

(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4月11日(11.04.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/075167 A1

(51) 国際特許分類:
G02F 1/017 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/037030

(22) 国際出願日: 2022年10月3日(03.10.2022)

(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9-1 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

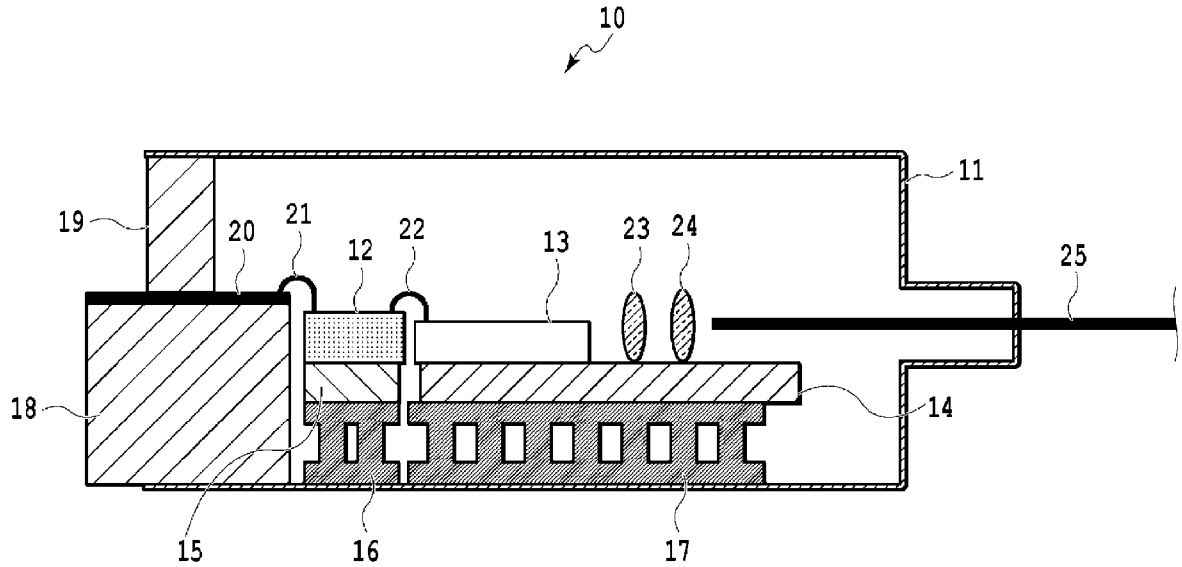
緑町3丁目9-1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 石川 光映 (ISHIKAWA Mitsuteru); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(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, 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,

(54) Title: OPTICAL TRANSMITTER

(54) 発明の名称: 光送信器



(57) Abstract: In regard to an optical transmitter in which an optical modulator and a driver IC therefor are mounted in a single package, the present invention discloses new configurations for improving the temperature dependence of the optical modulation output characteristics and a mounting form suitable for each configuration. An optical transmitter (13) comprises an optical modulator, a driver integrated circuit (driver IC) (12) that supplies a modulating electrical signal for the optical modulator, a first Peltier element (17) that controls the temperature of the optical modulator, and a second Peltier element (16) that controls the temperature of the driver IC, wherein the optical modulator and the driver IC are wire-connected and the temperature of the second Peltier element is set lower than the temperature of the first Peltier element.

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, 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))

(57) 要約: 光変調器とそのドライバICが一体にパッケージ実装された光送信器において、光変調出力特性の温度依存性改善のための新しい構成と、各構成に適合する実装形態が開示される。光送信器(13)は、光変調器と前記光変調器のための変調電気信号を供給するドライバ集積回路(ドライバIC)(12)と、前記光変調器の温度を制御する第1のペルチェ素子(17)と、前記ドライバICの温度を制御する第2のペルチェ素子(16)とを備え、前記光変調器および前記ドライバICの間は、ワイヤ接続され、前記第2のペルチェ素子の前記温度が、前記第1のペルチェ素子の前記温度よりも低く設定される。

明 細 書

発明の名称：光送信器

技術分野

[0001] 本発明は、光通信において利用される光送信器に関する。より詳細には、半導体光変調器およびそのドライバＩＣを含む光送信器の実装形態に関する。

背景技術

[0002] 通信ネットワークの急激なトラフィック増大に応えるため、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の伝送が実用化されている。

[0003] 上述のデジタルコヒーレント光伝送では、光受信器および光送信器を集積化した光送受信装置が利用されている。伝送容量が４００Ｇbpsを超えるシステムの光送受信装置では、高周波（ＲＦ）電気回路などのアナログ部品の広帯域化が求められており、例えば光変調器では４０GHz以上の変調帯域が必要である。広帯域化につながる高周波損失の低減や装置の小型化のため、例えば送信側ではＲＦ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形態が注目されている。この光送信器の実装形態は、High-Bandwidth Coherent Driver Modulator（ＨＢ－ＣＤＭ：高速ドライバ集積光変調器）という名前でＯＩＦ（The Optical Internetworking Forum）で標準化もされている（非特許文献１）。光送受信装置の受信側でも、トランスインピーダンスアンプ（ＴＩＡ）および光受光器が一体パッケージに実装され、ＩＣＲ（Integrated Coherent Receiver）とも呼ばれている。

[0004] 光送受信デバイスの材料に目を転じると、小型・低コスト化の観点で、従来のニオブ酸リチウム（ＬＮ）光変調器に代わって、半導体ベースの光変調器が注目を集めている。より高速な変調動作向けには、ＩｎＰに代表される

化合物半導体が主に用いられている。また、より小型・低コスト化が重要視されるシステムにおいては、Siベースの光デバイスに研究開発が集中している。

[0005] 上述の半導体による光変調器においても材料固有の得失があり、例えばInP光変調器においては、バンド端吸収効果を制御するために、動作時には光変調器チップの温度制御が必須である。一方、Si光変調器は温度制御が不要となるメリットがあるものの、他の材料系と比べて電気光学効果が小さい。このため電気-光相互作用長を長くする必要があるが生じ、デバイス長が大きくなる結果として高周波損失増大を招くことがある。広帯域化および小型化のための実装技術を含めて、光変調器のさらなる高速化・広帯域化には課題が多い。

[0006] HB-CDMによる光送信器の動作温度（ケース温度）としては、少なくとも -5°C ～ 75°C の範囲が求められている。このような動作温度を確保するため、消費電力も考慮して光変調器チップのみがペルチェ素子上に実装されているのが一般的であった（特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：国際公開第2021/171599号

非特許文献

[0008] 非特許文献1：OIF, Implementation Agreement for the High Bandwidth Coherent Driver Modulator (HB-CDM), [online], July 15, 2021, [令和4年9月1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., "500-Gb/s/ λ Operation of Ultra-Low Power and Low-Temperature-Dependence InP-Based High-Bandwidth Coherent Driver Modulator," in Journal of Lightwave Technology, vol. 38, no. 18, pp. 5086-5091, 15 Sept. 15, 2020, doi: 10.1109/JLT.2020.2998466.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、従来技術の光送信器では、高温時におけるドライバＩＣの高周波特性の劣化が問題となっていた。具体的には環境温度が高温状態にある場合に、ドライバＩＣの高周波帯域、ピーキング量やゲインが劣化することが問題となっていた。光送信器が高速化・広帯域化する中で、上述の劣化による信号品質の低下の影響が無視できなくなってきた。そのため、環境温度の変化に関わらず、一定の高周波特性を維持することのできる光送信器が望まれている。

