

(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
2024年8月29日(29.08.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/176458 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/01 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/006834
- (22) 国際出願日: 2023年2月24日(24.02.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 尾崎 常祐(OZAKI Josuke); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 小木曾 義弘

(OGISO Yoshihiro); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 布谷 伸浩(NUNOYA Nobuhiro); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

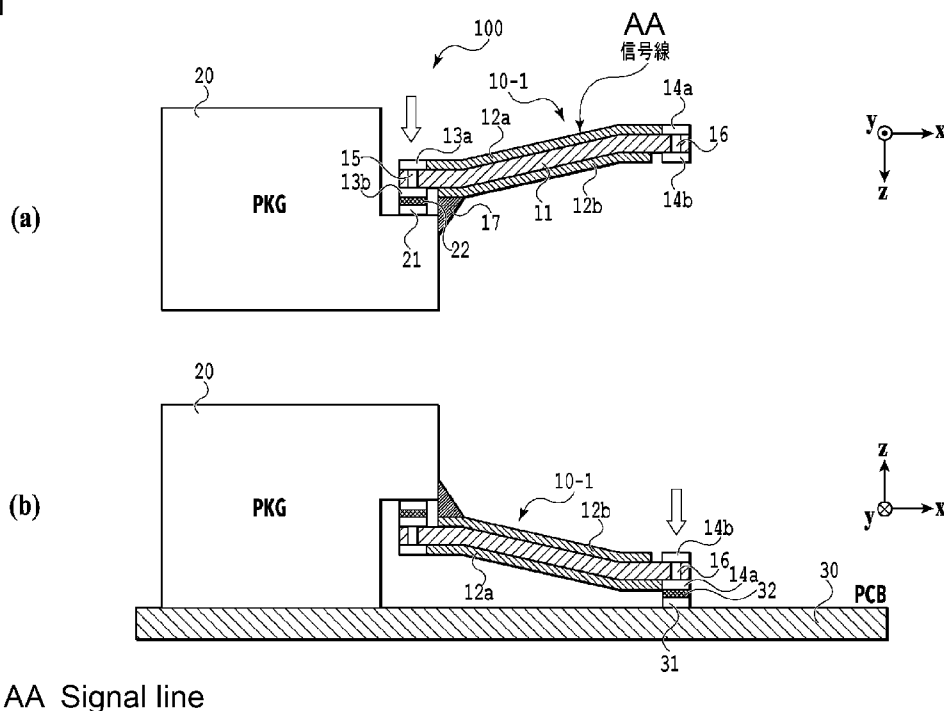
(74) 代理人: 弁理士法人谷・阿部特許事務所 (TANI & ABE, P.C.); 〒1070052 東京都港区赤坂2丁目6番20号 Tokyo (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE,

(54) Title: OPTICAL MODULE

(54) 発明の名称: 光モジュール

[図4]



AA Signal line

(57) Abstract: Disclosed is an optical module that includes an FPC with low RF loss and a structure for a junction of the FPC with a package, the optical module having improved high-frequency characteristics and increased bandwidth. The optical module comprises a plurality of pairs of differential signal lines, a flexible wiring bard (FPC) having a connection PAD for connection on both ends of each signal line, and a package that has a connection PAD solder-joined to the connection PAD on one end of each signal line and inside which an optical element and an electrical element is mounted.

[続葉有]

KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

The FPC is formed from a base material having a thickness of 100 μ m or less and at least two metal layers including a ground layer and a layer including the signal lines, and a gap in the direction along the signal lines between the connection PADs and a GND surface adjacent thereto is in the range of 200 μ m or less.

(57) 要約: 低RF損失なFPCおよびFPCとパッケージとの接合部構成を含み、高周波特性を改善、広帯域化を実現する光モジュールが開示される。光モジュールは、差動形式の信号線の複数の対と、各々の信号線の両端に接続用PADを有するフレキシブル配線基板(FPC)と、前記信号線の一端の前記接続用PADとはんだ接合される接続用PADを有し、光素子および電気素子が内部に搭載されたパッケージとを備える。前記FPCは、厚さが100 μ m以下のベース材および信号線を含む層とグラウンド層を含む少なくとも2層以上の金属層から形成されており、前記信号線に沿った方向における、前記接続用PADと隣接するGND面との間のギャップは、200 μ m以下の範囲にある。

明 細 書

発明の名称：光モジュール

技術分野

[0001] 本発明は、光通信において利用される光モジュールに関する。より詳細には、光モジュールの実装形態に関する。

背景技術

[0002] 増大する通信トラフィック需要に対応するために、高度な光変調方式に対応した高速な光変調器および光受信器が求められている。コヒーレント通信方式とデジタル信号処理技術を組み合わせたデジタルコヒーレント光伝送が光ファイバ通信システムに導入されている。当初の1波長当たり100Gbps（32GBd動作）の基幹網伝送技術の確立から始まり、現在ではより高速化された1波長当たり400～600Gbps（64GBd動作）の光送受信装置が実用化されている。

[0003] 初期の100Gデジタルコヒーレント通信システムにおける光変調器および光受信器では、構成部品の各々がパッケージ化されており、プリント基板（PCB：Printed Circuit Board）上にこれらの部品が実装されていた。例えば、光変調器の場合ではドライバICおよび光変調器チップが、それぞれ個別にパッケージ化され、パッケージ化されたICやチップがPCB上に実装されていた。光受信器の場合は、トランスインピーダンスアンプ（TIA：TransImpedance Amplifier）および光受光チップが、それぞれ個別にパッケージ化され、PCB上に別々の部品として実装されていた。

[0004] 高速化がより進んだ400Gを超えるデジタルコヒーレント通信システムでは、光変調器および光受信器は、40GHz以上の信号帯域を扱えるような広帯域化が求められる。このような広帯域化に対しては、光変調器および光受信器における高周波損失の低減および小型化が必要である。光変調器の場合はドライバICと光変調器チップが、光モジュールとして、1つのパッケージに一体のものとして実装されるようになった。光受信器の場合も、T

I Aと光受光チップが単一の光モジュールとして、一体に実装されるようになった。またベースバンド信号を入出力する信号形式についても、高速化、小型化および低電力化の実現手段の1つとして、シングルエンド形式から差動形式をベースとした設計が一般化した。現在では、800 Gbpsや1 Tbps（128 Gb/s動作）の実現に向けたデバイス開発が進められている。

[0005] 上述の光モジュールは、ドライバICおよび光変調器が一体パッケージに実装された光送信器として、高帯域幅コヒーレントドライバ変調器High-Bandwidth Coherent Driver Modulator（HB-CDM）の名称でOIF（The Optical Internetworking Forum）で標準化されている。非特許文献1では、様々なタイプのモジュールとして、その物理的構成およびインタフェース仕様等が規定されている。光送受信装置の受信側でも、TIAおよび光受光器が一体パッケージに実装され、ICR（Intradyne Coherent Receiver）とも呼ばれている。

[0006] デジタルコヒーレント通信システムで使用される光モジュールでは、一般に実装性に優れた表面実装（SMT）型のパッケージが用いられていた。SMT型パッケージを用いた光モジュールを、光送受信装置のPCBに搭載する場合、光モジュールのセラミックパッケージ内部に高周波電気信号を通すためのビア（VIA）構造が必須となる。VIA構造では高周波特性の劣化等が避けられず、さらなる広帯域化には不向きな実装構造であると考えられている。またSMT型パッケージのリードピン形状は、リードピンとセラミックパッケージの接続部において、電磁界モードの不整合やインピーダンス不整合が生じる。パッケージの構造に起因して、電気信号の高周波伝送特性に劣化が生じる問題もあった。

[0007] そこで、フレキシブル基板（FPC: Flexible Printed Circuit）を用いた新たなパッケージ構成が標準化されている（非特許文献1、非特許文献2）。光モジュールを、FPCを用いたパッケージ構成にした場合でも、高速化のためには、パッケージとFPCの間の接続部分の構成や、FPC自体の

損失の低減が非常に重要となる。

先行技術文献

非特許文献

[0008] 非特許文献1: O I F, Implementation Agreement for the High Bandwidth Coherent Driver Modulator (HB-CDM), [online], July 15, 2021, [令和5年1月20日検索], インターネット<URL: <https://www.oiforum.com/wp-content/uploads/OIF-HB-CDM-02.0.pdf>>

非特許文献2: J. Ozaki et al., "Coherent Driver Modulator With Flexible Printed Circuit RF Interface for 128-Gbaud Operations" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 34, NO. 23, 1 DECEMBER 2022

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] F P C型パッケージで構成される光モジュールにおいても、超高速動作が可能な光変調器や光受信器を実現するため、F P C自体の低損失化およびパッケージと安定的に高周波接続可能なF P C構造が求められている。光モジュールにおいて、接続強度およびインピーダンス整合を改善した、F P Cおよびパッケージとの接続構造のニーズがある。

