

(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
2015 年 10 月 8 日(08.10.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/151978 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/035 (2006.01) **G02F 1/03** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/059234
- (22) 国際出願日: 2015 年 3 月 25 日(25.03.2015)
- (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 2014-073504 2014 年 3 月 31 日(31.03.2014) 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 2 8 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 宮崎 徳一(MIYAZAKI Norikazu); 〒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). 一明 秀樹(ICHIMEI Hideki); 〒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).

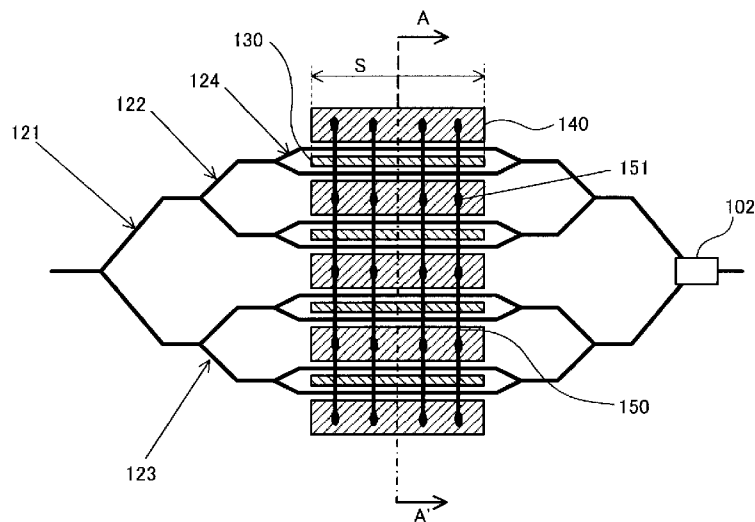
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, 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).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: LIGHT-CONTROL ELEMENT

(54) 発明の名称: 光制御素子



(57) Abstract: The purpose of this invention is to provide a light-control element that makes it possible to reduce inter-electrode crosstalk even if the width of said light-control element is reduced. Said light-control element, which has a substrate that exhibits an electro-optic effect, optical waveguides (121 through 124) formed on said substrate, and modulating electrodes that modulate light waves propagating through said optical waveguides, is characterized in that: the modulating electrodes comprise two or more signal electrodes (130) and ground electrodes (140) laid out so as to sandwich said signal electrodes; an acting section (S) of the modulating electrodes, said acting section (S) being the section where the modulating electrodes exert a modulating effect on the light waves, is provided with an electrical connection means that is laid out so as to straddle parts of the signal electrodes and electrically connects the ground electrodes laid out between signal electrodes to the other ground electrodes; and said electrical connection means is designed so as to connect at least a plurality of ground electrodes to each other via a single conductive wire (150).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/151978 A1



光制御素子の狭幅化を行っても、電極間のクロストークを抑制することが可能な光制御素子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と、該基板に形成された光導波路（１２１～１２４）と、該光導波路を伝播する光波を変調する変調電極とを有する光制御素子において、該変調電極は、少なくとも二つの信号電極１３０と該信号電極を挟むように配置された接地電極１４０から構成され、該変調電極が該光波に変調作用を及ぼしている該変調電極の作用部分Ｓには、二つの該信号電極の間に配置された該接地電極と、それ以外の該接地電極とを電氣的に接続すると共に、該信号電極の一部を跨ぐように配置された電氣的接続手段が設けられ、該電氣的接続手段は、少なくとも複数の接地電極の間を１本の導電線１５０で接続するよう構成されていることを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：光制御素子

技術分野

[0001] 本発明は、光制御素子に関し、特に、変調電極に2つ以上の信号電極を有する光制御素子に関する。

背景技術

[0002] ニオブ酸リチウムなどの電気光学効果を有する基板に、光導波路と変調電極を形成し、該光導波路を伝播する光波を該変調電極で変調を光制御素子が実用化されている。近年では、光通信分野などでの通信速度の高速化または通信データの大容量化等のニーズに応えるため、差動四相位相偏移変調（D Q P S K変調, Differential Quadrature Phase Shift Keying）方式など複数のマッハツェンダー型光導波路（M Z型光導波路）を複数の変調信号で駆動することが行われている。また、偏波合成を利用したD P－Q P S K変調器などコヒーレント多値通信用に複数の信号電極を備えた集積型変調器も利用されている。

[0003] 複数の光導波路と複数の信号電極を有している光制御素子においては、各信号電極には異なる変調信号が入力される場合が多く、各々の光導波路に互いに異なる変調信号が印加されるように構成されている。このため、特定の光導波路に予め定められた変調信号以外の電界が作用すると、信号光の消光比などの光制御素子の光学特性が劣化する原因となる。このような現象はクロストークと呼ばれている。

[0004] 電極間のクロストークを抑制するには、光導波路の間隔または電極の間隔を広げることが効果的ではあるが、このような対策は光制御素子のサイズが大きくなる原因となり、好ましくない。また、特許文献1に示すように、光導波路又は信号電極の間に溝を形成する方法も提案されているが、光制御素子の製造工程に溝を設ける工程が別途追加されるので、製造時間及びコストが増加することとなる。また、30 μ m以下の厚みを有する基板を使用した