[0010] 本発明は、上述の課題に鑑み、ドライバＩＣを含む光送信器の温度依存性を抑え、高速性に優れ、環境温度によらず安定動作が可能な光送信器の新規な構成および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、光送信器であって、光変調器と前記光変調器のための変調電気信号を供給するドライバ集積回路（ドライバＩＣ）と、前記光変調器の温度を制御する第１のペルチェ素子と、前記ドライバＩＣの温度を制御する第２のペルチェ素子とを備え、前記光変調器および前記ドライバＩＣの間は、ワイヤ接続され、前記第２のペルチェ素子の前記温度が、前記第１のペルチェ素子の前記温度よりも低く設定されていることを特徴とする光送信器である。

発明の効果

[0012] 本発明により、ドライバＩＣを含む光送信器の温度依存性を抑え、高速性に優れ、環境温度によらず安定動作が可能な光送信器の新規な構成および実装形態を実現できる。

図面の簡単な説明

[0013] [図１]従来技術のＨＢ－ＣＤＭによる光送信器の実装形態の側断面図である。

[図２]本発明のＨＢ－ＣＤＭによる光送信器の実装形態の側断面図である。

[図3]光送信器におけるワイヤ接続箇所の高さ方向の制限を説明する図である。

[図4]本発明のHB-CDMによる光送信器の別の実装形態の側断面図である。

[図5]光送信器の回路面内におけるパッド位置等の制限を説明する図である。

[図6]本発明の光送信器におけるペルチェ素子の密度配置を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0014] 本発明は、光変調器とそのドライバICが一体にパッケージ実装された光送信器において、光送信器の高周波特性の温度依存性改善のための新しい構成と、各構成に適合する実装形態を提示する。温度依存性を改善する構成は、光送信器における温度調整器（TEC：ThermoElectric Cooler）の新しい利用形態を含む。さらに、TECの新しい利用形態に適合した、ドライバIC、光変調器チップおよび空間光学部品の様々な実装形態も提案する。

[0015] TECは熱電クーラーとも呼ばれ、ペルチェ接合による小型冷却デバイスとして知られている。TECは、n型半導体、p型半導体および金属から構成されており、板状に形成された素子の両面に直流電流を流すと、一方の面で吸熱、もう一方の面で放熱が起こる。電流の向きを逆にすれば吸熱と放熱が切り替わるので、ICや電子部品の局所的で正確な温度コントロールが可能である。以下の説明では、簡単のため温度調整器をTECと呼び、ペルチェ素子として説明する。ドライバICや光変調器チップの温度制御が可能なものであれば、ペルチェ素子によるものに限定されない。

[0016] 以下では、従来技術のHB-CDMの形態による光変調器を例として、光送信器における高周波特性の温度依存性の問題を最初に説明する。その後、本発明の光送信器による、高周波特性の温度依存性を改善する新規な構成について、様々な実装形態とともに説明する。

[0017] 図1は、従来技術のHB-CDMによる光送信器の実装形態を示す側断面図である。光送信器100は、HB-CDMの仕様に沿って、セラミック、

金属等またはこれらの組み合わせによるパッケージ筐体 101 の内部にドライバ IC 102、光変調器チップ 103、空間光学部品であるレンズ 112、113 などが収納されている。より具体的には、筐体 101 の内部の底面には、ペルチェ素子 105 の上のサブキャリア 104 を介して光変調器チップ 103 が搭載されている。光変調器チップ 103 の図面上で右端には変調光の出射端面があり、変調光を光ファイバ 114 と光結合するためのレンズ 112、113 もサブキャリア上に搭載されている。

[0018] 光変調器チップ 103 に隣接して、金属ブロックやセラミック材 106 上にドライバ IC 102 が搭載されている。さらに、パッケージ筐体 101 の図面上の左側の壁面として、配線基板ベース 107 およびパッケージ壁面 108 を備えており、パッケージ筐体 101 とともに、外部と光送信器の内部空間を区画する。光送信器 100 は、パッケージ全体が気密性を確保して構成されることもできる。

[0019] 外部のデジタル信号プロセッサ (DSP) から供給される変調電気信号は、配線基板ベース 107 の配線層 109、ドライバ IC 102 を経て、光変調器チップ 103 へ供給される。配線層 109 およびドライバ IC 102 の間、ドライバ IC 102 および光変調器チップ 103 の間は、金ワイヤ線 110、111 等でそれぞれ接続されている。変調電気信号は、偏波多重型 I/Q 光変調方式の場合、X 偏波および Y 偏波のそれぞれについて、I チャンネルおよび Q チャンネルを含む。1 つのチャンネルが差動信号形式の電気信号として供給される場合、1 つの光変調器に対して少なくとも 8 本の信号配線、さらに GND 配線が必要となるが、変調信号形式はこれに限定されない。図 1 に示した光送信器 100 は、特許文献 1 に示されているように、受信側の TIA および光受光器が一体に集積された ICR パッケージや DSP とともに、共通の装置基板に搭載されて、光送受信装置を構成できる。

[0020] ここで再び、光送信器内のペルチェ素子 105 に着目する。InP 基板に作製された光変調器チップ 103 では温度制御が必須であり、ペルチェ素子 105 によって所定の動作温度にコントロールされている。図 1 に示したよ

うに、ペルチェ素子105は、少なくとも光変調器チップ103の全体領域をカバーするようなサイズを持ち、その位置がレンズなどの空間光学部品の領域に掛る場合もある。一方で、従来技術の光送信器100では、ドライバIC102の温度制御は必要が無いと考えられており、金属ブロックやセラミックなどの部材106によってパッケージ内に固定されていた。光送信器100の外部温度（環境温度）が上昇すれば、その上昇した温度がドライバIC102の動作温度となる。実際にはドライバICも発熱体であるため、ドライバからの発熱を考慮すると、ドライバICの動作温度は、外部温度に対して+5〜10℃くらい高い温度になっていると見積もられる。光送信器を含む光送受信装置が使用される最大環境温度の85℃の状態になれば、ドライバIC102自体の温度も少なくとも85℃以上となっていた。ドライバICも大きな消費電力を持っており、ドライバIC自体が発熱することになる。したがって、ドライバICの発熱の影響により、ドライバICのバックサイド温度は、最大環境温度の85℃を超えることを意味している。

[0021] ドライバICは、高周波電気信号の増幅特性（高周波特性）に温度依存性を持っており、高温状態では、室温状態と比較して高周波帯域が低下する傾向にある。逆に低温状態では、室温状態と比較して高周波帯域は増大する傾向にある。このように、低温状態と高温状態の間で、ドライバICの高周波特性が異なる。ドライバICに供給される変調信号は、室温状態においてDSPによって様々な最適化や補償が行われている。しかしながら、このような補償を温度変動とともに動的に更新しながら行うのは複雑な処理であり、一般には実施されていない。常温時における一定の補償状態のままで動作を続けるため、低温状態や高温状態に変わった際には、変調信号の補償状態は最適点からずれることになる。このため、光送信器の光伝送特性および波形品質に変動や劣化が生じていた。

[0022] 光変調器チップ103のIQ変調器は電気信号の振幅・位相を保存する線形変調器であり、変調電気信号のレベルや波形品質の変動は、変調出力光の品質に直接的な影響を与える。光送信器の動作中に外部温度が変わると、光

