(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 10 月 5 日(05.10.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/168790 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/JP2016/077240

(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 2016-068523 2016 年 3 月 30 日(30.03.2016) 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). 清水 亮(SHIMIZU Ryo); 〒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).

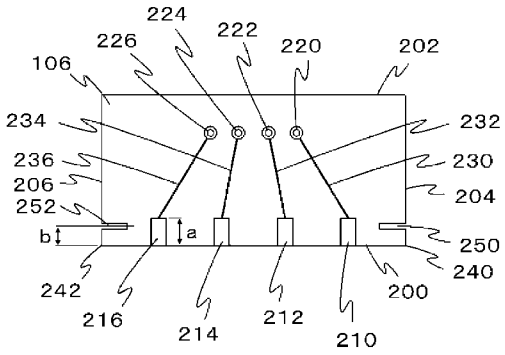
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,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

[続葉有]

(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



(57) **Abstract**: The purpose of the present invention is, in an optical modulator equipped with a FPC for electrically connecting the optical modulator to an external circuit board, to reduce the variations in the high-frequency characteristics of the signal path from the circuit board to the optical modulator effectively at low cost. This optical modulator (100) includes a flexible printed circuit (106) which electrically connects the optical modulator to a circuit board. The flexible printed circuit has a substantially rectangular shape. A pad (210, etc.) is formed on the flexible printed circuit along one side (200) of the substantially rectangular shape so as to be electrically connected to the circuit board. In order to relieve the mechanical stress applied onto the side or the edge of the flexible printed circuit and/or to prevent propagation of distortion generated at the side or the edge, the flexible printed circuit has: a cut or a notch (250, etc.) formed from a part of at least one side toward the inside of the flexible printed circuit; and/or a curved section (1010, etc.) connecting at least two adjacent sides.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/168790 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

外部の回路基板との電気的接続を行うＦＰＣを備えた光変調器において、当該回路基板から光変調器に至る信号経路の高周波特性のばらつきを、効果的且つ安価に低減すること。 回路基板との間の電気的接続を行うフレキシブル配線板（１０６）を備えた光変調器（１００）である。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（２００）に沿って前記回路基板と電気的に接続されるパッド（２１０等）が形成されている。また、前記フレキシブル配線板は、当該フレキシブル配線板の辺又は端部に加わる機械的応力を開放し及び又は当該辺又は端部に発生した歪の伝搬を防止するための、少なくとも一つの辺の一部から前記フレキシブル配線板の内部方向に向かって設けられた切り込み又は切り欠き（２５０等）を有し、及び又は少なくとも２つの隣接する辺をつなぐ曲線部（１０１０等）が設けられている。

明　細　書

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

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ＦＰＣ（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ＬｉＮｂＯ$_3$（以下、ＬＮ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ＬＮを用いた光変調素子では、マッハツェンダ型光導波路と、当該導波路に変調信号である高周波信号を印加するためのＲＦ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、が形成されている。そして、光変調素子に形成されたこれらの電極は、当該光変調素子を備え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、ＱＰＳＫ（Quadrature Phase Shift Keying）やＤＰ－ＱＰＳＫ（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] ＱＰＳＫ変調を行う光変調器（ＱＰＳＫ変調器）やＤＰ－ＱＰＳＫ変調を行う光変調器（ＤＰ－ＱＰＳＫ変調器）は、ネスト型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）、デバイスサイズが増大化する傾向があり、

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、ＲＦ電極と外部の電子回路とを接続する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ＦＰＣ（フレキシブル配線板（ＦＰＣ：Flexible Printed Circuits）を付加した光変調器が実現されている。

[0007] 例えば、ＤＰ－ＱＰＳＫ変調器では、それぞれにＲＦ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ＦＰＣとを用いれば、小型化が可能となる。

[0008] また、光変調器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ＦＰＣを介して接続されるので、従来用いていた同軸ケーブルを用いる必要が無く当該同軸ケーブルの余長処理に必要であったスペースが不要となり、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ＦＰＣは、例えば可撓性のあるポリイミドベースの材料を基板（以下、ＦＰＣ基板）として用いて作製され、一方の端部付近に形成された複数のスルーホールは、他方の端部に形成された同数のパッドと電気的に接続されている。そして、光変調器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ハンダ固定される。また、上記複数のパッドは、回路基板にそれぞれハンダ固定される。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ＲＦ電極に与えられて、高速光変調が行われる。

[0010] 上記のＦＰＣ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１６Ａ、図１６Ｂ、図１６Ｃ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１６Ａは光変調器の上面図、図１６Ｂは正面図、図１６Ｃは底面図である。この光変調器１６００は、光変調素子１６０２と、光変調素子１６０２を収容する筐体１６０４と、フレキシブル配線板（ＦＰＣ）１６０６と、光変調素子１６０２に光を入射するための光ファイバ１６０８と、光変調素子１６０２から出力される光を筐体１６０４の外部へ導く光ファイバ１６１０と、を備える。

[0012] 筐体１６０４には、光変調素子１６０２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１６２０、１６２２、１６２４、１６２６が設けられており、当該リードピン１６２０、１６２２、１６２４、１６２６は、ＦＰＣ１６０６に設けられた後述するスルーホール１７２０、１７２２、１７２４、１７２６に挿通されてハンダにより固定されている。

[0013] 図１７は、ＦＰＣ１６０６の構成を示す図である。ＦＰＣ１６０６は、図示下側の一の辺１７００の近傍に、当該一の辺１７００の方向に沿って４つのパッド１７１０、１７１２、１７１４、１７１６が並んで形成されている。また、辺１７００に対向する他の辺１７０２の側には、例えば辺１７０２の方向に沿って、４つのスルーホール１７２０、１７２２、１７２４、１７２６が並んで形成されている。さらに、４つのパッド１７１０、１７１２、１７１４、１７１６は、それぞれ、配線パターン１７３０、１７３２、１７３４、１７３６によりスルーホール１７２０、１７２２、１７２４、１７２６に電気的に接続されている。

[0014] そして、４つのパッド１７１０、１７１２、１７１４、１７１６が外部の回路基板のパッドに対してそれぞれハンダ付けされることにより、光変調器１６００が備える光変調素子１６０２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気接続に実装される。なお、ＦＰＣ１６０６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１７１０、１７１２、１７１４、１７１６を持つ場合には、長辺方向で約20mm以下、短辺方向で約10mm以下の長方形となる。

[0015] 図１８Ａ、図１８Ｂは、電子回路が構成された回路基板に光変調器１６００を接続した状態の一例を示す図であり、図１８Ａは光変調器１６００の上面方向から見た図、図１８Ｂは図１８ＡにおけるＢＢ断面矢視図である。なお、図１８Ｂにおいて光変調器１６００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１６００と回路基板１８００とは、例えば光送信装置の筐体内のベース１８０２に固定されている。光変調器１６００のＦＰＣ１６０６は、リードピン１６２０、１６２２、１６２４、１６２６との接続部分から図示左方へ延在し、図１８Ｂの図示斜め左下方向に曲がって、ＦＰＣ１６０６のパッド１７１０、１７１２、１７１４、１７１６が回路基板１８００上のパッド１８１０、１８１２、１８１４、１８１６にハンダ付けされる。

[0017] しかしながら、上記のようなＦＰＣ付き光変調器を回路基板に接続して光送信装置を構成すると、ＦＰＣ１６０６の製造時に発生し得る当該ＦＰＣ１６０６の変形や、当該ＦＰＣ１６０６と光変調器筐体１６０４のリードピン１６２０、１６２２、１６２４、１６２６との間のハンダ付けに際して発生し得る当該ＦＰＣ１６０６の反りや伸び等の様々な変形に起因して、ＦＰＣ１６０６上のパッド（ＦＰＣパッド）１７１０、１７１２、１７１４、１７１６と回路基板１８００上のパッド（回路基板パッド）１８１０、１８１２、１８１４、１８１６との間の接続状態に僅かなばらつき（介在するハンダの厚さのばらつきや厚さの均一性のばらつき、あるいはＦＰＣパッドと回路基板パッドとの間の位置ずれのばらつき）が生じ得る。

[0018] 図１９は、変形したＦＰＣの一例を示す図である。図示の例では、ＦＰＣ１９００は、基板角部において図示上方向へ変形している。この変形は、ＦＰＣの製造工程に起因する変形としてよくみられる。ＦＰＣは、例えばポリイミド基板上に銅（Cu）や金（Au）等で形成された配線パターンを備え、それらの配線パターンを保護するための保護膜なども形成されている。個々の

ＦＰＣは、例えば一のＦＰＣを構成する配線パターンをＦＰＣ基板のシート状母材にマトリックス状に繰り返し多数形成し、当該シート状母材から、それぞれが一のＦＰＣを構成する部分を打ち抜くことで製造される。図示のような角部における変形は、個々のＦＰＣが上記のような打ち抜きによって量産製造されることに由来していると考えられる。

[0019] ただし、製造時に発生するＦＰＣの変形は、当該ＦＰＣの製造プロセスにおける様々な要因で発生し、当該変形の度合いは、材料ロットや製造ロットなどの要因で変化し得るものであり、変形の形状も、反り、うねり、伸びなど様々であって、これらを制御し、抑制することは困難である。

[0020] 更に、このようなＦＰＣの変形は、製造プロセスによって発生するだけでなく、ＦＰＣを光変調器筐体のリードピンに半田固定する際の熱や、光変調器を光送信装置内に組み込む際にＦＰＣに加わる応力、あるいは光変調器を回路基板上へ実装する際にＦＰＣに加わる応力によっても発生する。

[0021] 特に、光変調器においては、ＦＰＣに伝搬させる高周波信号は数十GHzというマイクロ波領域に達していることから、上述した接続状態の僅かなばらつきに起因して、回路基板パッドからリードピンに至るまでの高周波信号経路の反射特性や伝送特性に大きなばらつきが生じ得る。その結果、光変調器における光変調特性を良好に保って所望の光伝送品質が確保することが困難となる事態が生じ得る。

[0022] また、この問題は、光変調器の小型化の要請からＦＰＣパッドができる限り微小なサイズで構成されることから、ＦＰＣの製造工程（例えば基板打ち抜き工程）においてＦＰＣ基板に加わる応力等により当該ＦＰＣに変形を生じやすいこと、及びＦＰＣパッドが微小であるため回路基板とのハンダ付けの際に位置ずれを生じ易いこと、等により比較的容易に発生し得る。

[0023] このような問題を解決する技術として、従来、特にＦＰＣ基板がその自重によりＵ字状に変形することに起因する上記問題を解決すべく、ＦＰＣが逆Ｕ字状に変形するように当該ＦＰＣが当接する筐体の一部に隆起部を設けた光モジュールが知られている（特許文献１）。