[0010] 本発明は、光モジュールにおける新規な実装形態を提供する。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明の1つの態様は、差動形式の信号線の複数の対と、各々の信号線の両端に接続用P A Dを有するフレキシブル配線基板（F P C）と、前記信号線の一端の前記接続用P A Dとはんだ接合される接続用P A Dを有し、光素子および電気素子が内部に搭載されたパッケージとを備えた光モジュールであって、前記F P Cは、厚さが100 μ m以下のベース材および信号線を含む層とグランド層（G N D層）を含む少なくとも2層以上の金属層から形成されており、前記信号線に沿った方向における、前記接続用P A Dと隣接するG N D面との間のギャップは200 μ m以下であり、前記パッケージの前

記接続用 P A D の幅が、前記 F P C の前記接続用 P A D の幅よりも狭く、前記 G N D 層は、前記信号線を含む層の G N D 面と、電気信号の伝送路内波長の $1/4$ 以下の間隔で埋め込みビアまたは貫通スルーホールにて導通されていることを特徴とする光モジュールである。

発明の効果

[0012] 本発明により、低 R F 損失な F P C および F P C とパッケージとの接合部構成を提供し、光モジュールの高周波特性を改善、広帯域化を実現する。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本開示の光モジュールの構成および実装形態を示す断面図である。

[図2]本開示の光モジュールの別の構成および実装形態を示す断面図である。

[図3]ソルダーレジストを含む F P C の単独の断面形状を示す図である。

[図4]本開示の光モジュールの F P C の上面および下面の構成を示す図である。

。

[図5]ソルダーレジストを含めた F P C の上面および下面の構成を示す図である。

[図6]本開示の光モジュールを P C B 上に実装した状態の構成を示す図である。

。

[図7] F P C の信号線の面側に設けたインピーダンス調整用の溝の構成図である。

発明を実施するための形態

[0014] 本開示の光モジュールは、接続強度およびインピーダンス整合を改善した新規な構成を提供する。以降の説明においては、用語「パッケージ」は、光モジュールにおける光部品および電気部品が搭載され、光コネクタや電気コネクタなどの外部とのインタフェース部品を固定し保持して、光モジュールの外形を画するベース構造物を言う。本開示は、光モジュールの、F P C を含む「パッケージ」の実装構造に関するものである。パッケージは光モジュールの本体の構造物を言うが、上述の H B - C D M や H B - I C R などの所定の光信号処理の機能を有する光モジュールを、慣習的にパッケージと呼ぶ。

場合もあることに留意されたい。以下の詳細な説明から明らかになるように、パッケージは、光モジュールの内外で、高周波の電気信号を入力または出力するインタフェース構造を持っており、光モジュールは、パッケージにFPCが固定されたものである。

[0015] 図1は、本開示の光モジュールの構成および実装形態を示す断面図である。図1の(a)は、本開示の光モジュール100の概略構成を側断面図(x-z面)で示しており、一例としてHB-CDMの光モジュールであり得る。光モジュール100は、光部品や電気部品が内部に搭載されたパッケージ20およびFPC10-1を含む。図1の(a)は、FPC10-1がパッケージ20に実装された状態の光モジュール100を示している。光モジュールは、光信号を入出力する光ファイバインタフェース機構も含んでいるが、本開示の光モジュール100は電気信号の接続部に特徴的な構成を有しており、図1では省略している。図1の(b)は、図1の(a)の光モジュール100を、図面上でz軸について180°反転させて、PCB30上に搭載した状態の側面図を示している。この実装形態の詳細は後述する。図1の各図では、パッケージ20とFPC10-1の相対的なサイズや形状は正確には描かれておらず、模式的に描かれていることに留意されたい。

[0016] 図1に示した光モジュール100は、HB-CDMだけに限られず、FPC10-1を介して光モジュールの外部との間で高周波電気信号を入力または出力するHB-ICRや他の光モジュールであっても良い。HB-CDMの場合、パッケージ20の内部には、ドライバIC、光変調器チップ、ペルチェ素子、光学部材等が実装されている。ペルチェ素子は、温度調整機構が必要なInP変調器の場合に必要となる。パッケージ内の光調器素子がLN変調器やSiフォトリソニック変調器の場合には、ペルチェ素子は不要である。光モジュール100のパッケージ20は、例えば、金属およびセラミックから構成されたものとすることができる。金属およびセラミック以外の材料から構成されたパッケージであっても良い。尚、光モジュール100がHB-CDMの場合、ペルチェ素子は、図1の(b)においてパッケージ内のPC

B30より遠い面側（図1の（b）の上側）に位置し、上面放熱構成としていることが一般的である。ペルチェ素子をPCB30に近い面側に実装し、下面放熱構成とすることも可能であるが、他の部材との整合性や放熱のしやすさの観点から望ましい構成ではない。

[0017] 図1の（a）に示したFPC10-1は、FPCの信号線に沿った切った側断面を示している。実際の縮尺ではFPCの構造を示すことができないため、FPC10-1は厚さ方向を著しく拡大して示されている。FPC10-1は100 μ m以下の厚さのベース材11と、その上下面に形成された金属による信号線12aおよびグランド（GND）層12bとから構成されている。図1では簡略化のためソルダーレジストを省略して描いている。尚、FPCの上下面内の詳細な構成については、図4および図5とともに後述する。また、以下ではFPCはベース材11の上下に、信号線12aを含む層とGND層12bを含む2層の金属層を持つものとして説明するが、3層以上の金属層を含むものであっても良い。

[0018] 高周波特性を考慮すれば、信号線12aとGND層12bの距離を十分に離れたほうが、信号線12aの幅を確保できるため、高周波伝搬損失を下げることができる。具体的には、ベース材11の厚さが100 μ mと50 μ mの場合を比べれば、ベース材11の特性にも依るが、数10 μ m程度の広い信号線幅を確保できるため、100 μ mの方がより広帯域化に向いている。

[0019] しかしながら図1の（b）で後述するように、FPC10-1はフラットな状態ではなく、一定程度に湾曲した状態でPCB30に実装される。FPCに求められるこのような曲げ性を考えると、50 μ m程度の厚さの薄いベース材であることが望ましい。このように高周波伝送特性を優先するか曲げ性を優先するかを考慮しながら、ベース材11の厚さを決定する必要がある。周波数帯域が100GHz程度までのデジタルコヒーレント通信システムのためのHBCDMを考える場合で、曲げ性および高周波特性の両面から考えると、ベース材11の厚さは50 μ m程度が望ましい。

[0020] FPC10-1は、図1の（a）に図示された形状にプリフォーミングさ

れているようにも見えるが、パッケージ20と接続された光モジュールの状態で、必ずしもフォーミングされている必要はない。FPC10-1をパッケージ20に実装完了するまではフォーミングされていないフラットな状態とし、パッケージ20に実装後にポストフォーミングしても良い。次に、パッケージ20にFPC10-1を実装する方法を説明する。

[0021] FPC10-1は、パッケージの例えばテラス状の部分の接続用の電極パッド上に、はんだ実装される。はんだ以外の導電性の接着剤によって接続することも可能ではあるが、FPCの配線電極は非常に微細なパターンであり、ショートのリスク等を考慮する必要がある。本開示の光モジュールでは、レジストでの保護が可能であって、金属面上への広がり制限される、はんだによる接続が最適である。

[0022] 以後は簡単のため、はんだによって電氣的接続および機構的な固定に利用するための、基板やベース材の面上に形成された金属電極を、PAD（パッド）と呼ぶ。以下説明するように、PADは、はんだによって対向する別のPADとの接続に使用される接続用PADと、加熱のために使用される加熱用PADを含む。図1の（a）の矢印で示したように、テラスの上方から図示しないホットバー等を用いて、FPCの図面上部にある加熱用PAD13aを加熱および加圧して、パッケージ20の接続用PAD21とはんだ実装をする。この時のPAD13bとPAD21の間のはんだ22の厚さは、インピーダンス整合の観点からは、できるだけ薄いほうが望ましい。具体的には、電気信号が差動形式の場合であって100Ωのとき、はんだ22の厚さを50μm以下とする必要がある。PAD間のはんだ22をこれ以上厚くすると、はんだ22を含む接続部が低インピーダンスとなってしまう、高周波伝送特性の劣化につながる。一方、一般的にはんだによる接続部の強度および長期信頼性を考慮すれば、高周波特性を過度に優先して、はんだ22を単純に10μm以下にまで薄くするのはあまり好ましくない。さらには、FPC10-1とパッケージ20との間をはんだ接続のみで固定とすると、パッケージをPCBに実装する際等のFPCを曲げ伸ばしする際に予期しない力