変調器チップ自体はペルチェ素子で温度管理されているため一定温度に維持されるが、ドライバICの動作温度は変化してしまう。

結果として、H B - C D Mの変調光のレベル変動や品質変動が生じ、環境温度の時間的な変化によって、伝送特性が劣化し、安定しない問題も生じる。

[0023] 電気信号の高域側での環境温度に起因した特性劣化は、変調信号の波形歪みを生じ、光変調器からの変調出力光の変調精度が劣化する。このような劣化した変調光を受信する光受信器では、B E R特性にフロアが生じるなど、システムの伝送特性の低下にも繋がっていた。

[0024] 変調電気信号の広帯域化の要請が進み、4 0 G H z 以上の変調帯域が求められる状況の下で、上述のような高温時における、ドライバICの高周波特性が劣化する影響は無視できない。本発明は、光変調器とそのドライバICが一体にパッケージ実装された光送信器において、高周波特性および光伝送特性における温度依存性を改善する新しい構成および実装形態を提示する。

[0025] 図2は、本発明のH B - C D Mによる光送信器の実装形態を示す側断面図である。本発明の光送信器10は、図1に示した従来技術構成と同様に、H B - C D Mに沿ったパッケージ筐体11の内部にI n Pによる光変調器チップ13およびそのドライバIC12他が一体に構成されている。パッケージ筐体11の図面上左側の壁面として、配線基板ベース18およびパッケージ壁面19を備え、パッケージの内外を区画する構成も同様である。図1の従来技術の構成との相違点は、温度制御を行うT E C、すなわちペルチェ素子の利用形態にある。図1のペルチェ素子の利用形態とは異なり、ドライバIC12もペルチェ素子16の上に実装されている。ドライバIC12のペルチェ素子16は、光変調器チップ13の温度制御を行うペルチェ素子17とは別個の独立したものであり、光送信器10は2つのペルチェ素子を備える。

[0026] ペルチェ素子17の上には、サブキャリア14を介して光変調器チップ13およびレンズ23、24が実装されている。サブキャリア14は、光変調器チップおよび空間光学部品を固定し保持する土台として機能する。また、

サブキャリア 14 には光変調器チップの DC 配線と接続するための配線や、空間光学部品を搭載するための位置出しマーカー等がメタルパターンによって形成されている。

[0027] サブキャリア 14 の材料としては、温度制御の対象である光変調器チップ 13 を搭載するので熱伝導率が優れている方が望ましい。具体的には、AlN 基板等のセラミック基板が好ましい。AlN 基板は InP との材料定数が近いので、温度変化に対する挙動の点でも InP による光変調器との相性も良い。同様の理由および材料の一致性という観点からも、ペルチェ素子 17 の上面のセラミックも AlN から構成されていることが望ましい。図 2 では、サブキャリア 14 は 1 層構造の AlN で構成されているように描かれているが、多層の AlN 基板とすることもできる。多層基板を利用することで、光変調器への DC 配線数が多い場合や、端子の順番入れ替えのためにクロス配線を行う必要がある場合に、多層配線を駆使した柔軟な素子・配線レイアウトを行うことが可能である。

[0028] 光変調器チップ 13 と独立して温度制御されるドライバ IC 12 も、光変調器チップ 13 や配線基板ベース 18 の上面である RF テラスと高さを揃えるため、ペルチェ素子 16 の上に保持部材 15 を介して実装されるのが望ましい。保持部材 15 としては、金属ブロックまたはセラミック基板などを利用できる。熱伝導性を考慮し、例えばドライバ IC 12 で DC 配線が不要な場合は、CuW ブロックなどの金属ブロックを用いることができるし、ドライバの DC 配線が必要な場合は、AlN 基板などのセラミックを用いることもできる。AlN 基板を用いドライバ IC への配線数が多く複雑な場合は、前述の光変調器チップのサブキャリア 14 と同様、多層基板を用いることもできる。

[0029] 前述のように、ドライバ IC は発熱体であってペルチェ素子によって温度制御すべき対象とは考えられてはいなかった。ペルチェ素子を動作させるためには駆動電力が必要であって、発熱体のためにわざわざ余計な電力を使用することは考慮されなかった。しかしながら、光送信器の広帯域化の実現の

ために、発明者らは発熱体に対して温度制御を加えると言う新しい着想に至った。

[0030] 本発明の光送信器 10 は、上述のように独立して制御される 2 つのペルチェ素子 16、17 を備えることで、光変調器チップ 13 およびドライバ IC 12 を独立に温度管理をすることが可能となっている。図 2 には明示されていないが、2 つのペルチェ素子は、別個の制御電流源に接続されている。各部の具体的な制御温度については、InP 光変調器は温度が低すぎると変調効率が低下するため、一般的に $45 \pm 10^\circ\text{C}$ 程度で使用されることが望ましい。

[0031] 一方、ドライバ IC 12 については、高温状態よりも低温状態の方が高周波特性の良いことが知られており、設定温度は低いほど望ましい。ただし、設定温度を低くし過ぎても、ペルチェ素子での消費電力を増える割に、ドライバ IC の高周波特性の改善は限られている。したがって、例えば室温付近の $30 \pm 10^\circ\text{C}$ でドライバ IC を動作させるのが消費電力と高周波特性の両立の観点から最も適切である。光変調器チップ 13 およびドライバ IC 12 を独立に、異なる温度に設定することで、それぞれに対して最適な状態で動作可能な光送信器を実現できる。

[0032] したがって本発明の光送信器 10 は、光変調器 13 と、前記光変調器のための変調電気信号を供給するドライバ集積回路（ドライバ IC）12 と、前記光変調器の温度を制御する第 1 のペルチェ素子 17 と、前記ドライバ IC の温度を制御する第 2 のペルチェ素子 16 とを備え、前記光変調器および前記ドライバ IC の間には、ワイヤ接続され、前記第 2 のペルチェ素子の前記温度が、前記第 1 のペルチェ素子の前記温度よりも低く設定されていることを特徴とする光送信器として実施できる。

[0033] ペルチェ素子によって温度制御される部材間は、ペルチェ素子による熱引きを良くするために、熱伝導率が 30 W/mK 以上の熱伝導性に優れた導電性ペーストまたははんだで実装されている必要がある。モジュールの製造プロセス温度等の管理上のため、全て同一の導電性ペーストやはんだを用いて

も良いし、固定温度等が異なるものを組み合わせて使用することもできる。

[0034] レンズ 23、24 などの空間光学部品についても、温度変化による接着剤の厚み変動等を抑えるために、全てをペルチェ素子 17 の上に実装するようにした。これにより温度変化によって光軸がずれることによる光挿入損失の変動等を最小化することができる。尚、空間光学部品としては、ファイバ固定用の部材や、PBC (Polarization Beam Combiner) 等も含まれる。

[0035] 図 2 では、一例として HB-CDM 形態の光送信器 10 を示しているが、ドライバ IC と光変調器が一体に構成されている光送信モジュールであれば、他のパッケージ形態であっても、同様の効果が得られる。また図 2 では、ドライバ IC 12 へ変調信号を供給する DSP からの配線を、RF テラス上でフレキシブル配線板 (FPC) により接続される例を示している。すなわち、光送信器の外側の配線基板ベース 18 の上面の金属パターン 20 において、図示しない FPC ケーブルと接続される。FPC インタフェースは、表面実装技術 (SMT) を利用した構成と比べ、RF ビア (VIA) 等が不要であるため高周波特性に優れている。