光制御素子では、溝自体が形成できないか、形成できても基板が破損し易くなるなどの不具合を生じる。

[0005] また、変調信号の周波数が広帯域化するに従い、信号電極を挟む接地電極同士に動作状態に対応した局所的な電位差が発生する。このため、信号電極と該信号電極を挟む接地電極との間に発生する電界の変化が、信号電極の左右で異なる現象が生じる。光導波路にこのような電界が印加されると、意図した変調動作が期待できず、光制御素子の変調特性が大幅に劣化することとなる。

[0006] このような問題を解消するため、本出願人は、特許文献2において、図1及び2に示すように、2つ以上の信号電極（31，32）が並んだ光制御素子で、変調作用部に接地電極（41，42，43）同士を金線（51，52）でボンディングすることを提案した。この提案により、作用部の高周波的な接地電位が安定し、電極間のクロストークを抑制し広帯域周波数で安定した変調動作が可能となることを示した。図2は、図1の一点鎖線A-A'における断面図である。上述した以外の各符号は、基板1、光導波路（21～23）、接地電極（44～46）、金線などのボンディング接続線路（53，54）を示す。

[0007] 通常、接地電極の接続にはワイヤーボンディングなどの手段が用いられる。ボンディング部は、金などのボンディング線を、針形状のボンディングツールを用いて、超音波でボンディング（熱超音波圧着）される。一般に用いられる細線の金線は20～30 μm であり、その場合でもボンディング部として100 μm 程度のスペースが必要である。

[0008] 一方、光制御素子の低コスト化または小型化のためには、光制御素子をより狭幅化する必要がある。そのためには信号電極間隔をより狭くする必要があり、それに応じて信号電極間の接地電極幅がより狭くなり、例えば幅200 μm 以下のものも用いられる。このような場合に、ボンディング部の位置ずれなどによってボンディング部と信号電極の短絡が発生したり、またはスペース不足でボンディングができないということが発生した。このような問

題は、4つのMZ構造が並列するDP-QPSK変調器等の高集積化した光制御素子ではより顕著となる。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開2009-53444号公報

特許文献2：特許第5067464号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 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、光制御素子の狭幅化を行っても、電極間のクロストークを抑制することが可能な光制御素子を提供することである。

課題を解決するための手段

[0011] 上記課題を解決するため、本発明の光制御素子は以下のような技術的特徴を有する。

(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、該光導波路を伝播する光波を変調する変調電極とを有する光制御素子において、該変調電極は、少なくとも二つの信号電極と該信号電極を挟むように配置された接地電極から構成され、該変調電極が該光波に変調作用を及ぼしている該変調電極の作用部分には、二つの該信号電極の間に配置された該接地電極と、それ以外の該接地電極とを電氣的に接続すると共に、該信号電極の一部を跨ぐように配置された電氣的接続手段が設けられ、該電氣的接続手段は、少なくとも複数の接地電極の間を1本の導電線で接続するよう構成されていることを特徴とする。

[0012] (2) 上記(1)に記載の光制御素子において、該電氣的接続手段は、該導電線を複数本並べて配置し、該信号電極が延在する方向に対して隣接する導電線の間隔Lは、該信号電極を伝搬する変調信号の周波数における波長 λ に対し、4分の1未満となるように設定されていることを特徴とする。

[0013] (3) 上記(1)に記載の光制御素子において、該電氣的接続手段は、該導電線を複数本並べて配置し、該信号電極が延在する方向に対して隣接する導電線の間隔 L は、該信号電極を伝搬する変調信号の周波数における波長 λ に対し、 $1/10$ 未満となるように設定されていることを特徴とする。

[0014] (4) 上記(2)又は(3)に記載の光制御素子において、前記隣接する導電線の間隔 L と、各導電線が該方向に対し斜めに配置され、導電線の両端部を結ぶ直線の該方向に対する長さ L' とが、 $L > L'$ の関係を満足することを特徴とする。

[0015] (5) 上記(1)乃至(4)のいずれかに記載の光制御素子において、前記1本の導電線と該接地電極とが接続されている部分の少なくとも一部は、該接地電極の幅が $200\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

発明の効果

[0016] 本発明は、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、該光導波路を伝播する光波を変調する変調電極とを有する光制御素子において、該変調電極は、少なくとも二つの信号電極と該信号電極を挟むように配置された接地電極から構成され、該変調電極が該光波に変調作用を及ぼしている該変調電極の作用部分には、二つの該信号電極の間に配置された該接地電極と、それ以外の該接地電極とを電氣的に接続すると共に、該信号電極の一部を跨ぐように配置された電氣的接続手段が設けられ、該電氣的接続手段は、少なくとも複数の接地電極の間を1本の導電線で接続するよう構成されているので、接地電極の幅が狭い場合でも、導電線のボンディングが可能となる。しかも、信号電極を跨ぐ箇所毎に導電線の両端を接地電極にボンディングする方法と比較し、本発明ではボンディング箇所を大幅に減らすことも可能となる。

[0017] また、本発明の光制御素子では、電氣的接続手段は、導電線を複数本並べて配置し、信号電極が延在する方向に対して隣接する導電線の間隔 L は、該信号電極を伝搬する変調信号の周波数における波長 λ に対し、 $1/4$ 未満、より好ましくは $1/10$ 以下となるように設定することで、信号電極間

のクロストークを効率良く抑制することが可能となる。その結果、周波数特性自体が改善する。

[0018] さらに、隣接する導電線の間隔 L と、各導電線が該方向に対し斜めに配置され、導電線の両端部を結ぶ直線の該方向に対する長さ L' とが、 $L > L'$ の関係を満足するよう設定することで、接地電極間の電位をほぼ同じに維持することができ、クロストークを抑制した良好な信号品質（例えば、周波数特性に関しバラツキが小さくなり安定性が増すこと）を得ることができる。