が掛かる場合、はんだ層にクラックが入ったりするリスクがある。

[0023] 光モジュール100は、インピーダンス整合および接続強度の両方を考慮して、FPC10-1の接続強度を担保しながら、はんだ厚さを50 μ m以下にさらに薄くできるよう、パッケージとFPCの接続を接着剤17で補強する構成を採用した。接着剤17は、FPC10-1のGND層12b側の面上の端部と、パッケージ20のテラスに隣接する側面との間で塗布するようにした。接着剤17は誘電体であるため、一定の誘電率および誘電正接を有している。FPC10-1の信号線12aの面側に接着剤17を塗布する構成とすると、信号線12aの特性インピーダンスを変化させ、高周波伝送特性を劣化させてしまう。図1の(a)に示したように、FPC10-1のGND面側とパッケージ20の側面を接着剤で固定する構成とすることで、高周波伝送特性への影響を抑えている。合わせて、接着剤17に誘電率の低い樹脂を利用し、塗布場所を限定することによって、接着剤の影響を極小化している。

[0024] 図1の(a)において、FPCのベース材11の上面に、金属の信号線12aが、ベース材11の下面に、信号線12aに対するGND層12bが形成されている。信号線およびGND層が上下逆の構成の場合は、直接、信号線側に接着剤17が付着することになってしまい上述の通り高周波伝送特性が劣化してしまうおそれがある。また、図1の(a)に示した接着剤17の部位ではなく、FPCとパッケージの接続部の周囲の、例えば加熱用のPAD13a上や接続部とパッケージ側面の隙間などを接着剤で固定する構成では、接着剤によってさらに低インピーダンス化してしまう。所定の特性インピーダンスを担保するために、はんだ22の厚さを薄くする等の調整を求められる状況で、接着剤17による低インピーダンス化は望ましくない。図1の(a)の構成では、GND層12bの面を接着剤17で固定しているため影響は少ないが、パッケージ20とFPC10-1の隙間に接着剤が入り込むリスクがあるので、接着剤17の誘電率や誘電正接は小さいほど望ましい。

[0025] 図1の(b)は、図1の(a)の構成の光モジュール100を、PCB30の上に実装した構成を示している。この状態で、FPC10-1の下面すなわち信号線12aの近傍の、PCB30の上面に金属パターンを有する場合、信号線12aが金属パターンに近づくことで、高周波伝送特性が劣化するおそれがある。信号線12aを伝搬する電気信号は、PCB材料の誘電率の影響も受けるため、特性インピーダンスも変化してしまう。光モジュールを搭載するPCBの構成や実装状態によっては、本開示の光モジュールは別の構成も取り得る。

[0026] 図2は、本開示の光モジュールの別の構成および実装形態を示す断面図である。図2の(a)は、本開示の光モジュール101の概略構成を側断面図で示しており、一例としてHB-CDMの光モジュールであり得る。図2の(a)は、FPC10-2がパッケージ20に実装された後の状態を示している。図2の(b)は、図2の(a)の光モジュール101を、図面上で上下反転させて、PCB30上に搭載した状態の側面図を示している。図1の光モジュール100との相違点は、FPC10-2の信号線12aおよびGND層12bの構成面が、図1のFPC10-1と比べて上下逆となっていることである。すなわち、図2の(a)のFPC10-2をパッケージ20のテラスの上面に固定した状態で、信号線12aがベース材11の下面側にあり、GND層12bがベース材11の上面側にある。光モジュール101の構成の場合、図2の(b)に示したPCB30に搭載した状態で、FPCの信号線12aはPCB30とは反対側に位置するため、PCB30の金属パターンとFPCの近接による高周波特性の劣化は発生しない。

[0027] 一方、図2の光モジュール101の構成では、パッケージ20およびFPC10-2を接着剤17で固定する際に、信号線12a側にも接着剤17が掛かるため、注意が必要である。例えばHB-CDMの場合で100GHz級の光変調帯域を実現するためには、接着剤の誘電体の影響を抑えるために、1kHzにおける接着剤の誘電率は7.0以下、誘電正接は0.15以下である必要がある。当然、接着剤の誘電率、誘電正接の値は小さければ小さ

いほど望ましい

[0028] また、高周波伝送路である信号線 12a に接着剤が掛かることが許容できるサイズは、信号線 12a に沿った信号伝送方向（x 方向）に対して、800 μm 以下である。信号伝送方向で許容できるこの長さは、後述する信号線 12a 側の接続用 PAD 13a の最大長さと同じであり、信号線を伝搬する電気信号の伝送路内波長の $1/4$ 以下となっている。尚、伝送路内波長は、伝送路の各材料の実効誘電率等を考慮した波長である。

[0029] 一方、接着剤 17 の信号線に沿った方向の長さが 100 μm 程度まで短くなれば十分な接着強度を担保できなくなるため、少なくとも 300 μm 以上の長さは必要である。同様に、接着剤 17 が塗布されるパッケージ 20 の側面に沿った高さ方向（z 方向）についても、接着剤と 300 μm 以上の接着長さが必要となる。図 2 の光モジュール 101 の構成では、上述の接着剤 17 のサイズ条件を満たさない場合、接着剤の塗布により、信号線 12a の高周波特性が変化し得る。接続強度を担保し、かつ光モジュールの広帯域化を実現する上では、上述の接続部に塗布される接着剤のサイズを満たすことが望ましい。

[0030] 図 1 および図 2 のいずれの光モジュールでも、接着剤 17 については、少なくとも 85℃ 以下の硬化温度で固定されることが望ましい。FPC が、内部に素子等が搭載された状態のパッケージ 20 へ実装されるため、過度に高温での加熱は、内部素子等にダメージを与えてしまう可能性があるためである。85℃ であれば、光通信用モジュールの動作温度として一般的に求められる範囲であるため、光モジュールを破壊してしまうリスクはない。硬化温度を 85℃ 以上の温度としてしまうと、内部素子やファイバおよび光コネクタ等に悪影響を与える可能性がある。ただし、この悪影響が生じ得るのは、接着剤部分のみを局所的に加熱固定するのは難しく、炉等での一括加熱を前提としているためである。局所加熱で接着剤 17 による固定をできる場合には、85℃ 以上の温度とすることも可能である。

[0031] 再び図 1 の（a）に戻ると、FPC 10-1 およびパッケージ 20 の接続

部において、信号線 1 2 a の P A D 1 3 a および G N D 層の P A D 1 3 b はそれぞれ、埋め込みビアまたは貫通スルーホール 1 5 によって上面金属と下面金属が熱的にも接続されている。ビアまたはスルーホール 1 5 より、上下面の P A D の金属が一体となっているため、上面の加熱用 P A D 1 3 a の金属からのホットバーでの加熱により、下面の接続用 P A D 1 3 b の接続面側のはんだにも熱を供給することが可能となる。同様に、F P C 1 0 - 1 の両面の G N D 間を導通するため、電気信号の伝搬方向に沿って、埋め込みビアまたは貫通スルーホールが必要である。両面の G N D 間を導通するための埋め込みビアまたは貫通スルーホールについては、不要な共振等による高周波伝送特性の劣化を抑えるために、信号線を伝搬する電気信号の伝送路内波長の $1/4$ 以下のピッチで、伝送線路に沿って少なくとも 1 列以上配列されている必要がある。図を簡略化するために図 1 では、ビアまたはスルーホールを省略している。次に、接続用の P A D の形状・サイズおよび G N D 面上のビアまたはスルーホールの詳細について述べる。

[0032] 図 4 は、本開示の光モジュールの F P C の上面および下面の構成を示す図である。図 4 の (a) は、図 1 の (b) の光モジュール 1 0 0 の側断面図 (x-z 面) と同じものであって、座標軸のみを新たに示している。図 4 の (b) は、図 4 の (a) で F P C 1 0 - 1 の上面 (x-y 面) を見た図であって、F P C 1 0 - 1 の G D N 面側のパターンを示している。図 4 の (c) は、図 4 の (a) で F P C 1 0 - 1 の下面 (x-y 面) から見た図であって、F P C 1 0 - 1 の信号線側のパターンを示している。図 4 では、パターン構成を見やすくするために、図 1 と同様にソルダーレジストを省略して示している。図 4 の (c) では、差動信号形式の 2 組の信号線 4 6 - 1、4 6 - 2 の対を示しており、2 組は例えば 1 つの偏波の I チャネルおよび Q チャネルであり得る。1 組の信号線の対は、1 つの偏波の I チャネルにおける I + 信号線 4 1 - 1 および I - 信号線 4 1 - 2 であり得る。

[0033] 図 4 の (b) の G N D 面 4 2 は、信号線に沿った方向に複数の埋め込みビアまたは貫通スルーホール 4 4 で、両面が接続されている。すなわち G D N

面のGND層は、信号線を含む層のGND面43と、信号線を伝搬する電気信号の伝送路内波長の $1/4$ 以下の間隔で埋め込みビアまたは貫通スルーホールにて導通されている。

[0034] 図1および図4では、FPC10-1のPAD13b、13aに対する加熱用のビアまたスルーホール15を1個のみ示しているが、PADサイズやはんだ接続のために必要とされる熱量に応じて、x軸方向に2個、3個と数を増やしても構わない。ただし高周波伝送特性を考えると、信号線の低インピーダンス化を抑制するために、信号線に並列に付加される容量性を増加させるビアやスルーホールの数は少ないほど望ましい。また、図1および図4のFPCでは、接続強度を強固にするために、FPCの長手方向の端部にハーフスルーホールを設けている。はんだへの加熱は上述の加熱用のビアまたスルーホール15により行われるため、PAD13a、13bにおけるハーフスルーホールを省略して、低インピーダンス化を抑えることもできる。

