(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5月10日(10.05.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/095405 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 31/0232 (2014.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/041024

(22) 国際出願日： 2022年11月2日(02.11.2022)

(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:デクセリアルズ株式会社(**DEXERIALS CORPORATION**) [JP/JP]; 〒3230194 栃木県下野市下坪山１７２４ Tochigi (JP).

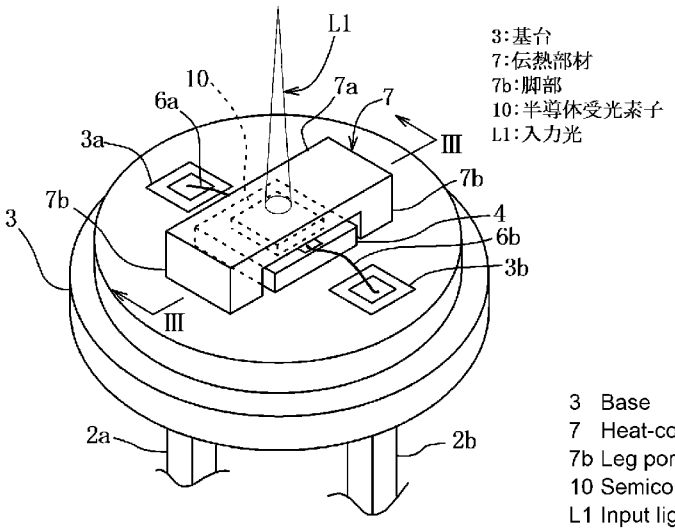
(72) 発明者: 山 中 卓 郎 (**YAMANAKA Takuro**); 〒5530003 大阪府大阪市福島区福島５－６－１６ ラグザ大阪ノースオフィス６Ｆ 株式会社京都セミコンダクター 西日本オフィス内 Osaka (JP). 大村 悦司(**OMURA Etsuji**); 〒5530003 大阪府大阪市福島区福島５－６－１６ ラグザ大阪ノースオフィス６Ｆ 株式会社京都セミコンダクター 西日本オフィス内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 岡 村 俊 雄, 外 (**OKAMURA Toshio** et al.); 〒5300055 大阪府大阪市北区野崎町６番７号 大阪北野ビル１０階 岡村特許事務所 Osaka (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,

(54) **Title:** OPTICAL ELECTRIC POWER SUPPLY CONVERTER

(54) 発明の名称： 光給電コンバータ



(57) **Abstract:** [Problem] To provide an optical electric power supply converter that makes it possible to suppress any increase in the temperature of a semiconductor light-receiving element. [Solution] An optical electric power supply converter (1) has: a semiconductor light-receiving element (10) that converts, into electricity, an input light (L1) that has been inputted via an optical fiber cable; and a base (3) for securing the semiconductor light-receiving element (10). In the semiconductor light-receiving element (10), a photodiode (12) is provided on a first surface (11a) side of a semiconductor substrate (11) that is transparent with respect to the input light (L1), the first surface (11a) being secured to the base

WO 2024/095405 A1

［続葉有］

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, 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:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

(3). A heat-conducting member (7) that is in close contact with a second surface (11b) side on the opposite side of the semiconductor substrate (11) from the first surface (11a) is secured to the base (3), the heat-conducting member (7) being transparent with respect to the input light (L1). The input light (L1) passes through the heat-conducting member (7) and enters the semiconductor light-receiving element (10), and part of the heat of the semiconductor light-receiving element (10) is transferred to the base (3) via the heat-conducting member (7).