なお、上述した長さ L' についても同様に、波長 λ の4分の1未満、より好ましくは10分の1以下とすることで、信号電極が延在する方向に垂直に配置される導電線と同等程度に、クロストークを抑制することが可能となる。

[0019] また、本発明の光制御素子では、1本の導電線と接地電極とが接続されている部分の少なくとも一部は、該接地電極の幅が $200\mu\text{m}$ 以下であっても、良好な接続状態を達成できる。特に、信号電極が延在する方向に対して導電線を斜めに配置することにより、十分な接続領域を確保することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]特許文献2に開示された光制御素子の概略を示す平面図である。

[図2]図1の一点鎖線A-A'における断面図を示す図である。

[図3]本発明の一態様の光制御素子に係る平面図である。

[図4]図3の一点鎖線A-A'における断面図を示す図である。

[図5]図3の変調電極の一部を拡大した図である。

[図6]本発明の一態様の光制御素子の他の実施例を示す図であり、特に、光制御素子における、接地電極同士を接続する導電線の配置を説明する図である。

[図7]クロストークの影響を調べるために使用された、2本の信号電極を備えた光制御素子において、変調電極の様子を説明する図である。

[図8]図7の光制御素子において、信号電極が延在する方向に対し、導電線の

傾きを変化させた場合のクロストークの影響を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明の光制御素子について、好適例を用いて詳細に説明する。図3は本発明が適用される光制御素子の概略図であり、図4は、図3における一点鎖線A-A'における断面図である。また、図5は、図3の変調電極部分の拡大図である。

本発明の光制御素子は、図3乃至5に示すように、電気光学効果を有する基板101と、該基板に形成された光導波路(121~124)と、該光導波路を伝播する光波を変調する変調電極とを有する光制御素子において、該変調電極は、少なくとも二つの信号電極130と該信号電極を挟むように配置された接地電極140から構成され、該変調電極が該光波に変調作用を及ぼしている該変調電極の作用部分Sには、二つの該信号電極の間に配置された該接地電極と、それ以外の該接地電極とを電氣的に接続すると共に、該信号電極の一部を跨ぐように配置された電氣的接続手段が設けられ、該電氣的接続手段は、少なくとも複数の接地電極の間を1本の導電線150で接続するよう構成されていることを特徴とする。

[0022] 電気光学効果を有する基板1としては、特に、 LiNbO_3 、 LiTaO_5 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。特に、光変調器などの光制御素子で多用されている LiNbO_3 、 LiTaO_5 が、好ましい。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、基板に光導波路に沿った凹凸を形成したリッジ型光導波路も利用可能である。さらに、図3では、Xカット型の基板を用いた光制御素子を例示しているが、本発明はこれに限らずZカット型の基板でも同様に適用することが可能である。

[0023] 図3はDP-QPSK変調器に使用される光導波路を例示している。第1のマッハツェンダー型光導波路(MZ型光導波路)121の分岐導波路に、2つの第2のMZ型光導波路(122, 123)が挿入され、さらに、第2

のM Z型光導波路の分岐導波路に4つの第3のM Z型光導波路124が挿入されている。第1のM Z型光導波路121の合波部102には、合波する2つの出力光を偏波面を変えて合成するように、偏波合成部が形成されている。本発明の光制御素子はこのような光導波路に限定されるものではないが、複数の光変調部を有する光制御素子においては、クロストーク現象が発生し易いので、本発明の構成を適用する優位性が高い。

[0024] 変調電極は、信号電極130と接地電極140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SiO₂等のバッファ層を設け、該バッファ層の上側に変調電極を形成することも可能である。本発明が適用される光制御素子は、複数の信号電極の間にも接地電極が配置された構成を有するものが、特に好ましい。

[0025] 本発明の光制御素子では、マイクロ波信号が印加される複数の信号電極を接地電極が挟むように配置されており、変調電極が形成する電界が光導波路に印加されている変調電極の作用部分で、前記複数の接地電極を、1本の導電線で連続して接続（ワイヤーボンディング）することを特徴としている。図3又は図5に示すように、複数の接地電極240を接続するのに、1本の導電線250が使用され、各接地電極240上で導電線が超音波でボンディングされている。このように接続した導電線を必要に応じて複数本を並列に配置するよう構成している。

[0026] 1本の導電線で複数（少なくとも3つ以上）の接地電極を連続ボンディングすることにより、1つの接地電極に必要なボンディング距離が小さくすることができる。しかも、ボンディング数が少なくなることで、光制御素子の製造時間を短縮することができる。さらには、基板が数十μm程度の薄板を用いる場合には、ボンディング回数の低減は、ボンディングによる基板へのダメージを軽減することにもなる。

[0027] 光制御素子の狭幅化に伴い、信号電極に挟まれる接地電極の幅はますます狭くなる。特に、導電線が接続される部分の接地電極の幅が200μm以下

である場合に対しても、本発明は好適に適用することができる。その理由は、1本の導電線による接続で接続に必要な領域を最小化できることによる。また、図6に示すように、ボンディング方向（導電線の長手方向）を信号電極が延在する方向に対して傾斜させることにより、接続部分の領域をより広く確保することができる。この構成により小型化した光制御素子でも、信号電極の両側の接地電極の接地電位が安定し、信号電極間のクロストークが抑制され、良好な変調信号品質をえることができる。