[0024] しかしながら、ＦＰＣを逆Ｕ字状に変形させても、光変調器筐体のリードピンとＦＰＣとの間のハンダ付け組立工程において発生し得る当該ＦＰＣの反りや伸び等の様々な変形や、ＦＰＣ自身の製造時における変形を一定状態に管理することは困難である。また、筐体の一部に設ける隆起部の加工ばらつきに起因して、ＦＰＣを当該隆起部に当接させたときのＦＰＣの変形ばらつきも生じ得ることとなり得る。したがって、上記従来の技術では、上述した種々の製造ばらつきを低減して光変調器の光変調特性を良好に保つには限界がある。さらに、上記従来の技術では、筐体の一部に隆起部を設けるための加工工程が必要となることから製造コストも増加する。

先行技術文献

特許文献

[0025] 特許文献1：特開２０１６－１２８４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0026] 上記背景より、外部の回路基板との電気的接続を行うＦＰＣを備えた光変調器において、当該回路基板から光変調器に至る信号経路の高周波特性のばらつきを、効果的且つ安価に低減することが望まれている。

課題を解決するための手段

[0027] 本発明の一の態様は、回路基板との間の電気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気的に接続されるパッドが形成されており、前記フレキシブル配線板は、当該フレキシブル配線板の辺又は端部に加わる機械的応力を開放し及び又は当該辺又は端部に発生した歪の伝搬を防止するための、少なくとも一つの辺の一部から前記フレキシブル配線板の内部方向に向かって設けられた切り込み又は切り欠きを有し、及び又は少なくとも２つの隣接する辺をつなぐ曲線部が設けられている。

本発明の他の態様によると、前記切り込み又は切り欠きは、前記略四辺形を構成する辺のうち、前記パッドが形成された前記一の辺に隣接する２つの辺のぞれぞれの一部からそれぞれ設けられている。

本発明の他の態様によると、前記パッドは、前記一の辺から距離ａの位置まで形成されており、前記切り込み又は切り欠きは、前記の一の辺からの距離１．２５×ａ以内の位置に形成されている。

本発明の他の態様によると、前記切り込み又は前記切り欠きは、前記一の辺に対し略平行な方向に設けられている。

本発明の他の態様によると、前記切り込み又は切り欠きは、前記パッドが形成されている部分を挟む前記一の辺上の２つの位置に、当該一の辺に対して略垂直方向に形成されている。

本発明の他の態様によると、前記切り欠きは、前記フレキシブル配線板を所定の曲線に沿って切り取った形状で形成されている。

本発明の他の態様によると、前記パッドは、前記一の辺から距離ａの位置まで形成されており、前記切り欠きが設けられている辺における当該切り欠きの開口部の長さｃと、前記一の辺から前記開口部の近端までの距離ｄとが、前記距離ａに対し、ａ≦ｄ、及びａ≦ｃの関係を有するように前記切り欠きが設けられている。

本発明の他の態様によると、前記切り欠きは、前記略四辺形を構成する辺のうち、前記パッドが形成された前記一の辺に対向する辺に配されており、当該切り欠きは、前記フレキシブル配線板を所定の曲線に沿って切り取った形状で形成されている。

本発明の他の態様によると、前記曲線部は、前記略四辺形を構成する辺のうち、前記パッドが形成された前記一の辺に対向する辺と、当該対向する辺に隣接する２つの辺とをそれぞれつなぐ部分に設けられている。

本発明の他の態様によると、前記曲線部は、前記パッドが形成された前記一の辺と前記対向する辺との距離Ｌに対し、Ｒ≧Ｌ／７の関係を満たす曲率半径Ｒを持つ。

本発明の他の態様によると、前記略四辺形を構成する辺のうち、前記パッドが形成された前記一の辺に隣接する２つの辺のぞれぞれの一部からそれぞれ設けられた切り欠きを有し、当該切り欠きは、前記フレキシブル配線板を所定の曲線に沿って切り取った形状で形成されている。

本発明の他の態様によると、前記略四辺形を構成する辺のうち、前記パッドが形成された前記一の辺に対向する辺に少なくとも一つの切り欠きが設けられており、当該切り欠きは、前記フレキシブル配線板を所定の曲線に沿って切り取った形状で形成されている。

本発明の他の態様は、上記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発生する電子回路と、を備える光送信装置である。

図面の簡単な説明

[0028] [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１Ａに示す光変調器に用いられるＦＰＣの構成を示す図である。

[図3A]図１Ａ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１Ａ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２に示すＦＰＣにおける、切り欠き位置とハンダ接続品質との関係についての評価結果を示す図である。

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

[図6]図１Ａに示す光変調器に用いられるＦＰＣの第２の変形例を示す図である。

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

[図8A]図７に示す第３の変形例における、切り欠きの間口サイズとハンダ接続品質との関係についての評価結果を示す図である。

[図8B]図７に示す第３の変形例における、切り欠きの間口サイズとハンダ接続品質との関係についての評価結果を示す図である。

[図9]図１Ａに示す光変調器に用いられるＦＰＣの第４の変形例を示す図である。

[図10]図１Ａに示す光変調器に用いられるＦＰＣの第５の変形例を示す図である。

[図11]図１０に示す第３の変形例における、曲線部の曲率半径とハンダ接続品質との関係についての評価結果を示す図である。

[図12]図１Ａに示す光変調器に用いられるＦＰＣの第６の変形例を示す図である。

[図13]図１Ａに示す光変調器に用いられるＦＰＣの第７の変形例を示す図である。

[図14]図１３に示すＦＰＣを、光変調器筐体に当接して位置決めし固定した状態の一例を示す図である。

[図15]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16A]従来の光変調器の上面図である。

[図16B]従来の光変調器の側面図である。

[図16C]従来の光変調器の底面図である。

[図17]図１６に示す光変調器に用いられるＦＰＣの構成を示す図である。

[図18A]図１６Ａ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18B]図１６Ａ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19]ＦＰＣの変形の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0029] 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＞

図１Ａ、図１Ｂ、図１Ｃは、本発明の第１の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、外部の回路基板との電気的接続を行う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。

[0030] 光変調素子１０２は、例えばＬＮ基板上に形成された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形成さ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）を備えたＤＰ－ＱＰＳＫ変調器である。光変調素子１０２から出力される２つの光は、例えば偏波合成器を含む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。

[0031] 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つのリードピン１２０、１２２、１２４、１２６を備える。筐体１０４に設けられたリードピン１２０、１２２、１２４、１２６は、ＦＰＣ１０６に設けられた後述するスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６に挿通され、当該スルーホール２２０、２２２、２２４、２２６とリードピン１２０、１２２、１２４、１２６との間がそれぞれハンダにより固定されている。

[0032] 図２は、ＦＰＣ１０６の構成を示す図である。ＦＰＣ１０６は、例えばポリイミドベースの材料を基板（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、ＦＰＣ１６０６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。

[0033] 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が並んで形成されている。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つのスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６が並んで形成されている。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によりスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６に電気的に接続されている。

[0034] 上述のように、４つのスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６は、それぞれ、筐体１０４が備える４つのリードピン１２０、１２２、１２４、１２６に接続されているので、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（例えばハンダ付けにより）パッド２１０、２１２、２１４、２１６がそれぞれ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。

[0035] ＦＰＣ１０６に形成される配線パターン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形成され得る（不図示）。

[0036] ＦＰＣ１０６のサイズは、上述した従来のＦＰＣ１６０６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20㎜以下、短辺方向（辺２００に対し垂直な方向）の長さが約10㎜以下である。

[0037] 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。

[0038] 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。光変調器１００のＦＰＣ１０６は、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の図示斜め左下方向に曲がって、回路基板３００上のパッド３１０、３１２、３１４、３１６に対しパッド２１０、２１２、２１４、２１６がハンダ付けされる。

[0039] 特に、本実施形態の光変調器１００では、図２に示すように、矩形に形成されたＦＰＣ１０６の４つの辺のうち、パッド２１０、２１２、２１４、２１６が形成された一の辺２００に隣接する２つの辺２０４、２０６の、当該一の辺２００が繋がる２つの角部２４０、２４２の近傍の位置に、辺２０４、２０６の一部からそれぞれＦＰＣ１０６の内部方向に向かって形成された矩形の切り欠き２５０、２５２が、左右対称に設けられている。これにより、例えばパッド２１０、２１２、２１４、２１６を回路基板３００のパッド３１０、３１２、３１４、３１６にハンダ付けするためにＦＰＣ１０６の辺２００近傍を回路基板３００に押し当てる場合、当該押し当てにより角部２４０、２４２に存在する反りや伸び等の様々な変形部に加わる機械的応力（以下、単に「応力」という）は、切り欠き２５０、２５２により開放されるので、上記押し当ての際の反力（当該押し当てにより当該変形部が回路基板３００の面に沿って変形することによって生ずる、当該押し当ての力に対抗する力）は弱まる。

[0040] 従って、回路基板３００上のパッド３１０、３１２、３１４、３１６に対するＦＰＣ１０６のパッド２１０、２１２、２１４、２１６の変形量が低減すると共に位置合わせに要する力が弱まって当該位置合わせが容易になるので、パッド２１０、２１２、２１４、２１６の位置をパッド３１０、３１２、３１４、３１６に対して正確に固定することができる。また、パッド２１０、２１２、２１４、２１６をパッド３１０、３１２、３１４、３１６に密着させるのに要する力も弱まるので、パッド２１０、２１２、２１４、２１

６とパッド３１０、３１２、３１４、３１６の間に介在するハンダの厚さの均一性を低減することができ、且つ製品毎のハンダの厚さのばらつきも低減することができる。その結果、例えば回路基板３００のパッド３１０、３１２、３１４、３１６から光変調器１００のリードピン１２０、１２２、１２４、１２６に至るまでの信号経路の高周波特性のばらつきを効果的に低減することができる。

[0041] また、ＦＰＣ１０６の切り欠き２５０、２５２は、例えばＦＰＣのシート母材からＦＰＣ１０６を打ち抜く際に用いる金型を図２に示す形状で設計しておけば、追加の工程を要することなく作製することができるので、上記効果を安価に実現することができる。

[0042] すなわち、上記の構成を有する光変調器１００は、筐体１０４に設けられた４つのリードピン１２０、１２２、１２４、１２６と外部の回路基板と、を接続するＦＰＣ１０６の、当該回路基板に接続されるパッド２１０、２１２、２１４、２１６が形成された一の辺２００に隣接する２つの辺２０４、２０６のそれぞれに、矩形の切り欠き２５０、２５２が設けられているので、ＦＰＣ１０６に変形が生じていた場合でも、ＦＰＣ１０６を回路基板に押し当ててハンダ固定する際に当該ＦＰＣ１０６に加わる応力及び当該応力に起因する押し当て反力が効果的に緩和される。その結果、当該ハンダ固定工程におけるハンダ厚の均一性ばらつきや位置合わせばらつきが低減され、当該回路基板への接続後における光変調器１００の高周波特性のばらつきが効果的に低減される。

[0043] この切り欠き２５０、２５２の深さ（対応する辺２０４、２０６からの深さ）は、深いほど上記反力緩和の効果が高いが、切り欠き２５０、２５２の端部は応力が集中する部分でもあるので、当該端部がパッド２１０、２１２、２１４、２１６に近くなり過ぎないように定める必要がある。例えば、ＦＰＣ１０６の辺２００の方向の長さが約20㎜以下である場合には、切り欠き２５０、２５２の深さは数㎜以内の範囲となるが、この範囲でも十分な効果が発揮され得る。