(57) 要約:【課題】半導体受光素子の温度上昇を抑制することができる光給電コンバータを提供すること。【解決手段】光給電コンバータ(1)は、光ファイバケーブルを介して入力される入力光(L1)を光電変換する半導体受光素子(10)と、半導体受光素子(10)を固定するための基台(3)を有し、半導体受光素子(10)は、入力光(L1)に対して透明な半導体基板(11)の第1面(11a)側にフォトダイオード(12)を備え、且つ第1面(11a)側が基台(3)に固定され、入力光(L1)に対して透明な伝熱部材(7)であって、半導体基板(11)の第1面(11a)に対向する第2面(11b)側に密着させた伝熱部材(7)が基台(3)に固定され、入力光(L1)が伝熱部材(7)を透過して半導体受光素子(10)に入射するように構成されると共に、半導体受光素子(10)の熱の一部が伝熱部材(7)を介して基台(3)に伝わるように構成された。

明　細　書

発明の名称 ： 光給電コンバータ

技術分野

[0001] 本発明は、光ファイバケーブルを介して入力される光を電力に変換して給電する光給電コンバータに関する。

背景技術

[0002] 給電設備がない遠隔地、給電による微弱な電磁界がノイズとなる環境、防爆を必要とする環境、電気的相互影響がある超高電圧設備内等、特殊な環境では電源ケーブルを介して電子機器類を作動させる電力を供給できない場合がある。そのため、電子機器類の傍まで光ファイバケーブルを介して送られる光を受けて、光電変換によって光電流を生成して給電する光給電コンバータが利用されている。

[0003] 光給電コンバータは光電変換用の半導体受光素子を有する。この半導体受光素子の出力電圧は、通常１Ｖ未満である。光給電コンバータからの給電を受ける機器が高い入力電圧を必要とする場合には、出力電圧を高くした光給電コンバータが利用される。例えば特許文献１のように、半導体受光素子の円形のフォトダイオードを複数の溝によって扇形の複数のセグメントに等分し、これらを直列に接続することによって、出力電流は小さくなるが出力電圧を高くすることが可能である。

[0004] 半導体受光素子の光電変換効率は一般的には最大４０％程度であるため、入力光の一部が電力に変換されて出力され、残りは熱となって半導体受光素子の温度が上昇する。そして、半導体受光素子が高温になるほど光電変換効率が低下し、光給電コンバータの出力特性が低下する。例えば図１５の出力特性の例に示すように、曲線Ａ１で表される室温での出力特性が、室温よりも高温では曲線Ａ２のようにシフトする。高温になるほど最大動作点Ｐｍａｘ（最大出力電力）が原点に近づく方向にシフトし、出力電力が低下することになるので、光給電コンバータの放熱を促進させることが求められている

。

[0005] 例えば特許文献２には、半導体レーザ素子をブロックとヒートシンクで挟持して、発光時に発熱する半導体レーザ素子の放熱を促進させる技術が記載されている。半導体レーザ素子の一方の電極はブロックに接続され、他方の電極はヒートシンクに接続されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：米国特許出願公開第２０１１／０１０８０８１号明細書

特許文献2：特開平１－２３５９２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献２では、ブロック又はヒートシンクに接触していない半導体レーザ素子端面から光が出射される。それ故、ブロック及びヒートシンクが光を透過させなくても、光の出射を妨げずに、半導体レーザ素子の面積が大きい表面側と裏面側にブロックとヒートシンクを接触させることができる。これにより、半導体レーザ素子の熱がブロックとヒートシンクに伝わりやすくなり、半導体レーザ素子の熱による発光効率の低下、耐久性の低下が抑制される。

[0008] 一方、光給電コンバータの半導体受光素子のフォトダイオードが形成された表面側又はその反対側（裏面側）には、半導体受光素子が搭載される基板が配設され、この基板と反対側から光が半導体受光素子に入力される。従って、半導体受光素子に対して基板と反対側にヒートシンクに相当する部材を配設することは、入力光を遮ることになるので困難である。

[0009] それ故、半導体受光素子の熱は、空気に僅かに放熱されること以外は、基板を介して外部に伝わるのみであった。基板に熱が伝わり易くなるようにフォトダイオードが形成された表面側を基板に固定する裏面入射型の半導体受光素子を使用しても、温度上昇を十分に抑制することができず、温度上昇に