[0028] 本発明の光制御素子に用いられる電氣的接続手段としては、金線などの導電率の高い導電線が利用可能である。接地電極間に高周波的な電位差を生じさせないためには、導電線の抵抗性分とインダクタンス成分を小さくする必要がある。このため導電線は、できる限りループ高さ（信号電極を跨ぐ導電線の基板からの高さ）が低く、導電線の長さが短いことが望ましい。そのためには、好ましくはボンディング点と隣接するボンディング点との間における導電線の長さが、導電線と信号電極とがショートしない長さを保ちつつ、1 mm以下、更に好ましくは0.5 mm以下にすると良い。

[0029] 図5及び6に示すように、導電線を複数配置する際には、導電線の間隔 L は、信号電極を伝搬する変調信号の周波数における波長 λ に対し、4分の1未満に設定してもよい。この構成により、信号電極からの電界が接地電極を超えて漏れ出すことを抑制することが可能となる。より好ましくは、間隔 L を電気信号の波長の10分の1以下に設定することで、確実にクロストークを抑制することが可能となる。しかも、信号電極が形成する電界が効率良く光導波路に印加されるので、広帯域周波数における変調効率の低下も抑制され、周波数特性を改善することが可能となる。

[0030] 図6のように、信号電極が延在している方向に対して導電線の長手方向を傾斜させる場合には、信号電極が延在している方向に対して隣接する導電線の間隔 L と、各導電線の両端部を結ぶ直線の該方向（信号電極が延在している方向）に対する長さ（投影した長さ） L' とが、次の関係式を満足するように設定してもよい。

(関係式) $L > L'$

[0031] 上記長さ L' が上記間隔 L より大きくなると、接地電極同士に電位差が発生し、信号電極の左右で接地電極との間に形成される電界に差が生じるなどの不具合が発生する。特に、導電線が複数本並列して配置されている場合には、図6の最上端の接地電極と最下端の接地電極とでは、 $L \leq L'$ となる場合には、電位変動に大きな位相差が発生し、光制御素子の変調特性が大幅に劣化することとなる。

[0032] 上記長さ L' については、信号電極の左右の接地電極間で同電位となるようにするには、図5のように、信号電が延在する方向に対し垂直となるように導電線を配置する必要がある。この構成に近づけるため、前記方向に対する導電線の傾きを示す該長さ L' は、 $L > L'$ とし、さらに、上記間隔 L と同様に、信号電極を伝搬する変調信号の周波数における波長 λ に対し、4分の1未満、より好ましくは10分の1以下とすることが望ましい。これらの構成により、周波数特性のバラツキを小さくし、安定性を増加させることが可能となる。

[0033] 光制御素子は、通常、金属ケースに収納されモジュール化されることが多い。このような場合には、光制御素子の側面付近の接地電極は、金属ケース又は外部から導入される信号線の接地側端子に接続されている。

[0034] また、上述したように、電氣的接続手段は、変調電極が光波に変調作用を及ぼしている作用部分に設けることが好ましい。これは、作用部分におけるクロストーク現象を最も抑制することが必要であるためである。また、このような作用部分は、光制御素子の基板の中央付近に存在し、接地電極がモジュールの金属ケースなどに接地される場所から最も遠い場所にある場合が多い。このため、十分な接地状態を確保し難いので、本発明のような電氣的接続手段を用いて接地状態を強化・安定化することが必要である。

[0035] 次に、2つのMZ型光導波路を並列に配置した場合のクロストークの影響（ 2×2 ポートの電極のクロストーク特性）を調べた。図7に示すように、一方のMZ型光導波路（不図示）に沿って配置された信号電極130と他方

のMZ型光導波路（不図示）に沿って配置された信号電極131とのクロストーク特性を測定する。

[0036] 信号電極130の左端より信号S1を入力し、右端で終端器に吸収させる。他方、信号電極131の左端は終端器に接続し、右端から出力される信号S2を測定する。その結果を図8に示す。

[0037] 導電線150が信号電極の延在する方向に垂直な場合（ $L' = 0$ ）が最も良好な特性を発揮する。これに近い良好な結果を示すのが、 $L' / L = 0.08$ （垂直に対する傾きは約4.5度）の場合である。 $L' / L = 0.7$ （垂直に対する傾きは約35度）の場合は周波数が広帯域になるに従い、特性の劣化が顕著となっているのが分かる。

産業上の利用可能性

[0038] 以上説明したように、本発明によれば、光制御素子の狭幅化を行っても、電極間のクロストークを抑制することが可能な光制御素子を提供することができる。

符号の説明

[0039] 1, 101, 201 基板
21～23, 121～124 光導波路
31, 32, 130, 131 信号電極
41～47, 140 接地電極
51～54, 150 導電線
151 ボンディング場所

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、該光導波路を伝播する光波を変調する変調電極とを有する光制御素子において、

該変調電極は、少なくとも二つの信号電極と該信号電極を挟むように配置された接地電極から構成され、

該変調電極が該光波に変調作用を及ぼしている該変調電極の作用部分には、二つの該信号電極の間に配置された該接地電極と、それ以外の該接地電極とを電氣的に接続すると共に、該信号電極の一部を跨ぐように配置された電氣的接続手段が設けられ、