[0035] 次にFPC10-1における、接続用のPADのサイズおよび形状について述べる。ここで、「接続用PAD」とは、パッケージ20のPAD21とはんだ接続される側のPAD13b、および、PCB30のPAD31とはんだ接続される側のPAD14aを言う。いずれも、矩形状のPADと、ビアまたはスルーホールを内包する円形のランドとが重複した形状を持っており、ランドの直径は矩形状の領域の外にまで広がっている。以下に述べる接続用PADのサイズは、矩形状の領域のサイズを意味しており、矩形状領域の外の円形ランド部分は「接続用PAD」には含まれないことに留意されたい。図5とともに後述するように、矩形状の領域の外の円形ランド部分は、ソルダーレジストによって覆われることになる。

[0036] 図4の(b)および(c)を参照すれば、FPC10-1の接続用PAD13b、14aの長手方向である信号伝搬方向(x軸方向)の長さおよび短手方向(y軸方向)の幅については、いずれも小さいほど望ましい。接続用PADの幅(y軸方向)に関しては、FPCおよびパッケージの位置ずれ公差等も考慮すれば、 $50\mu\text{m}$ 以上で $200\mu\text{m}$ 以下の範囲のPADの幅が好

ましい。幅が $200\mu\text{m}$ あれば、実装時の公差を考えても十分に安定して製造可能なサイズとなる。PAD 13 b、14 aの幅を $200\mu\text{m}$ 以上に広くすることは、高周波伝送特性の劣化につながるため不要である。逆に、PAD 13 b、14 bの幅を $50\mu\text{m}$ 以下に狭めてしまうと、FPCの実装時の位置ずれ公差を考慮すれば、パッケージのPAD 21およびFPCの接続用PAD 13 bがずれて電気接続できなくなる場合もあり、製造歩留まりが低下する。

[0037] FPC 10-1の接続用PADの長さ（x軸方向）に関しては、はんだ接続時の加熱のために、PAD内に直径 $100\sim 150\mu\text{m}$ 程度のビアまたはスルーホール15を1つ以上設置することを考えると、少なくとも $200\mu\text{m}$ 以上のPADの長さが必要である。なお、ここで言うPADの長さは、FPCの端部を起点とした矩形状の領域のx軸方向の長さである。一方、接続用PADの長さが $800\mu\text{m}$ 以上となると、PADに伴って信号線に対して並列に付加される容量性が大きくなり、低インピーダンス化してしまう。したがって、光モジュールの広帯域化の観点からは、接続用PADの長さを $800\mu\text{m}$ 以下とすることが望ましい。FPCとパッケージ間の接続が、はんだ接続のみの場合は、接続用PADの長さや幅を小さくすることは接続強度の低下につながるため許容できなかった。本開示の光モジュール100の構成では、接着剤17による固定により接続強度を担保できている。パッケージとFPC間を接続する接続用PADのサイズを小型化し、広帯域化を実現することができる。

[0038] FPCとパッケージを接続する際に加熱されるスルーホールまたはビア15については、インピーダンス整合を考えると埋め込みビアの方がより望ましい。埋め込みビアの場合、内部は金属で既に埋め込まれているため、PAD 13 bとパッケージのPAD 21との間のはんだ17は、上面のPAD 13 aに溢れ出すことはない。一方、貫通スルーホールの場合、パッケージのPAD 21上のはんだはスルーホール内を埋めるように伝わり、加熱面側のPAD 13 aにまではんだが溢れ出してくる。はんだがPAD 13 a上に盛

り上がって、PAD 13 aの厚さが等価的に増えることで、信号線が低インピーダンス化してしまう。

[0039] PAD内に形成されるスルーホールまたはビア15のサイズについては、FPCとパッケージの接続工程を考慮する必要がある。PAD内に貫通スルーホールが形成される場合、スルーホールの内部をはんだが流れる必要があるため、直径が100 μm 以上であることが望ましい。また、信号線に容量性インピーダンスが付加されることも考慮すれば、直径150 μm 以下に抑えることが重要である。PAD内に埋め込みビアが形成される場合には、はんだの流れ性を考慮する必要はないため、直径150 μm 以下の範囲で小型化することが可能である。

[0040] 再び図1の(b)に戻ると、上述の構成を持つFPC 10-1がパッケージ20に実装された光モジュール100は、上下を180°反転させた状態で、PCB 30にFPCが実装される。反転された光モジュール100のFPC 10-1の接続用のPAD 14 aとPCBのPAD 31がはんだ接続される。2つのPAD 14 a、31の接続は、FPC 10-1の加熱用のPAD 14 bを加熱および加圧して、スルーホールまたはビア16を経由してはんだ32によって実施される。PCB 30のPAD 31と接続する側のFPCのPAD 14 a、14 bの構成は、上述のパッケージ20のPAD 21と接続する側のPAD 13 a、13 bと同様である。

[0041] 以上では、FPCの接続用PADやスルーホール等のサイズについて述べてきたが、パッケージのPAD 21とFPCの接続用PAD 13 bの形状が完全に一致している必要はない。例えば、パッケージ材料のセラミックは、FPCのベース材に比べて誘電率が高いため、FPCをパッケージに接続した状態で、さらに容量性インピーダンスが付加されるおそれがある。信号線の低インピーダンス化を抑える観点で、FPC側よりもパッケージ側のPAD 21の幅を狭くすることが有効である。このとき、FPC側の接続用PAD 13 bの幅は、位置ずれ精度等を加味して、実装性の担保のためにパッケージ側のPAD 21と同幅にするのではなく、逆にパッケージ側のPADよ

りも広い幅に設定しても問題ない。

[0042] 一方、信号線に沿った方向の接続用PADの長さに関しては、パッケージのPAD21とFPCのPAD13aの長さが異なると、長い方のPADの重複していない部分がオープスタブとなり、高周波伝送特性の劣化につながるおそれがある。また、接続用PADの長さが過剰に長いと、容量性インピーダンスが信号線に付加されることにより、伝送線路が低インピーダンスとなるリスクがある。このため、パッケージのPAD21とFPCのPAD13bの長さなるべく同じであることが望ましい。

[0043] さらに、加熱用のPAD13aに関しては、熱を印加するための目的で使用されるものであり、FPC10-1の実装性には影響を与えないため、接続用PADに比べて幅を狭くすることが、容量性を減らす観点から有効である。

[0044] 図3は、ソルダーレジストを含むFPCの単独の断面形状を示した図である。図3の(b)のカバーレイを含む構成を示しており、図1に示したFPC10-1と同じものである。FPCの高周波線路の損失を低減するために、カバーレイ等の誘電体が金属の信号線12aの上には無いのが好ましい。図1では簡略化のためソルダーレジストを省略していたが、はんだ実装時のショートのリスクを減らすためにも、図3の(a)に示したソルダーレジスト18a、18bは必須である。はんだショートのリスクを減らすためには、信号線やGNDの全面をレジストで覆う構成も考えられるが、高周波損失の観点からは、なるべくソルダーレジスト18a、18bの形成領域は狭いほど望ましい。

[0045] 図3の(a)はカバーレイを含むFPC10-1の断面の構成を示している。カバーレイ17a、17bを設けることで、信号線12aがむき出しにならないため、信号線を保護し、断線リスク等を軽減することができる。図3の(a)の構成の場合、信号線12aは、図3の(b)のように空気ではなくベース材11とは異なる誘電体であるカバーレイ17aに覆われる。このため、カバーレイの材料の誘電率および誘電正接により、信号線12aの

本来の特性インピーダンスが変動し、高周波伝送特性も劣化する傾向にある。カバーレイを使用する場合には、カバーレイ 17b と金属の GND 層 12b の隙間部分を保護し、カバーレイの端部を覆うようにソルダーレジスト 18a、18b を配置することが望ましい。これにより、カバーレイと金属の間の界面にはんだが流れ込んだり、カバーレイを FPC 面上に接着する接着層が熱で溶けたりするのを避けることができる。

[0046] ここで図 4 に再び戻ると、FPC の上面図および下面図に示した通り、FPC では曲げ性を良くするために、各チャネルの GND 面の GND 領域 42 に空隙 47 を設ける必要がある。GND 領域 42 にはビアまたはスルーホール 42 が密に配置されている。空隙 47 を形成しておかないと、ベース材として厚いものを使い、さらに信号線の数が多く幅が広い FPC 等になる場合、FPC 10-1 が固く、曲げづらい等の問題が発生する場合がある。信号線の対に沿ってその脇に、複数の空隙 47 を設けることで、FPC の曲げ性を改善することが可能である。空隙 47 は、FPC 10-1 の長手方向（x 方向）で少なくとも全長の $1/3$ 以上の長さとするのが望ましい。また空隙 47 は、FPC 10-1 の幅方向（y 方向）で、加工精度を考えて少なくとも $100\mu\text{m}$ 以上の幅を持つのが望ましい。