よる出力電力の低下が課題となっていた。

[0010] そこで、本発明は、半導体受光素子の温度上昇を抑制することができる光給電コンバータを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0011] 請求項１の発明の光給電コンバータは、光ファイバケーブルを介して入力される入力光を光電変換する半導体受光素子と、前記半導体受光素子を固定するための基台を有する光給電コンバータにおいて、前記半導体受光素子は、前記入力光に対して透明な半導体基板の第１面側にフォトダイオードを備え、且つ前記第１面側が前記基台に固定され、前記入力光に対して透明な伝熱部材であって、前記半導体基板の前記第１面に対向する第２面側に密着させた伝熱部材が前記基台に固定され、前記入力光が前記伝熱部材を透過して前記半導体受光素子に入射するように構成されると共に、前記半導体受光素子の熱の一部が前記伝熱部材を介して前記基台に伝わるように構成されたことを特徴としている。

[0012] 上記構成によれば、光ファイバケーブルを介して入力される入力光が、半導体受光素子に密着させた伝熱部材を透過してこの半導体受光素子に入射し、半導体受光素子の熱の一部が伝熱部材を介して基台に伝わる。従って、半導体受光素子の熱が、フォトダイオードが形成された第１面側から基台に伝わるだけでなく、第２面側からも伝熱部材を介して基台に伝わるので、半導体受光素子１０の放熱を促進させて温度上昇を小さくすることができ、光給電コンバータの出力低下を抑制することができる。

[0013] 請求項２の発明の光給電コンバータは、請求項１の発明において、前記伝熱部材には、前記基台に向かって延びてこの基台に固定される脚部が一体的に形成されたことを特徴としている。

上記構成によれば、脚部が伝熱部材と一体的に形成されているので、一般的に伝熱し難くなる界面が脚部と基台の界面のみになり、基台に熱を伝え易くすることができる。

[0014] 請求項３の発明の光給電コンバータは、請求項１の発明において、前記基

台には、前記伝熱部材に向かって延びてこの伝熱部材が固定される支持部が一体的に形成されたことを特徴としている。

上記構成によれば、伝熱部材が固定される支持部が基台と一体的に形成されているので、一般的に伝熱し難くなる界面が伝熱部材と支持部の界面のみになり、基台に熱を伝え易くすることができる。

[0015] 請求項４の発明の光給電コンバータは、請求項１の発明において、前記伝熱部材は、スペーサ部材を介して前記基台に固定されたことを特徴としている。

上記構成によれば、スペーサ部材を介して伝熱部材を基台に固定することにより、スペーサ部材が熱伝導性に優れた材料で形成されている場合に伝熱部材から基台に熱を伝え易くすることができると共に、伝熱部材及び基台の形成が容易になる。

[0016] 請求項５の発明の光給電コンバータは、請求項１の発明において、前記フォトダイオードは、前記入力光の光軸が通る中心からこの光軸に直交する方向に放射状に延びる溝によって等分された複数のセグメントが直列接続されて形成され、前記伝熱部材は、前記半導体基板の前記第２面側に密着させる接触面と反対側の前記入力光が照射される領域に、前記光軸に対称軸が一致するように形成された円錐状の凹面を備えたことを特徴としている。

上記構成によれば、出力電圧を高くするために、フォトダイオードは、その中心から放射状に延びる複数の溝によって等分された複数のセグメントが直列接続されて形成されている。光ファイバケーブルからの入力光の照射領域は円形であり、その光強度分布は光軸から離隔するほど光強度が低下すると共に光軸に対して回転対称なので、複数のセグメントに均等に入射させるために光軸がフォトダイオードの中心を通るように入力光が入力される。伝熱部材には入力光が照射される領域に円錐状の凹面が形成されているので、この凹面に入射した入力光の円形の照射領域が円環状に変換されてフォトダイオードに入射する。従って、光電変換できない溝が集中するフォトダイオードの中心近傍を避けて入力光の光軸近傍の光強度が高い部分をフォトダイ

オードに入射させて、入力光を有効に利用することができると共に、この半導体受光素子の放熱を促進させることができる。

発明の効果

[0017] 本発明の光給電コンバータによれば、半導体受光素子の温度上昇を抑制することができ、温度上昇による出力低下を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の実施例に係る光給電コンバータの外観図である。