[0044] 上記反力緩和の効果は、切り欠き２５０、２５２を設ける位置にも依存し得る。図４は、反力緩和の結果として実現される、ＦＰＣ１０６のパッド２１０、２１２、２１４、２１６と回路基板３００のパッド３１０、３１２、３１４、３１６との間のハンダ接続部の均一性及び仕上がり品質を、切り欠き２５０、２５２の位置を変えて評価した結果である。図２に示す辺２００から切り欠き２５０、２５２の間口（開口部）の中心までの距離ｂをパッド２１０、２１２、２１４、２１６の長さ（図示上下方向の長さ）ａで規格化したパラメータｂ／ａを用いて切り欠き２５０、２５２の位置を表すものとし、ｂ／ａの種々の値に対する上記ハンダ接続部の均一性及び仕上がり品質を評価した。評価に用いたパッド２１０、２１２、２１４、２１６の長さａは約1.3mmである。

[0045] 評価は、◎（極めて良い）、○（良い）、△（十分でない）、×（悪い）、の４段階で判定した。この判定は、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）をベースに、仕上がりの均一性を加味して行った。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、当該ＪＩＳの要求基準よりも具体的な品質判定基準が規定されている。

[0046] 上記接続均一性／仕上がり品質の評価と、４つのパッド２１０、２１２、２１４、２１６から光変調素子１０２の４つのＲＦ電極（不図示）に至るまでの４つのＲＦ信号経路における高周波反射特性Ｓ１１の最悪値のばらつきと、を比べた結果では、概ね、「×」評価では最悪値ばらつきは3dB程度、「△」評価では2dB程度、「○」評価では1dB程度、「◎」評価では0.5dB程度であった。すなわち、当該評価の結果と高周波特性ばらつきの程度との間には一定の相関関係があり、当該評価において一定以上の良好な結果が得られたＦＰＣの構成を用いることで、光変調器１００の高周波特性ばらつきを改善することができる。

[0047] 図４に示す評価結果より、接続均一性／仕上がり品質は、切り欠き２５０

、２５２の位置がパッド２１０、２１２、２１４、２１６から離れるに従って低下する傾向を有し、ｂ／ａ≦１．２５の範囲では実用上良好な品質が得られることが判る。この傾向は、上記（約1.3㎜）と異なる長さａを持つパッド２１０、２１２、２１４、２１６について行った評価でも同様であった。

[0048] したがって、切り欠き２５０、２５２は、パッド２１０、２１２、２１４、２１６が設けられた辺２００から当該切り欠き２５０、２５２の間口中心までの距離ｂが、パッド２１０、２１２、２１４、２１６の長さａに対し、ｂ／ａ≦１．２５となる位置に設けることが望ましい。

[0049] なお、少なくともｂ／ａ≦１．２５の範囲においては、上記反力緩和の効果は切り欠き２５０、２５２の間口の大きさ（又は幅）にはほぼ依存しない。従って、有限の幅を持つ切り欠き２５０、２５２に代えて、所定の長さでＦＰＣ１０６の基板を切断して形成される「切り込み」を用いても、上記反力緩和の効果を得ることができる。なお、上記実施例では切り欠き２０５，２５２を左右対称に設けたが、非対称な位置に設けても良く、前記非対称な位置がｂ／ａ≦１．２５の範囲であると更に好適である。

[0050] 以下、本実施形態の変形例を、図５ないし図１４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に用いることのできるＦＰＣを示している。

[0051] 〔第１の変形例〕

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

[0052] 図２に示すＦＰＣ１０６では、パッド２１０、２１２、２１４、２１６が形成された一の辺２００に隣接する２つの辺２０４、２０６の、当該一の辺２００が繋がる２つの角部２４０、２４２の近傍において、矩形の切り欠き２５０、２５２が左右対称に設けられていた。

[0053] これに対し、本変形例では、切り欠き２５０、２５２に加えて、２つの辺２０４、２０６に、一の辺２００に対向する他の辺２０２に繋がる２つの角部の近傍にも、それぞれ矩形の切り欠きが左右対称に設けられるものとする

。

[0054] 図５は、本変形例に係る、ＦＰＣ１０６に代えて用いることのできるＦＰＣ５００の構成を示す図である。なお、図５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。

[0055] 図５に示すＦＰＣ５００は、図２に示すＦＰＣ１０６と同様の構成を有するが、パッド２１０、２１２、２１４、２１６が形成された一の辺２００に対向する他の辺２０２に繋がる２つの角部（すなわち、辺２０２の両端の角部）５０２、５０４の近傍にも、それぞれ矩形の切り欠き５１０、５１２が左右対称に設けられている。

[0056] 図２に示すＦＰＣ１０６においては、辺２０２の両端の角部はＦＰＣ１０６の製造工程に起因する変形が発生しやすく、且つ、ＦＰＣ１０６のスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６にリードピン１２０、１２２、１２４、１２６をハンダ固定する際に筐体１０４の一部に接触しやすい。この接触により、ＦＰＣ１０６の辺２０２両端の角部に応力が加わり、当該応力がＦＰＣ１０６の平面内を伝搬して辺２０２に対向する辺２００の側に伝わり、パッド２１０、２１２、２１４、２１６の形成部分に変形を誘発し得る。

[0057] 本変形例では、筐体１０４と当接する辺２０２の両端角部５０２、５０４の近傍にも切り欠き５１０、５１２が形成されているので、当該当接により加わる応力を当該切り欠き５１０、５１２により逃がして、パッド２１０、２１２、２１４、２１６における変形の発生を効果的に防止することができる。

[0058] なお、図２に示すＦＰＣ１０６の切り欠き２５０、２５２と同様に、有限の幅を持つ切り欠き５１０、５１２に代えて、当該切り欠き５１０、５１２の部分を、ＦＰＣ５００を所定の長さだけ切断して構成される切り込みとすることもできる。

[0059] 〔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。

[0060] 本変形例では、切り欠き２５０、２５２に代えて、一の辺２００の、角部２４０、２４２の近傍に、それぞれ矩形の切り欠きを左右対称に配置する。

[0061] 図６は、本変形例に係る、ＦＰＣ１０６に代えて用いることのできるＦＰＣ６００の構成を示す図である。なお、図６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。

[0062] 図６に示すＦＰＣ６００は、図２に示すＦＰＣ１０６と同様の構成を有するが、パッド２１０、２１２、２１４、２１６が形成された一の辺２００の、当該一の辺２００に繋がる２つの角部（すなわち、辺２００の両端の角部）２４０、２４２の近傍に、それぞれ矩形の切り欠き６１０、６１２が、パッド２１０、２１２、２１４、２１６の長さ方向に対し略平行に設けられている。

[0063] 本変形例では、切り欠き６１０、６１２を、パッド２１０、２１２、２１４、２１６が形成された一の辺２００に設けるので、パッド２１０、２１２、２１４、２１６とスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６とを接続する配線パターン２３０、２３２、２３４、２３６の形成領域を広く確保することができる。

[0064] なお、図２に示すＦＰＣ１０６の切り欠き２５０、２５２と同様に、有限の幅を持つ切り欠き６１０、６１２に代えて、当該切り欠き６１０、６１２の部分を、ＦＰＣ６００を所定の長さだけ切断して構成される切り込みとすることもできる。

[0065] 〔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。

[0066] 本変形例では、２つの辺２０４、２０６上の、角部２４０、２４２の近傍ではない位置に、曲線で構成される切り欠きが配されている。本変形例は、角部２４０、２４２の近傍が、例えば組み立て治具のFPC基板保持方法の関係

上など、２４０、２４２の近傍に切り欠き２５０、２５２を設けることができない場合に、ＦＰＣ１０６の代替構成として用いることができる。

[0067] 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。

[0068] 図７に示すＦＰＣ７００は、図２に示すＦＰＣ１０６と同様の構成を有するが、角部２４０、２４２の近傍に設けられた矩形形状を有する切り欠き２５０、２５２に代えて、角部２４０、２４２から離れた部分（近傍でない部分）に、所定の曲線に沿って切り欠いた形状を有する切り欠き７１０、７１２が配されており、ＦＰＣ７００の平面視の形状がくびれた形状を呈している。

[0069] 本変形例では、特に、パッド２１０、２１２、２１４、２１６に近い角部２４０、２４２の近傍ではなく、角部２４０、２４２から離れた位置に切り欠き７１０、７１２を設けるため、切り欠き７１０、７１２の間口が広く形成されている。これにより、角部２４０、２４２に発生する応力は、辺２０４、２０６において広範囲に開放されるのでＦＰＣ７００の変形は抑制される。また、切り欠き７１０、７１２が曲線で構成されており屈曲部を有さないので、切り欠き７１０、７１２のエッジの一部に応力が集中することがなく、当該応力を平均的に分散させることができる。

[0070] なお、切り欠き７１０、７１２の形状は、例えば半円形状、半楕円形状、円弧と直線の組み合わせなど、様々な形状とすることができる。

[0071] 上記応力緩和の効果は、切り欠き７１０、７１２の間口の広さ及び位置に依存する。図８Ａ、図８Ｂは、切り欠き７１０、７１２を異なる２つの位置に配したときの、ＦＰＣ７００のパッド２１０、２１２、２１４、２１６と回路基板３００のパッド３１０、３１２、３１４、３１６との間のハンダ接続部の均一性及び仕上がり品質を、切り欠き７１０、７１２の間口の大きさを変えて評価した結果である。

[0072] 当該評価では、図７に示す切り欠き７１０、７１２の間口の幅ｃをパッド２１０、２１２、２１４、２１６の長さ（図示上下方向の距離）ａで規格化したパラメータｃ／ａを用いて、ｃ／ａの種々の値に対する上記ハンダ接続部の均一性及び仕上がり品質を評価した。評価基準は、上述した図４における評価の評価基準と同様である。

[0073] 図８Ａは、パッド２１０、２１２、２１４、２１６の長さ（図７の図示上下方向の距離）ａに対し、切り欠き７１０、７１２の間口の端点のうち辺２００に近いほうの端点（切り欠き７１０、７１２が始まる位置）までの距離ｄを、ｄ＝１．２５ａとしたときの評価結果を示し、図８Ｂは、ｄ＝２ａとしたときの評価結果を示している。図８Ａ及び図８Ｂにおいて、パッド２１０、２１２、２１４、２１６の長さａは、いずれも約1.3㎜である。

[0074] なお、ｄ＝１．２５ａ及び２ａにおいて評価を行ったのは、本変形例が、角部２４０、２４２の近傍に切り欠き２５０、２５２を設けられない場合の代替構成であり、従って本変形例の望ましい適用範囲はｄ≧ａの範囲であることから、ｄ≧ａにおける実用範囲内の代表点としてｄ＝１．２５ａ及び２ａが望ましいと考えられたためである。