[0047] 図 4 の（b）の GND 面を見た上面図では、接続用の PAD 13b と隣接する GND 領域 42 との間（x 軸方向）は、電気的な分離のためギャップ 49 が必要である。しかしこのギャップ 49 の裏側にある図 4 の（c）の信号線 41-1、41-2 の側からギャップ 49 を見ると、下面に GND が無い部分となる。高周波信号線の途中で GND が無くなってしまうことになるので、特性インピーダンスの不連続が生じ、高周波伝送特性が劣化する要因となってしまう。したがって、信号線に沿った方向（x 方向）について、接続用の PAD 13b と GND 領域 42 との間のギャップ 49 は、例えば、 100GHz 程度の周波数帯域を実現するためには、 $200\mu\text{m}$ 以下にする必要がある。動作周波数が高いほど、ギャップ 49 によるインピーダンス不整合の影響が大きくなるため、より狭くする必要がある。また、後述するソルダ

ーレジスト領域の形成精度等の製造性を考慮する場合は、上述のPAD-GND間のギャップは50 μ m以上を確保すべきである。接続用のPAD13bとGND領域42あまりに近づきすぎると、レジストの公差等により、はんだ実装時のショートリスクが発生するためである。したがって、接続用のPAD13bとGND領域42との間のギャップ49は50 μ m以上で200 μ m以下の範囲が好ましい。

[0048] また、FPC10-1のPADに接する端部には、ハーフスルーホール45が形成されていることが望ましい。ハーフスルーホール45によって、パッケージとの接続時に、はんだフィレットをうまく形成し、はんだ強度を強めることが可能である。ただし、接着剤による接続強度が十分確保できる場合、ハーフスルーホール45を省略することも可能である。信号線に対して不要な容量性インピーダンスの付加を避ける観点から、図4の(b)、(c)に示した通り、加熱用のPAD13a、14bは、接続用のPAD13b、14bよりも矩形部分のPAD幅を狭くすることが望ましい。熱用のPAD13a、14bは、加熱のために使用されるものであって、加熱が可能な限り幅の狭いもので良いし、PAD幅がゼロ（円形のランドのみで、矩形領域が無い）形状でも問題ない。

[0049] したがって本開示の光モジュールは、差動形式の信号線の複数の対と、各々の信号線12aの両端に接続用PADを有するフレキシブル配線基板（FPC）100-1と、前記信号線の一端の前記接続用PAD13bとはんだ接合される接続用PAD21を有し、光素子および電気素子が内部に搭載されたパッケージ20とを備えた光モジュール100であって、前記FPCは、厚さが100 μ m以下のベース材11および信号線12aを含む層とランド層（GND層）12bを含む少なくとも2層以上の金属層から形成されており、前記信号線に沿った方向における、前記接続用PAD13bと隣接するGND面42との間のギャップ49は200 μ m以下であり、前記パッケージの前記接続用PAD21の幅が、前記FPCの前記接続用PAD13bの幅よりも狭く、前記GND層は、前記信号線を含む層のGND面と、電

気信号の伝送路内波長の $1/4$ 以下の間隔で埋め込みビアまたは貫通スルーホール 44 にて導通されている光モジュールとして実施できる。

[0050] 図 5 は、ソルダーレジストを含めて、FPC の上面および下面を示す図である。図 5 の (a)、(b)、(c) は、それぞれ図 4 の (a)、(b)、(c) に対応している。図 5 の (b) で上面側 (GND 面側) のソルダーレジスト 18a を、図 5 の (b) で下面側 (信号線側) のソルダーレジスト 18b をさらに示している。ソルダーレジスト 18a、18b は、はんだショートを防ぐために信号線間や、信号線と GND 間等に配置することが有効であるが、本開示の光モジュールではソルダーレジストは必須ではない。

[0051] 図 6 は、本開示の光モジュールを PCB 上に実装した状態の断面構成を示している。図 1 に示した、FPC10-1 が接続された光モジュール 100 を PCB30 上に実装した構成を示している。図 6 に示した通り、PCB30 への実装状態では、信号線 12a が PCB 側を向いた構成となる。このため、PCB30 側の GND 面 33 と FPC10-1 の信号線 12a を近づけ過ぎると、ショートしたり、高周波特性が劣化したり要因となってしまう。したがって、光モジュールが PCB 上に実装された状態の FPC の厚さ方向について、FPC10-1 の信号線 12a と、PCB30 の GND 面 33 との距離が、FPC のベース材 11 の厚さよりも離れている必要がある。ベース材の厚さよりも近づいてしまうと、FPC の信号線 12a の裏面の GND 層 12b よりも PCB の GND 面が近くなり、特性インピーダンスに影響を与えてしまうためである。

[0052] また、FPC10-1 の PAD14a および PCB の PAD31 の接続部の近傍でも、FPC10-1 が PCB30 に近づいてしまう。このため、図 6 に示したように、PCB30 の、FPC10-1 の直下の部分では、GND 面を抜いておく必要がある。FPC10-1 の信号線に沿った方向で、少なくとも $500\mu\text{m}$ 以上は PCB30 上の GND を抜くことが有効である。FPC10-1 の下方側に PCB の GND が一切存在しないことが最も望ましい。図 6 の実装構成は、FPC の信号線が PCB 面側に設置されており、

空気で全面がオープンになっているFPCの上面側に信号線が無い場合、空間を飛来する放射場等の影響やチャンネル間のクロストークを受け難い。

[0053] 図7は、FPCの信号線の面に設けたインピーダンス調整用の溝を示した断面図である。信号線の並列に容量性インピーダンスが付加され低インピーダンス化する問題を改善するには、パッケージやFPC、PCBにおいて、隣接するPADの近傍に溝を設けることが有効である。図7は、一例としてFPC側の溝について示しており、図4の(c)で示したFPC10-1の上面図において、差動信号形式の1組の信号線41-1、41-2の断面（図4のy-z面）を模式的に示している。ベース材11に対して彫り込み加工をして、例えば信号線のPADおよび隣接する別の信号線の間のPADの間の溝48-2や、GND面43と信号線のPADの間の溝48-1、48-3を形成する。図7に示したように差動信号形式の2本の信号線41-1、41-2が構成されている場合は、バランス状態を確保するため、2本の信号線の両側のGND面43に対して、溝を形成する必要がある。

[0054] 尚、差動形式の信号線の対は、信号線をS、グラウンドをGと示す場合、図6のようにGSSGのように構成される。また、図6の2本の信号線の間にさらにGND領域を設けて、GSGSGのように構成されても良い。

[0055] 以上詳細に述べてきたように、本開示の光モジュールの低RF損失なFPCおよびFPCとパッケージとの接合部構成によって、光モジュールの高周波特性を改善、広帯域化を実現する。

産業上の利用可能性

[0056] 本発明は、光通信に利用できる。

請求の範囲

- [請求項1] 差動形式の信号線の複数の対と、各々の信号線の両端に接続用 P A D を有するフレキシブル配線基板 (F P C) と、
- 前記信号線の一端の前記接続用 P A D とはんだ接合される接続用 P A D を有し、光素子および電気素子が内部に搭載されたパッケージとを備えた光モジュールであって、
- 前記 F P C は、厚さが $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下のベース材および信号線を含む層とグラウンド層 (G N D 層) を含む少なくとも 2 層以上の金属層から形成されており、
- 前記信号線に沿った方向における、前記接続用 P A D と隣接する G N D 面との間のギャップは、 $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、
- 前記パッケージの前記接続用 P A D の幅が、前記 F P C の前記接続用 P A D の幅よりも狭く、
- 前記 G N D 層は、前記信号線を含む層の G N D 面と、電気信号の伝送路内波長の $1/4$ 以下の間隔で埋め込みビアまたは貫通スルーホールにて導通されていることを特徴とする光モジュール。
- [請求項2] 前記パッケージの前記接続用 P A D と前記 F P C の前記接続用 P A D は、厚さ $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下のはんだで接続されており、
- 前記 F P C の前記接続用 P A D は、少なくとも 1 つ以上の直径 $150\text{ }\mu\text{m}$ 以下の埋め込みビアで加熱用 P A D と接続され、前記接続用 P A D の前記信号線に沿った長さが $800\text{ }\mu\text{m}$ 以下、および、前記幅が $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下であるか、または、
- 前記 F P C の前記接続用 P A D は、少なくとも 1 つ以上の直径 $150\text{ }\mu\text{m}$ 以下の貫通スルーホールで加熱用 P A D と接続され、前記接続用 P A D の前記信号線に沿った長さが $800\text{ }\mu\text{m}$ 以下、および、前記幅が $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の光モジュール。
- [請求項3] 前記 F P C の前記接続用 P A D は、前記 F P C の前記 G N D 層の側