[図2]カバーを外した光給電コンバータの斜視図である。

[図3]図２の光給電コンバータのIII－III線要部断面図である。

[図4]伝熱部材の他の例を示す分解斜視図である。

[図5]伝熱部材の効果を示すグラフである。

[図6]伝熱部材及び基台の１例を示す断面図である。

[図7]図６の伝熱部材の効果を示すグラフである。

[図8]伝熱部材及び基台の他の例を示す断面図である。

[図9]半導体受光素子の半導体基板の第１面側を示す平面図である。

[図10]図９の半導体受光素子が搭載される基板の配線部を示す平面図である。

[図11]図１０の基板に搭載された図９の半導体受光素子のXI－XI線要部断面図である。

[図12]入力光の光強度分布の説明図である。

[図13]円錐状の凹面を備えた伝熱部材の説明図である。

[図14]伝熱部材の円錐状の凹面を介して半導体受光素子に入射する入力光の説明図である。

[図15]光給電コンバータの温度上昇による出力特性の低下の説明図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明を実施するための形態について実施例に基づいて説明する。

実施例

[0020] 図１、図２に示すように、光給電コンバータ１は、例えばシングルモードの光ファイバケーブルＯＣを介して入力される光（入力光Ｌ１）を電流に変換して外部に給電するための１対の出力端子部２ａ，２ｂを有する。この１対の出力端子部２ａ，２ｂが装備された基台３（ステム）には、光電変換によって入力光Ｌ１から電流を生成するための半導体受光素子１０が搭載された基板４が固定されている。また、半導体受光素子１０の保護及び遮光のために、カバー５が基台３に固定されている。

[0021] カバー５に設けられた開口部５ａから光ファイバケーブルＯＣを介して半導体受光素子１０に入力される入力光Ｌ１には、波長が例えば１～１．６μｍ程度の範囲内の赤外光が使用される場合が多い。この入力光Ｌ１は、光ファイバケーブルＯＣの出射端Ｅから出射された後は、進行するほど照射範囲が広がる円錐状のビームである。

[0022] 半導体受光素子１０は裏面入射型の受光素子であり、図２、図３に示すように、入力光Ｌ１に対して透明な半導体基板１１の第１面１１ａ側（表面側）にフォトダイオード１２が形成され、この第１面１１ａ側が基板４に固定されている。基板４は、半導体受光素子１０が生成する光電流を取り出すための配線部４ａを有し、配線部４ａが出力端子部２ａ，２ｂに例えば導電性ワイヤ６ａ，６ｂによって夫々接続されている。第１面１１ａ側を基台３に向けて、第１面１１ａ側が基板４を介して基台３に固定された半導体受光素子１０には、半導体基板１１の第１面１１ａに対向する第２面１１ｂ側（裏面側）から入力光Ｌ１が入力される。基板４は、エポキシ基板よりも熱伝導性に優れたセラミックス基板が好ましい。

[0023] 例えば鉄を主成分とする熱膨張率が小さいコバール製の基台３には、絶縁部材３ａ，３ｂを介して出力端子部２ａ，２ｂが固定されている。また、この基台３には、半導体受光素子１０の第２面１１ｂに密着させた伝熱部材７が、半導体受光素子１０及び基板４を覆うように固定されている。

[0024] 伝熱部材７は、矩形平板状に形成された本体部７ａと、本体部７ａの長手方向両端部から基台３に向かって延びる２つの脚部７ｂを有する。本体部７

ａは、入力光Ｌ１に対して透明であり且つ熱伝導性に優れた例えばシリコン（Ｓｉ）製の板である。シリコンの熱伝導性は、例えば配線材料として用いられる例えば金、銅、アルミニウム等よりも低いが、例えば入力光Ｌ１に対して透明なガラス等よりも高い。２つの脚部７ｂは、本体部７ａと一体的に形成され、本体部７ａから脚部７ｂに熱が伝わり易くなっている。この２つの脚部７ｂが、接着剤として例えば熱伝導ペーストによって基台３に固定されている。伝熱部材７と基台３の間に挟まれる半導体受光素子１０と基板４は、２つの脚部７ｂの間に収容される。