該電氣的接続手段は、少なくとも複数の接地電極の間を1本の導電線で接続するよう構成されていることを特徴とする光制御素子。

[請求項2] 請求項1に記載の光制御素子において、該電氣的接続手段は、該導電線を複数本並べて配置し、該信号電極が延在する方向に対して隣接する導電線の間隔 L は、該信号電極を伝搬する変調信号の周波数における波長 λ に対し、4分の1未満となるように設定されていることを特徴とする光制御素子。

[請求項3] 請求項1に記載の光制御素子において、該電氣的接続手段は、該導電線を複数本並べて配置し、該信号電極が延在する方向に対して隣接する導電線の間隔 L は、該信号電極を伝搬する変調信号の周波数における波長 λ に対し、10分の1未満となるように設定されていることを特徴とする光制御素子。

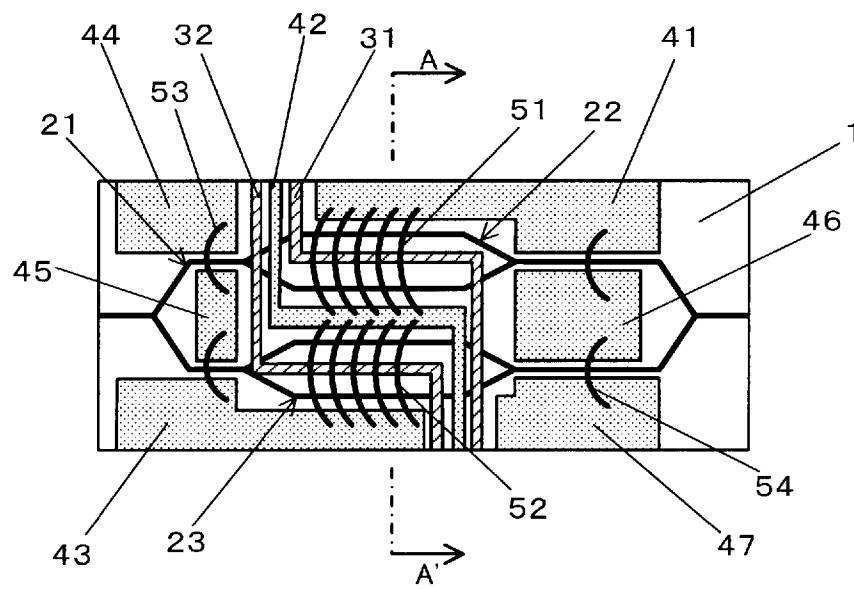
[請求項4] 請求項2又は3に記載の光制御素子において、前記隣接する導電線の間隔 L と、各導電線が該方向に対し斜めに配置され、導電線の両端部を結ぶ直線の該方向に対する長さ L' とが、 $L > L'$ の関係を満足することを特徴とする光制御素子。

[請求項5] 請求項1乃至4のいずれかに記載の光制御素子において、前記1本の導電線と該接地電極とが接続されている部分の少なくとも一部は、

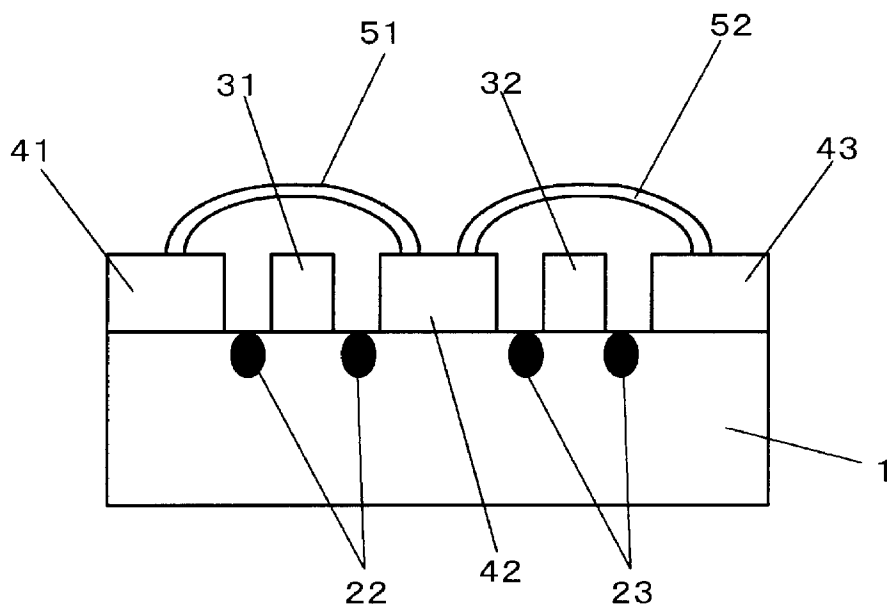
該接地電極の幅が $200\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光制御素子

