

(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
2017年9月28日(28.09.2017)



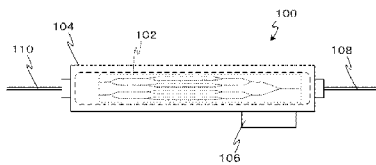
(10) 国際公開番号
WO 2017/163459 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/03 (2006.01) *G02F 1/035* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/077241
- (22) 国際出願日: 2016年9月15日(15.09.2016)
- (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 2016-062460 2016年3月25日(25.03.2016) 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: 宮崎 徳一(MIYAZAKI Norikazu); 〒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). 菅又 徹(SUGAMATA Toru); 〒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: 特許業務法人クシブチ国際特許事務所(KUSHIBUCHI & ASSOCIATES); 〒3308669 埼玉県さいたま市大宮区桜木町一丁目7番地5 ソニックシティビル18階 Saitama (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, 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, KW, 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))

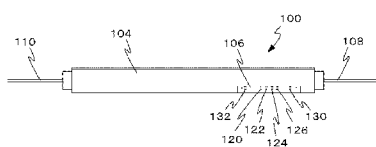
(54) Title: OPTICAL MODULATOR WITH FPC, AND OPTICAL TRANSMISSION DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称: FPC付き光変調器、及びそれを用いた光送信装置

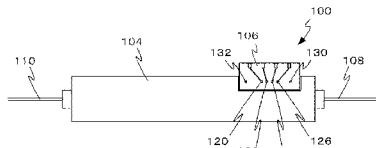
[図1A]



[図1B]



[図1C]



(57) Abstract: The purpose of the present invention is, with regard to an optical modulator equipped with an FPC, to suppress peeling off and cracking of a solder fixing portion caused by vibrations during conveyance or operation, and to effectively and at low cost suppress degradation of high-frequency characteristics of a signal path. This optical modulator (100) is provided with a flexible wiring board (106) that realizes an electrical connection to a circuit board. The flexible wiring board has a substantially rectangular shape, and pads (210 etc.), which are electrically connected to the circuit board, are provided along one side of the substantially rectangular flexible wiring board. In addition, signal patterns (220 etc.) are provided along another side of the flexible wiring board opposing the one side, the signal patterns being connected to signal lead pins (120 etc.) that are provided in the optical modulator and are for signal transmission. Furthermore, the flexible wiring board has an additional fixing part (240 etc.) and/or a notch part (810 etc.) that are for increasing the characteristic vibration frequency of the flexible wiring board in a state where the flexible wiring board is connected to the signal lead pins and the circuit board.

(57) 要約: FPCを備えた光変調器において、搬送時や稼働時の振動に起因するハンダ固定部の剥離や割れを抑制して、信号経路の高周波特性の劣化を効果的に且つ安価に抑制すること。本発明に係る光変調器(100)は、回路基板との間の電氣的接続を行うフレキシブル配線板(106)を備える。前記フレキシブル配線板は略四辺形を為し、前記フレキシブル配線板には、前記略四辺形の一の辺に沿って前記回路基板と電氣的に接続されるパッド(210等)が設けられている。また、前記フレキシブル配線板には、前記一の辺に対する他の辺に前記光変調器に設けられた信号伝達のための信号用リードピン(120等)と接続される信号用パターン(220等)が設けられている。さらに、前記フレキシブル配線板は、前記信号用リードピン及び前記回路基板に接続された状態における当該フレキシブル配線板の固有振動の周波数を高めるための、追加の固定部(240等)及び又は切り欠き部(810等)を有する。

WO 2017/163459 A1

明 細 書

発明の名称：F P C 付き光変調器、及びそれを用いた光送信装置 技術分野

[0001] 本発明は、光変調器及び光送信装置に関し、特に、高周波信号を入力するためのF P C (Flexible Printed Circuits、フレキシブル配線板) を備える光変調器、及びそれを用いた光送信装置に関する。

背景技術

[0002] 高速／大容量光ファイバ通信システムにおいては、導波路型の光変調素子を組み込んだ光変調器が多く用いられている。中でも、電気光学効果を有するL i N b O₃ (以下、L Nともいう) を基板に用いた光変調素子は、光の損失が少なく且つ広帯域な光変調特性を実現し得ることから、高速／大容量光ファイバ通信システムに広く用いられている。

[0003] このL Nを用いた光変調素子では、マッハツェンダ型光導波路と、当該光導波路に変調信号である高周波信号を印加するためのR F 電極と、当該導波路における変調特性を良好に保つため種々の調整を行うためのバイアス電極と、が設けられている。そして、光変調素子に設けられたこれらの電極は、当該光変調素子を収容する光変調器の筐体に設けられたリードピンやコネクタを介して、外部の電子回路に接続される。

[0004] 一方、光ファイバ通信システムにおける変調方式は、近年の伝送容量の増大化の流れを受け、Q P S K (Quadrature Phase Shift Keying) やD P - Q P S K (Dual Polarization - Quadrature Phase Shift Keying) 等、多値変調や、多値変調に偏波多重を取り入れた伝送フォーマットが主流となっている。

[0005] Q P S K 変調を行う光変調器 (Q P S K 光変調器) やD P - Q P S K 変調を行う光変調器 (D P - Q P S K 光変調器) は、入れ子構造になった複数のマッハツェンダ型光導波路を備え、複数の高周波信号電極及び複数のバイアス電極を備えることから (例えば、特許文献1 参照)、光変調器の筐体のサイ

ズが大型化する傾向があり、特に小型化の要請が強い。

[0006] この小型化の要請に対応する一つの策として、従来、R F 電極のインタフェースとして光変調器の筐体に設けられていたプッシュオン型の同軸コネクタを、バイアス電極のインタフェースと同様のリードピンに置き換え、これらのリードピンを外部の回路基板に接続するためのF P C（フレキシブル配線板（F P C : Flexible Printed Circuits）を付加した光変調器が提案されている。

[0007] 例えば、D P - Q P S K 光変調器では、それぞれにR F 電極を有する4つのマッハツェンダ型光導波路で構成される光変調素子が用いられる。この場合、光変調器の筐体に4つのプッシュオン型同軸コネクタを設けたのでは筐体の大型化は避けられないが、同軸コネクタに代えてリードピンとF P Cとを用いれば、小型化が可能となる。

[0008] また、光変調器の筐体のリードピンと、当該光変調器に変調動作を行わせるための電子回路が搭載された回路基板と、の間が、上記F P Cを介して接続されるので、従来用いていた同軸ケーブルの余長処理を行う必要がなくなり、光送信装置内における光変調器の実装スペースを縮小することができる。

[0009] 光変調器に用いられるF P Cは、例えば柔軟性のあるポリイミドベースの材料を基板（以下、F P C 基板）として用いて作製され、一方の端部付近に設けられた複数のスルーホールそれぞれが、配線パターンを介して、他方の端部に設けられたパッドのそれぞれに電氣的に接続されている。そして、光変調器の筐体の底面又は側面から突き出た複数のリードピンが上記複数のスルーホールにそれぞれ挿通されて例えばハンダにより固定され且つ電氣的に接続され、上記複数のパッドが回路基板に例えばハンダにより固定され且つ接続される。これにより、当該回路基板上のパッドから与えられる高周波信号が、それぞれ対応する上記スルーホールとリードピンとを介して、光変調素子の対応するR F 電極に与えられて、高速光変調が行われる。

[0010] 上記のF P Cを用いた光変調器では、上述のように、筐体を小型化するこ

とができ、回路基板上における光変調器の実装スペースも縮小することができるので、光伝送装置の小型化に大きく貢献し得る。

[0011] 図13A、図13B、図13Cは、そのようなFPCを備える従来の光変調器の構成を示す図であり、図13Aは光変調器の上面図、図13Bは正面図、図13Cは底面図である。この光変調器1300は、光変調素子1302と、光変調素子1302を収容する筐体1304と、フレキシブル配線板（FPC）1306と、光変調素子1302に光を入射するための光ファイバ1308と、光変調素子1302から出力される光を筐体1304の外部へ導く光ファイバ1310と、を備える。

[0012] 筐体1304には、光変調素子1302の4つのRF電極（不図示）にそれぞれ接続された4つのリードピン1320、1322、1324、1326が設けられており、当該リードピン1320、1322、1324、1326は、FPC1306に設けられた後述するスルーホール1420、1422、1424、1426に挿通されて例えばハンダにより固定され且つ電氣的に接続されている。

[0013] 図14は、FPC1306の構成を示す図である。FPC1306は、図示下側の一の辺1400の近傍に、当該一の辺1400の方向に沿って4つのパッド1410、1412、1414、1416が並んで設けられている。また、辺1400に対向する他の辺1402の側には、例えば辺1402の方向に沿って、4つのスルーホール1420、1422、1424、1426が並んで設けられている。さらに、4つのパッド1410、1412、1414、1416は、それぞれ、配線パターン1430、1432、1434、1436によりスルーホール1420、1422、1424、1426に電氣的に接続されている。

[0014] そして、4つのパッド1410、1412、1414、1416が外部の回路基板のパッドに対してそれぞれ例えばハンダにより固定され且つ電氣的に接続されることにより、光変調器1300が備える光変調素子1302のRF電極と当該回路基板上に構成された電子回路とが電氣的に接続されて光

送信装置内に実装される。なお、FPC1306の形状は、配線パターンを極力短くしてマイクロ波損失を低く抑えるべく、図示のように信号伝送方向に短い辺を持つ横長の長方形になるのが一般的であり、図示の例のように4つのパッド1410、1412、1414、1416を持つ場合には、長辺方向で約20mm以下、短辺方向で約10mm以下程度の長方形となる。

[0015] 図15A、図15Bは、電子回路が構成された回路基板に光変調器1300を接続した状態の一例を示す図であり、図15Aは光変調器1300の上面方向から見た図、図15Bは図15AにおけるBB断面矢視図である。なお、図15Bにおいて光変調器1300の内部の構成については記載を省略している。

[0016] 光変調器1300と回路基板1500とは、例えば光送信装置の筐体内のベース1502に固定されている。図15Aに示すように、光変調器1300のFPC1306は、リードピン1320、1322、1324、1326との接続部分から図示左方へ延在し、図15Bに示すように、左側端部が回路基板1500に接するように図示斜め左下方向に曲げられている。これにより、FPC1306のパッド1410、1412、1414、1416は、回路基板1500上のパッド1510、1512、1514、1516に、例えばハンダにより固定され且つ電氣的に接続される（図15A）。

[0017] しかしながら、上記のようなFPC付き光変調器を光送信装置内の回路基板に接続し、当該光送信装置を搬送してその稼働を開始すると、当該搬送の途中や稼働時の設置環境における振動等により、光変調器の筐体1304のリードピン1320、1322、1324、1326とFPC1306のスルーホール1420、1422、1424、1426との間のハンダ固定部又はハンダ接続部に剥離やヒビ割れを生じ得る。その結果、FPC1306のパッド1410、1412、1414、1416からリードピン1320、1322、1324、1326に至るまでの高周波特性が劣化又は変化することとなって、光変調器1300における光変調特性に問題を生じ得る。