にあり、接着剤によって、前記FPCの前記GND面および前記パッケージの側面が固定されていることを特徴とする請求項2に記載の光モジュール。

[請求項4] 前記FPCの前記接続用PADは、前記FPCの前記信号線がある面の側にあり、誘電率が7.0以下、かつ、誘電正接が0.15以下の接着剤によって、前記信号線に沿った方向に800 μ m以下の長さの渡って、前記信号線がある面および前記パッケージの側面が固定されていることを特徴とする請求項2に記載の光モジュール。

[請求項5] 前記FPCの隣接する前記複数の対の間であって、前記信号線に沿った方向における前記FPCの全長の1/3以上の長さの範囲に、100 μ m以上の幅の空隙が設けられていることを特徴とする請求項3または4に記載の光モジュール。

[請求項6] 前記接続用PADおよび前記加熱用PADの部位を除いた、前記FPCの両面上に、カバーレイフィルムが形成されており、前記カバーレイフィルムの端および前記接続用PADの周囲がソルダーレジストで覆われていることを特徴とする請求項5に記載の光モジュール。

[請求項7] 前記FPCの前記ベース材および前記パッケージの前記接続用PADの形成された面の少なくともいずれか一方において、1つの対内の前記信号線の間、または、前記信号線および隣接するGND領域の間に、前記信号線に沿って溝が形成されていることを特徴とする請求項6に記載の光モジュール。

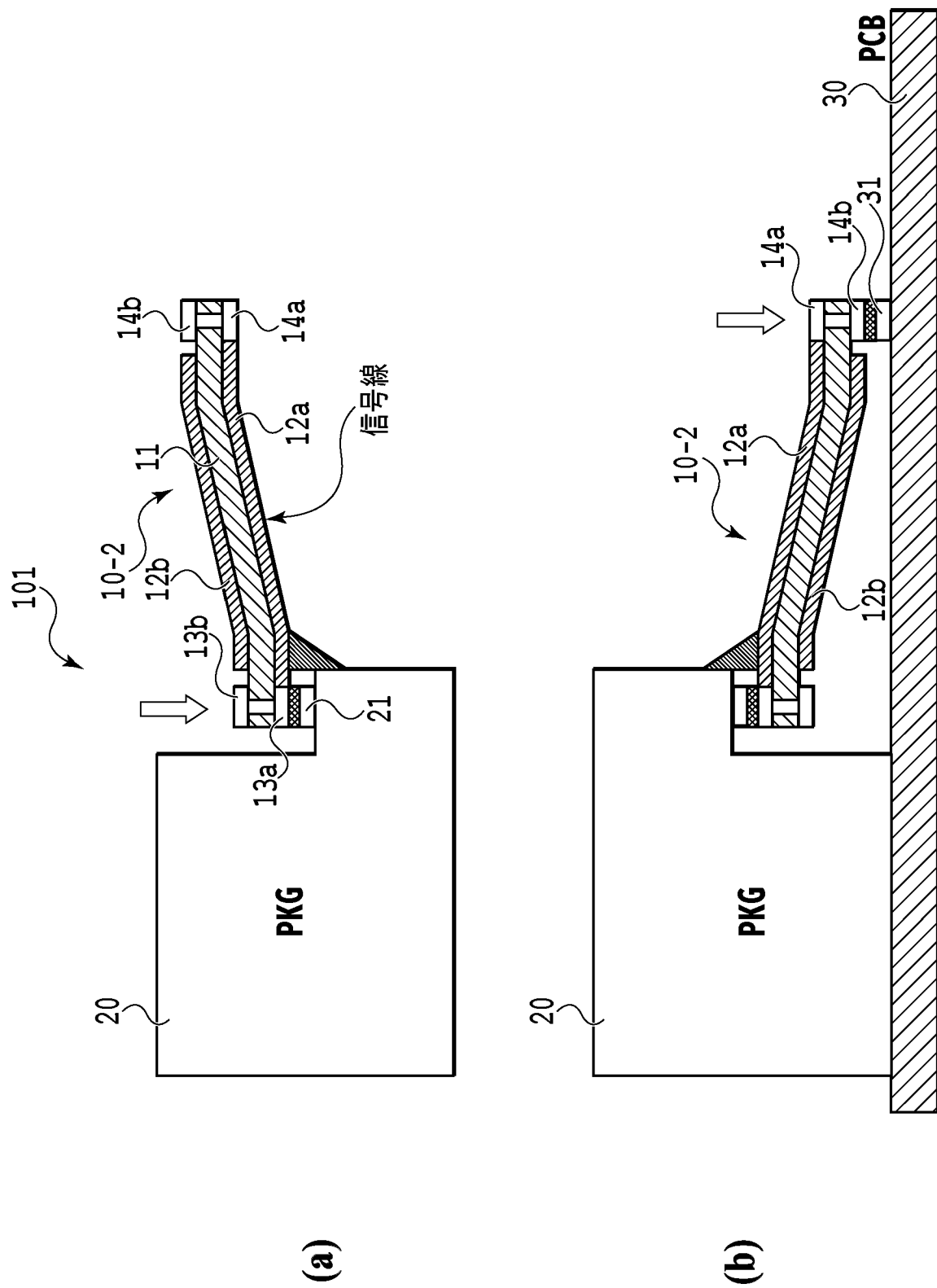
[請求項8] 前記光モジュールは、プリント回路基板(PCB)に搭載され、前記信号線他端の前記接続用PADと前記PCBの接続用PADとが、はんだ接続され、

前記PCBの前記接続用PADは、前記PCBのGND領域から500 μ m以上離れており、

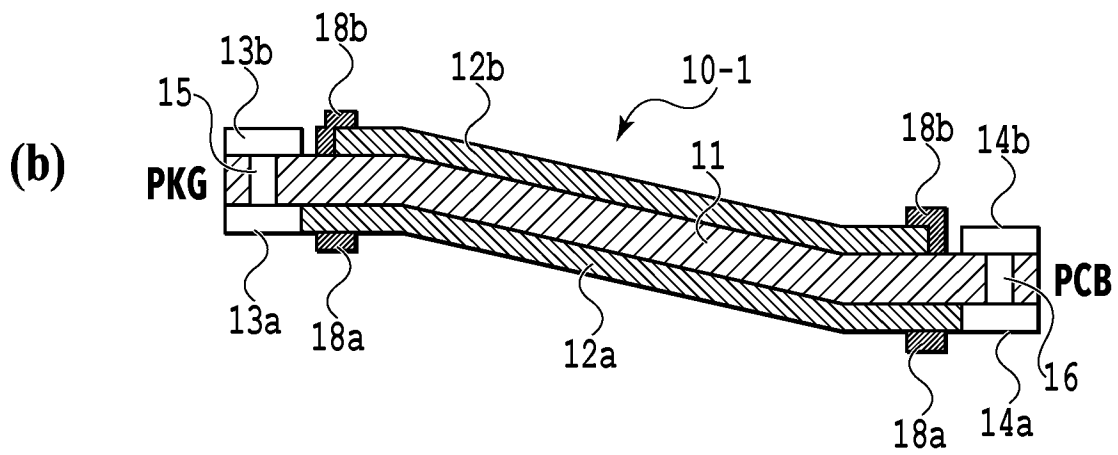
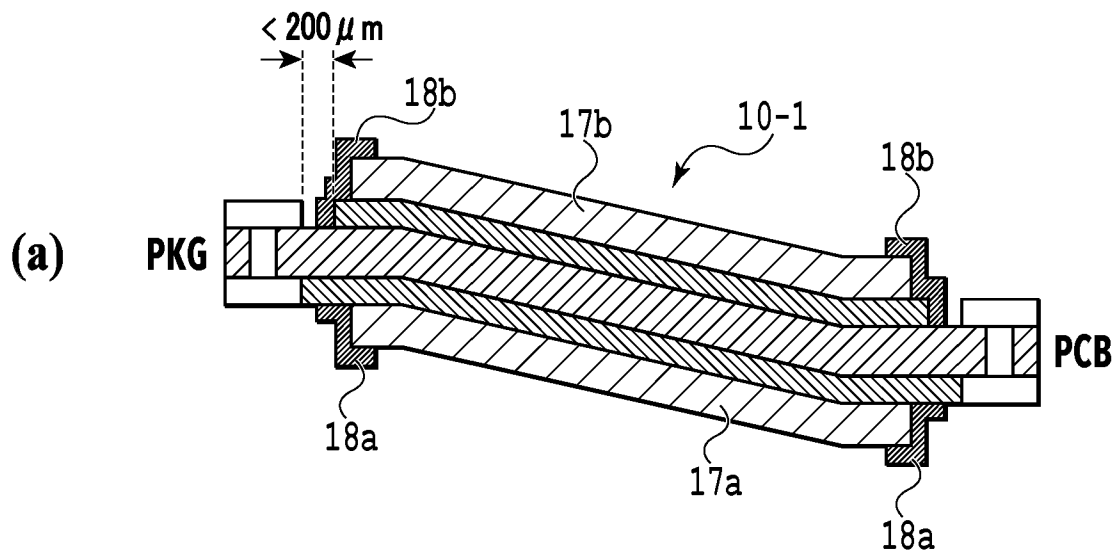
前記FPCの前記信号線を含む面は、前記FPCの厚さ方向について、前記PCBの前記GND領域から前記ベース材の厚さ以上離れて