[0036] 次に、ドライバ IC および光変調器等の高周波特性を担保するための実装構造について述べる。図 2 に示した HB-CDM 形態の光送信器 10 では、ドライバ IC の電極パッドと RF テラスの電極パッド間、および、ドライバ IC の電極パッドと光変調器の電極パッドの間は、それぞれ、ワイヤ 21、22 にて接続される。ワイヤが長いと直列インダクタンス成分が増えることにより、LC 共振に起因して高周波特性におけるロールオフ周波数が低域側にシフトしてきてしまう。したがって、ドライバ IC における高周波特性の劣化を抑え、スムーズな接続を実現する上では、ワイヤのインダクタンスは低いことが望ましい。そこで光送信器 10 では、ワイヤ接続する各部の高さ方向および平面方向についての規定を設けている。

[0037] 図 3 は、光送信器におけるワイヤ接続箇所の高さ方向の制限を説明する図である。図 2 において、RF テラスの電極 20、ドライバ IC 12 および光変調器チップ 13 の上面の近傍を高さ方向に拡大して示している。ワイヤ接

続されるパッド間の高さの差異は、ドライバICの電極パッドとRFテラスの電極パッド間、および、ドライバICの電極パッドと光変調器の電極パッド間で、それぞれ $100\mu\text{m}$ 以下とする。この制限は、各チップの厚みばらつきやサブキャリア等の実装部材のばらつきを考慮して、実現可能な最小な範囲である。

[0038] 図3に示したドライバIC12および光変調器チップ13の回路面内方向のギャップ制限 ($\leq 50\mu\text{m}$) については後述する。図2では、ドライバIC12および光変調器チップ13は、それぞれの一边が平行になるように配置されており、直下にある部材からオーバハングするように実装されている。すなわち、ドライバIC12の一边は、回路面内においてドライバICの直下の部材の保持部材15に対して、光変調器チップ13側にせり出して実装され、光変調器のチップの一边は、回路面内においてチップの直下のサブキャリア14に対して、ドライバIC12側にせり出して実装されている。上述のICやチップがオーバハングした実装構成は、固定する接着剤等がICやチップ上面に反り上がって来ることを防ぐための工夫である。本発明の光送信器で、高周波特性および光伝送特性における温度依存性を改善する効果は、ドライバICに対するペルチェ素子による温度制御が大きく寄与している。以下ではオーバハングした実装の具体例を説明するが、パッド間で高さの差なしで平行にワイヤ実装できる技術が登場すれば、図3に示したワイヤ接続箇所の高さ方向の差異は必須ではない場合が有り得る。また、接着剤等の反り上がりを良く制御できる他の構造や方法によって、オーバハング実装が必須ではない場合も有り得る。

[0039] 例えば光変調器チップの厚みが $300\mu\text{m}$ 、ドライバICの厚みが $300\mu\text{m}$ の設計で、2つのペルチェ素子16、17の高さが同じ場合、保持部材15とサブキャリア14を同じ高さにすれば、ドライバICおよび光変調器チップ上面のパッドの高さは揃う。しかしながら、ワイヤ長を最短化する上では、光変調器チップ側のサブキャリアの厚みを $50\mu\text{m}$ 程度薄くして、光変調器側からドライバIC側へ打ち上げるようにワイヤを実装することが最

良である。同様に、ドライバICの電極パッドとRFテラスの電極パッド間についても、RFテラス部よりもドライバICの上面が少し低くなるように、ドライバIC下の保持部材15の高さやペルチェ素子16の高さを最適化するのが望ましい。

[0040] また、ドライバIC12の厚みが100 μ m等のように非常に薄く、光変調器チップの厚みが300 μ mの設計で、2つのペルチェ素子16、17の高さが同じ場合、保持部材15とサブキャリア14を同じ高さにすれば、2つのチップの上面で200 μ mの高さ差が生まれてしまう。このような場合は、保持部材15とサブキャリア14のそれぞれの高さを調整する必要がある。例えば、ドライバICの下に250 μ mの金属ブロックを追加して搭載すれば、ペルチェ素子の共通の上面位置からのドライバIC12の上面高さは350 μ m、光変調器チップの上面高さは300 μ mとなる。結果として、ドライバIC12と光変調器チップの高さ差は50 μ mとなり、かつドライバICの上面の方がより高い位置にある理想的な状態を形成できる。当然、ドライバIC12の上面高さに合わせて、RFテラスの高さを調整する必要がある。

[0041] 前述のように、同一の高さのパッド間をワイヤ実装できる技術が利用可能となれば、上述のRFテラス、ドライバIC、光変調器チップの間の上面の高さ差が不要となる場合も有り得ることに留意されたい。

[0042] 図4は、本発明のHB-CDMによる光送信器の別の実装形態を示す側断面図である。光送信器30は、図2に示した光送信器10に対して、低コスト化のために部材数を削減した構成を持ち、ドライバIC12および光変調器チップ13をそれぞれペルチェ素子16、17の上に直接実装している。図3とともに説明したような、高さ調整が可能な保持部材15とサブキャリア14が省略された構成となっている。図4のような簡素化された構成の場合には、2つのペルチェ素子16、17の高さをそれぞれ変えることで、各チップ上面の高さ差を調整することも可能である。図4に示した光送信器30の構成の方が、部材点数や、接着剤が必要な部分が減るため、接着部分の

減少による熱抵抗の改善、および、これに伴う低消費電力化が期待できる。

[0043] 図4でも、ドライバIC12および光変調器チップ13は、それぞれの一边が平行になるように配置されており、直下にある部材からオーバハングするように実装されている。すなわち、ドライバIC12の一边は、回路面内においてドライバICの直下の部材であるペルチェ素子16に対して、光変調器チップ13側にせり出して実装され、光変調器のチップの一边は、回路面内においてチップの直下のペルチェ素子17に対して、ドライバIC12側にせり出して実装されている。図4の場合も、高周波特性および光伝送特性における温度依存性を改善する効果は、ドライバICに対するペルチェ素子による温度制御が大きく寄与している。したがって、図3におけるワイヤ接続箇所の高さ方向の差異や、図4におけるオーバハング実装がなくとも、環境温度によらず安定動作が可能な光送信器を実現できることに変わりはない。

[0044] 図5は、光送信器における回路面内におけるパッド等の制限を説明する図である。光変調器チップ13とドライバIC12との間の回路面内のギャップは、そのままワイヤの長さに直結するため、2つのチップのギャップを最小限にすることが望ましい。実装工程の作業性やショートのリスクを考慮して、50 μ m以下で制御することが望ましい。また、2つのチップ間のギャップだけを制御しても、電極パッドがチップ端から離れた場所に形成されてはワイヤ長の短縮に効果がないため、電極パッドは各チップ端から50 μ m以下とした。チップ端から電極パッドまでの距離が50 μ m以下であれば、通常のダイシングやへき開の工程によって十分に実現可能な値である。図2および図4で説明したように、ドライバICの一边は、回路面内においてドライバICの直下の部材に対して、光変調器のチップ側にせり出して実装され、光変調器のチップの一边は、回路面内においてチップの直下の部材に対して、前記ドライバIC側にせり出して実装されることができる。

[0045] 図5では一例として、ドライバIC側の出力電極パッドと、光変調器チップ側の入力電極パッドの様子を示している。ドライバIC側の出力電極パッド

ドはG S G S G、光変調器チップではG S S Gとしているが、それぞれの電極パッドの形状は図5以外のレイアウトでも同様である。図5では、ワイヤのインダクタンスを減らすために、信号電極パッド間の接続ワイヤのみ2本での接続とした。インダクタンスを低減する観点からは、本図のようにワイヤをボールワイヤとするだけでなく、幅の広いリボンワイヤ等のインダクタンスをより低減する構成を用いることも有効である。