[0018] 上述したように、FPC1306は、光変調器1300の製造の際にスル

一ホール1420、1422、1424、1426が光変調器の筐体1304のリードピン1320、1322、1324、1326に例えばハンダにより固定され且つ電氣的に接続される。そして、光変調器1300を光送信装置内で用いる際には、パッド1410、1412、1414、1416が回路基板1500上のパッド1510、1512、1514、1516に例えばハンダにより固定され且つ電氣的に接続される。このとき、FPC1306は、図14から理解され得るように、スルーホール1420（すなわち、リードピン1320とのハンダ固定部又はハンダ接続部）から図示右側の辺1404までの部分及びスルーホール1426（すなわち、リードピン1326とのハンダ固定部又はハンダ接続部）から図示左側の辺1406までの部分が、共に長さL1の片持ち梁（それぞれ、第1及び第2の片持ち梁という）を構成することとなり、光変調器1300の設置環境の振動（環境振動）に応じて振動することとなる。また、同様に、スルーホール1420、1422、1424、1426（すなわち、リードピン1320、1322、1324、1326との固定部）からパッド1410、1412、1414、1416までの部分が、長さL2の両持ち梁を構成することとなり、スルーホール1420、1422、1424、1426から図示上方の辺1402までの部分が、長さがL3の片持ち梁（第3の片持ち梁という）を構成することとなって、それぞれが環境振動に応じて振動することとなる（すなわち、図14に示す矩形のFPCでは、上記両持ち梁の振動、及び上記第1ないし第3の片持ち梁の振動の、4つの振動モードが存在する）。

[0019] 環境振動としては、光変調器1300及び当該光変調器1300を用いる光送信装置の、搬送や組み付け時の振動のほか、光送信装置が備える放熱ファン、光送信装置が収容される装置架（ラック）の冷却ファン、光変調装置が設置される部屋の空調振動、光変調装置が設置される建物に伝達されるさまざまな振動など、多くの要因が存在し得る。

[0020] そして、特にこれらの環境振動の周波数が、FPC1306の基板剛性と上記長さL1、L2、L3等とで定まる固有振動の周波数に近い場合には、

上記片持ち梁部分及び又は両持ち梁部分は、共振振動のように大きな振幅を伴って振動することとなり得る。その結果、これら梁部分の固定端として機能するスルーホール 1420、1422、1424、1426 とリードピン 1320、1322、1324、1326 とのハンダ固定部又はハンダ接続部に、剥離やひび割れが生じ得る。

[0021] ここで、上記梁部分の固有周波数は、対応する長さ L_1 、 L_2 、 L_3 が長いほど低くなり、環境振動におけるパワースペクトル密度が大きい周波数範囲内に入ることとなって、当該環境振動の影響を受けやすくなる。例えば、図 14 のような構成の FPC 1306 の場合、環境振動の影響を受けやすいのは、長さ L_3 の部分よりも長さ L_1 又は L_2 の部分となる。より具体的には、例えば図 14 における長さ L_1 の部分は、図 16 A に太線矢印で示す如く振動して、特にリードピン 1320 及び 1326 のハンダ固定部又はハンダ接続部に剥離やひび割れを発生させ、図 14 における長さ L_2 の部分は、図 16 B に太線矢印で示す如く振動して、リードピン 1320、1322、1324、1326 のハンダ固定部又はハンダ接続部に剥離やひび割れを発生させ得る。

[0022] 特に、スルーホール 1420、1422、1424、1426 の内径は、光変調素子 1302 に印加されることとなる高周波信号の周波数が数十 GHz 程度にまで及ぶ可能性があることから、リードピン 1320、1322、1324、1326 の直径と同様に数百 μm 程度と小さく、1 mm 前後のリードピンを扱う通常の電子機器に比べて上記環境振動の影響を受け易い。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0023] 上記背景より、外部の回路基板との電氣的接続を行う FPC を備えた光変調器において、搬送時や稼働時の振動に起因する例えばハンダにより固定部又は電氣的接続部の剥離や割れを抑制して、信号経路の高周波特性の劣化を効果的且つ安価に抑制することが望まれている。

課題を解決するための手段

[0024] 本発明の一の態様は、回路基板との間の電氣的接続を行うフレキシブル配線板を備えた光変調器である。当該光変調器では、前記フレキシブル配線板は略四辺形を為し、前記フレキシブル配線板には、前記略四辺形の一の辺に沿って前記回路基板と電氣的に接続されるパッドが設けられ、且つ前記一の辺に対向する他の辺に前記光変調器に設けられた信号伝達のための信号用リードピンと接続される信号用パターンが設けられている。また、前記フレキシブル配線板は、前記信号用リードピン及び前記回路基板に接続された状態における当該フレキシブル配線板の固有振動の周波数を高めるための、追加の固定部及び又は切り欠き部を有する。

本発明の他の態様によると、前記追加の固定部は、前記信号用リードピンに加えて前記光変調器に追加して設けられた追加リードピンと接続される追加パターンで構成される。

本発明の他の態様によると、前記追加パターンは、フレキシブル配線板に設けられたグランドパターンと前記光変調器の筐体とを電氣的に接続するよう構成されている。

本発明の他の態様によると、前記追加の固定部は、前記略四辺形の前記一の辺及び前記他の辺を除く二つの辺と、前記信号用パターンの配列部分の両端部と、の間にそれぞれ少なくとも一つずつ設けられた前記追加パターンで構成される。

本発明の他の態様によると、前記追加の固定部は、前記配列部分と前記一の辺との間に設けられた少なくとも一つの前記追加パターンで構成される。

本発明の他の態様によると、前記追加の固定部は、さらに、前記配列部分と前記他の辺との間に設けられた少なくとも一つの前記追加パターンで構成される。

本発明の他の態様によると、前記配列部分と前記一の辺との間に設けられた前記追加パターンと、前記配列部分と前記他の辺との間に設けられた前記追加パターンと、の間の、前記一の辺に直交する方向に測った距離 d が、前記パッドの前記一の辺に対向する端部と、前記配列部分と前記一の辺との間

に設けられた前記追加パターンと、の間の、前記一の辺に直交する方向に測った距離 L_p に対し、 $d \geq L_p / 5$ の関係を有する。

本発明の他の態様によると、前記配列部分と前記一の辺との間に設けられた前記追加パターン、及び前記配列部分と前記他の辺との間に設けられた前記追加パターンは、前記信号用パターンのそれぞれを四方から囲むように配されている。

本発明の他の態様によると、前記追加の固定部は、さらに、前記一の辺及び前記他の辺を除く二つの辺と、前記配列部分の両端部と、の間にそれぞれ少なくとも一つずつ設けられた前記追加パターンで構成される。

本発明の他の態様によると、前記一の辺及び前記他の辺を除く二つの辺のそれぞれから、前記配列部分に向かって切り欠き部が設けられている。

本発明の他の態様によると、前記一の辺及び当該一の辺に対向する他の辺を除く二つの辺と、前記他の辺と、が構成する2つの角部に、それぞれ切り欠き部が設けられており、前記切り欠き部は、前記配列部分の両端部から前記切り欠き部のエッジまでの距離であって前記一の辺の方向に沿った距離が、前記一の辺から当該一の辺に直交する方向に沿って測った距離に従って変化するように設けられている。

本発明の他の態様によると、前記配列部分は、一つ又は複数の配列部分から成り、前記一の辺及び前記他の辺を除く二つの辺のそれぞれに最も近い2つの配列部分のそれぞれの端部と、当該二つの辺のうちの対応する辺との間の距離が、互いに異なっている。

本発明の他の態様は、上記のいずれかの光変調器と、当該光変調器に変調動作を行わせるための電気信号を出力する電子回路と、を備える、光送信装置である。

図面の簡単な説明

[0025] [図1A]本発明の第1の実施形態に係る光変調器の上面図である。

[図1B]本発明の第1の実施形態に係る光変調器の側面図である。

[図1C]本発明の第1の実施形態に係る光変調器の底面図である。

[図2]図1 Aに示す光変調器に用いられるF P Cの構成を示す図である。

[図3A]図1 Aに示す光変調器を、電子回路が構成された回路基板に接続した状態の一例を示す図である。

[図3B]図1 Aに示す光変調器を、電子回路が構成された回路基板に接続した状態の一例を示す図である。

[図4]図1 Aに示す光変調器に用いられるF P Cの第1の変形例を示す図である。

[図5]図1 Aに示す光変調器に用いられるF P Cの第2の変形例を示す図である。

[図6]図5に示すF P Cにおける、追加スルーホールとの位置と、振動／衝撃後におけるハンダ固定部又はハンダ接続部の剥離／ヒビの発生程度と、の関係についての評価結果を示す図である。

[図7]図1 Aに示す光変調器に用いられるF P Cの第3の変形例を示す図である。

[図8]図1 Aに示す光変調器に用いられるF P Cの第4の変形例を示す図である。

[図9]図1 Aに示す光変調器に用いられるF P Cの第5の変形例を示す図である。

[図10]図1 Aに示す光変調器に用いられるF P Cの第6の変形例を示す図である。

[図11]図1 Aに示す光変調器に用いられるF P Cの第7の変形例を示す図である。

[図12]本発明の第2の実施形態に係る光伝送装置の構成を示す図である。

[図13A]従来の光変調器の上面図である。

[図13B]従来の光変調器の側面図である。

[図13C]従来の光変調器の底面図である。

[図14]図1 3 Aに示す光変調器に用いられるF P Cの構成を示す図である。

[図15A]図1 3 Aに示す光変調器を、電子回路が構成された回路基板に接続し

た状態の一例を示す図である。

[図15B]図13Aに示す光変調器を、電子回路が構成された回路基板に接続した状態の一例を示す図である。

[図16A]図13Aに示す光変調器に用いられるFPCの振動態様の一例を示す図である。

[図16B]図13Aに示す光変調器に用いられるFPCの振動態様の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。

<第1実施形態>

本実施形態の光変調器は、回路基板との間の電氣的接続を行う略四辺形のフレキシブル配線板を備え、当該フレキシブル配線板は、当該光変調器の筐体に設けられた信号用リードピンに接続されている。そして、フレキシブル配線板は、当該フレキシブル配線板と上記信号用リードピン及び上記回路基板との接続部を固定端とする振動の固有振動の周波数を高めるための、追加の固定部を有している。そして、当該追加の固定部は、上記信号用リードピンに加えて上記光変調器の筐体に追加して設けられた追加リードピンと接続される追加配線パターンで構成されている。

[0027] 図1A、図1B、図1Cは、本発明の一実施形態に係る光変調器の構成を示す図である。

本光変調器100は、光変調素子102と、光変調素子102を収容する筐体104と、フレキシブル配線板(FPC)106と、光変調素子102に光を入射するための光ファイバ108と、光変調素子102から出力される光を筐体104の外部へ導く光ファイバ110と、を備える。

[0028] 光変調素子102は、例えばLN基板上に設けられた4つのマッハツェンダ型光導波路と、当該マッハツェンダ型光導波路上にそれぞれ設けられて光導波路内を伝搬する光波を変調する4つの高周波電極(RF電極)と、を備えたDP-QPSK光変調器である。光変調素子102から出力される2つ

の光は、例えばレンズ光学系により偏波合成され、光ファイバ110を介して筐体104の外部へ導かれる。

[0029] 筐体104は、上記光変調素子102が備える4つのRF電極（不図示）のそれぞれに接続された4つの信号用リードピン120、122、124、126を備える。筐体104に設けられた信号用リードピン120、122、124、126は、FPC106に設けられた後述する信号用スルーホール220、222、224、226に挿通され、当該信号用スルーホール220、222、224、226と信号用リードピン120、122、124、126との間がそれぞれ例えばハンダにより接続され及び固定されている。

[0030] 図2は、FPC106の構成を示す図である。FPC106は、例えばポリミドを主原料とした基板（以下、FPC基板）に用いて作製されている。FPC106は、例えば平面視が矩形に構成されている。上述したように、FPC106の形状は、配線パターンを極力短くしてマイクロ波損失を低く抑えるべく、横長の長方形になるのが一般的である。このため、本実施形態では、FPC106と同様に、FPC106は矩形形状を為すものとしている。ただし、FPC106の形状は、これに限らず、例えば略四辺形の形状を為すものとすることができる。以下の記載において、「辺」というときは、FPC106が為す矩形の辺をいうが、FPC106が略四辺形で構成される場合には、「辺」とは、FPC106が為す当該略四辺形の辺を意味する。