[0025] 伝熱部材７の本体部７ａは、半導体受光素子１０の半導体基板１１の第２面１１ｂに密着させる部分（接触面）が、例えば研磨されて平坦になっている。また、伝熱部材７に密着させる半導体受光素子１０の半導体基板１１の第２面１１ｂも同様に、例えば研磨されて平坦になっている。半導体受光素子１０と伝熱部材７とを密着させる際に、この密着させる部分の微細な隙間を埋めるために、入力光Ｌ１に対して透明な熱伝導グリスが塗布されてもよい。

[0026] 入力光Ｌ１は、伝熱部材７と半導体受光素子１０の半導体基板１１を透過してフォトダイオード１２に入射する。この入力光Ｌ１の一部が光電変換により電流となって出力され、残りは熱となって半導体受光素子１０の温度が上昇する。この半導体受光素子１０の熱の大部分は基台３に伝わる。その伝熱経路は、矢印Ｈ１で示すように第１面１１ａ側の基板４を介して基台３に伝わる経路と、矢印Ｈ２で示すように第２面１１ｂ側の伝熱部材７を介して基台３に伝わる経路である。矢印Ｈ２の経路で伝熱し難いのは、伝熱部材７の脚部７ｂと基台３の界面のみであるが、例えば熱伝導ペーストによって伝熱性を向上させている。基台３に伝わった熱は、基台３から外部（空気等）に放熱され、基台３に固定されたカバー５からも外部に放熱される。半導体受光素子１０の面積が大きい第１面１１ａ側と第２面１１ｂ側から基台３に熱が伝わるので、放熱が促進され、半導体受光素子１０の温度上昇が小さく抑制される。

[0027] 図４に示すように、伝熱部材７は、半導体受光素子１０に密着させる矩形平板状の本体部７ａと、この本体部７ａの外周に沿う脚部７ｃとが一体的に形成されたものであってもよい。伝熱部材７と基台３の接触面積が大きくなり、伝熱部材７を介して基台３に半導体受光素子１０の熱を一層伝え易くすることができる。脚部７ｃの内側には、出力端子部２ａ，２ｂと基板４を電気的に接続する部分を含めて半導体受光素子１０が搭載された基板４が収容される。また、図示を省略するが、伝熱部材７は、矩形平板状の本体部７ａの外周に沿うように複数の脚部が本体部７ａと一体的に形成されていてもよい。

[0028] 図５は、伝熱部材７を有する光給電コンバータ１に入力光Ｌ１を入力して１Ｗ（＝１Ｊ／ｓ）で発熱する場合に、伝熱部材７の本体部７ａの厚さｔと半導体受光素子１０の温度上昇幅ΔＴの関係を示すシミュレーション結果である。基台３の温度は一定温度に維持されている。厚さｔ＝０ｍｍは、伝熱部材７がない場合を示している。●は図２の２つの脚部７ｂを有するタイプ、◇は図４の脚部７ｃを有するタイプの伝熱部材７であり、伝熱部材７の本体部７ａの大きさは等しく、脚部７ｂの厚さと脚部７ｃの厚さは等しい。脚部の厚さとは、半導体受光素子１０から離隔する方向において、脚部の半導体受光素子１０に臨む側（内側）から、対向する側（外側）までの長さのことである。半導体受光素子１０と基板４の合計の厚さに相当する脚部７ｂ，７ｃの高さは例えば０．８ｍｍである。図４の脚部７ｃの基台３との接触面積は、図２の２つの脚部７ｂの基台３との接触面積の概ね２倍である。

[0029] 図５によれば、本体部７ａの厚さｔが０．８ｍｍ程度までは、本体部７ａが厚いほど半導体受光素子１０の温度上昇幅ΔＴが小さくなり、伝熱部材７を介して半導体受光素子１０の熱が基台３に伝わり易くなることがわかる。また、基台３との接触面積が大きい図４の脚部７ｃを有するタイプの方が、図２の２つの脚部７ｂを有するタイプよりも温度上昇幅ΔＴが小さくなり、伝熱性能が向上することがわかる。尚、本体部７ａの大きさ、半導体受光素子１０の大きさ等によって温度上昇幅ΔＴの値は変動するが、上記と同様の