。

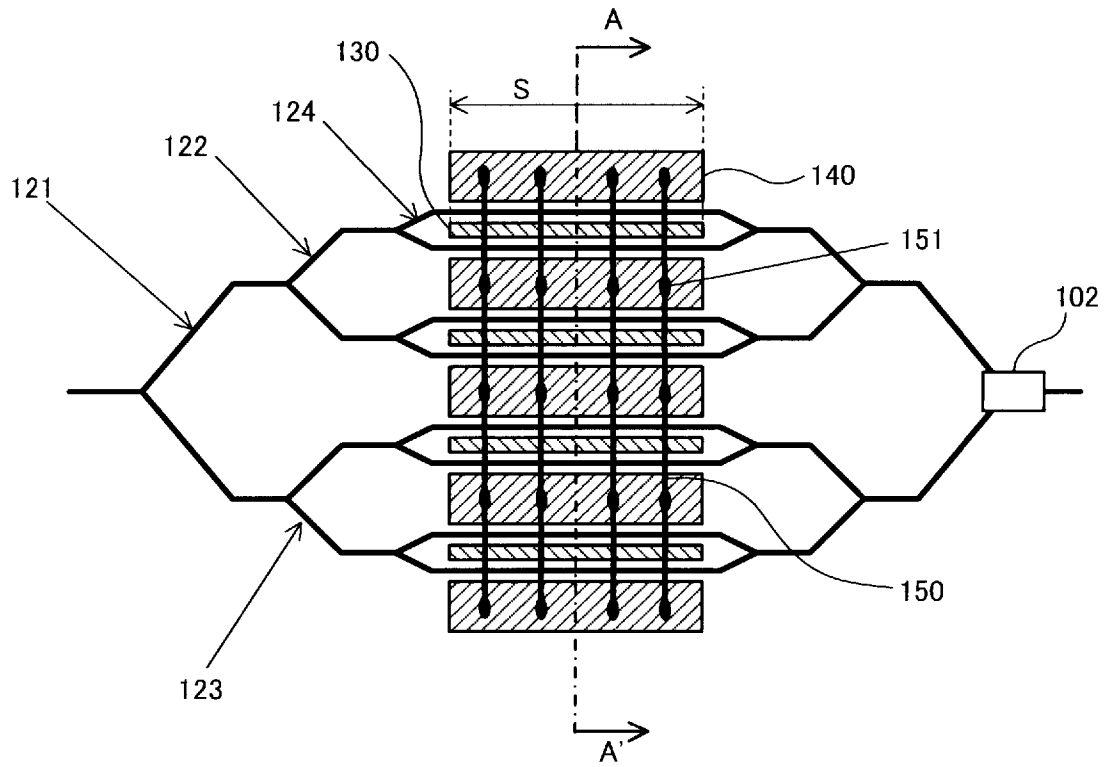
[図1]



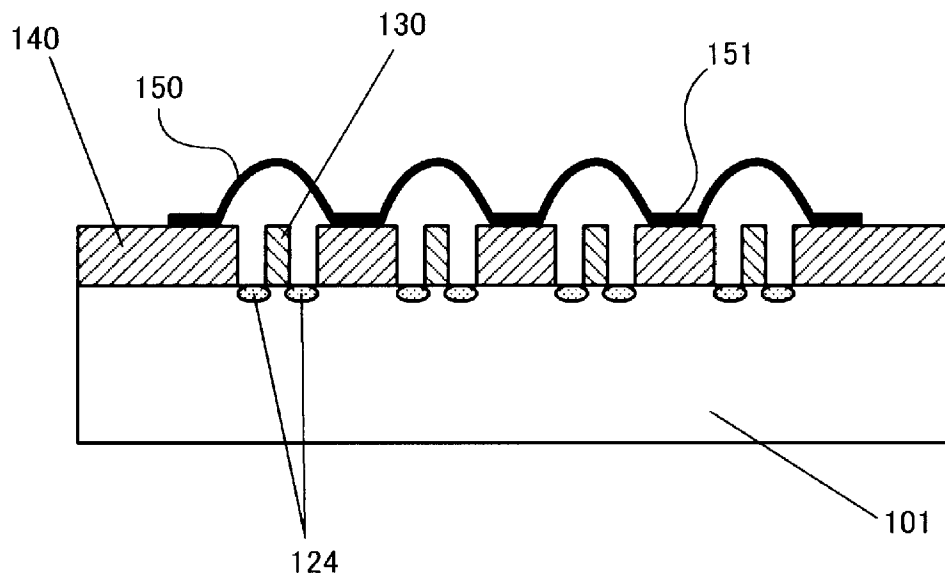
[図2]



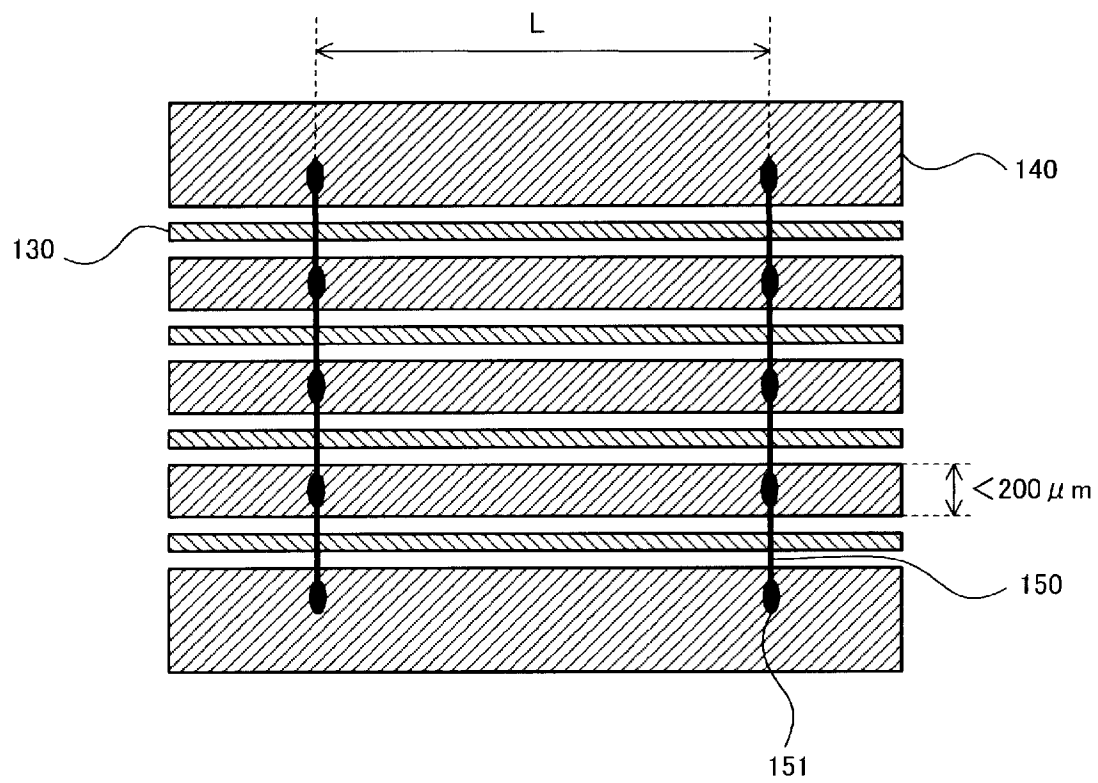
[図3]