[0031] FPC106の図示下側の一の辺200の近傍には、当該一の辺200の方向に沿って4つのパッド210、212、214、216が並んで設けられている。また、辺200に対向する他の辺202の側には、例えば辺202の方向に沿って、4つの信号用スルーホール220、222、224、226が並んで設けられている。さらに、4つのパッド210、212、214、216は、それぞれ、配線パターン230、232、234、236により信号用スルーホール220、222、224、226に電氣的に接続さ

れている。

[0032] 上述のように、4つの信号用スルーホール220、222、224、226は、それぞれ、筐体104が備える4つの信号用リードピン120、122、124、126に接続されている。したがって、外部の回路基板に設けられた電子回路の一部を構成するパッドに対して（例えばハンダにより）パッド210、212、214、216がそれぞれ電氣的に接続されることにより、当該電子回路から出力される高周波信号が、FPC106を介して光変調素子102のRF電極に印加される。すなわち、信号用スルーホール220、222、224、226は、光変調器100に設けられた信号伝達のための信号用リードピン120、122、124、126と接続される信号用パターンである。

[0033] FPC106に設けられる配線パターン230、232、234、236は、マイクロストリップ線路、コプレーナ線路、グランデットコプレーナ線路など、高周波用の信号線路として公知の線路構成を用いて構成されるものとすることができ、当該構成に合わせて、FPC106上にはグランドパターンも設けられ得る（不図示）。

[0034] FPC106のサイズは、上述した従来のFPC1306と同様に、配線パターン230、232、234、236を極力短くしてマイクロ波損失を低く抑えるべく、例えば長辺方向（辺200の方向）の長さが約20mm以下、短辺方向（辺200に対し垂直な方向）の長さが約10mm以下となり得る。

[0035] 図3A、図3Bは、電子回路が構成された回路基板に光変調器100を接続した状態の一例を示す図であり、図3Aは光変調器100の上面方向から見た図、図3Bは図3AにおけるAA断面矢視図である。なお、図3Bにおいて光変調器100の内部の構成については記載を省略している。

[0036] 光変調器100と回路基板300とは、例えば光送信装置の筐体内のベース302に固定されている。図3Aに示すように、光変調器100のFPC106は、信号用リードピン120、122、124、126との接続部分から図示左方へ延在し、図3Bに示すように、左側端部が回路基板300と

接するように図示斜め左下方向に曲げられ、これにより、FPC106のパッド210、212、214、216が回路基板300上のパッド310、312、314、316に例えばハンダにより固定され且つ電氣的に接続される(図3A)。

[0037] 特に、本実施形態の光変調器100では、図2に示すように、前記パッド210、212、214、216が設けられた一の辺200及び信号用スルーホール220、222、224、226が設けられた他の辺202を除く二つの辺204、206と、信号用リードピン120、122、124、126が接続される信号用パターンである信号用スルーホール220、222、224、226の配列部分の、上記二つの辺204、206に近いそれぞれの端部(すなわち、信号用スルーホール220及び226の部分)と、の間に、それぞれ追加パターンである追加スルーホール240及び242が設けられている。

[0038] 例えば、図示の例では、信号用スルーホール220と辺204との間、及び信号用スルーホール226と辺206との間が、距離 L_1 であり、信号用スルーホール220と辺204との間の、辺204から距離 L_4 ($<L_1$)の位置に、追加スルーホール240が設けられ、信号用スルーホール226と辺206との間の、辺206から距離 L_5 ($<L_1$)の位置に、追加スルーホール242が設けられている。そして、追加パターンである追加スルーホール240、242は、信号用リードピン120、122、124、126に追加して光変調器100の筐体104に設けられた追加リードピン132、130に、それぞれ例えばハンダにより固定され且つ電氣的に接続される。

[0039] これにより、FPC106のうち、二つの辺204、206をそれぞれ自由端とする2つの片持ち梁部分の固定端は、それぞれ、信号用スルーホール220、226に代えて追加スルーホール240、242となり、それぞれの片持ち梁部分の腕の長さは L_1 より短い L_4 及び L_5 となるので、当該梁部分の固有周振動数は追加スルーホール240、242を設けない場合に比

べて高くなる。

[0040] その結果、辺 204、206 をそれぞれ自由端とする 2 つの片持ち梁部分の固有振動の周波数は、環境振動の周波数範囲から離れることとなり、当該環境振動に起因する辺 204、206 の振動は抑制されるので、当該環境振動に起因するハンダ固定部又はハンダ接続部の剥離やヒビの発生が抑制される。

[0041] なお、信号用スルーホール 220 と辺 204 との間、及び又は信号用スルーホール 226 と辺 206 との間に設ける追加スルーホール数は、複数でもよい。この場合には、辺 204 及び 206 にそれぞれ最も近い位置に配された追加スルーホールと辺 204 及び 206 との間の距離により、それぞれ辺 204、206 を自由端とする片持ち梁部分の固有振動の周波数が決定される。

[0042] すなわち、上記の構成を有する光変調器 100 は、当該光変調器 100 と回路基板との間の電氣的接続を行うフレキシブル配線板 (FPC) 106 を備え、当該 FPC 106 の信号用スルーホール 220、222、224、226 と光変調器 100 の信号用リードピン 120、122、124、126 とがそれぞれ接続されることにより設けられる固定部の他に、信号用パターンである信号用スルーホール 220、222、224、226 の配列部分の端部である信号用スルーホール 220 及び 226 と、当該信号用スルーホール 220 及び 226 にそれぞれ近い側の辺 204 及び 206 と、の間に、それぞれ、追加パターンである追加スルーホール 240、242 が設けられている。そして、当該追加スルーホール 240、242 が、光変調器 100 に設けられた追加リードピン 132、130 と接続されることにより、FPC 106 に追加の固定部が設けられる。

[0043] このため、本光変調器 100 では、辺 204、206 から追加スルーホール 240、242 までの距離 L_4 、 L_5 を調整することで、辺 204、206 をそれぞれ自由端とする片持ち梁振動の固有振動の周波数を、環境振動の周波数範囲を離れて高い側にシフトさせ、当該環境振動に起因する FPC 1

06の振動を抑制して、ハンダ固定部又はハンダ接続部の剥離やヒビの発生を抑制することができる。

[0044] また、上記追加の固定部は、FPC106に設けた追加スルーホール240、242と、光変調器100に設けた追加リードピン132、130と、をハンダ（ハンダ以外の導電性材料でもよい）により固定することにより設けられるので、例えば、信号用リードピン120、122、124、126と信号用スルーホール220、222、224、226とのハンダ固定作業の際に同時に形成することができる。このため、上記追加の固定部の製造工数を短く抑えることができると共に、当該追加の固定部を先にハンダ固定すれば、信号用リードピン120、122、124、126と信号用スルーホール220、222、224、226との間の互いの位置関係が固定されるので、それらの間のハンダ固定の作業が容易となり、ハンダ固定部分の仕上がり品質も向上する。

[0045] また、追加リードピン130、132と追加スルーホール240、242の設計（サイズや形状など）は、信号用リードピン120、122、124、126と信号用スルーホール220、222、224、226の設計と同じとすることができるので、製造時における各リードピンと各スルーホールとの間のハンダの量や加熱条件等を統一することができ、製造ライン作業の観点からも好都合である。

[0046] 更に、長さL4及びL5を異なる長さとするれば、辺204、206をそれぞれ自由端とする片持ち梁振動の固有振動の周波数は互いに異なるものとなるので、環境振動の周波数範囲がこれらの固有振動の周波数まで広がっているとしても、同じ環境振動数に対して辺204及び206の部分が同時に振動することを抑制でき、環境振動に対する光変調器100の耐性をより高めることができる。

[0047] 次に、本実施形態の変形例を、図4ないし図11を用いて説明する。以下に示すFPCは、それぞれ、FPC106に代えて光変調器100に用いることができる。なお、以下の変形例においては、光変調器100の筐体10

4 には、それぞれ、当該変形例に係る F P C に設けられた追加スルーホールに接続・固定される追加リードピンが設けられるものとするが、図面の重複記載を避けて理解を容易にするため、個々の変形例に対応した追加リードピンを有する筐体 1 0 4 の変形例については図示を省略する。

[0048] また、以下の変形例の説明においては、信号用スルーホール 2 2 0、2 2 2、2 2 4、2 2 6 とパッド 2 1 0、2 1 2、2 1 4、2 1 6 との間の部分を「両持ち梁」又は「両持ち梁部分」ともいう。また、辺 2 0 4 又はその変形（切り欠き部エッジ等）を自由端とする片持ち梁部分を「第 1 の片持ち梁」又は「第 1 の片持ち梁部分」ともいい、当該第 1 の片持ち梁部分の振動を「第 1 の片持ち梁振動」ともいう。同様に、辺 2 0 6 又はその変形（切り欠き部エッジ等）を自由端とする片持ち梁部分を「第 2 の片持ち梁」又は「第 2 の片持ち梁部分」ともいい、当該第 2 の片持ち梁部分の振動を「第 2 の片持ち梁振動」ともいう。さらに、辺 2 0 2 を自由端とする片持ち梁部分を「第 3 の片持ち梁」又は「第 3 の片持ち梁部分」ともいい、当該第 3 の片持ち梁部分の振動を「第 3 の片持ち梁振動」ともいう。

[0049] [第 1 の変形例]

まず、図 1 A に示す光変調器 1 0 0 に用いられる F P C 1 0 6 の第 1 の変形例について説明する。

[0050] 図 2 に示す F P C 1 0 6 では、追加リードピン 1 3 0、1 3 2 と追加スルーホール 2 4 0、2 4 2 による追加の固定部を設けて、辺 2 0 4、2 0 6 を自由端とする片持ち梁振動の固有振動の周波数を高めて環境振動に起因する F P C 1 0 6 の振動を抑制する。

[0051] これに対し、本変形例では、信号用スルーホール 2 2 0、2 2 2、2 2 4、2 2 6 と信号用リードピン 1 2 0、1 2 2、1 2 4、1 2 6 との接続部を一方の固定端とし、パッド 2 1 0、2 1 2、2 1 4、2 1 6 と回路基板との接続部を他方の固定端として、これら固定端の間に構成される両持ち梁部分の、固有振動の周波数を高める。具体的には、信号用リードピン 1 2 0、1 2 2、1 2 4、1 2 6 が接続される信号用スルーホール 2 2 0、2 2 2、2

24、226の配列部分と、パッド210、212、214、216が設けられた一の辺200と、の間に、追加リードピンが接続される追加スルーホールで構成される少なくとも一つの追加の固定部を形成する。

[0052] 図4は、本変形例に係る、FPC106に代えて用いることのできるFPC400の構成を示す図である。なお、図4において、図2に示すFPC106と同じ構成要素については、図2における符号と同じ符号を用いるものとし、上述した図2についての説明を援用する。

[0053] 図4に示すFPC400は、図2に示すFPC106と同様の構成を有するが、追加スルーホール240、242を有さず、信号用リードピン120、122、124、126が接続される信号用スルーホール220、222、224、226の配列部分と、一の辺200に設けられたパッド210、212、214、216の、辺200と対向する側の端部と、の間に追加スルーホール410、412が設けられている。そして、当該追加スルーホール410、412が光変調器100の筐体104に設けられる追加リードピンに固定されることにより、追加の固定部が構成される（なお、以下では、冗長な記載を避けて理解を容易にするため、「追加スルーホール」とは、対応する「追加リードピン」が接続されて追加の固定部を構成するものをいうものとする）。