[0075] 図８Ａ及び図８Ｂより、ｄ＝１．２５ａの場合もｄ＝２ａの場合も、ｃ／ａ≧１の範囲において良好な結果が得られることが判る。したがって、切り欠き７１０、７１２の位置及び形状の望ましい範囲は、ｄ≧ａであって、且つｃ≧ａの範囲である。

[0076] 〔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。

[0077] 図２に示すＦＰＣ１０６の切り欠き２５０、２５２は、ＦＰＣ１０６の製造工程においてＦＰＣ１０６に発生していた変形が、例えばパッド２１０、２１２、２１４、２１６を回路基板に押し当てた際に反力を発生させるのを緩和するためのものである。

[0078] これに対し、本変形例では、例えばリードピン１２０、１２２、１２４、

１２６をスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６に挿通してハンダ固定する工程などの、光変調器１００の組立工程において発生するＦＰＣの変形を効果的に抑制することを目的とする。

[0079] 図９は、本変形例に係る、ＦＰＣ１０６に代えて用いることのできるＦＰＣ９００の構成を示す図である。なお、図９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。

[0080] 図９に示すＦＰＣ９００は、図２に示すＦＰＣ１０６と同様の構成を有するが、矩形形状を有する切り欠き２５０、２５２を有さず、パッド２１０、２１２、２１４、２１６が形成された一の辺２００に対向するスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６が形成されている側の辺２０２の略中央部に、曲線で構成された切り欠き９１０を有する。

[0081] 光変調器１００の組立工程において発生するＦＰＣの変形は、主として、

・リードピン１２０、１２２、１２４、１２６とスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６との間のハンダ固定の際に生ずる熱により、リードピン１２０、１２２、１２４、１２６とＦＰＣとの間の熱膨張係数差に応じて発生する応力、

・リードピン１２０、１２２、１２４、１２６をスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６に挿入する際の、リードピン１２０、１２２、１２４、１２６とスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６との間の擦れ等により発生する応力、

・リードピン１２０、１２２、１２４、１２６とスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６との間の接続固定を行う際に、スルーホール２２０、２２２、２２４、２２６の側の辺２０２と光変調器１００の筐体１０４とが当接することにより発生する応力、等に起因して発生する。

[0082] そして、これら応力はいずれも、パッド２１０、２１２、２１４、２１６が形成された辺２００と対向する、スルーホール２２０、２２２、２２４、２２６側の辺２０２の近傍や、スルーホール２２０、２２２、２２４、２２

６の形成位置の近傍において変形を発生させる。

[0083] 本変形例のＦＰＣ９００は、スルーホール２２０、２２２、２２４、２２６が形成された側の辺２０２に切り欠き９１０を有するので、光変調器１００の組立工程において発生し得る上述の応力を逃がして、当該応力に起因するＦＰＣ９００の変形を効果的に防止することができる。その結果、当該変形（又は歪）が辺２００に伝搬するのを防止して、パッド２１０、２１２、２１４、２１６と回路基板３００のパッド３１０、３１２、３１４、３１６との間のハンダ付け接続における良好な接続均一性と仕上がり品質を得ることができ、当該回路基板３００から光変調器１００に至る信号経路の高周波特性のばらつきを、効果的且つ安価に低減することができる。

[0084] なお、図９においては、切り欠き９１０を半円形であるものとして示したが、切り欠き９１０の形状は、これに限らず、半楕円形状、円弧と直線の組み合わせなど、様々な曲線形状とすることができる。

[0085] 〔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。

[0086] 本変形例は、光変調器１００の筐体１０４の所定部分にＦＰＣを当接させて筐体１０４に対する当該ＦＰＣの位置決めを行う際に、当該ＦＰＣに係る応力を低減して当該位置決めの際のＦＰＣの変形を軽減又は防止することを目的とする。

[0087] 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。

[0088] 図１０に示すＦＰＣ１０００は、図２に示すＦＰＣ１０６と同様の構成を有するが、切り欠き２５０、２５２を有さず、パッド２１０、２１２、２１４、２１６が形成された一の辺２００に対向するスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６が形成されている側の辺２０２と、当該辺２０２に隣接

する２つの辺２０４、２０６と、の間が、所定の曲率半径を有する曲線部１０１０、１０１２によって繋がっている。

[0089] 光変調器１００の筐体１０４の所定部分にＦＰＣの一の辺を当接させて当該ＦＰＣの位置決めを行う場合、当該一の辺や当該一の辺の両端部にあたる角部に変形（例えばＦＰＣの製造工程に起因する）があると、筐体１０４との接触によってその変形が助長される（すなわち、変形が大きくなる）。このため、当該変形によりＦＰＣに生じた応力ないし歪が他の辺まで伝搬することで、当該ＦＰＣに形成されたパッドと外部回路基板のパッドとの密着性が低下してこれらパッド間のハンダ接続の均一性が悪化し得る。

[0090] 本変形例では、筐体１０４と当接する辺２０２（すなわち、パッド２１０、２１２、２１４、２１６が形成された一の辺２００に対向するスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６が形成されている側の辺２０２）と、当該辺２０２に隣接する２つの辺２０４、２０６と、の間が、所定の曲率半径を有する曲線部１０１０、１０１２によって繋がっており、当該辺２０２の両端部に角部を有さない。このため、本変形例では、筐体１０４と当接することによって生じた又は助長された辺２０２の変形に起因する応力又は歪が辺２００に伝搬するのを効果的に抑制又は防止して、パッド２１０、２１２、２１４、２１６と回路基板３００のパッド３１０、３１２、３１４、３１６との密着性を良好に保ってハンダ接続の均一性を確保することができる。その結果、パッド２１０、２１２、２１４、２１６と回路基板３００のパッド３１０、３１２、３１４、３１６との間のハンダ付け接続における良好な接続均一性と仕上がり品質を得ることができ、当該回路基板３００から光変調器１００に至る信号経路の高周波特性のばらつきを、効果的且つ安価に低減することができる。

[0091] 上記のような、筐体１０４との当接に起因して生ずる応力又は歪の伝搬に対する抑制効果は、筐体１０４に当接する辺２０２と、当該辺２０２に隣接する辺２０４、２０６と、をつなぐ曲線部１０１０、１０１２の曲率半径に依存する。

[0092] 図１１は、ＦＰＣ１０００のパッド２１０、２１２、２１４、２１６と回路基板３００のパッド３１０、３１２、３１４、３１６との間のハンダ接続部の均一性及び仕上がり品質を、曲線部１０１０、１０１２の曲率半径を変えて評価した結果である。

[0093] 当該評価では、図１０に示す曲線部１０１０、１０１２の曲率半Ｒを、筐体１０４に当接する辺２０２からパッド２１０、２１２、２１４、２１６が形成された辺２００までの距離Ｌで規格化したパラメータＲ／Ｌを用いて、Ｒ／Ｌの種々の値に対する上記ハンダ接続部の均一性及び仕上がり品質を評価した。評価基準は、上述した図４における評価の評価基準と同様である。

[0094] 図１１に示す評価結果より、良好なハンダ接続部の均一性及び仕上がり品質を得るためには、曲線部１０１０、１０１２の曲率半径Ｒを、Ｒ≧Ｌ／７とすることが望ましいことが判る。例えば、Ｌが10㎜（上述したように、光変調器用ＦＰＣの一般的な短辺長さは約10㎜以下である）の場合には、曲線部１０１０、１０１２の曲率半径Ｒは約1.4㎜とすることが望ましい。

[0095] 上記のとおり、曲線部１０１０、１０１２は、柔軟性を持つＦＰＣ１０００の製造時の変形が筐体１０４との当接により助長されることに起因した歪の伝搬を抑制又は防止するべくＦＰＣ１０００のサイズＬに応じた曲率半径（上述の例では、Ｌ＝10㎜に対し約1.4㎜以上）を持って形成されるものであり、本体部のサイズに関わらず角部に生じたバリ等を除去するために一般的に行われる「面取り」（一般的には、大きくても約0.5㎜程度）とは、その大きさも目的も全く異なるものである。

[0096] なお、図１０においては、曲線部１０１０、１０１２を円弧で示したが、曲線部１０１０、１０１２の形状は、これに限らず、所定の曲率半径を有する限りにおいて、楕円その他の任意の曲線で構成されるものとすることができる。

〔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。

[0097] 図１２は、本変形例に係る、ＦＰＣ１０６に代えて用いることのできるＦＰＣ１２００の構成を示す図である。なお、図１２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。

[0098] 図１２に示すＦＰＣ１２００は、図２に示すＦＰＣ１０６と同様の構成を有するが、角部２４０、２４２の近傍に設けられる切り欠き２５０、２５２に代えて、角部２４０、２４２から離れた部分（近傍でない部分）に、所定の曲線に沿って切り欠いた形状を有する切り欠き１２１０、１２１２が配されており、ＦＰＣ１２００の平面視の形状がくびれた形状を呈している。また、パッド２１０、２１２、２１４、２１６が形成された一の辺２００に対向するスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６が形成されている側の辺２０２と、当該辺２０２に隣接する２つの辺２０４、２０６と、の間が、所定の曲率半径を有する曲線部１２２０、１２２２によって繋がっている。

[0099] 本変形例は、第３の変形例に係るＦＰＣ７００の切り欠き７１０、７１２（図７）と、第５の変形例に係るＦＰＣ１０００の曲線部１０１０、１０１２（図１０）と、を組み合わせたものである。これにより、本変形例では、パッド２１０、２１２、２１４、２１６の近傍でない部分に切り欠き１２１０、１２１２を形成すると共に、曲線部１２２０、１２２２により筐体１０４との当接によるＦＰＣ１２００の変形の助長及び歪の伝搬を抑圧又は防止する。

〔第７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７の変形例について説明する。

[0100] 図１３は、本変形例に係る、ＦＰＣ１０６に代えて用いることのできるＦＰＣ１３００の構成を示す図である。なお、図１３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。

[0101] 図１３に示すＦＰＣ１３００は、図２に示すＦＰＣ１０６と同様の構成を

有するが、角部２４０、２４２の近傍に設けられる切り欠き２５０、２５２に代えて、角部２４０、２４２から離れた部分（近傍でない部分）に、所定の曲線に沿って切り欠いた形状を有する切り欠き１３１０、１３１２が配されており、ＦＰＣ１３００の平面視の形状がくびれた形状を呈している。また、パッド２１０、２１２、２１４、２１６が形成された一の辺２００に対向するスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６が形成されている側の辺２０２の略中央部に、曲線で構成された切り欠き１３２０を有する。さらに、辺２０２と、当該辺２０２に隣接する２つの辺２０４、２０６と、の間が、所定の曲率半径を有する曲線部１３３０、１３３２によって繋がっている。