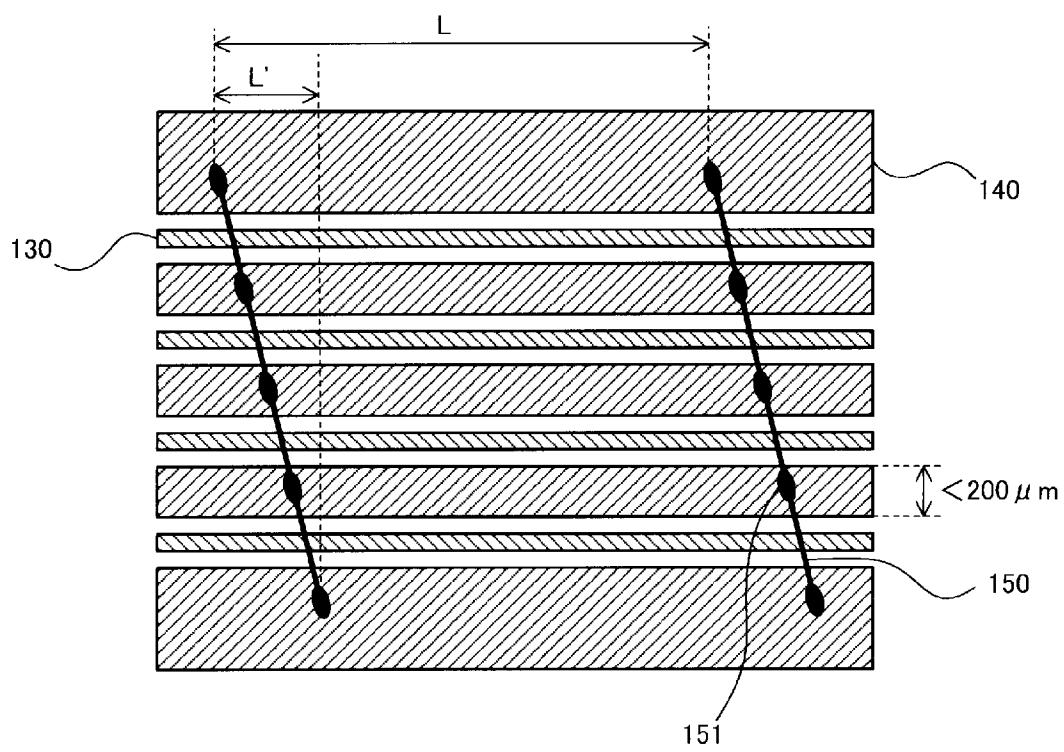
[図4]



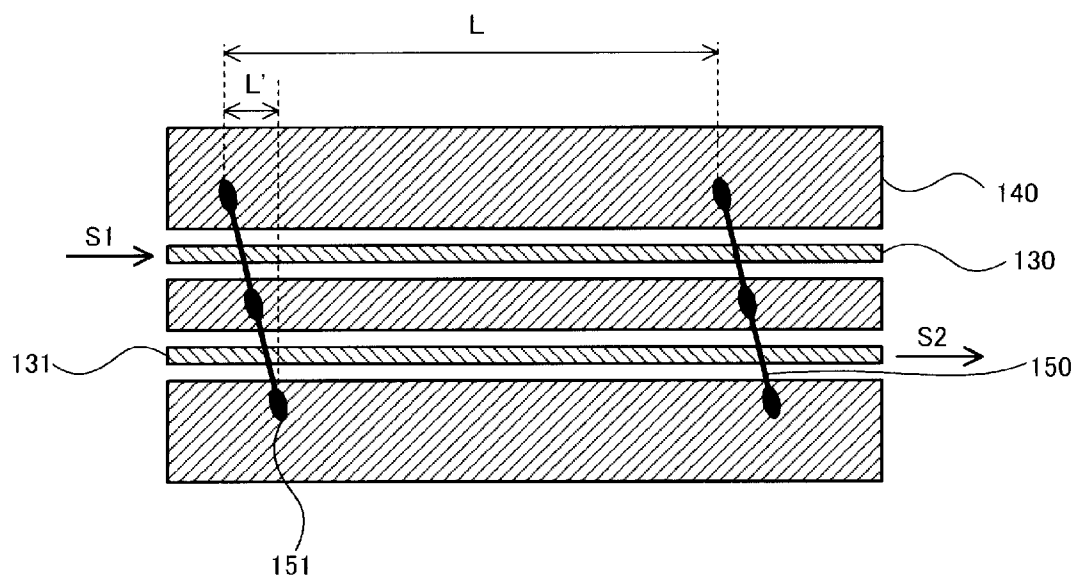
[図5]