[0054] 本変形例では、辺200に設けられたパッド210、212、214、216の、辺200と対向する側の端部から、追加の固定部を構成する追加スルーホール410、412までの距離 L_p が、当該端部から信号用スルーホール220、222、224、226までの距離 L_s よりも短く構成される。すなわち、FPC400の両持ち梁部分を構成する2つの固定端間の距離は、 L_s より短い L_p となるので、当該両持ち梁部分の固有振動の周波数を、環境振動の周波数範囲を超えて高い側にシフトさせて、当該環境振動に起因するFPC400の振動を抑制し、信号用スルーホール220、222、224、226のハンダ固定部又はハンダ接続部及びパッド210、212、214、216のハンダ固定部又はハンダ接続部の、剥離やヒビの発生を

抑制することができる。

[0055] なお、信号用スルーホール220、222、224、226の配列部分とパッド210、212、214、216との間に設ける追加スルーホール数は、本実施形態のように追加スルーホール410、412の2つに限らず、少なくとも一つ以上の任意の数とすることができる。ただし、一つ又は二つの追加スルーホールのみを設ける場合には、図4に示すFPC400のように、信号用スルーホール220、222、224、226の配列のうち最も振動の影響を受け易い両端部の信号用スルーホール220及び226のいずれか一方又は両方の近傍に当該追加スルーホールを設けることが望ましい。

[0056] また、複数の追加スルーホールを設ける場合には、各追加スルーホールとパッド210、212、214、216の辺200に対向する端部までの距離を互いに異ならせて、これら追加スルーホールとパッド210、212、214、216とを2つの固定端としてFPC400に構成される両持ち梁部分の固有振動の周波数を、辺200の方向に沿って分散させるものとすることができる。これにより、環境振動数が一の固有振動の周波数に一致しても、辺200の方向を幅とする当該両持ち梁部分の全体が一様に大きく振動してしまうのを避けて、環境振動に対する光変調器100の耐性をより高めることができる。

[0057] [第2の変形例]

次に、図1Aに示す光変調器100に用いられるFPC106の第2の変形例について説明する。

[0058] 本変形例では、図4に示す第1の変形例に係るFPC400の構成に加えて、パッド210、212、214、216が設けられた一の辺200に対向する他の辺202（すなわち、信号用スルーホール220、222、224、226が設けられた側の辺202）を自由端とする片持ち梁振動の固有振動の周波数を高めるべく、信号用スルーホール220、222、224、226の配列部分と他の辺202との間にも少なくとも一つの追加スルーホ

ールを設ける。

[0059] 図5は、本変形例に係る、F P C 1 0 6に代えて用いることのできるF P C 5 0 0の構成を示す図である。なお、図5において、図2に示すF P C 1 0 6及び図4に示すF P C 4 0 0と同じ構成要素については、図2及び図4における符号と同じ符号を用いるものとし、上述した図2及び図4についての説明を援用する。

[0060] 図5に示すF P C 5 0 0は、図4に示すF P C 4 0 0と同様の構成を有するが、さらに、信号用リードピン1 2 0、1 2 2、1 2 4、1 2 6が接続される信号用スルーホール2 2 0、2 2 2、2 2 4、2 2 6の配列部分と、パッド2 1 0、2 1 2、2 1 4、2 1 6が設けられた一の辺2 0 0に対向する辺2 0 2と、の間に追加スルーホール5 1 0、5 1 2が設けられており、当該追加スルーホール5 1 0、5 1 2が光変調器1 0 0の筐体1 0 4に設けられる追加リードピンに固定されることにより、追加の固定部が構成される。

[0061] 本変形例では、F P C 4 0 0と同様に追加スルーホール4 1 0、4 1 2によりパッド2 1 0、2 1 2、2 1 4、2 1 6と信号用スルーホール2 2 0、2 2 2、2 2 4、2 2 6との間のF P C 5 0 0部分（両持ち梁部分）の固有振動の周波数が高められるほか、更に追加スルーホール5 1 0、5 1 2により辺2 0 2を自由端とする片持ち梁（第3の片持ち梁）部分の固有振動の周波数も高められる。また、本変形例では、追加スルーホール4 1 0、5 1 0が、信号用スルーホール2 2 0、2 2 2、2 2 4、2 2 6の配列部分の図示右側の端部に位置する信号用スルーホール2 2 0より辺2 0 4側に配されている。また、追加スルーホール4 1 2、5 1 2が、当該配列部分の図示左側の端部に位置する信号用スルーホール2 2 6より辺2 0 6側にある。このため、本変形例では、図2に示すF P C 1 0 6と同様に、辺2 0 4及び2 0 6をそれぞれ自由端とする第1及び第2の片持ち梁部分の固有振動の周波数も高められる。すなわち、図5に示すF P C 5 0 0は、4つの追加スルーホール4 1 0、4 1 2、5 1 0、5 1 2により上記四つの振動モード（上記両持ち梁の振動と、上記第1ないし第3の片持ち梁の振動）の全ての固有振動の

周波数を高めることができる効率的かつ効果的な構成となっている。

[0062] なお、追加スルーホール410、412と、追加スルーホール510、512と、の間の、パッド210、212、214、216が設けられた辺200と直交する方向に沿って測った距離 d は、狭すぎると追加スルーホール410、412、510、512が信号用スルーホール220、222、224、226と接近し過ぎることとなって、信号用スルーホール220、222、224、226のハンダ固定部分又はハンダ接続部分に対するFPC500の振動に起因したストレスに対する防御の効果が薄れることとなり得る。

[0063] また、一方、上記距離 d が大きすぎると、信号用スルーホール220、222、224、226と追加スルーホール410、412、510、512との間が広がり過ぎて、例えば追加スルーホール410、412とパッド210、212、214、216との間に発生する両持ち梁振動が、追加スルーホール410、412を支点として、信号用スルーホール220、222、224、226に向かって伝わることとなり得る。すなわち、上記距離 d は、追加スルーホール410、412とパッド210、212、214、216との間の距離 L_p との関係において、最適な範囲が存在し得る。

[0064] 図6は、上記距離 L_p により正規化された様々な距離 d における、振動及び衝撃後における信号用リードピン120、122、124、126のハンダ固定部又はハンダ接続部分の剥離及び又はヒビの発生程度を評価した結果である。図6に示す評価（◎：非常に良い、○：良い、△：十分でない、×：悪い）は、社団法人日本溶接協会が制定した「マイクロソルダリング技術認定・検定試験における品質判定基準」（JWES-MS060801J）をベースとして、更に仕上がりの均一性を加味して決定している。この品質判定基準は、JIS C 61191「プリント配線板実装」に記載されている高信頼性機器の品質基準に基づいており、部分的にはJIS要求基準よりも品質判定基準が具体的に規定されている。

[0065] 図6に示す結果より、正規化距離 d/L_p が $1/5$ より小さい場合には効

果が十分でないことから、少なくとも $d \geq L_p / 5$ となるように追加スルーホール 410、412、510、512 を配置することが好ましく、特に、 $1/2 \leq d/L_p \leq 1.5$ の範囲とするのが更に望ましいことが分かる。

[0066] なお、図5に示すFPC500では、追加スルーホール510、512と、追加スルーホール410、412と、が信号用スルーホール220、222、224、226を挟んで図示上下対称となる位置に描かれているが、これに限らず、信号用スルーホール220、222、224、226を挟んで非対称に配置してもよい。ただし、図5に示すように対称位置に配置した場合には、FPC500を光変調器100の筐体104に対し安定に取り付けることが容易となるので、信号用スルーホール220、222、224、226と信号用リードピン120、122、124、126との間のそれぞれのハンダ固定部又はハンダ接続部分における、互いに対応するスルーホール及びリードピンの位置関係のばらつきや、ハンダ量等の製造ばらつきを抑制して、信号用スルーホール220、222、224、226のそれぞれが構成する電気線路の高周波特性を互いに同等なものとするのが容易となる。

[0067] [第3の変形例]

次に、図1Aに示す光変調器100に用いられるFPC106の第3の変形例について説明する。

[0068] 本変形例は、図5に示す第2の変形例と同様の構成を有するが、信号用スルーホール220、222、224、226の配列部分とパッド210、212、214、216が設けられた一の辺200と、の間に設けられた複数の追加スルーホールと、当該配列部分と辺200に対向する辺202との間に設けられた追加スルーホールと、が、信号用スルーホール220、222、224、226のそれぞれを四方から囲むように配されている。

[0069] 図7は、本変形例に係る、FPC106に代えて用いることのできるFPC700の構成を示す図である。なお、図7において、図2に示すFPC106と同じ構成要素については、図2における符号と同じ符号を用いるものとし、上述した図2についての説明を援用する。

[0070] 図7に示すFPC700は、図2に示すFPC106と同様の構成を有するが、追加スルーホール240、242を有さず、信号用リードピン120、122、124、126が接続される信号用スルーホール220、222、224、226の配列部分と、パッド210、212、214、216が設けられた一の辺200と、の間に追加スルーホール710、712、714、716、718が設けられている。

[0071] また、上記配列部分と、辺200に対向する辺202と、の間に追加スルーホール720、722、724、726、728が設けられている。そして、これらの追加スルーホール710、712、714、716、718、720、722、724、726、728は、信号用スルーホール220、222、224、226のそれぞれを四方から囲むように配されている。

[0072] すなわち、信号用スルーホール220は、追加スルーホール710、712、720、722により四方から囲まれ、信号用スルーホール222は、追加スルーホール712、714、722、724により四方から囲まれ、信号用スルーホール224は、追加スルーホール714、716、724、726により四方から囲まれ、信号用スルーホール226は、追加スルーホール716、718、726、728により四方から囲まれている。

[0073] 本変形例では、追加スルーホール710、712、714、716、718、720、722、724、726、728が、信号用スルーホール220、222、224、226のそれぞれを四方から囲む位置に配されている。このため、本変形例では、信号用スルーホール220、222、224、226のそれぞれにおけるハンダ固定部又はハンダ接続部が、当該信号用スルーホールの周囲部分における全ての方向における振動から守られると共に、これら追加スルーホール710、712、714、716、718、720、722、724、726、728により、FPC700における四つの振動モード（すなわち、パッド210、212、214、216を一の固定端とする両持ち梁振動、及び辺202、204、206をそれぞれ自由端とする第1ないし第3の片持ち梁振動）の全ての固有振動の周波数を高めて、

環境振動の影響を低減することができる。

[0074] また、追加スルーホール710、712、714、716、718、720、722、724、726、728は、信号用スルーホール220、222、224、226のそれぞれを中心として対称に配置されているので、FPC700を光変調器100の筐体104に対し安定に取り付けることが容易となる。このため、信号用リードピン120、122、124、126と、信号用スルーホール220、222、224、226との間のハンダ固定部又はハンダ接続部の、信号用スルーホール220、222、224、226のそれぞれにおける（それぞれの間での）ばらつきがなくなる。その結果、信号用スルーホール220、222、224、226を含む電気線路（従って、信号用リードピン120、122、124、126と、信号用スルーホール220、222、224、226と、配線パターン230、232、234、236と、パッド210、212、214、216、でそれぞれ構成される電気線路）のそれぞれの高周波特性の、それぞれの電気線路間での差を小さく同等なものとするのが容易になる。

[0075] 〔第4の変形例〕

次に、図1Aに示す光変調器100に用いられるFPC106の第4の変形例について説明する。

[0076] 図8は、本変形例に係る、FPC106に代えて用いることのできるFPC800の構成を示す図である。なお、図8において、図2及び図7に示すFPC106及びFPC700と同じ構成要素については、図2及び図7における符号と同じ符号を用いるものとし、上述した図2及び図7についての説明を援用する。

[0077] 図8に示すFPC800は、図7に示すFPC106と同様の構成を有するが、さらに、パッド210、212、214、216が設けられた一の辺200及び当該一の辺200に対向する他の辺202を除く二つの辺204、206のそれぞれから、信号用スルーホール220、222、224、226の配列部分に向かって、切り欠き部810、812が設けられている。