[0102] 本変形例は、第３の変形例に係るＦＰＣ７００の切り欠き７１０、７１２（図７）と、第４の変形例に係るＦＰＣ９００の切り欠き９１０（図９）と、第５の変形例に係るＦＰＣ１０００の曲線部１０１０、１０１２（図１０）と、を組み合わせた構成であり、パッド２１０、２１２、２１４、２１６の近傍でない部分に切り欠き１３１０、１３１２が形成されている。また、スルーホール２２０、２２２、２２４、２２６が形成された側の辺２０２に切り欠き１３２０が形成されており、スルーホール２２０、２２２、２２４、２２６とリードピン１２０、１２２、１２４、１２６との接続工程において発生し得るＦＰＣ１３００の変形が抑制又は軽減される。さらに、曲線部１３３０、１３３２により、辺２０２と筐体１０４との当接によるＦＰＣ１３００の変形の助長及び歪の伝搬が防止される。

[0103] なお、上述した図９、図１０、図１２、図１３に示す変形例は、特に、パッド２１０、２１２、２１４、２１６が形成された一の辺２００に対向するスルーホール２２０、２２２、２２４、２２６が形成されている側の辺２０２が光変調器１００の筐体１０４の一部に当接する際にＦＰＣ９０００、１０００、１２００、及び１３００に発生する変形、応力、及び又は歪の発生を軽減し又は抑制するものである。図１４は、例えば図１３に示すＦＰＣ１３００の辺２０２が筐体１０４に当接して位置決めされて、スルーホール２

２０、２２２、２２４、２２６とリードピン１２０、１２２、１２４、１２６とがハンダ固定された状態の一例を示している。図９、図１０、図１２に示す変形例も、図１４に示すＦＰＣ１３００と同様の態様で、辺２０２が筐体１０４に当接して位置決めされた状態で、スルーホール２２０、２２２、２２４、２２６とリードピン１２０、１２２、１２４、１２６とがハンダ固定され得る。

[0104] また、上述したように、図１０、図１２、図１３に示す変形例における曲線部１０１０と１０１２、１２１０と１２１２、及び１３３０と１３３２は、辺２０２が筐体１０４に当接することで発生する応力又は歪を軽減又は緩和（抑制）するものであるので、これらの曲線部と同様の曲線を持つように筐体１０４を加工して、当該曲線を持つ筐体１０４に上記曲線部１０１０等を当接したのでは意味を為さないことに注意すべきである。

[0105] ＜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１００（図５ないし図１３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。

[0106] 図１５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１５００は、光変調器１５０２と、光変調器１５０２に光を入射する光源１５０４と、変調信号生成部１５０６と、変調データ生成部１５０８と、を有する。

[0107] 光変調器１５０２は、図１Ａに示す光変調器１００（ＦＰＣ１０６に代えて、図５ないし７、９、１０、１２、１３に示すＦＰＣ５００、６００、７００、１０００、１２００、又は１３００のいずれかを備えていてもよい）である。変調データ生成部１５０８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１５０６へ出力する。

[0108] 変調信号生成部１５０６は、光変調器１５０２に変調動作を行わせるため

の電気信号を生成する電子回路であり、変調データ生成部１５０８が出力した変調データに基づき、光変調器１５０２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信号である。

[0109] 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、スルーホール２２０、２２２、２２４、２２６、及びリードピン１２０、１２２、１２４、１２６を介して上記ＲＦ電極にそれぞれ印加される。

[0110] これにより、光源１５０４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１５００から出力される。

[0111] 特に、本光送信装置１５００では、上述した構成を有する光変調器１００を用いるので、例えば変調信号生成部１５０６が出力する４つのＲＦ信号の各信号ラインと光変調器１００が備えるＦＰＣ１０６のパッド２１０、２１２、２１４、２１６とのハンダ接続の接続均一性及び仕上がり品質を良好なものとすることができる。その結果、当該信号ラインと光変調器１００が備える光変調素子１０２のＲＦ電極との間の信号経路の高周波特性（反射特性など）のばらつきを効果的且つ安価に低減して、良好な特性を有する光送信装置を安定に量産することが可能となる。

[0112] 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５ないし図１３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、それらの構成を組み合わせて一つの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

[0113] １００、１５０２、１６００・・・光変調器、１０２、１６０２・・・光変調素子、１０４、１６０４・・・筐体、１０６、５００、６００、７００、９００、１０００、１２００、１３００、１６０６、１９００・・・ＦＰＣ、１０８、１１０、１６０８、１６１０・・・光ファイバ、１２０、１２２、１２４、１２６、１６２０、１６２２、１６２４、１６２６・・・リードピン、２００、２０２、２０４、２０６、１７００、１７０２・・・辺、２１０、２１２、２１４、２１６、３１０、３１２、３１４、３１６、１７１０、１７１２、１７１４、１７１６、１８１０、１８１２、１８１４、１８１６・・・パッド、２２０、２２２、２２４、２２６、１７２０、１７２２、１７２４、１７２６・・・スルーホール、２３０、２３２、２３４、２３６、１７３０、１７３２、１７３４、１７３６・・・配線パターン、２４０、２４２、５０２、５０４・・・角部、３００、１８００・・・回路基板、３０２、１８０２・・・ベース、２５０、２５２、５１０、５１２、６１０、６１２、７１０、７１２、９１０、１２１０、１２１２、１３１０、１３１２、１３２０・・・切り欠き、１０１０、１０１２、１２２０、１２２２、１３３０、１３３２・・・曲線部、１５００・・・光送信装置、１５０４・・・光源、１５０６・・・変調信号生成部、１５０８・・・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気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気的に接続されるパッドが形成されており、

前記フレキシブル配線板は、当該フレキシブル配線板の辺又は端部に加わる機械的応力を開放し及び又は当該辺又は端部に発生した歪の伝搬を防止するための、少なくとも一つの辺の一部から前記フレキシブル配線板の内部方向に向かって設けられた切り込み又は切り欠きを有し、及び又は少なくとも２つの隣接する辺をつなぐ曲線部が設けられている、

光変調器。

[請求項2] 前記切り込み又は切り欠きは、前記略四辺形を構成する辺のうち、前記パッドが形成された前記一の辺に隣接する２つの辺のぞれぞれの一部からそれぞれ設けられている、

請求項１に記載の光変調器。

[請求項3] 前記パッドは、前記一の辺から距離ａの位置まで形成されており、

前記切り込み又は切り欠きは、前記の一の辺からの距離１．２５×ａ以内の位置に形成されている、

請求項２に記載の光変調器。

[請求項4] 前記切り込み又は前記切り欠きは、前記一の辺に対し略平行な方向に設けられている、

請求項３に記載の光変調器。

[請求項5] 前記切り込み又は切り欠きは、前記パッドが形成されている部分を挟む前記一の辺上の２つの位置に、当該一の辺に対して略垂直方向に形成されている、

請求項１ないし４のいずれか一項に記載の光変調器。

[請求項6] 前記切り欠きは、前記フレキシブル配線板を所定の曲線に沿って切り取った形状で形成されている、

請求項２に記載の光変調器。

[請求項7] 前記パッドは、前記一の辺から距離ａの位置まで形成されており、

前記切り欠きが設けられている辺における当該切り欠きの開口部の長さｃと、前記一の辺から前記開口部の近端までの距離ｄとが、前記距離ａに対し、ａ≦ｄ、及びａ≦ｃの関係を有するように前記切り欠きが設けられている、

請求項６に記載の光変調器。

[請求項8] 前記切り欠きは、前記略四辺形を構成する辺のうち、前記パッドが形成された前記一の辺に対向する辺に配されており、

当該切り欠きは、前記フレキシブル配線板を所定の曲線に沿って切り取った形状で形成されている、

請求項１に記載の光変調器。

[請求項9] 前記曲線部は、前記略四辺形を構成する辺のうち、前記パッドが形成された前記一の辺に対向する辺と、当該対向する辺に隣接する２つの辺とをそれぞれつなぐ部分に設けられている、

請求項１に記載の光変調器。

[請求項10] 前記曲線部は、前記パッドが形成された前記一の辺と前記対向する辺との距離Ｌに対し、Ｒ≧Ｌ／７の関係を満たす曲率半径Ｒを持つ、

請求項９に記載の光変調器。

[請求項11] 前記略四辺形を構成する辺のうち、前記パッドが形成された前記一の辺に隣接する２つの辺のぞれぞれの一部からそれぞれ設けられた切り欠きを有し、

当該切り欠きは、前記フレキシブル配線板を所定の曲線に沿って切り取った形状で形成されている、

請求項９又は１０に記載の光変調器。

[請求項12] 前記略四辺形を構成する辺のうち、前記パッドが形成された前記一

の辺に対向する辺に少なくとも一つの切り欠きが設けられており、

当該切り欠きは、前記フレキシブル配線板を所定の曲線に沿って切り取った形状で形成されている、

請求項１１に記載の光変調器。

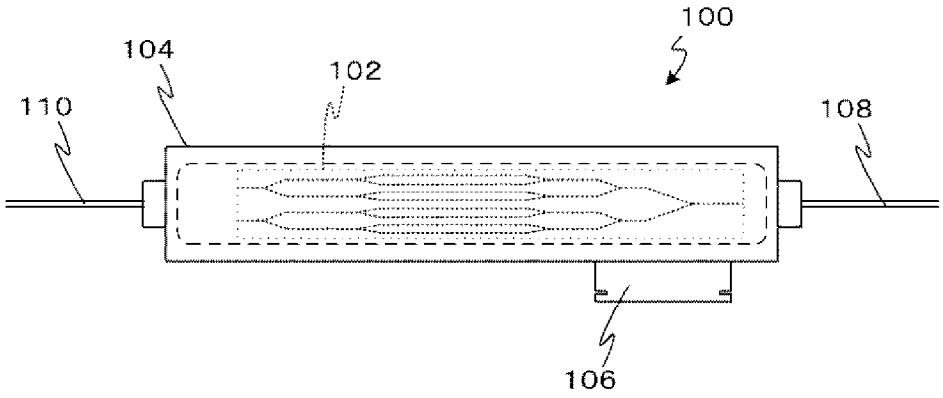
[請求項13] 請求項１ないし１２のいずれか一項に記載の光変調器と、

当該光変調器に変調動作を行わせるための電気信号を発生する電子回路と、

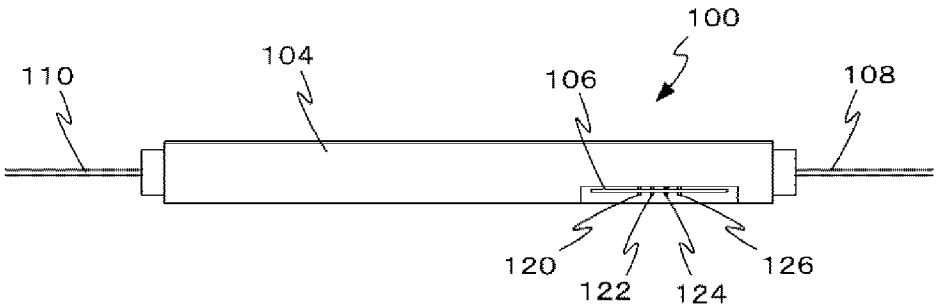
を備える、

光送信装置。

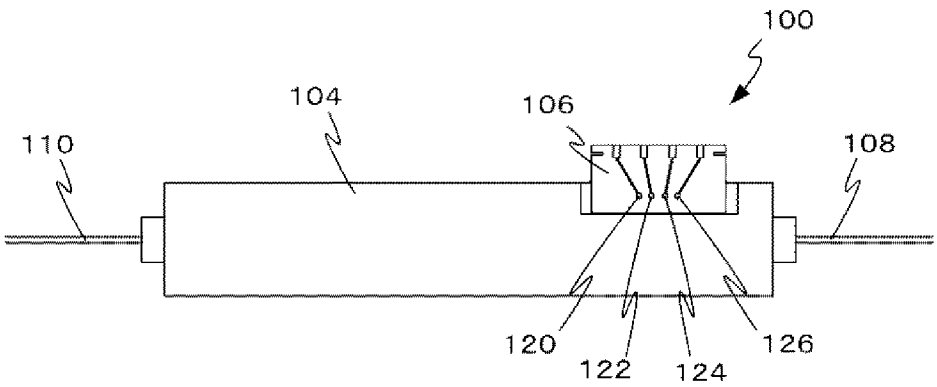
[図1A]


