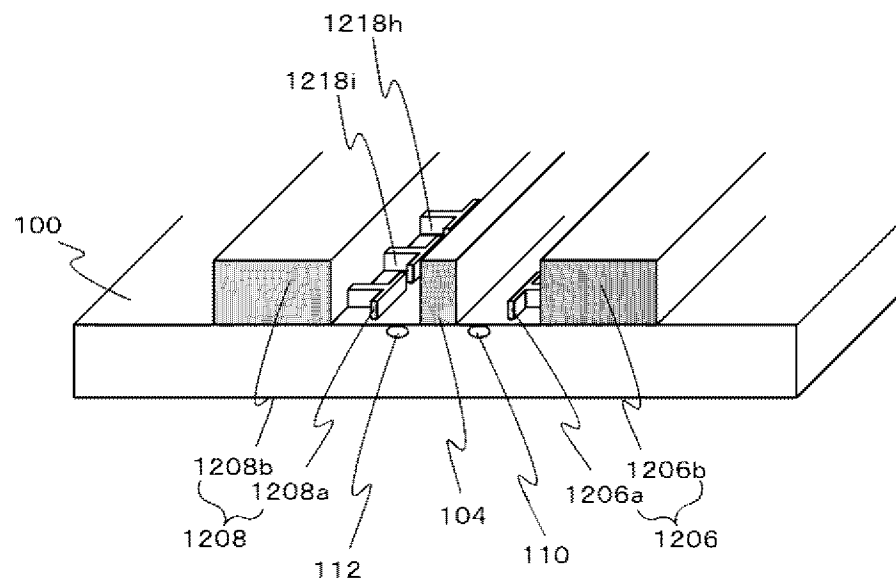
[図11]



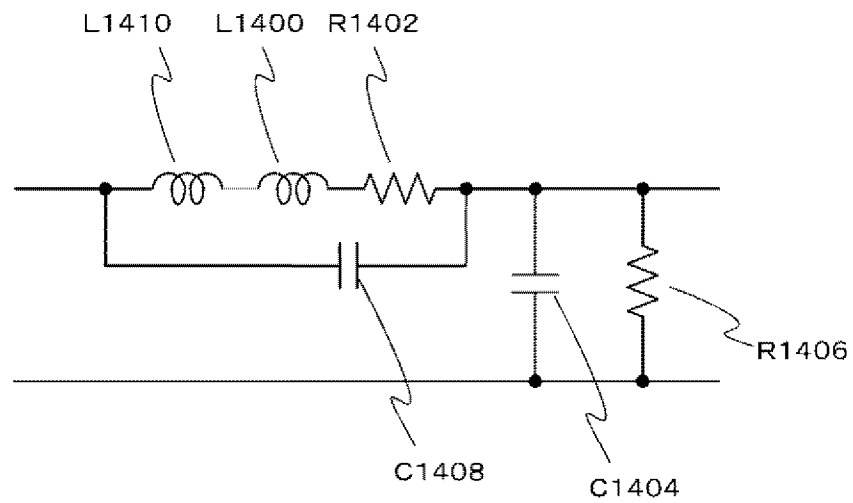
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/057396

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, 1/21-7/00

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
X Y A	US 2003/0219187 A1 (SHIMOTSU, Shinichi), 27 November 2003 (27.11.2003), paragraphs [0018] to [0022], [0026] to [0030]; fig. 2, 4 (Family: none)	1-2, 9-10 3-6, 11-12 7-8
X Y A	US 2002/0154842 A1 (BETTS, Gary E.), 24 October 2002 (24.10.2002), paragraphs [0018] to [0020]; fig. 1 & WO 02/086603 A1	1-2, 10 6-8, 11-12 3-5, 9

☒ 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
24 May 2016 (24.05.16)

Date of mailing of the international search report
07 June 2016 (07.06.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/057396

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2014-191095 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 06 October 2014 (06.10.2014), paragraphs [0052] to [0056]; fig. 7 to 10 & US 2016/0033848 A paragraphs [0061] to [0065]; fig. 7 to 10 & WO 2014/156684 A & CN 105122124 A	1-2, 9 3-6, 11-12 7-8, 10
Y	JP 2009-145816 A (NGK Insulators, Ltd.), 02 July 2009 (02.07.2009), paragraphs [0019] to [0030]; fig. 3 & US 2009/0154867 A1 paragraphs [0039] to [0050]; fig. 3 & EP 2073053 A1	3-8, 11
Y	JP 2010-256502 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 11 November 2010 (11.11.2010), paragraph [0027] (Family: none)	12

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. G02F1/00-1/125, 1/21-7/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	US 2003/0219187 A1 (SHIMOTSU, Shinichi)	1-2, 9-10
Y	2003.11.27, 段落[0018]-[0022], [0026]-[0030], 第2図, 第4図	3-6, 11-12
A	(ファミリーなし)	7-8
X	US 2002/0154842 A1 (BETTS, Gary E.)	1-2, 10
Y	2002.10.24, 段落[0018]-[0020], 第1図	6-8, 11-12
A	& WO 02/086603 A1	3-5, 9

☒ 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

24.05.2016

国際調査報告の発送日

07.06.2016

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）

廣崎 拓登

2 L

5 2 6 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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 請求項の番号
X Y A	JP 2014-191095 A (住友大阪セメント株式会社) 2014.10.06, 段落【0052】 - 【0056】, 図7-図10 & US 2016/0033848 A, 段落[0061]-[0065], 第7図-第10図 & WO 2014/156684 A & CN 105122124 A	1-2, 9 3-6, 11-12 7-8, 10
Y	JP 2009-145816 A (日本碍子株式会社) 2009.07.02, 段落【0019】 - 【0030】, 図3 & US 2009/0154867 A1, 段落[0039]-[0050], 第3図 & EP 2073053 A1	3-8, 11
Y	JP 2010-256502 A (住友大阪セメント株式会社) 2010.11.11, 段落【0027】 (ファミリーなし)	12