[0046] ドライバICとRFテラス間の回路面内のギャップに関しては、これらの接続部でのインダクタンスの影響は、ドライバICと光変調器チップ間のインダクタンスよりも影響が小さいため、例えばこのギャップを100 μ m以下にすることが望ましい。

[0047] 上述の説明では、空間光学部品としてレンズ23、24が実装される場合を示したが、ファイバ固定用の部材やPBC等も含まれる。

[0048] 図6は、本発明の光送信器におけるペルチェ素子の密度配置を説明する図である。ペルチェ素子は、上下の金属面の間に、n型の半導体素子およびp型の半導体素子を多数配置して、全体として両面の間で熱の移動を実現する。したがって、温度制御を行う対象の発熱量に合わせて、ペルチェ素子内の半導体素子の配置密度を設定できる。光送信器内の各部の発熱量を考えると、ドライバICが最も発熱量が大きく、次に光変調器チップ、空間光学部品の順となる。具体的には、ペルチェ素子の素子密度を、ドライバICの実装領域>光変調器チップの実装領域>空間光学部品の実装領域となるようにする。

[0049] 図6に示したように、ドライバICを制御するペルチェ素子16は最も高い素子密度を持つようにする。また光変調器チップを制御するペルチェ素子17の中で光変調器の直下の領域は中程度の密度、空間光学部品等の領域17-2では低い密度で良い。

[0050] 以上詳細に説明をしたように、本発明の光送信器によって、光変調出力特性の温度依存性を抑え、高速性に優れた光送信器の新規な構成および実装形態を実現できる。

産業上の利用可能性

[0051] 本発明は、光通信ネットワークに利用できる。

請求の範囲

- [請求項1] 光送信器であって、
光変調器と
前記光変調器のための変調電気信号を供給するドライバ集積回路（ドライバIC）と、
前記光変調器の温度を制御する第1のペルチェ素子と、
前記ドライバICの温度を制御する第2のペルチェ素子と
を備え、
前記光変調器および前記ドライバICの間は、ワイヤ接続され、
前記第2のペルチェ素子の前記温度が、前記第1のペルチェ素子の前記温度よりも低く設定されていることを特徴とする光送信器。
- [請求項2] 前記第1のペルチェ素子の上に実装された前記光変調器の上面、および、前記第2のペルチェ素子の上に実装された前記ドライバICの上面の間の高さの差は、 $100\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1に記載の光送信器。
- [請求項3] 前記ドライバICの一辺は、回路面内において前記ドライバICの直下の部材に対して、前記光変調器のチップ側にせり出して実装され、
前記光変調器のチップの一辺は、回路面内において前記チップの直下の部材に対して、前記ドライバIC側にせり出して実装され、
前記ドライバICの前記一辺と、前記光変調器のチップの前記一辺とのギャップが $50\mu\text{m}$ 以下であり、
前記ドライバICの前記一辺から電極パッドまでの距離が $50\mu\text{m}$ 以下であり、前記光変調器のチップの前記一辺から電極パッドまでの距離が $50\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1に記載の光送信器。
- [請求項4] 前記ドライバICの直下の部材は、金属ブロックまたはセラミックであり、

前記チップの直下の部材は、窒化アルミニウム（A l N）によるサブキャリアであることを特徴とする請求項3に記載の光送信器。

[請求項5] 前記第1のペルチェ素子の前記温度は $45 \pm 10^{\circ}\text{C}$ に設定され、
前記第2のペルチェ素子の前記温度は $30 \pm 10^{\circ}\text{C}$ に設定されていることを特徴とする請求項1に記載の光送信器。

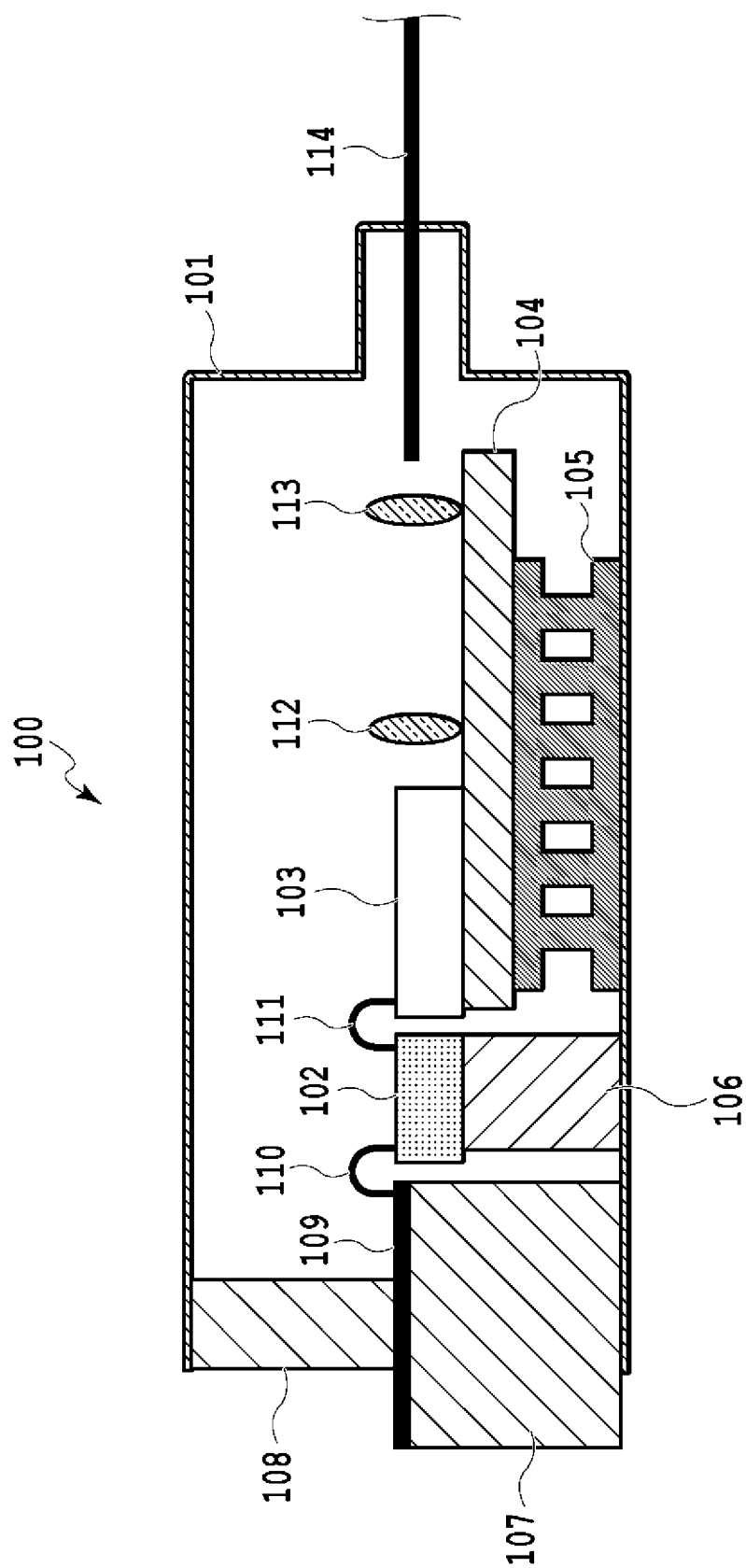
[請求項6] 前記光変調器は、I n pによって構成され、
前記第1のペルチェ素子および前記第2のペルチェ素子の少なくとも一方は、上面が窒化アルミニウム（A l N）によって構成され、
前記第1のペルチェ素子と前記光変調器のチップの間、および、前記第2のペルチェ素子と前記ドライバICの間に、それぞれ、 $30\text{W}/\text{mK}$ 以上の熱伝導率を有するペーストまたははんだ層を備えることを特徴とする請求項1に記載の光送信器。