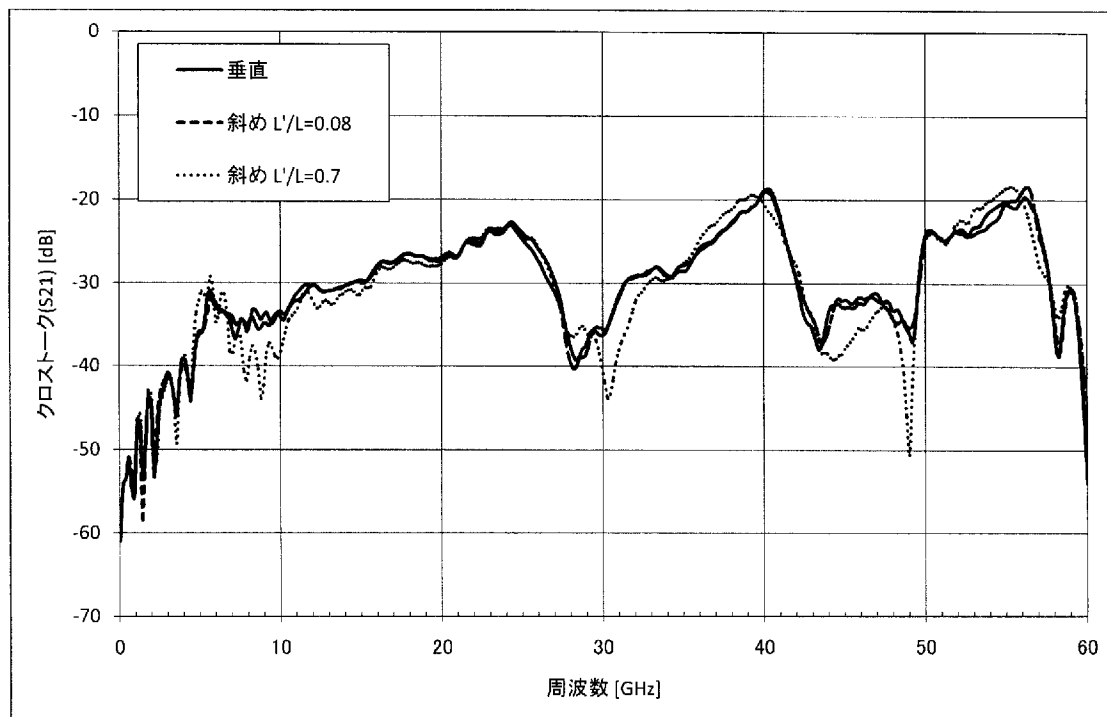
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/059234

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/035(2006.01)i, G02F1/03(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)

G02F1/03-1/035, G02F1/225

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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	JP 2012-163882 A (Anritsu Corp.), 30 August 2012 (30.08.2012), entire text; all drawings & JP 5276681 B2	1-5
A	JP 2012-78496 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 19 April 2012 (19.04.2012), entire text; all drawings & JP 5067464 B2 & US 2013/0243364 A1 & WO 2012/043724 A1 & EP 2624045 A1 & CN 103124923 A & CN 103124923 B	1-5

☒ 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
08 June 2015 (08.06.15)

Date of mailing of the international search report
23 June 2015 (23.06.15)

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/JP2015/059234

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6192167 B1 (Uniphase Telecommunications Products), 20 February 2001 (20.02.2001), entire text; all drawings & WO 2000/005623 A1 & EP 1101151 A1 & AU 5114399 A & CA 2337017 A1 & CA 2337017 C & CN 1310807 A	1-5
A	US 2003/0228081 A1 (Covega Corp.), 11 December 2003 (11.12.2003), entire text; all drawings & US 7027668 B2	1-5

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, G02F1/03(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. G02F1/03- 1/035, G02F1/225

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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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	JP 2012-163882 A (アンリツ株式会社) 2012. 08. 30, 全文、全図 & JP 5276681 B2	1-5
A	JP 2012-78496 A (住友大阪セメント株式会社) 2012. 04. 19, 全文、全図 & JP 5067464 B2 & US 2013/0243364 A1 & WO 2012/043724 A1 & EP 2624045 A1 & CN 103124923 A & CN 103124923 B	1-5

☒ 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

0 8 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 3 . 0 6 . 2 0 1 5

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）

佐藤 宙子

2 X

9 3 1 6

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

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
A	US 6192167 B1 (Uniphase Telecommunications Products) 2001.02.20, 全文、全図 & WO 2000/005623 A1 & EP 1101151 A1 & AU 5114399 A & CA 2337017 A1 & CA 2337017 C & CN 1310807 A	1-5
A	US 2003/0228081 A1 (Covega Corporation) 2003.12.11, 全文、全 図 & US 7027668 B2	1-5