[0078] 本変形例では、図 7 に示す第 3 の変形例と同様の効果を奏することに加えて、辺 204、206 に切り欠き部を設けているので、追加スルーホール 710、720 を固定端として図示右側に設けられる第 1 の片持ち梁振動の固有振動の周波数、及び追加スルーホール 718、728 を固定端として図示左側に設けられる第 2 の片持ち梁振動の固有振動の周波数が、図 7 に示す FPC700 に比べてより高い振動数へ大幅にシフトする。このため、これら第 1 及び第 2 の片持ち梁部分の振動に起因する信号用スルーホール 220、226 におけるハンダ固定部又はハンダ接続部の剥離やヒビの発生が大きく抑制される。

[0079] 特に、本変形例では、切り欠き部 810、812 の深さが互いに異なっており、追加スルーホール 718、728 と、辺 206 から設けた切り欠き部 812 の端部と、の間の距離 L6 に対し、追加スルーホール 710、720 と、辺 204 から設けた切り欠き部 810 の端部と、の間の距離 L7 が短くなっている。

[0080] これにより、追加スルーホール 710、720 を固定端とする第 1 の片持ち梁振動の固有振動の周波数と、追加スルーホール 718、728 を固定端とする第 2 の片持ち梁振動の固有振動の周波数と、は異なるものとなる。その結果、環境振動の周波数範囲がこれらの固有振動の周波数まで広がっていたとしても、同じ環境振動数に対して上記第 1 及び第 2 の片持ち梁振動が大きな振幅で同時に発生することを抑制できるので、環境振動に対する光変調器 100 の耐性をより高めることができる。

[0081] なお、切り欠き部 810、812 は、辺 202 まで延在して、辺 202 と辺 204 との角部及び辺 202 と辺 206 との角部をそれぞれ矩形に切り取る形状として設けてもよい。

[0082] [第 5 の変形例]

次に、図 1A に示す光変調器 100 に用いられる FPC106 の第 5 の変形例について説明する。

[0083] 図 9 は、本変形例に係る、FPC106 に代えて用いることのできる F P

C 9 0 0 の構成を示す図である。なお、図 9 において、図 2 及び図 7 に示す F P C 1 0 6 及び F P C 7 0 0 と同じ構成要素については、図 2 及び図 7 における符号と同じ符号を用いるものとし、上述した図 2 及び図 7 についての説明を援用する。

[0084] 図 9 に示す F P C 9 0 0 は、図 7 に示す F P C 7 0 0 と同様の構成を有するが、さらに、信号用スルーホール 2 2 0、2 2 2、2 2 4、2 2 6 とパッド 2 1 0、2 1 2、2 1 4、2 1 6 が設けられた一の辺 2 0 0 との間に設けられた追加スルーホール 7 1 0、7 1 2、7 1 4、7 1 6、7 1 8 の配列の両端部に位置する追加スルーホール 7 1 0 及び 7 1 8 と、一の辺 2 0 0 及びこれに対向する辺 2 0 2 を除く 2 つの辺 2 0 4 及び 2 0 6 との間に、それぞれ、追加スルーホール 9 1 0 及び 9 1 2 が設けられている。

[0085] 本変形例では、図 7 に示す第 3 の変形例と同様の効果を奏することに加えて、追加スルーホール 7 1 0、7 1 2、7 1 4、7 1 6、7 1 8 の配列の両端部に位置する追加スルーホール 7 1 0 及び 7 1 8 と、辺 2 0 4 及び 2 0 6 と、の間に、それぞれ、追加スルーホール 9 1 0 及び 9 1 2 が設けられている。その結果、本変形例では、辺 2 0 4 及び 2 0 6 をそれぞれ自由端とする第 1 及び第 2 の片持ち梁振動の固有振動の周波数が図 7 の構成に比べてさらに高い振動数へシフトする。このため、これら片持ち梁振動に起因する信号用スルーホール 2 2 0、2 2 6 におけるハンダ固定部又はハンダ接続部の剥離やヒビの発生が大きく抑制される。

[0086] 特に、本変形例では、辺 2 0 4 と追加スルーホール 9 1 0 との距離 L_6 と、辺 2 0 6 と追加スルーホール 9 1 2 との距離 L_7 と、が互いに異なっているので、辺 2 0 4 を自由端とする第 1 の片持ち梁振動の固有振動の周波数と、辺 2 0 6 を自由端とする第 2 の片持ち梁振動の固有振動の周波数と、は異なるものとなる。このため、本変形例では、環境振動の周波数範囲がこれらの固有振動の周波数まで広がっていたとしても、同じ環境振動数に対して上記第 1 及び第 2 の片持ち梁振動が大きな振幅で同時に発生することを抑制できるので、環境振動に対する光変調器 1 0 0 の耐性をより高めることができる。

る。

[0087] 本変形例は、例えば、FPCにおける電気線路の配置上の制約や、FPCの取り付け治具等の制約などから、FPCに大きな切り欠き部を設けることが困難な場合などに、図8に示すFPC800に代えて用いることができる。

[0088] なお、図9に示す構成において、図8に示す切り欠き部810、812と同様な切り欠き部も設けて、上記片持ち梁振動の固有振動の周波数を更に高めて、環境振動に対する光変調器100の耐性を更に高めることもできる。

[0089] [第6の変形例]

次に、図1Aに示す光変調器100に用いられるFPC106の第6の変形例について説明する。

[0090] 図10は、本変形例に係る、FPC106に代えて用いることのできるFPC1000の構成を示す図である。なお、図10において、図2及び図7に示すFPC106及びFPC700と同じ構成要素については、図2及び図7における符号と同じ符号を用いるものとし、上述した図2及び図7についての説明を援用する。

[0091] 図10に示すFPC1000は、図7に示すFPC700と同様の構成を有するが、パッド210、212、214、216が設けられた一の辺200及びこれに対向する他の辺202を除く2つの辺204、206と、当該他の辺202と、が構成する2つの角部1010、1012に、それぞれ、切り欠き部1020、1021が設けられている。そして、切り欠き部1020、1021は、追加スルーホール710、712、714、716、718、720、722、724、726、728の配列部分の両端部に位置する追加スルーホール710、720及び718、728から前記切り欠き部1020、1021のそれぞれのエッジ1030、1032までの、辺200の方向に沿って測った距離が、当該一の辺200からの距離に従って変化するように設けられている。例えば、切り欠き部1020は、辺200の方向に沿って測った追加スルーホール710及び720からエッジ1030

までの距離が、辺200から離れるに従って短くなるように構成されており、追加スルーホール710が設けられている位置での当該距離L8に対し、辺200に対し追加スルーホール710より離れた追加スルーホール720の位置での当該距離L9は短くなっている。

[0092] 本変形例では、辺200の方向に沿って測った追加スルーホール710、720から切り欠き部1020のエッジ1030までの距離が、辺200からの距離に従って変化するように、切り欠き1020が設けられているので、追加スルーホール710、720を固定端として図示右側に設けられる第1の片持ち梁の固有振動の周波数は、辺200からの距離に従って変化する。このため、エッジ1030を自由端とする第1の片持ち梁振動の固有振動の周波数は有限の振動数範囲に分布することとなり、環境振動に起因して発生する当該片持ち梁振動の振動振幅が大きく抑制される。また、同様の原理から、エッジ1032を自由端とする第2の片持ち梁振動の固有振動の周波数も有限の振動数範囲に分布することとなり、環境振動に起因して発生する当該片持ち梁振動の振動振幅も大きく抑制される。

[0093] したがって、本変形例に係るFPC1000では、追加スルーホール710、720及び718、728をそれぞれ固定端として図示右側及び左側に設けられる第1及び第2の片持ち梁部分の振動に伴う信号用スルーホール220、222、224、226のハンダ固定部又はハンダ接続部の剥離やヒビが効果的に抑制される。

[0094] また、一般に、FPC母材からの打ち抜きによって個々のFPCを作成する場合には、当該個々のFPCが有する直角又は鋭角を為す角部において変形を生じ易い。このため、例えば図8に示すような角部を多く持つFPC800を作成する場合には変形個所が多くなる。これに対し、本変形例のFPC1000では、直角の角部1010、1012に切り欠き部1020、1032を設けたことで、当該直角の角部1010、1012が、それぞれ2つの鈍角で構成される形状に置き換わるので、上記打ち抜きによりFPC1000を作製した場合にも、角部における変形を生じ難い。

[0095] 〔第 7 の変形例〕

次に、図 1 A に示す光変調器 100 に用いられる FPC106 の第 7 の変形例について説明する。

[0096] 図 11 は、本変形例に係る、FPC106 に代えて用いることのできる FPC1100 の構成を示す図である。なお、図 11 において、図 2 及び図 7 に示す FPC106 及び FPC700 と同じ構成要素については、図 2 及び図 7 における符号と同じ符号を用いるものとし、上述した図 2 及び図 7 についての説明を援用する。

[0097] 図 11 に示す FPC1100 は、図 2 及び図 7 に示す FPC106、700 と同様の構成を有するが、信号用スルーホール 220、222 と対称位置にあった信号用スルーホール 224、226 に代えて、当該信号用スルーホール 224、226 の位置から図示左方向へ移動した位置に配された信号用スルーホール 1110、1112 が設けられている。これにより、信号用スルーホールの配列部分は、信号用スルーホール 220、222 が配列された配列部分と、信号用スルーホール 1110、1112 が配列された配列部分と、の 2 つの配列部分で構成される。

[0098] また、図 7 に示す FPC700 の追加スルーホール 716、718、726、728 に代えて、当該追加スルーホール 716、718、726、728 の位置から図示左方向へ移動した位置に配された追加スルーホール 1122、1124、1132、1134 が設けられている。さらに、追加スルーホール 1120、1130 が設けられ、追加スルーホール 1120、1122、1124、1130、1132、1134 は、信号用スルーホール 1110、1112 のそれぞれを四方から囲む位置に配されている。

[0099] なお、FPC1100 を光変調器に用いる場合には、光変調器 100 の変形として、当該光変調器の筐体において、信号用スルーホール 220、222、1110、1112 に対応する位置に信号用リードピンを設ける必要が

ある。

[0100] 本変形例では、信号用スルーホール220、222の配列部分と、信号用スルーホール1110、1112の配列部分と、の2つの配列部分から成る。また、信号用スルーホール1110、1112は、上記のように、左右中心線を挟んで信号用スルーホール220、222に対する対称位置から図示左方へ移動する位置に設けられている。その結果、本変形例では、信号用スルーホール220を図示右側から囲む追加スルーホール710、720と辺204との距離L10に対し、信号用スルーホール1112を図示左側から囲む追加スルーホール1124、1134と辺206との距離L11が短くなっている。

[0101] このため、本変形例では、辺206を自由端とする第2の片持ち梁振動の固有振動の周波数と、辺204を自由端とする第1の片持ち梁振動の固有振動の周波数と、は異なるものとなる。したがって、環境振動の周波数範囲がこれらの固有振動の周波数まで広がっていたとしても、同じ環境振動数に対して上記第1及び第2の片持ち梁振動が大きな振幅で同時に発生することを抑制できるので、環境振動に対する光変調器100の耐性をより高めることができる。

[0102] また、本変形例では、信号用スルーホール220、222、1110、1112のそれぞれを四方から囲む位置に追加スルーホール710、712、714、720、722、724、1120、1122、1124、1130、1132、1134が設けられている。このため、図7に示すFPC700と同様に、信号用スルーホール220、222、1110、1112のそれぞれにおけるハンダ固定部又はハンダ接続部が、当該信号用スルーホールの周囲部分における全ての方向における振動から守られる。また、さらに、これら追加スルーホール710、712、714、720、722、724、1120、1122、1124、1130、1132、1134により、FPC1100における四つの振動モード（両持ち梁部分の振動、及び第1ないし第3の片持ち梁部分の振動）の全ての固有振動の周波数を高めて、