いることを特徴とする請求項 3 に記載の光モジュール。

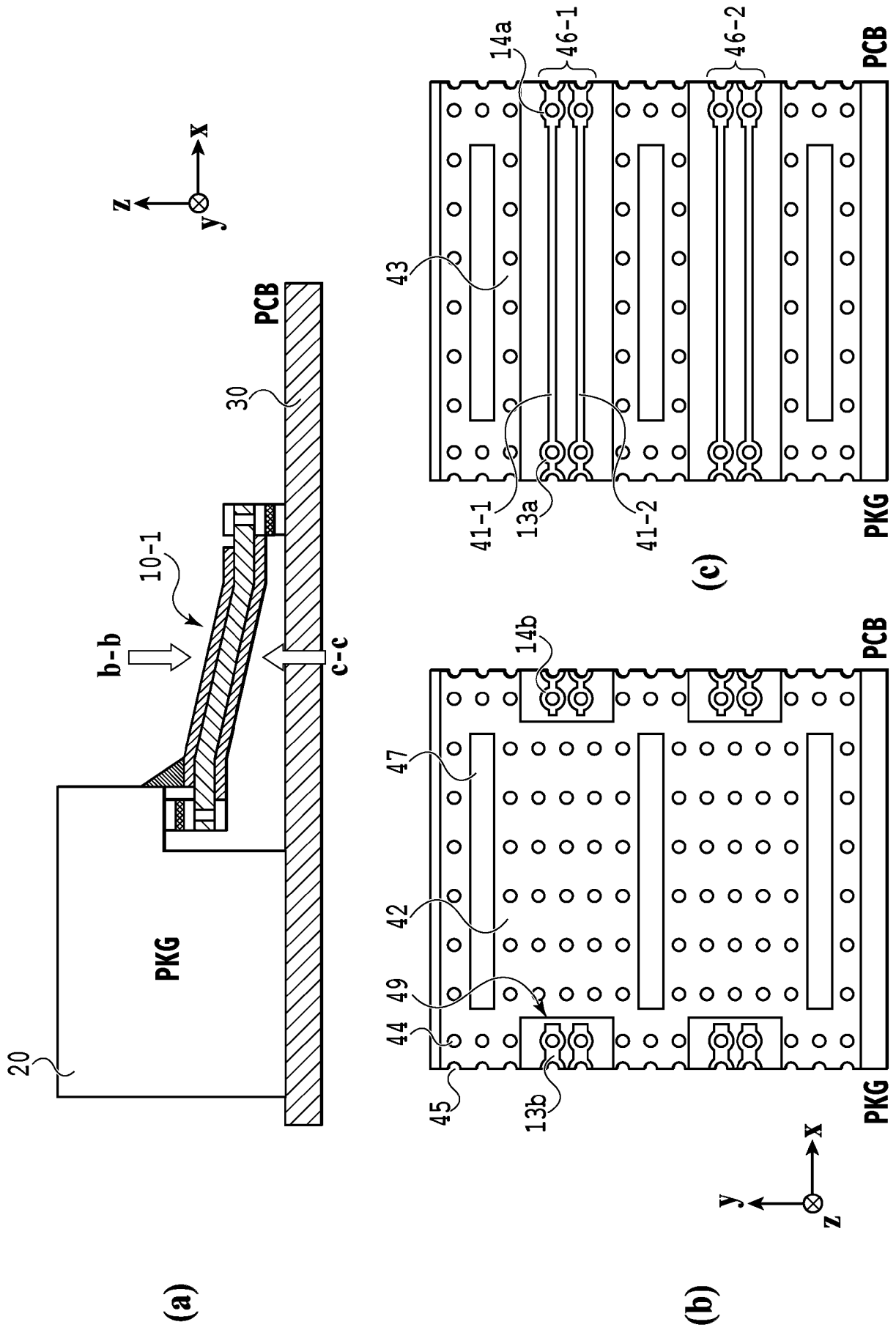
[図2]



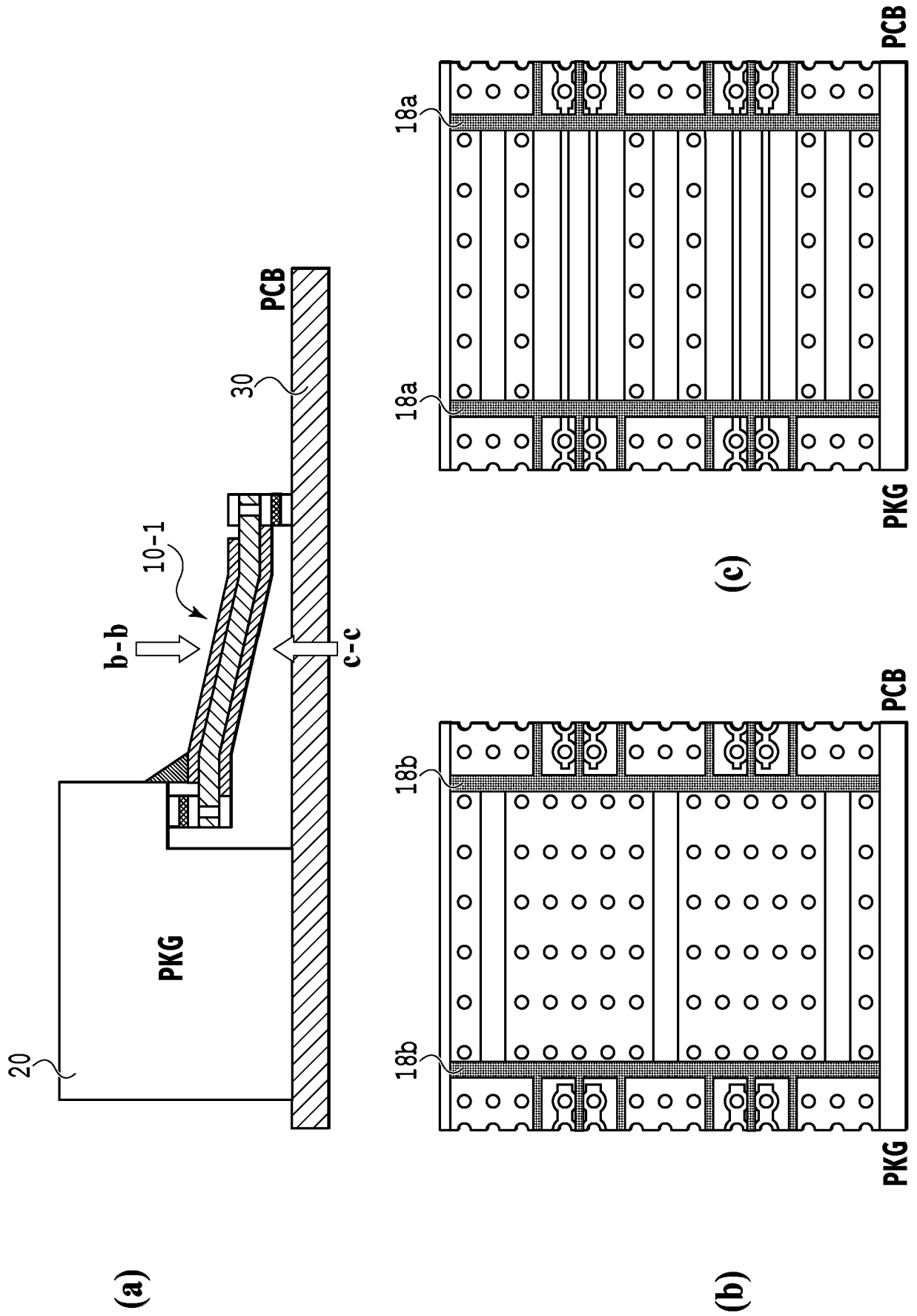
[図3]