100
104
102
110
108
106

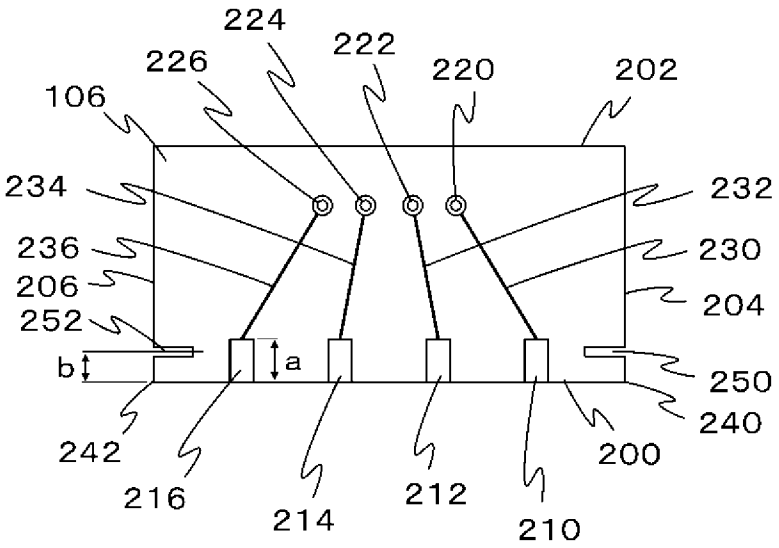
[図1B]


100
104
106
110
108
120
122
124
126

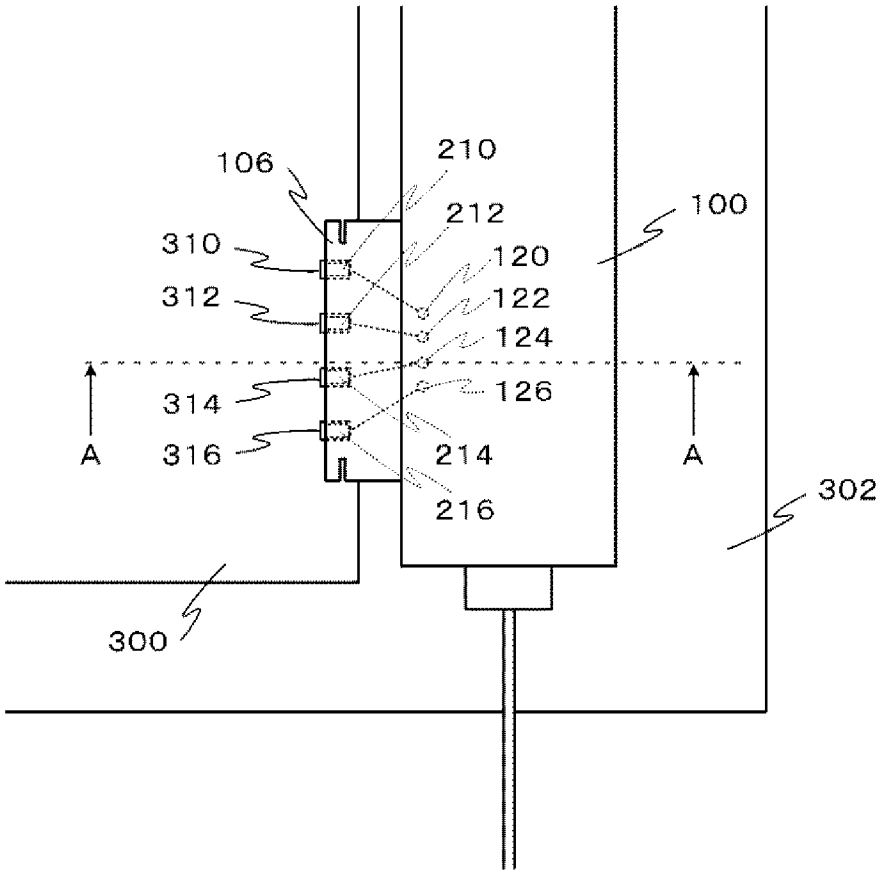
[図1C]


100
104
106
110
108
120
122
124
126

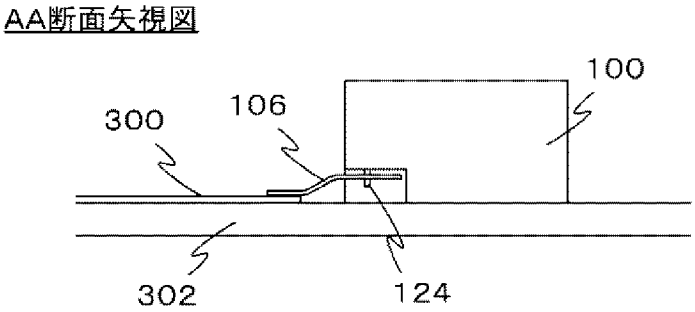
[図2]


224
222
226
220
202
106
234
232
236
230
206
204
252
b
a
250
240
242
200
216
214
212
210

[図3A]


106
210
212
100
310
120
312
122
124
314
126
A
316
214
A
302
216
300

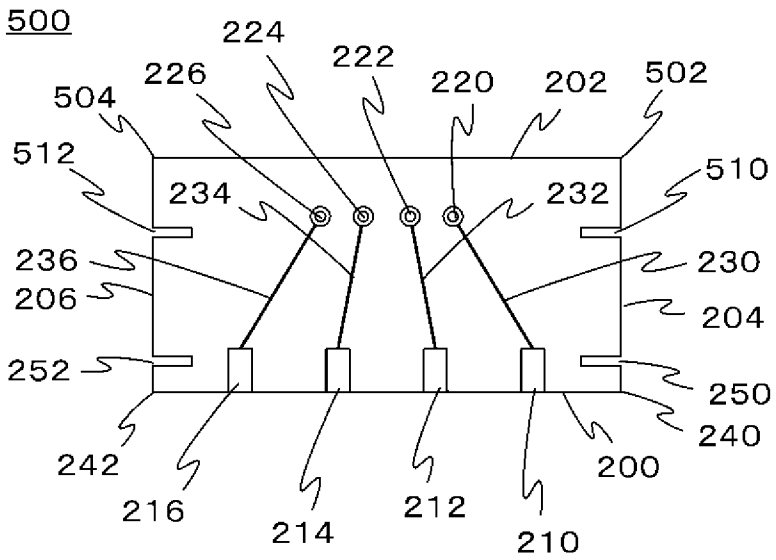
[図3B]


AA断面矢視図
100
300
106
302
124

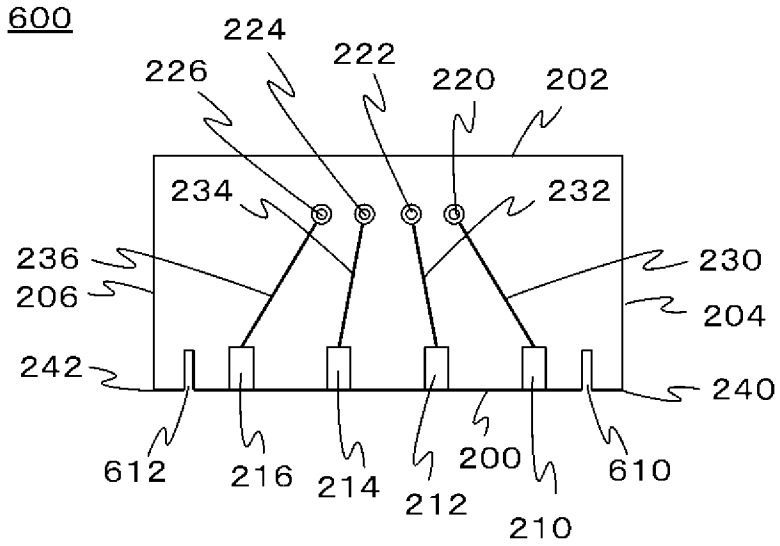
[図4]

b／a	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.50	1.75	2.0	2.5	3.0	4.0
評価結果	○	○	◎	◎	○	△	○	△	△	×	×

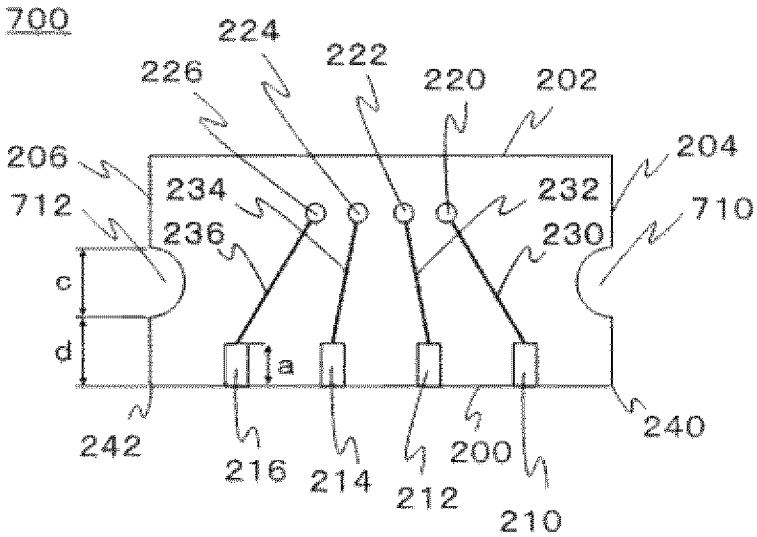
[図5]



[図6]


600
224
226
222
220
202
234
232
236
230
206
204
242
240
612
216
214
212
200
210
610

[図7]


700
224
226
222
220
202
206
204
712
234
232
710
236
230
c
d
a
242
216
214
212
200
210
240