環境振動の影響を低減することができる。

[0103] なお、上述したF P C 1 0 6、4 0 0、5 0 0、7 0 0、8 0 0、9 0 0、1 0 0 0、1 1 0 0においては、各F P Cに設けられたグランドパターン（不図示）が、追加スルーホール（2 4 0等）と追加リードピン（1 3 2等）により、光変調器1 0 0（又はその変形）の筐体グランドに接続されるものとすることができる。これにより、各F P Cにおける接地電位の変動を効果的に抑制して、安定な高周波伝送特性及び反射特性を得ることができる。

[0104] <第2の実施形態>

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。本実施形態は、第1の実施形態に示した光変調器1 0 0（図4ないし図11に示す任意の変形例を含む）を搭載した光送信装置である。

[0105] 図12は、本実施形態に係る光送信装置の構成を示す図である。本光送信装置1200は、光変調器1202と、光変調器1202に光を入射する光源1204と、変調信号生成部1206と、変調データ生成部1208と、を有する。

[0106] 光変調器1202は、図1Aに示す光変調器100である（F P C 1 0 6に代えて、図4、5、7ないし10に示すF P C 4 0 0、5 0 0、7 0 0、9 0 0、又は1 0 0 0のいずれかを備えていてもよい。また、図11に示すF P C 1 1 0 0を備える光変調器の変形であってもよい）。変調データ生成部1208は、外部から与えられる送信データを受信して、当該送信データを送信するための変調データ（例えば、送信データを所定のデータフォーマットに変換又は加工したデータ）を生成し、当該生成した変調データを変調信号生成部1206へ出力する。

[0107] 変調信号生成部1206は、光変調器1202に変調動作を行わせるための電気信号を出力する電子回路であり、変調データ生成部1208が出力した変調データに基づき、光変調器1202に当該変調データに従った光変調動作を行わせるための高周波信号である変調信号を生成して、光変調器100に入力する。当該変調信号は、光変調器100が備える光変調素子102

の4つのRF電極（不図示）に対応する4つのRF信号から成る。

[0108] 当該4つのRF信号は、光変調器100のFPC106（上述したとおり、FPC106についての上述した変形例のいずれかであってもよい）のパッド210、212、214、216にそれぞれ入力され、配線パターン230、232、234、236、信号用スルーホール220、222、224、226、及び信号用リードピン120、122、124、126を介して上記RF電極にそれぞれ印加される。

[0109] これにより、光源1204から出力された光は、光変調器100により変調され、変調光となって光送信装置1200から出力される。

[0110] 特に、本光送信装置1200では、上述した構成を有する光変調器100を用いるので、光送信装置1200の搬送時や稼働時の環境振動に起因するFPC106におけるハンダ固定部又はハンダ接続部の剥離やヒビの発生を抑制して、良好な光伝送品質を確保することができる。

[0111] なお、上述した各実施形態では、LNを基板として用いた4つのRF電極を有する光変調素子を備える光変調器を示したが、本発明は、これに限らず、4つ以外の数のRF電極を持つ光変調器、及び又はLN以外の材料を基板として用いる光変調器にも、同様に適用することができる。また、図2示すFPC106の構成、及び図4ないし図11に示した当該FPC106の変形例の構成は、それぞれ個別のFPCとして単独に用いることができるだけでなく、それらの構成を適宜組み合わせ一つFPCを構成して用いるものとすることもできる。

符号の説明

[0112] 100、1202、1300・・・光変調器、102、1302・・・光変調素子、104、1304・・・筐体、106、400、500、700、800、900、1000、1100、1306・・・FPC、108、110、1308、1310・・・光ファイバ、120、122、124、126、1320、1322、1324、1326・・・信号用リードピン、130、132・・・追加リードピン、200、202、204、206

、1400、1402、1404、1406・・・辺、210、212、214、216、310、312、314、316、1410、1412、1414、1416、1510、1512、1514、1516・・・パッド、220、222、224、226、1110、1112、1420、1422、1424、1426・・・信号用スルーホール、230、232、234、236、1430、1432、1434、1436・・・配線パターン、240、242、410、412、510、512、710、712、714、716、718、720、722、724、726、728、910、912、1120、1122、1124、1130、1132、1134・・・追加スルーホール、1010、1012・・・角部、300、1500・・・回路基板、302、1502・・・ベース、810、812、1020、1022・・・切り欠き部、1200・・・光送信装置、1204・・・光源、1206・・・変調信号生成部、1208・・・変調データ生成部。

請求の範囲

- [請求項1] 回路基板との間の電氣的接続を行うフレキシブル配線板を備えた光変調器であって、
- 前記フレキシブル配線板は略四辺形を為し、
- 前記フレキシブル配線板には、前記略四辺形の一の辺に沿って前記回路基板と電氣的に接続されるパッドが設けられ、且つ前記一の辺に対向する他の辺に前記光変調器に設けられた信号伝達のための信号用リードピンと接続される信号用パターンが設けられており、
- 前記フレキシブル配線板は、前記信号用リードピン及び前記回路基板に接続された状態における当該フレキシブル配線板の固有振動の周波数を高めるための、追加の固定部及び又は切り欠き部を有する、
- 光変調器。
- [請求項2] 前記追加の固定部は、前記信号用リードピンに加えて前記光変調器に追加して設けられた追加リードピンと接続される追加パターンで構成される、
- 請求項1に記載の光変調器。
- [請求項3] 前記追加パターンは、フレキシブル配線板に設けられたグランドパターンと前記光変調器の筐体とを電氣的に接続するよう構成されている、
- 請求項2に記載の光変調器。
- [請求項4] 前記追加の固定部は、前記略四辺形の前記一の辺及び前記他の辺を除く二つの辺と、前記信号用パターンの配列部分の両端部と、の間にそれぞれ少なくとも一つずつ設けられた前記追加パターンで構成される、
- 請求項2又は3のいずれか一項に記載の光変調器。
- [請求項5] 前記追加の固定部は、前記配列部分と前記一の辺との間に設けられた少なくとも一つの前記追加パターンで構成される、
- 請求項4に記載の光変調器。

[請求項6] 前記追加の固定部は、さらに、前記配列部分と前記他の辺との間に設けられた少なくとも一つの前記追加パターンで構成される、

請求項5に記載の光変調器。

[請求項7] 前記配列部分と前記一の辺との間に設けられた前記追加パターンと、前記配列部分と前記他の辺との間に設けられた前記追加パターンと、の間の、前記一の辺に直交する方向に測った距離 d が、前記パッドの前記一の辺に対向する端部と、前記配列部分と前記一の辺との間に設けられた前記追加パターンと、の間の、前記一の辺に直交する方向に測った距離 L_p に対し、

$$d \geq L_p / 5 \quad \text{の関係を有する、}$$

請求項6に記載の光変調器。

[請求項8] 前記配列部分と前記一の辺との間に設けられた前記追加パターン、及び前記配列部分と前記他の辺との間に設けられた前記追加パターンは、前記信号用パターンのそれぞれを四方から囲むように配されている、

請求項7に記載の光変調器。

[請求項9] 前記追加の固定部は、さらに、前記一の辺及び前記他の辺を除く二つの辺と、前記配列部分の両端部と、の間にそれぞれ少なくとも一つずつ設けられた前記追加パターンで構成される、

請求項8に記載の光変調器。

[請求項10] 前記一の辺及び前記他の辺を除く二つの辺のそれぞれから、前記配列部分に向かって切り欠き部が設けられている、

請求項8に記載の光変調器。

[請求項11] 前記一の辺及び当該一の辺に対向する他の辺を除く二つの辺と、前記他の辺と、が構成する2つの角部に、それぞれ切り欠き部が設けられており、

前記切り欠き部は、前記配列部分の両端部から前記切り欠き部のエッジまでの距離であって前記一の辺の方向に沿った距離が、前記一の

辺から当該一の辺に直交する方向に沿って測った距離に従って変化するよう設けられている、

請求項 10 に記載の光変調器。

[請求項12]

前記配列部分は、一つ又は複数の配列部分から成り、前記一の辺及び前記他の辺を除く二つの辺のそれぞれに最も近い二つの配列部分のそれぞれの端部と、当該二つの辺のうちの対応する辺との間の距離が、互いに異なっている、

請求項 8 に記載の光変調器。

[請求項13]

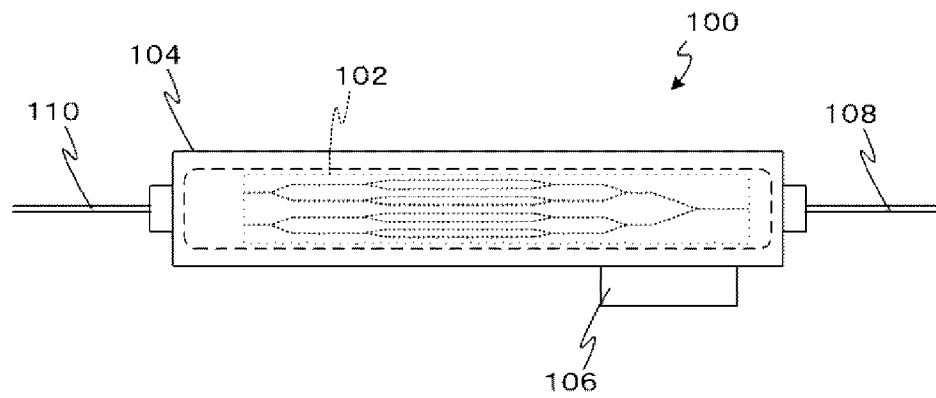
請求項 1 ないし 12 のいずれか一項に記載の光変調器と、

当該光変調器に変調動作を行わせるための電気信号を出力する電子回路と、

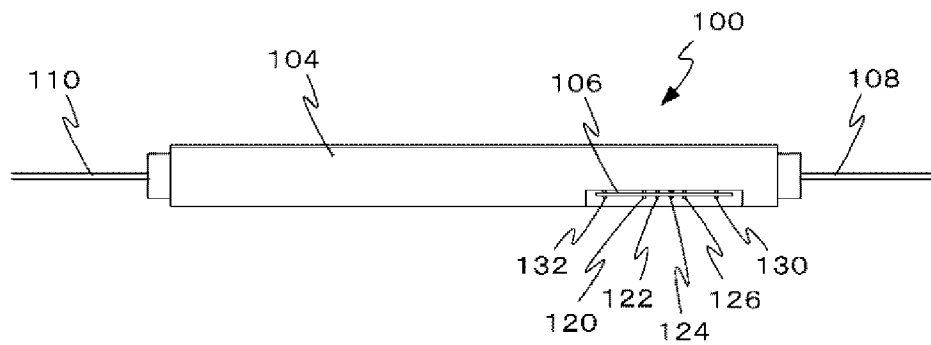
を備える、

光送信装置。

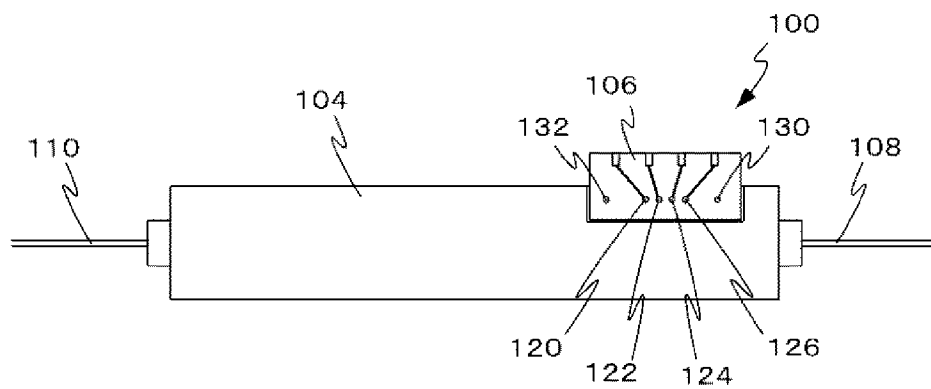
[図1A]