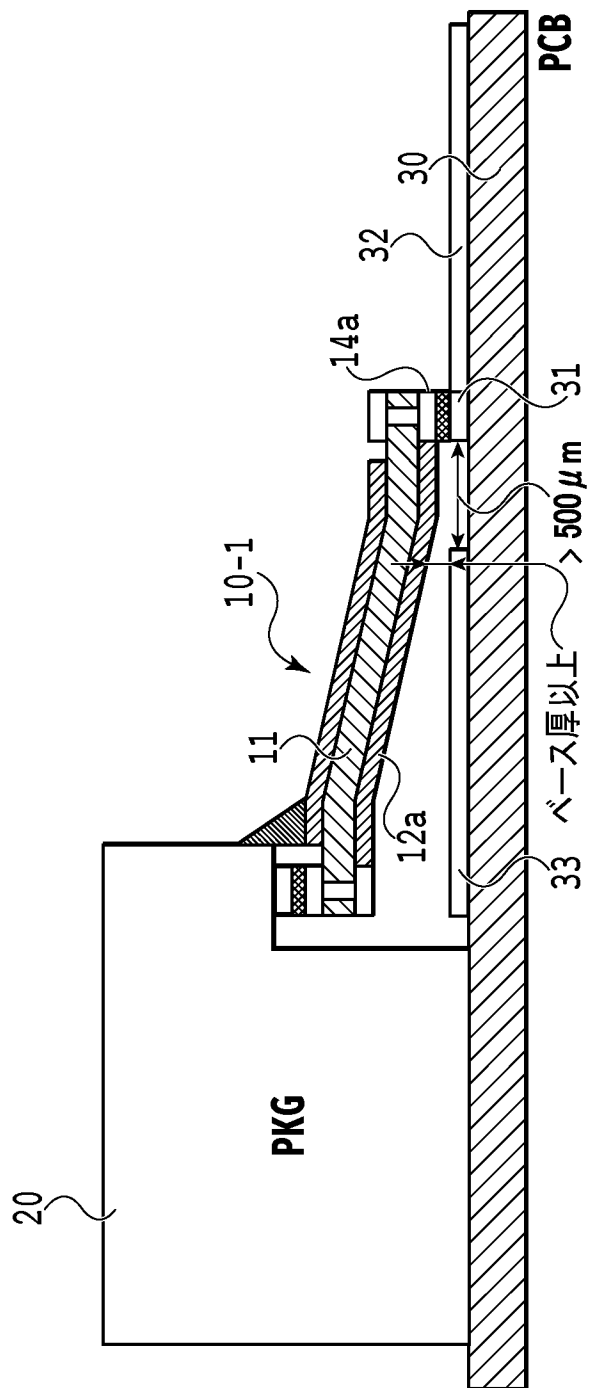
[図4]



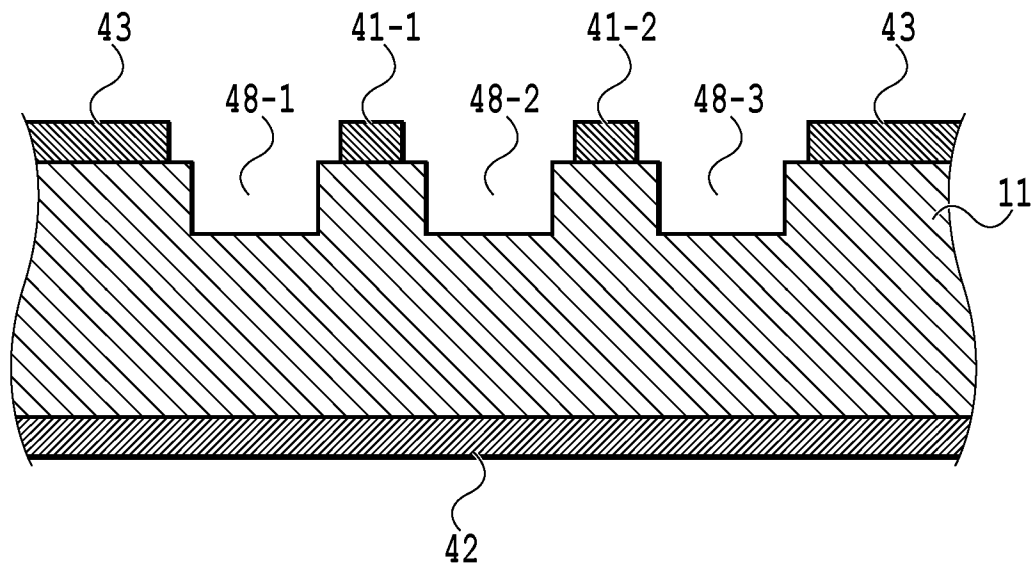
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/006834

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G02F 1/01**(2006.01)i

FI: G02F1/01 F

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02F1/00-1/125; G02F1/21-7/00; G02B6/12-6/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
Y	WO 2019/050046 A1 (NGK ELECTRONICS DEVICES INC.) 14 March 2019 (2019-03-14) paragraphs [0027]-[0074], fig. 1-14	1-8
Y	JP 2017-072813 A (FUJITSU OPTICAL COMPONENTS LIMITED) 13 April 2017 (2017-04-13) paragraphs [0013]-[0030], [0054]-[0060], fig. 1-3, 9	1-8
Y	JP 2003-133814 A (KYOCERA CORPORATION) 09 May 2003 (2003-05-09) paragraphs [0030], [0037], fig. 1-2	1-8
Y	JP 2020-020876 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) 06 February 2020 (2020-02-06) paragraph [0057], fig. 2-3	1-8
Y	JP 2003-224408 A (KYOCERA CORPORATION) 08 August 2003 (2003-08-08) paragraphs [0012]-[0036], fig. 1-2	1-8
Y	US 2018/0082929 A1 (XIAMEN TIANMA MICRO-ELECTRONICS CO., LTD.) 22 March 2018 (2018-03-22) paragraphs [0028]-[0050], fig. 1-2	3-8

☒ 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

01 May 2023

Date of mailing of the international search report

16 May 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/006834**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2020/049723 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 12 March 2020 (2020-03-12) paragraphs [0032], [0045], fig. 3-4	3-8
Y	JP 2016-194600 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) 17 November 2016 (2016-11-17) paragraphs [0055]-[0061], fig. 8-15	5-7
Y	JP 2011-095333 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 12 May 2011 (2011-05-12) paragraph [0026], fig. 4	6-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/006834

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2019/050046	A1	14 March 2019	US 2020/0214130 A1 paragraphs [0091]-[0269], fig. 1-14 EP 3684147 A1 CN 111034372 A	
JP	2017-072813	A	13 April 2017	US 2017/0104542 A1 paragraphs [0026]-[0043], [0067]-[0074], fig. 1-3, 9	
JP	2003-133814	A	09 May 2003	US 2003/0077924 A1 paragraphs [0065], [0072], fig. 1-2	
JP	2020-020876	A	06 February 2020	(Family: none)	
JP	2003-224408	A	08 August 2003	(Family: none)	
US	2018/0082929	A1	22 March 2018	CN 107247373 A	
WO	2020/049723	A1	12 March 2020	US 2021/0059054 A1 paragraphs [0043], [0056], fig. 3-4 CN 112640094 A	
JP	2016-194600	A	17 November 2016	(Family: none)	
JP	2011-095333	A	12 May 2011	US 2011/0097034 A1 paragraph [0038], fig. 4	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02F 1/01(2006.01)i FI: G02F1/01 F		
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）） G02F1/00-1/125; G02F1/21-7/00; G02B6/12-6/14		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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
Y	WO 2019/050046 A1 (NGKエレクトロデバイス株式会社) 14.03.2019 (2019-03-14) [0027]-[0074], 図1-14	1-8
Y	JP 2017-072813 A (富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社) 13.04.2017 (2017-04-13) [0013]-[0030], [0054]-[0060], 図1-3, 9	1-8
Y	JP 2003-133814 A (京セラ株式会社) 09.05.2003 (2003-05-09) [0030], [0037], 図1-2	1-8
Y	JP 2020-020876 A (住友大阪セメント株式会社) 06.02.2020 (2020-02-06) [0057], 図2-3	1-8
Y	JP 2003-224408 A (京セラ株式会社) 08.08.2003 (2003-08-08) [0012]-[0036], 図1-2	1-8
Y	US 2018/0082929 A1 (XIAMEN TIANMA MICRO-ELECTRONICS CO., LTD.) 22.03.2018 (2018-03-22) [0028]-[0050], 図1-2	3-8
☒ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 01.05.2023		国際調査報告の発送日 16.05.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 奥村 政人 2L 4752 電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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
Y	WO 2020/049723 A1 (三菱電機株式会社) 12.03.2020 (2020 - 03 - 12) [0032], [0045], 図3-4	3-8
Y	JP 2016-194600 A (住友大阪セメント株式会社) 17.11.2016 (2016 - 11 - 17) [0055]-[0061], 図8-15	5-7
Y	JP 2011-095333 A (株式会社東芝) 12.05.2011 (2011 - 05 - 12) [0026], 図4	6-7

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/006834

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2019/050046	A1	14.03.2019	US 2020/0214130 A1 [0091]-[0269], 図1-14 EP 3684147 A1 CN 111034372 A	
JP	2017-072813	A	13.04.2017	US 2017/0104542 A1 [0026]-[0043], [0067]- [0074], 図1-3, 9	
JP	2003-133814	A	09.05.2003	US 2003/0077924 A1 [0065], [0072], 図1-2	
JP	2020-020876	A	06.02.2020	(ファミリーなし)	
JP	2003-224408	A	08.08.2003	(ファミリーなし)	
US	2018/0082929	A1	22.03.2018	CN 107247373 A	
WO	2020/049723	A1	12.03.2020	US 2021/0059054 A1 [0043], [0056], 図3-4 CN 112640094 A	
JP	2016-194600	A	17.11.2016	(ファミリーなし)	
JP	2011-095333	A	12.05.2011	US 2011/0097034 A1 [0038], 図4	