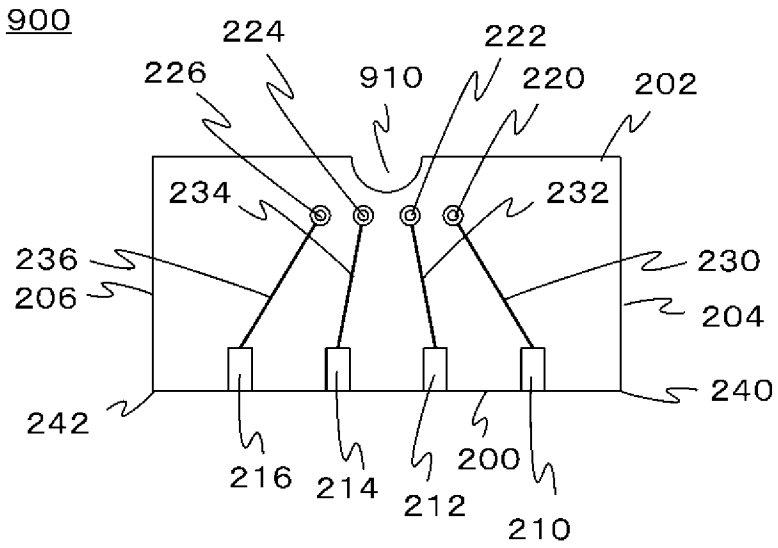
[図8A]

c/a	0.25	0.5	1.0	1.50	2.0	4.0
評価結果	×	△	○	○	◎	◎

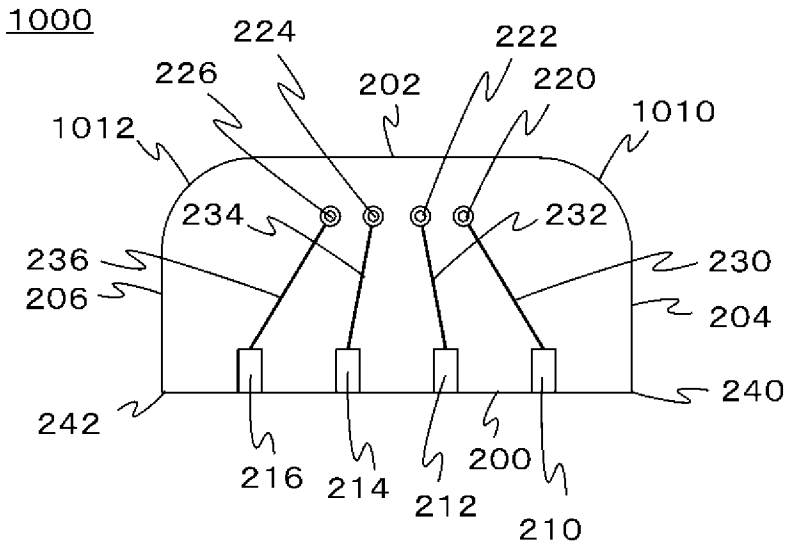
[図8B]

c/a	0.25	0.5	1.0	1.50	2.0	4.0
評価結果	×	×	○	○	◎	○

[図9]



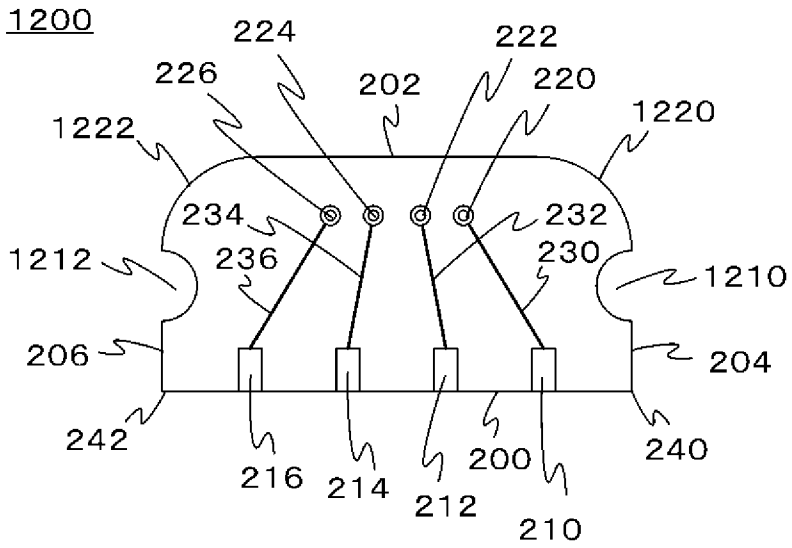
[図10]



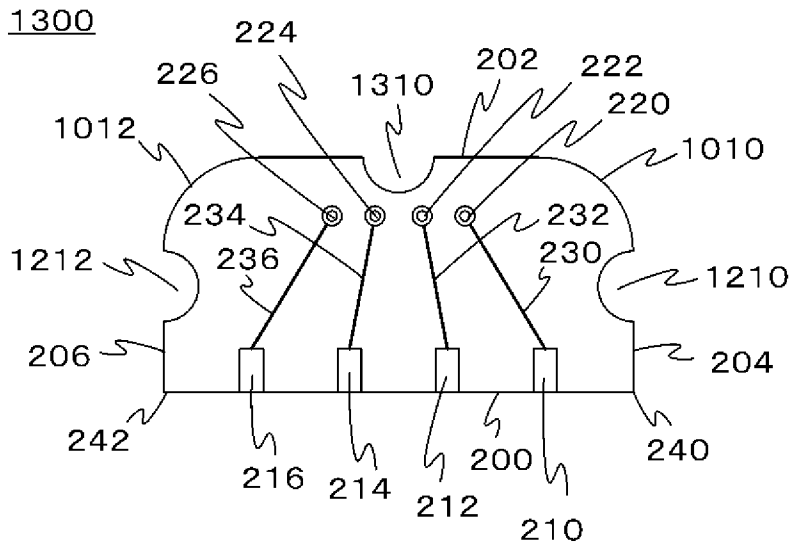
[図11]

R/L	1/25	1/15	1/10	1/7	1/5	1/3	1/2	1
評価結果	△	×	×	○	◎	○	◎	◎

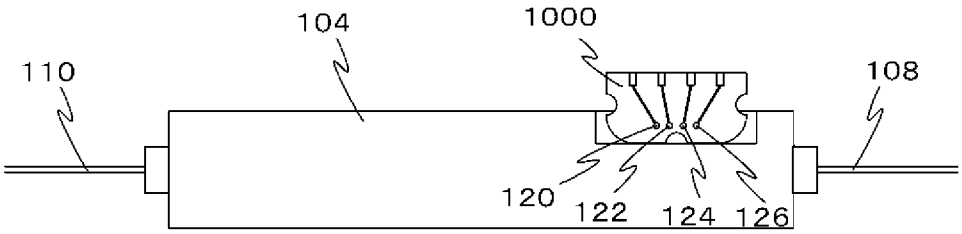
[図12]


1200
224
222
226
202
220
1220
1222
234
232
1212
236
230
1210
206
204
242
216
214
200
240
212
210

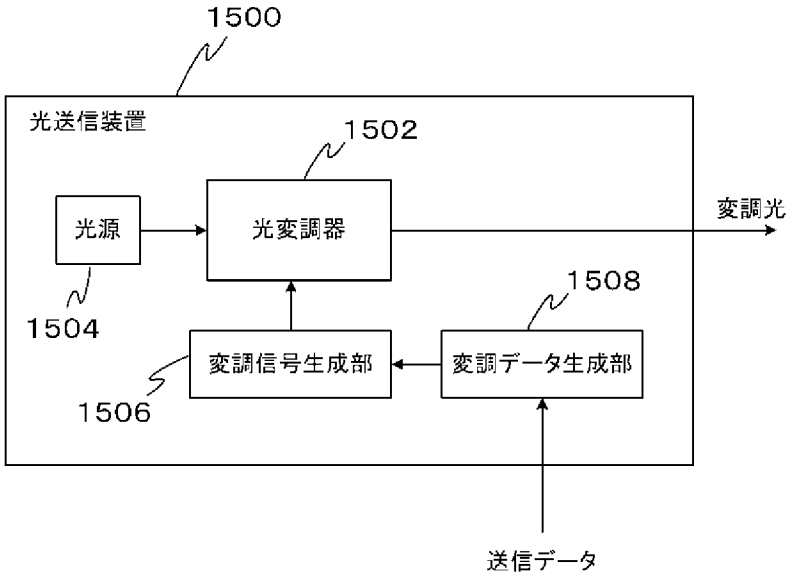
[図13]


1300
224
226
1310
202
222
220
1012
1010
234
232
1212
236
230
1210
206
204
242
216
214
200
240
212
210

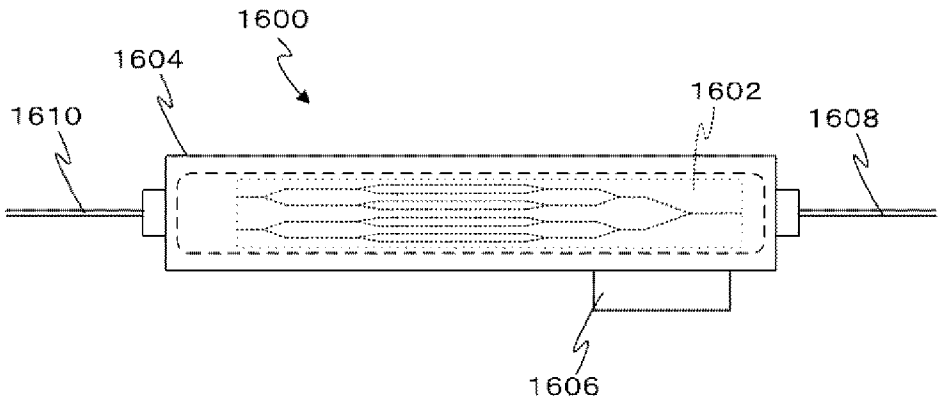
[図14]


104
1000
110
108
120
122
124
126

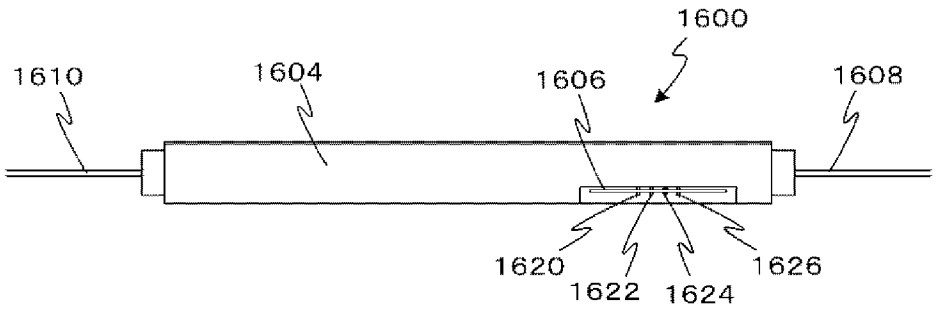
[図15]