[図1B]

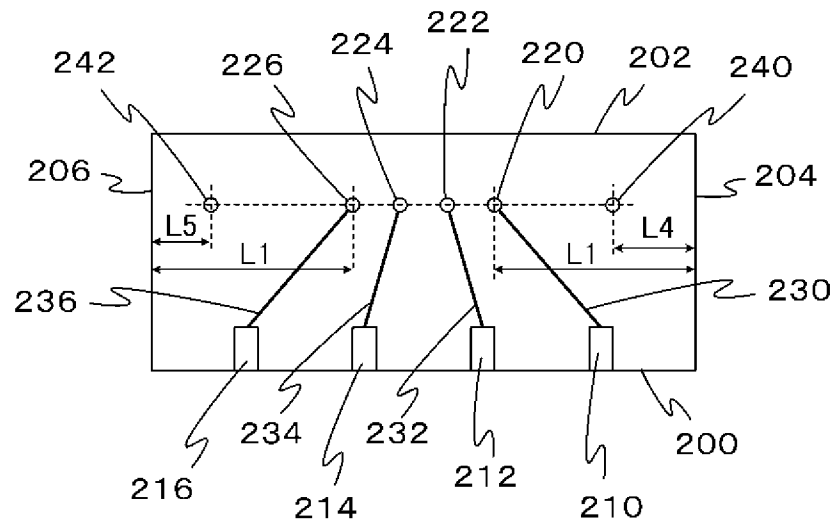


[図1C]

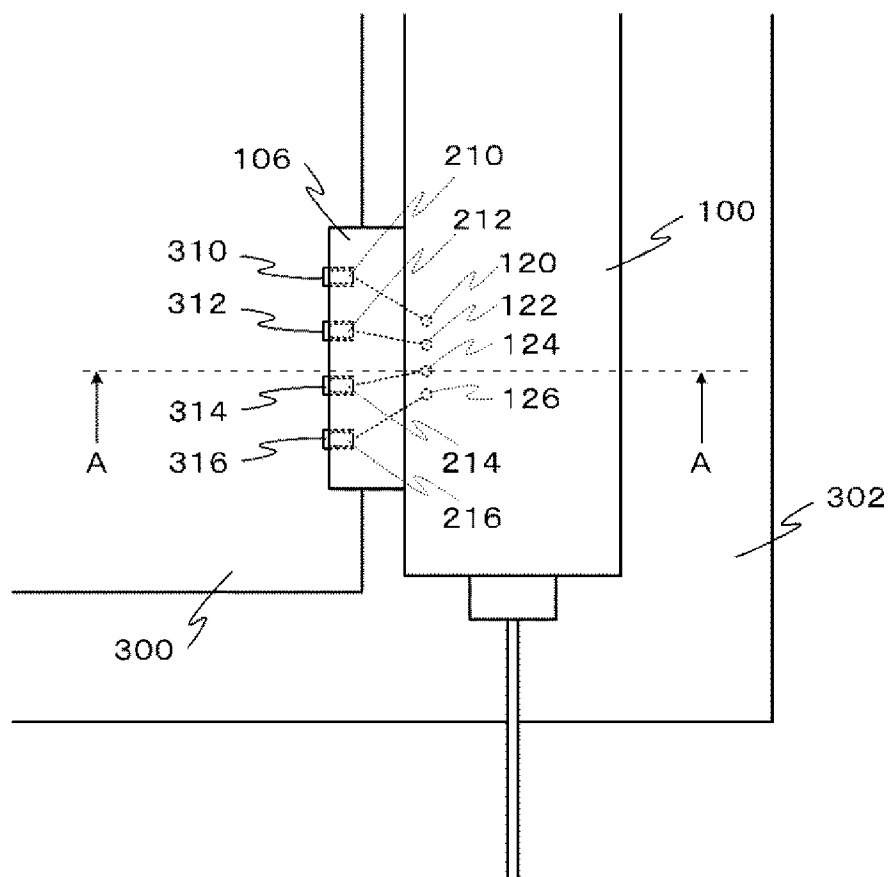


[図2]

106

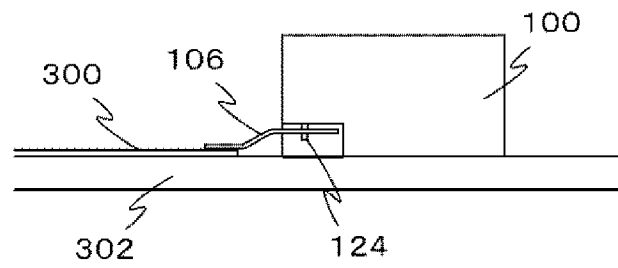


[図3A]



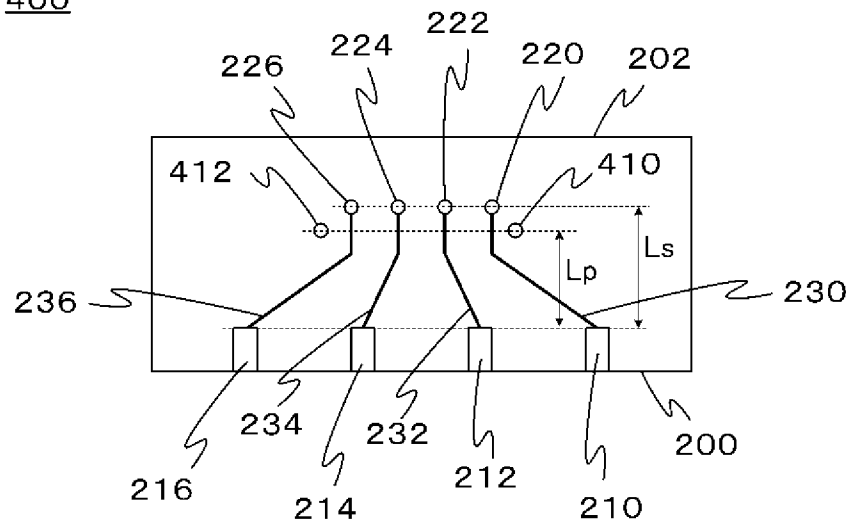
[図3B]

AA断面矢視図

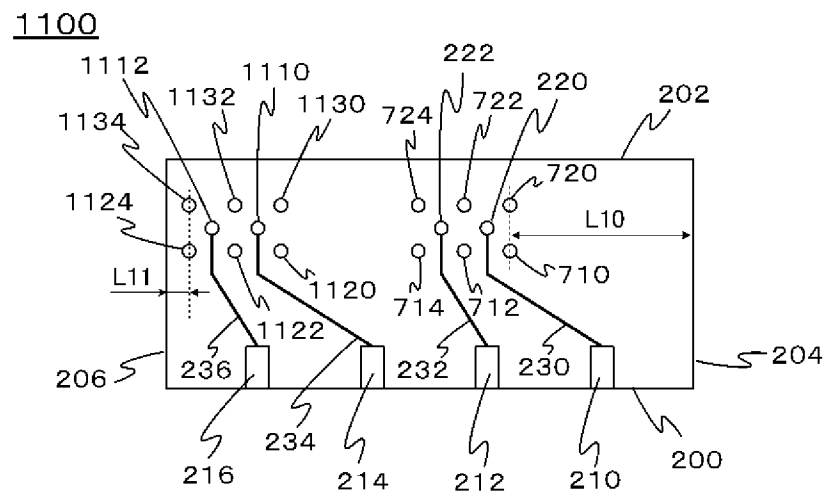


[図4]

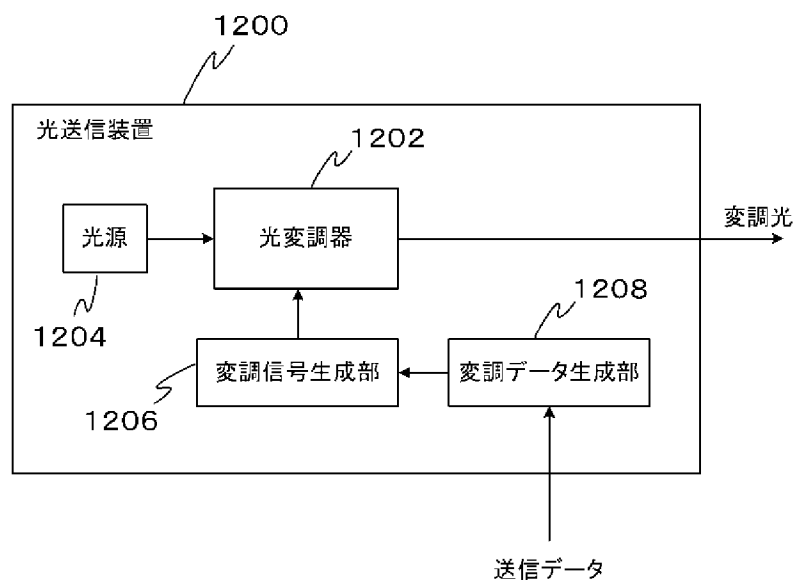
400



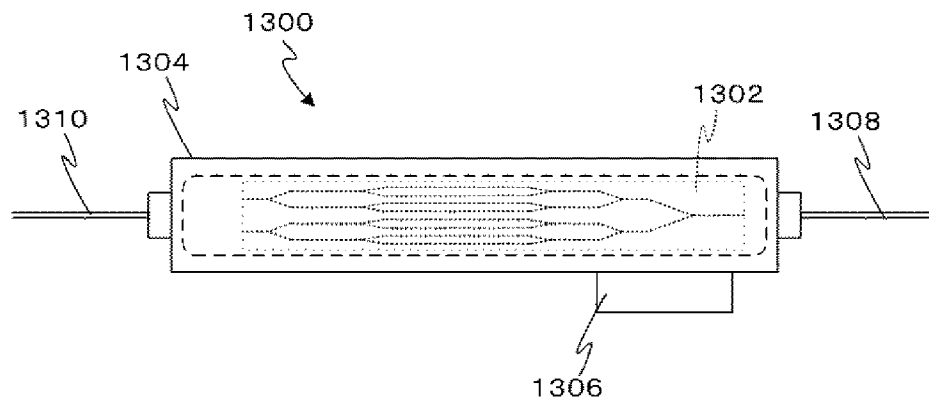
[図11]



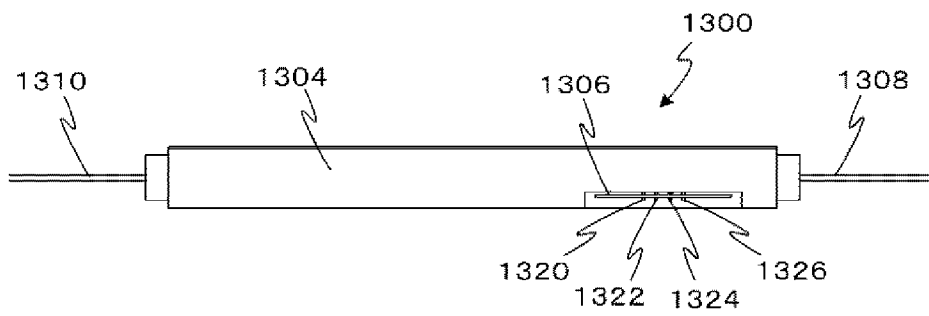
[図12]