[請求項7] 前記第1のペルチェ素子の上の、前記光変調器のチップの前記ドライバICとは反対側に、空間光学部品が実装されており、
前記第1のペルチェ素子および前記第2のペルチェ素子は、n型半導体素子およびp型半導体素子の面内密度が、前記第2のペルチェ素子>前記第1のペルチェ素子の前記光変調器のチップの実装領域>前記第1のペルチェ素子の前記空間光学部品の実装領域となるように構成されていることを特徴とする請求項1乃至6いずれかに記載の光送信器。

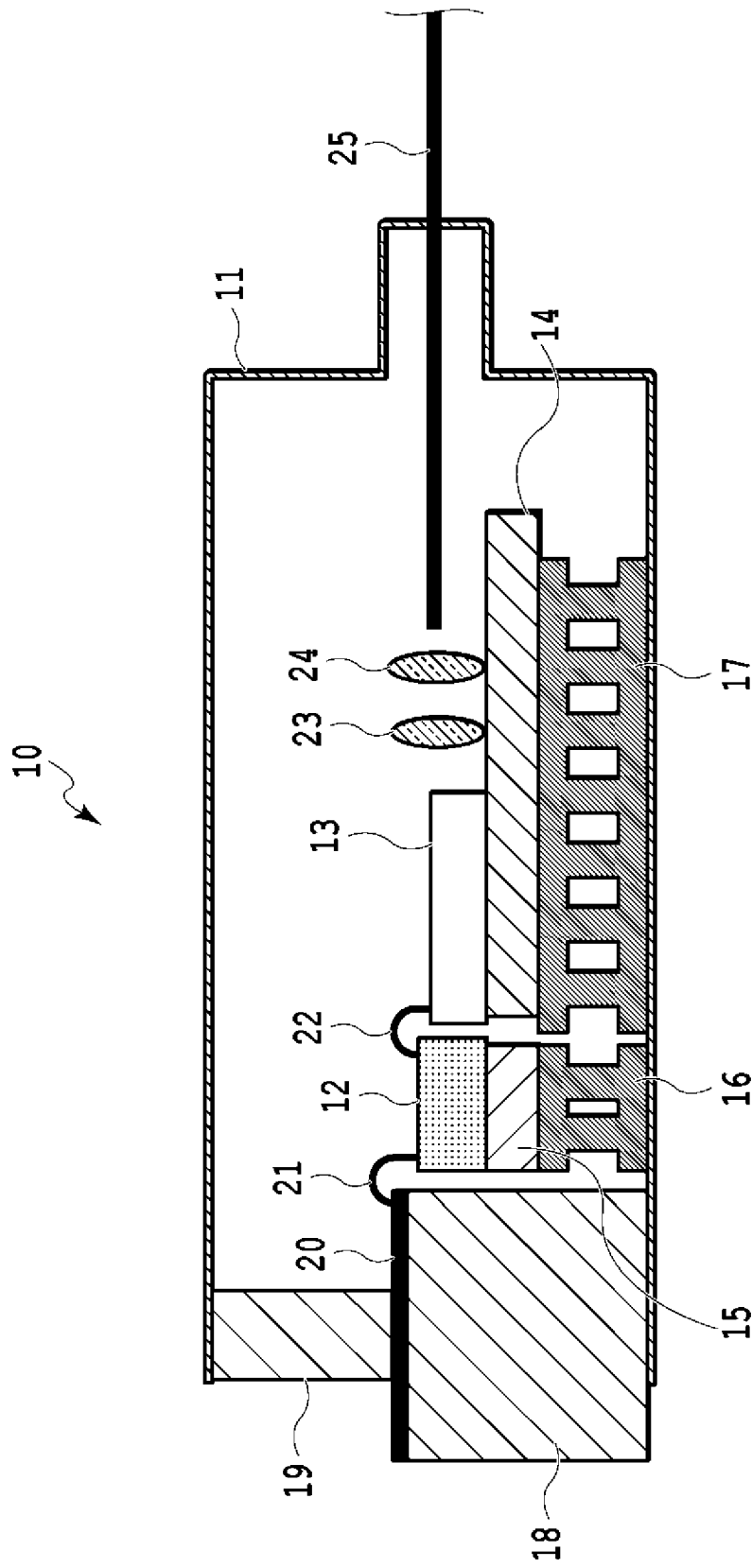
[請求項8] 前記光変調器のチップおよび前記ドライバICは、高速ドライバ集積光変調器（H B - C D M）形態のパッケージ内に実装されており、
前記パッケージの入力部、前記ドライバICおよび前記光変調器のチップの電気信号経路において、差動信号インタフェースによる電極パッドが形成されており、
前記入力部の高周波（R F）電極パッドが形成されるR Fテラスの上面と前記ドライバICの上面の高さの差は $100\mu\text{m}$ 以下であり、
前記R Fテラスと前記ドライバICとの回路面内のギャップが 100

μm 以下であり、前記RFテラスの前記RF電極パッドおよび前記ドライバICの前記電極パッドがワイヤ接続されていることを特徴とする請求項1乃至6いずれかに記載の光送信器。

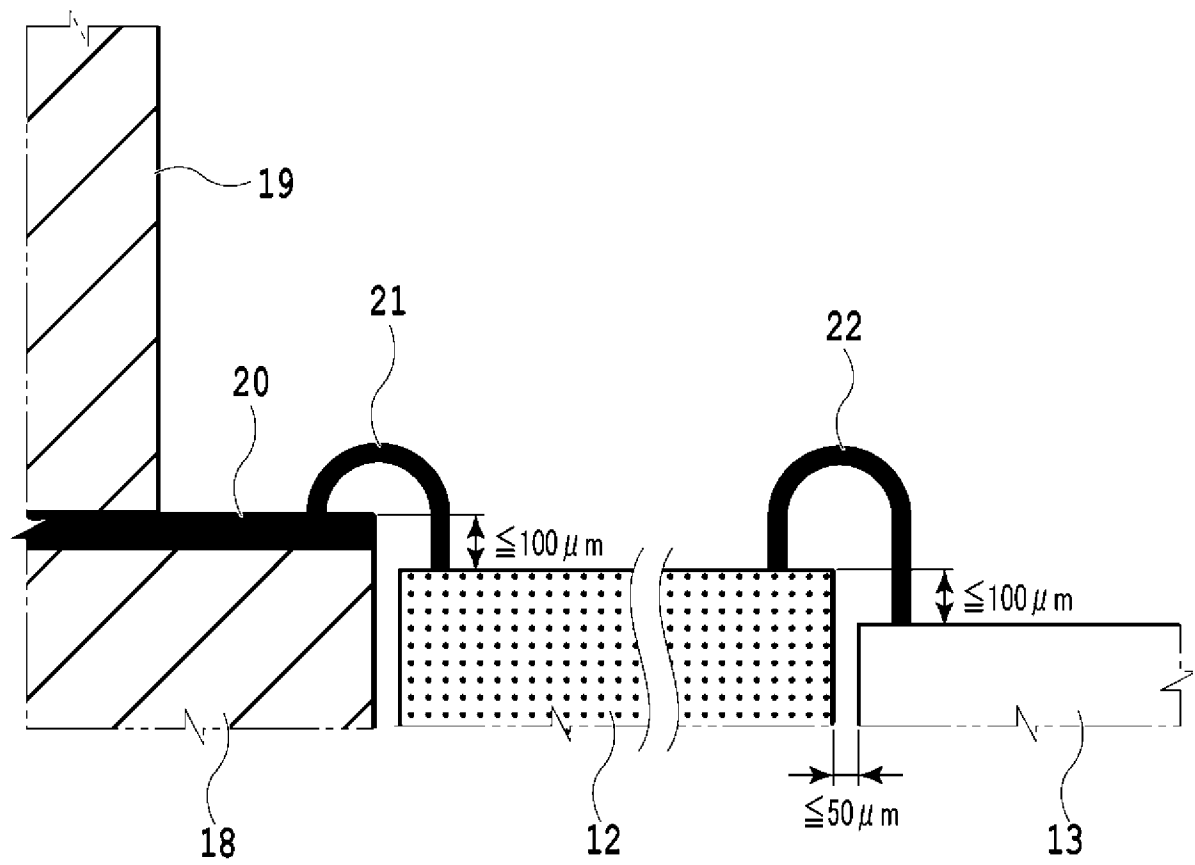
[図1]