1500
光送信装置
1502
光源
光変調器
変調光
1504
1508
変調信号生成部
変調データ生成部
1506
送信データ

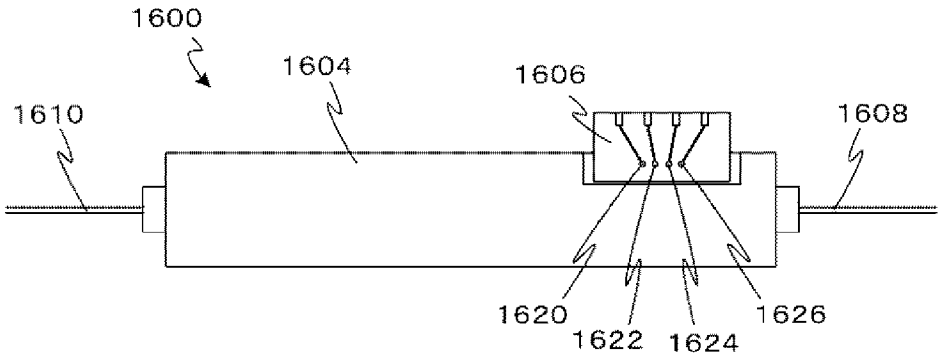
[図16A]



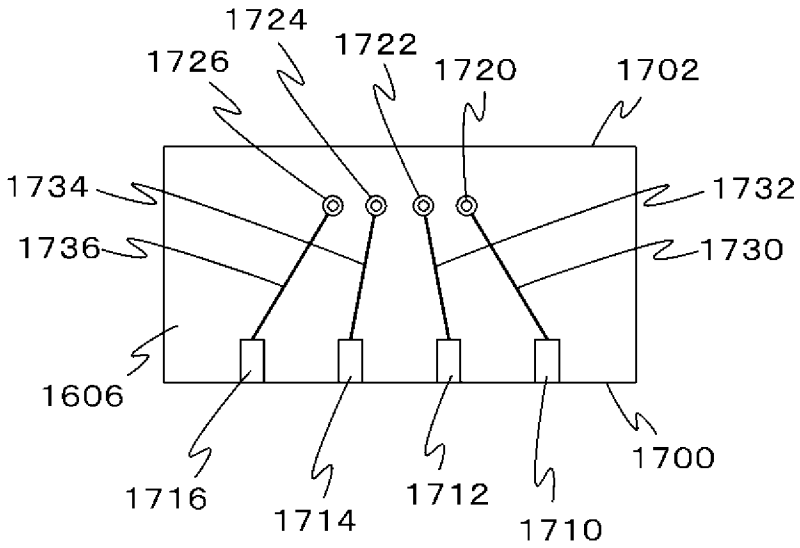
[図16B]



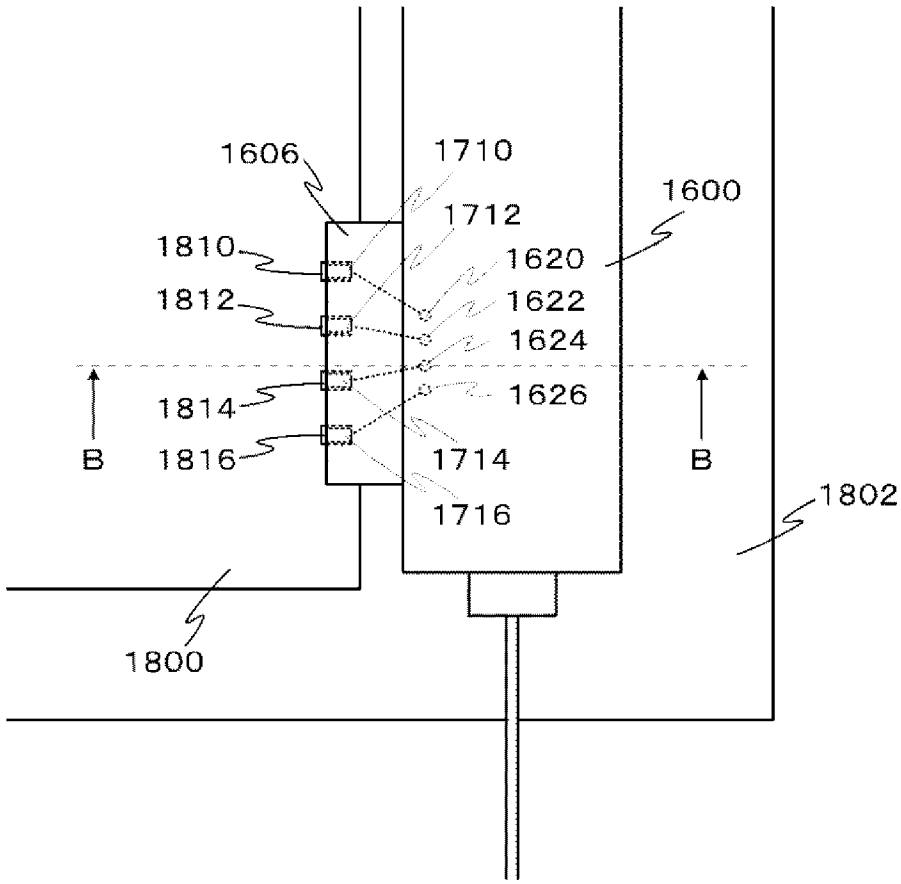
[図16C]



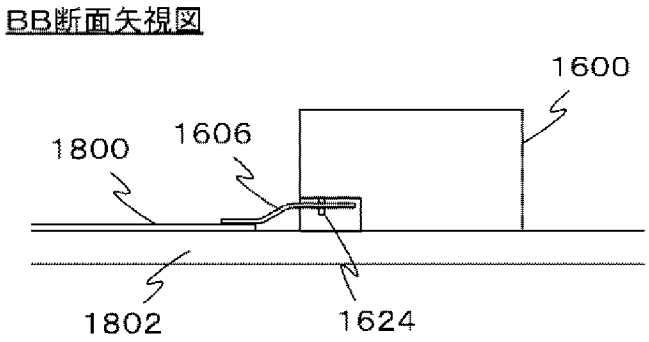
[図17]


1724
1722
1726
1720
1702
1734
1732
1736
1730
1606
1700
1716
1714
1712
1710

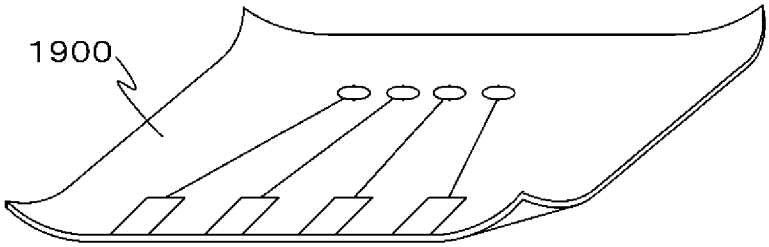
[図18A]


1606
1710
1712
1600
1810
1620
1812
1622
1624
1626
1814
B
1816
1714
B
1716
1802
1800

[図18B]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/077240

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	JP 2013-29791 A (Fujitsu Optical Components Ltd.), 07 February 2013 (07.02.2013), paragraphs [0023] to [0024]; fig. 4 & US 2013/0027762 A1 paragraphs [0031] to [0032]; fig. 4	1,9-10,13 2-8,11-12
Y	JP 2002-134860 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 10 May 2002 (10.05.2002), paragraphs [0010] to [0015]; fig. 1 to 2 (Family: none)	2-8,11-12
Y	JP 2006-228988 A (Sony Corp.), 31 August 2006 (31.08.2006), paragraphs [0016] to [0018]; fig. 4 to 5 (Family: none)	2-8,11-12

☒ 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	Date of mailing of the international search report
08 December 2016 (08.12.16)	20 December 2016 (20.12.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/077240

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 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)	2-8,11-12
Y	JP 2011-82209 A (Toshiba Corp.), 21 April 2011 (21.04.2011), paragraphs [0040] to [0042]; fig. 6 & US 2011/0081118 A1 paragraphs [0045] to [0047]; fig. 6	2-8,11-12
Y	JP 2012-119410 A (Mitsumi Electric Co., Ltd.), 21 June 2012 (21.06.2012), paragraphs [0021] to [0027]; all drawings (Family: none)	2-8,11-12
Y	JP 2016-1284 A (Fujitsu Optical Components Ltd.), 07 January 2016 (07.01.2016), paragraphs [0014] to [0032], [0040] to [0047]; fig. 1 to 6, 8 & US 2015/0362823 A1 paragraphs [0024] to [0042], [0050] to [0057]; fig. 1 to 6, 8	1-13
Y	WO 2010/073780 A1 (Ibiden Co., Ltd.), 01 July 2010 (01.07.2010), paragraph [0018] & US 2010/0155109 A1 paragraph [0044] & JP 5121942 B2 & CN 102265717 A & TW 201026172 A & KR 10-2011-0097990 A	1-13
Y	JP 2009-16578 A (Sharp Corp.), 22 January 2009 (22.01.2009), paragraphs [0027] to [0028] (Family: none)	1-13
P,X P,A	JP 2016-139723 A (Fujitsu Optical Components Ltd.), 04 August 2016 (04.08.2016), paragraphs [0035] to [0037], [0056] to [0057]; fig. 4 & US 2016/0216539 A1 paragraphs [0053] to [0055], [0074] to [0075]; fig. 4	1-2,6,13 3-5,7-12

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０７７２４０

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	JP 2013-29791 A (富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社) 2013.02.07, 段落【0023】-【0024】, 図４ & US 2013/0027762 A1, 段落[0031]-[0032], 第４図	1,9-10,13 2-8,11-12
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）	2-8,11-12
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）	2-8,11-12

☑　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	国際調査報告の発送日
０８．１２．２０１６	２０．１２．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｌ　５２６３
廣崎　拓登
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
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)	2-8, 11-12
Y	JP 2011-82209 A (株式会社東芝) 2011.04.21, 段落【0040】-【0042】, 図6 & US 2011/0081118 A1, 段落[0045]-[0047], 第6図	2-8, 11-12
Y	JP 2012-119410 A (ミツミ電機株式会社) 2012.06.21, 段落【0021】-【0027】, 全図 (ファミリーなし)	2-8, 11-12
Y	JP 2016-1284 A (富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社) 2016.01.07, 段落【0014】-【0032】, 【0040】-【0047】, 図1-図6, 図8 & US 2015/0362823 A1, 段落[0024]-[0042], [0050]-[0057], 第1図-第6図, 第8図	1-13
Y	WO 2010/073780 A1 (イビデン株式会社) 2010.07.01, 段落[0018] & US 2010/0155109 A1, 段落[0044] & JP 5121942 B2 & CN 102265717 A & TW 201026172 A & KR 10-2011-0097990 A	1-13
Y	JP 2009-16578 A (シャープ株式会社) 2009.01.22, 段落【0027】-【0028】 (ファミリーなし)	1-13
P, X P, A	JP 2016-139723 A (富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社) 2016.08.04, 段落【0035】-【0037】, 【0056】-【0057】, 図4 & US 2016/0216539 A1, 段落[0053]-[0055], [0074]-[0075], 第4図	1-2, 6, 13 3-5, 7-12