傾向になることが容易に推察される。

[0030] 図６に示すように、伝熱部材７が矩形平板状に形成され、基台３には半導体受光素子１０に密着させた伝熱部材７の両端部分が載置、固定される２つの支持部３ｃが、伝熱部材７に向かって基台３から突出するように基台３と一体的に形成されてもよい。この場合も、半導体受光素子１０の熱は、矢印Ｈ１で示すように第１面１１ａ側の基板４を介して基台３に伝わると共に、矢印Ｈ３で示すように半導体受光素子１０に密着させた第２面１１ｂ側の伝熱部材７と２つの支持部３ｃを介して基台３に伝わる。矢印Ｈ３の経路で伝熱し難いのは、伝熱部材７と支持部３ｃの界面のみであるが、支持部３ｃに伝熱部材７を固定する例えば熱伝導ペーストによって伝熱性を向上させている。半導体受光素子１０の面積が大きい第１面１１ａ側と第２面１１ｂ側から基台３に伝熱させることができるので、放熱が促進され、温度上昇が小さく抑制される。

[0031] 図７は、図６の伝熱部材７と基台３を有する光給電コンバータ１に１Ｗの入力光Ｌ１を入力した場合に、伝熱部材７の厚さｔと半導体受光素子１０の温度上昇幅ΔＴの関係を示すシミュレーション結果である。厚さｔ＝０ｍｍは、伝熱部材７がない場合である。支持部３ｃの大きさは図２の脚部７ｂと等しい。この場合も本体部７ａの厚さｔが０．８ｍｍ程度までは、伝熱部材７が厚いほど半導体受光素子１０の温度上昇幅ΔＴが小さくなり、伝熱部材７を介して半導体受光素子１０の熱が基台３に伝わり易くなることがわかる。図示を省略するが、矩形平板状に形成された伝熱部材７の外周に沿うように基台３から突出する支持部が、基台３と一体的に形成されてもよい。

[0032] 図８に示すように、矩形平板状に形成された伝熱部材７の両端に、又は伝熱部材７の外周に沿うように、伝熱部材７よりも熱伝導性に優れた例えばアルミニウム又は銅を主成分とする金属製のスペーサ部材８が配設され、半導体受光素子１０に密着させた伝熱部材７がスペーサ部材８を介して基台３に固定されてもよい。この場合も、半導体受光素子１０の熱は、矢印Ｈ１で示すように第１面１１ａ側の基板４を介して基台３に伝わると共に、矢印Ｈ４

で示すように第２面１１ｂ側の伝熱部材７とスペーサ部材８を介して基台３に伝わる。矢印Ｈ４の経路には、スペーサ部材８と伝熱部材７の界面とスペーサ部材８と基台３の界面があるが、例えば熱伝導ペーストによって伝熱性を向上させて、伝熱部材７から熱伝導性が高いスペーサ部材８を介して基台３に熱が伝わる。従って、半導体受光素子１０の面積が大きい第１面１１ａ側と第２面１１ｂ側から基台３に伝熱させることができるので、放熱が促進され、温度上昇が小さく抑制されると共に、伝熱部材７及び基台３の形成が容易になる。

[0033] 次に半導体受光素子１０について説明する。

半導体受光素子１０のフォトダイオード１２は、半導体受光素子１０の出力電圧を高くするために、図９に示すように、フォトダイオード１２の中心Ｃから放射状に延びる複数の溝１３によって周方向に等分された複数のセグメントを有する。ここではフォトダイオード１２は８つに等分されているが、要求される電圧に応じて分割数は適宜設定される。複数のセグメントは１対の電極を夫々有し、各セグメントにおいて表面の大部分を覆う電極を第２電極１５とし、他方の電極を第１電極１４とする。