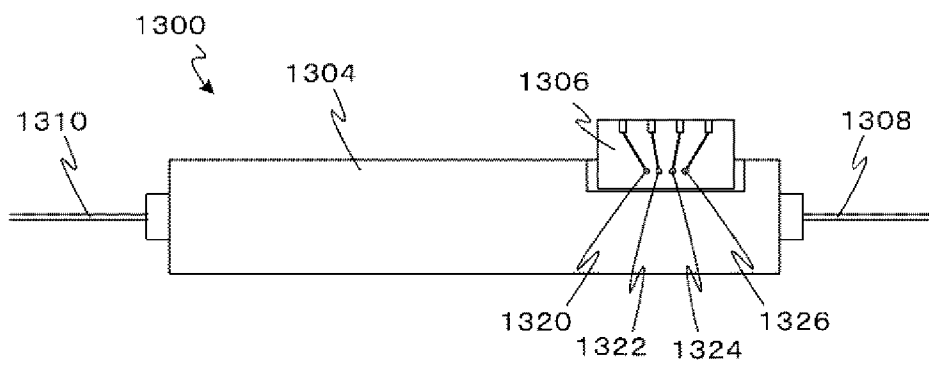
[図13A]



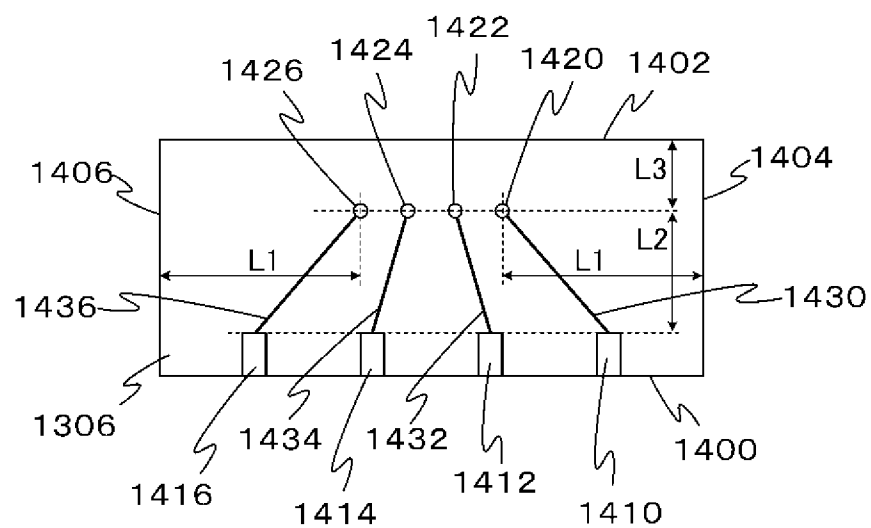
[図13B]



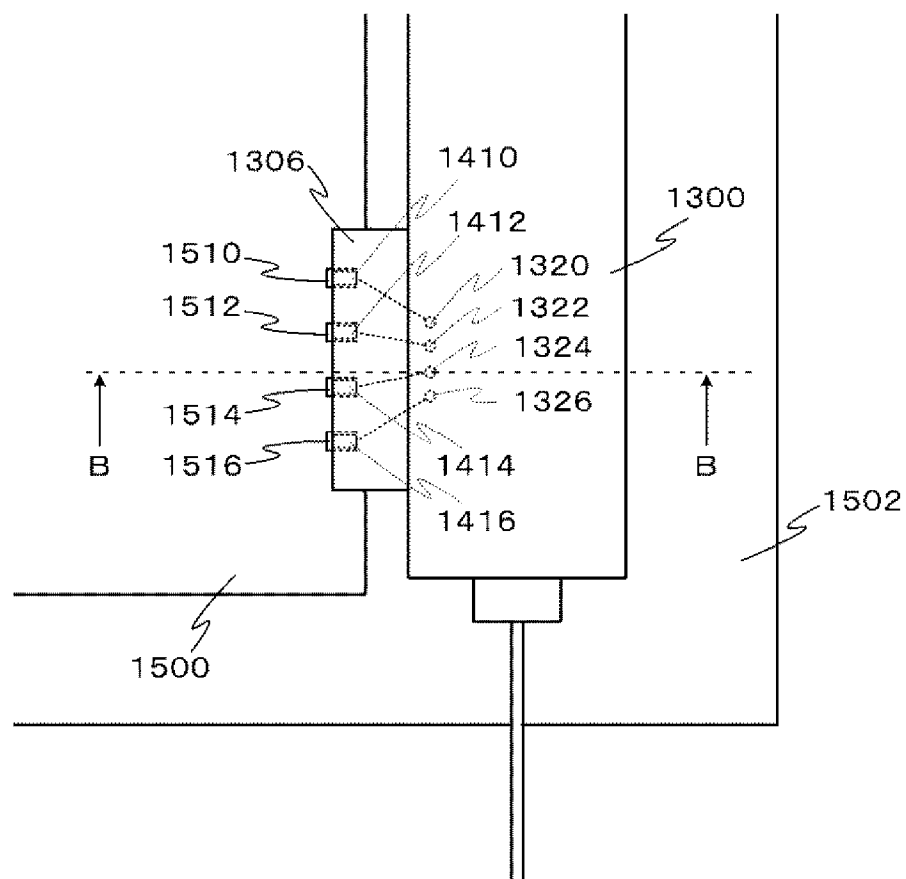
[図13C]



[図14]

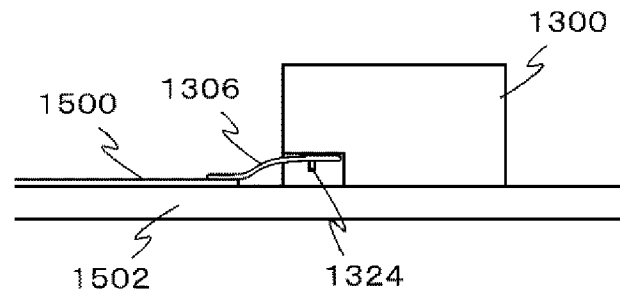


[図15A]

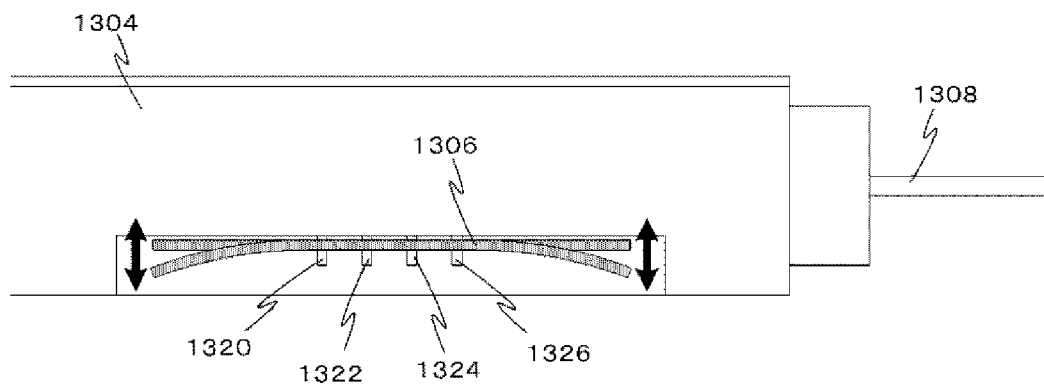


[図15B]

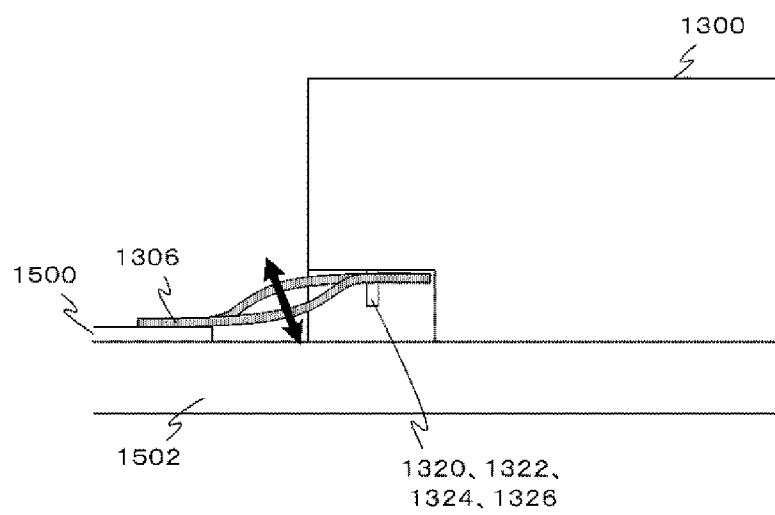
BB断面矢視図



[図16A]



[図16B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/077241

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/03(2006.01)i, 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, H05K1/00-1/02, 1/18

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	JP 2016-20928 A (Fujitsu Optical Components Ltd.), 04 February 2016 (04.02.2016), paragraphs [0026] to [0041], [0056] to [0071]; fig. 1 to 6, 9 to 10 & US 2016/0011486 A1 paragraphs [0037] to [0052], [0067] to [0082]; fig. 1 to 6, 9 to 10	1-4, 13 5-11 12
Y	JP 2012-48121 A (Fujitsu Optical Components Ltd.), 08 March 2012 (08.03.2012), paragraphs [0057] to [0058]; fig. 13 & US 2012/0051683 A1 paragraphs [0083] to [0084]; fig. 13	5-11

☒ 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 December 2016 (08.12.16)

Date of mailing of the international search report
20 December 2016 (20.12.16)

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/JP2016/077241

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 2002-134860 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 10 May 2002 (10.05.2002), paragraphs [0010] to [0015]; fig. 1, 2 (Family: none)	10-11
Y	JP 2006-228988 A (Sony Corp.), 31 August 2006 (31.08.2006), paragraphs [0016] to [0018]; fig. 4, 5 (Family: none)	10-11
Y	JP 2008-135465 A (Funai Electric Co., Ltd.), 12 June 2008 (12.06.2008), paragraphs [0023] to [0025], [0028] to [0029]; fig. 3, 6 (Family: none)	10-11
Y	JP 2013-29791 A (Fujitsu Optical Components Ltd.), 07 February 2013 (07.02.2013), paragraph [0023]; fig. 4 & US 2013/0027762 A1 paragraph [0031]; fig. 4	11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02F1/03(2006.01)i, 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, H05K1/00-1/02, 1/18

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 Y A	JP 2016-20928 A（富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社） 2016.02.04, 段落【0026】-【0041】、【0056】-【0071】、図1-図6、 図9-図10 & US 2016/0011486 A1, 段落[0037]-[0052], [0067]-[0082], 第1-6 図, 第9-10図	1-4, 13 5-11 12
Y	JP 2012-48121 A（富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社） 2012.03.08, 段落【0057】-【0058】、図13 & US 2012/0051683 A1, 段落[0083]-[0084], 第13図	5-11

☒ 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

08.12.2016

国際調査報告の発送日

20.12.2016

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

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

2 L

5 2 6 3

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
Y	JP 2002-134860 A (松下電器産業株式会社) 2002.05.10, 段落【0010】 - 【0015】, 図 1, 図 2 (ファミリーなし)	10-11
Y	JP 2006-228988 A (ソニー株式会社) 2006.08.31, 段落【0016】 - 【0018】, 図 4, 図 5 (ファミリーなし)	10-11
Y	JP 2008-135465 A (船井電機株式会社) 2008.06.12, 段落【0023】 - 【0025】, 【0028】 - 【0029】, 図 3, 図 6 (ファミリーなし)	10-11
Y	JP 2013-29791 A (富士通オペティカルコンポーネンツ株式会社) 2013.02.07, 段落【0023】, 図 4 & US 2013/0027762 A1, 段落[0031], 第 4 図	11