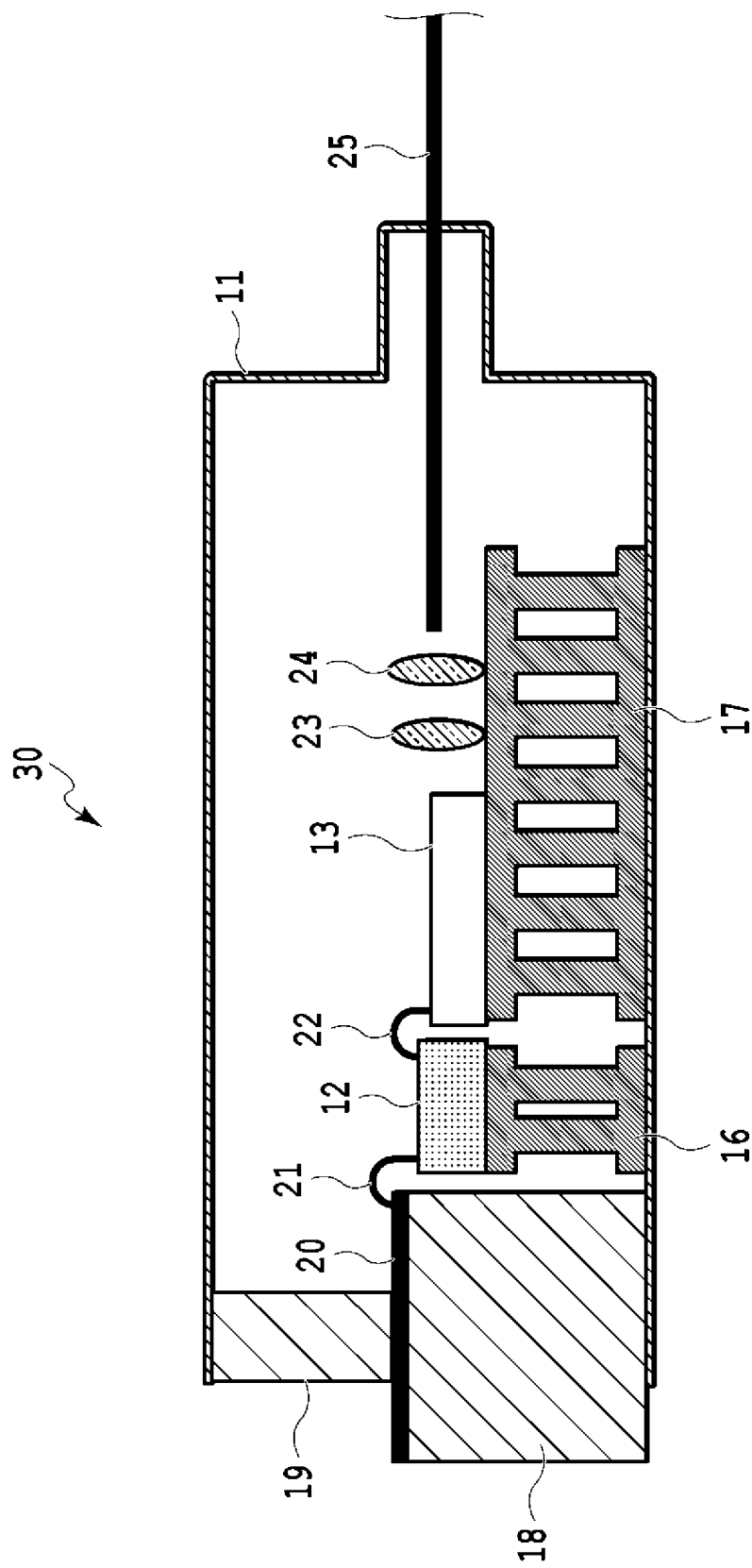
[図2]



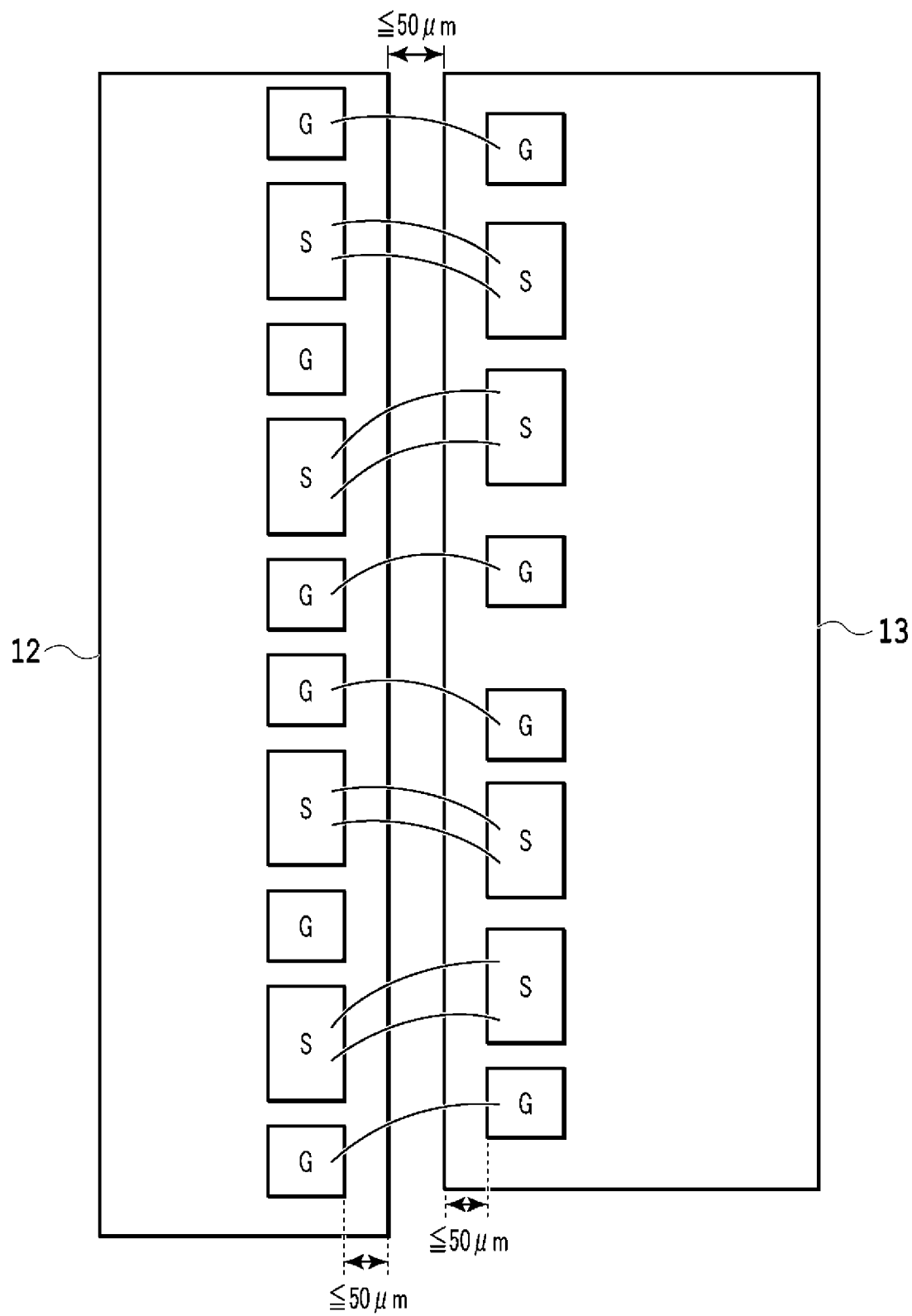
[図3]