[0034] フォトダイオード１２の隣り合うセグメント間で一方のセグメントの第１電極１４と他方のセグメントの第２電極１５とを接続して全セグメントを直列接続するために、図１０に示すように、半導体受光素子１０が搭載される基板４には配線部４ａが形成されている。配線部４ａは、各セグメントの第２電極１５に対応するように形成され且つ隣接するセグメントの第１電極１４に接続するように延びた配線パターンと、直列接続の両端となる部分に導電性ワイヤ６ａ，６ｂの接続用の配線パターンを備えている。

[0035] 基板４の配線部４ａに対して、対応する半導体受光素子１０の複数の第１、第２電極１４，１５が位置合わせされ、例えば鉛を含まないソルダーペーストによって接続される。これにより、半導体受光素子１０が基板４に固定されると共に、複数のセグメントが直列接続されたフォトダイオード１２が形成される。図１１は、この直列接続されたフォトダイオード１２の要部断

面図であり、図９及び図１０のＸＩ－ＸＩ線に対応する断面図である。

[0036] フォトダイオード１２を構成する複数のセグメントは、半導体基板１１の第１面１１ａ側に、第１半導体層１６と光吸収層１７と第２半導体層１８が積層されて形成された円形のＰＩＮフォトダイオードが複数の溝１３によって周方向に等分されて形成されている。そして、溝１３内と第２半導体層１８を覆う絶縁層１９が形成され、絶縁層１９に形成された開口部を介して第２半導体層１８に接続される第２電極１５が、第２半導体層１８の大部分を覆うように形成されている。また、第１電極１４は、第２半導体層１８と光吸収層１７を貫通する接続孔を介して第１半導体層１６に接続されている。尚、接続孔の内壁にも絶縁層１９が形成されている。

[0037] 半導体基板１１は例えば半絶縁性のＩｎＰ基板であり、第１半導体層１６は例えばｎ－ＩｎＰ層である。光吸収層１７は例えばＩｎＧａＡｓ層であり、第２半導体層１８は例えばｐ－ＩｎＰ層であり、絶縁層１９は例えばＳｉＯ２層である。第１、第２電極１４，１５は、例えば金を主成分とする金属で形成されている。基板４の配線部４ａは、例えば金又は銅を主成分とする金属で形成されている。第１、第２電極１４，１５と対応する配線部４ａとは、ソルダーペースト２０によって接続されている。

[0038] 光ファイバケーブルＯＣは、入力光Ｌ１の光軸ＯＡがフォトダイオード１２に対して垂直に且つフォトダイオード１２の中心Ｃを通るように固定される。周方向に等分された複数のセグメントが直列接続されたフォトダイオード１２は入力光Ｌ１によって発熱し、半導体受光素子１０の温度が上昇する。この温度上昇を小さく抑えるために、半導体受光素子１０に密着させる伝熱部材７が配設されている。

[0039] ここで、図１２に示すように、光ファイバケーブルＯＣを介して入力される入力光Ｌ１は円錐状に広がる。この入力光Ｌ１の光強度分布は、入力光Ｌ１の光軸ＯＡから離隔するほど光強度が低下すると共に光軸ＯＡを中心とした回転対称状のガウス分布になる。しかし、フォトダイオード１２は、その中心Ｃから光軸ＯＡに対して直交する方向に放射状に延びる複数の溝１３を

有し、この溝１３では光電変換できないので、複数の溝１３が集中する中心Ｃ近傍では光軸ＯＡ近傍の光強度が高い部分を利用できなくなる。

[0040] そこで、図１３、図１４に示すように、伝熱部材７の入力光Ｌ１が照射される領域に、円錐状の凹面７ｄを形成する。この凹面７ｄは、伝熱部材７の矩形平板状の本体部７ａの半導体受光素子１０に密着させる面と反対側の面を円錐状に凹入させて形成される。例えば公知のエッチング技術によって円錐状の凹面７ｄが形成されてもよく、研磨によって円錐状の凹面７ｄが形成されてもよい。