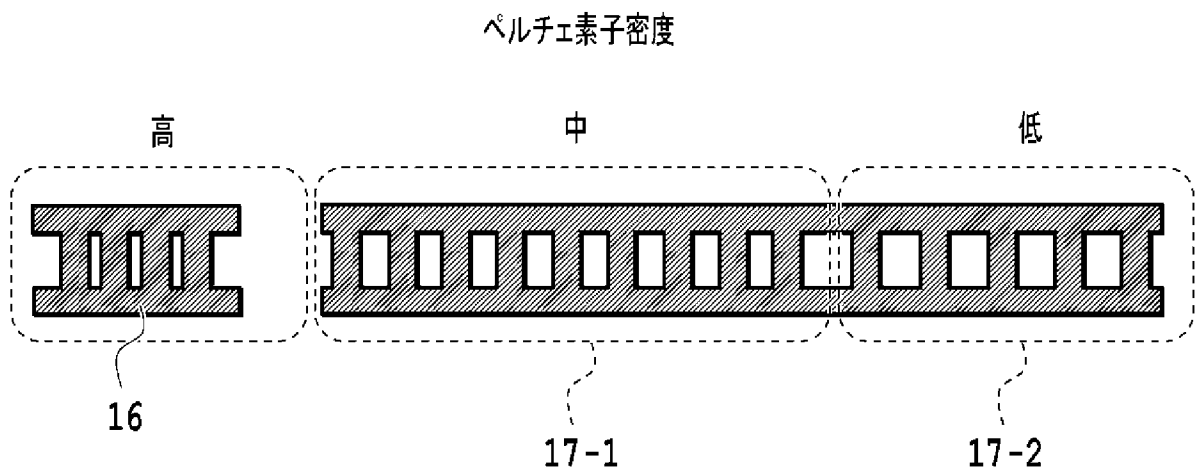
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/037030

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G02F 1/017**(2006.01)i

FI: G02F1/017 506

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; G02B6/26-6/27; G02B6/30-6/34; G02B6/42-6/43; H01S5/00-5/50; H01L31/00-31/02; H01L31/0232; H01L31/0248; H01L31/0264; H01L31/08; H01L31/10; H01L31/107-31/108; H01L31/111; H01L31/18; H01L51/42

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 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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	JP 2021-509483 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 25 March 2021 (2021-03-25) paragraphs [0009]-[0047], fig. 1-5	1-8
Y	US 2015/0180580 A1 (INFINERA CORP.) 25 June 2015 (2015-06-25) paragraph [0033]	1-8
Y	JP 2003-209267 A (HITACHI CABLE LTD.) 25 July 2003 (2003-07-25) column 2, line 46 to column 6, line 50	2, 8
Y	JP 2010-263157 A (OPNEXT JAPAN INC.) 18 November 2010 (2010-11-18) paragraphs [0026], [0047], fig. 5	3-4
Y	JP 2017-123379 A (FUJITSU LTD.) 13 July 2017 (2017-07-13) paragraphs [0038]-[0056], fig. 6	6



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

31 October 2022

Date of mailing of the international search report

15 November 2022

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/JP2022/037030

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2021/084602 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 06 May 2021 (2021-05-06) paragraph [0035]	7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/037030

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2021-509483	A	25 March 2021	US 2021/0055623 A1 paragraphs [0022]-[0060], fig. 1-5 WO 2019/131804 A1 CN 111512218 A	
US	2015/0180580	A1	25 June 2015	(Family: none)	
JP	2003-209267	A	25 July 2003	(Family: none)	
JP	2010-263157	A	18 November 2010	(Family: none)	
JP	2017-123379	A	13 July 2017	US 2017/0194548 A1 paragraphs [0046]-[0064], fig. 6	
WO	2021/084602	A1	06 May 2021	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02F 1/017(2006.01)i FI: G02F1/017 506		
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; G02B6/26-6/27; G02B6/30-6/34; G02B6/42-6/43; H01S5/00-5/50; H01L31/00-31/02; H01L31/0232; H01L31/0248; H01L31/0264; H01L31/08; H01L31/10; H01L31/107-31/108; H01L31/111; H01L31/18; H01L51/42 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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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	JP 2021-509483 A（住友電気工業株式会社）25.03.2021（2021-03-25） 段落0009-0047、図1-5	1-8
Y	US 2015/0180580 A1（INFINERA CORP.）25.06.2015（2015-06-25） 段落0033	1-8
Y	JP 2003-209267 A（日立電線株式会社）25.07.2003（2003-07-25） 第2欄第46行-第6欄第50行	2, 8
Y	JP 2010-263157 A（日本オプネクスト株式会社）18.11.2010（2010-11-18） 段落0026、0047、図5	3-4
Y	JP 2017-123379 A（富士通株式会社）13.07.2017（2017-07-13） 段落0038-0056、図6	6
Y	WO 2021/084602 A1（日本電信電話株式会社）06.05.2021（2021-05-06） 段落0035	7
☐ 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 31.10.2022		国際調査報告の発送日 15.11.2022
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） 井部 紗代子 2L 1170 電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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/JP2022/037030

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2021-509483	A	25.03.2021	US 2021/0055623 A1 段落 0 0 2 2 - 0 0 6 0、 図 1 - 5 WO 2019/131804 A1 CN 111512218 A	
US	2015/0180580	A1	25.06.2015	(ファミリーなし)	
JP	2003-209267	A	25.07.2003	(ファミリーなし)	
JP	2010-263157	A	18.11.2010	(ファミリーなし)	
JP	2017-123379	A	13.07.2017	US 2017/0194548 A1 段落 0 0 4 6 - 0 0 6 4、 図 6	
WO	2021/084602	A1	06.05.2021	(ファミリーなし)	