[0041] 円錐状の凹面７ｄを有する伝熱部材７は、入力光Ｌ１の光軸ＯＡが円錐状の凹面７ｄの頂点を通る対称軸に一致し且つフォトダイオード１２の中心Ｃを通るように、半導体受光素子１０に対して位置決めされて基台３に固定される。これにより入力光Ｌ１は円錐状の凹面７ｄによって光軸ＯＡから離隔するように広がり、円形の照射領域が円環状になる。そして、フォトダイオード１２には、照射領域が円環状になった光が入射する。

[0042] 円錐状の凹面７ｄを有する伝熱部材７によって、入力光Ｌ１は放射状の複数の溝１３が集まるフォトダイオード１２の中心Ｃ近傍には入射しないので、入力光Ｌ１を有効に利用することができる。また、半導体受光素子１０の熱が基板４を介してだけでなく伝熱部材７を介して基台３に伝えられるので、半導体受光素子１０の放熱が促進され、半導体受光素子１０の温度上昇が抑制される。尚、円錐状の凹面７ｄは、図４、図６又は図８のタイプの伝熱部材７にも形成することができる。

[0043] 図１５には、光給電コンバータのある温度（例えば室温）での出力特性が曲線Ａ１で示され、温度上昇したときの出力特性が曲線Ａ２で示されている。温度上昇によって最大出力電力Ｐｍａｘが原点に近づく方向にシフトする、即ち最大出力電力Ｐｍａｘが低下する。伝熱部材７を備えた光給電コンバータ１は、半導体受光素子１０の熱の一部を伝熱部材７によって基台３に伝えることによって放熱を促進させて、温度上昇を小さくすることができるので、このような出力低下が小さくなる。

[0044] 上記光給電コンバータ１の作用、効果について説明する。

光ファイバケーブルＯＣを介して光給電コンバータ１に入力される入力光Ｌ１は、半導体受光素子１０に密着させた伝熱部材７を透過してこの半導体受光素子１０に入射し、半導体受光素子１０の熱の一部が伝熱部材７を介して基台３に伝わる。従って、半導体受光素子１０の熱が、フォトダイオード１２が形成された第１面１１ａ側から基台３に伝わるだけでなく、第２面１１ｂ側からも伝熱部材７を介して基台３に伝わる。それ故、半導体受光素子１０の放熱を促進させて温度上昇を小さくすることができ、光給電コンバータ１の出力低下を抑制することができる。

[0045] 基台３に固定される脚部７ｂが伝熱部材７と一体的に形成されている場合には、一般的に伝熱し難くなる界面が脚部７ｂと基台３の界面のみになり、基台３に熱を伝え易くすることができる。一方、伝熱部材７が固定される支持部３ｃが基台３と一体的に形成されている場合には、伝熱し難い界面が伝熱部材７と支持部３ｃの界面のみになり、基台３に熱を伝え易くすることができる。また、熱伝導性に優れた材料で形成されたスペーサ部材８を介して伝熱部材７を基台３に固定した場合には、基台３に熱を伝え易くすることができると共に、伝熱部材７及び基台３の形成が容易になる。

[0046] 出力電圧を高くするために、フォトダイオード１２は、その中心Ｃから放射状に延びる複数の溝１３によって等分された複数のセグメントが直列接続されて形成されている。光ファイバケーブルＯＣからの入力光Ｌ１の照射領域は円形であり、その光強度分布は光軸ＯＡから離隔するほど光強度が低下すると共に光軸ＯＡに対して回転対称である。それ故、複数のセグメントに均等に入射させるために、入力光Ｌ１は、その光軸ＯＡがフォトダイオード１２の中心Ｃを通るように入力される。フォトダイオード１２の中心Ｃ近傍には光電変換できない溝１３が集中しているので、入力光Ｌ１の光軸ＯＡ近傍の光強度が高い部分が光電変換されず無駄が大きくなる。しかし、伝熱部材７の入力光Ｌ１が照射される領域に円錐状の凹面７ｄが形成されている場合には、この凹面７ｄに入射した入力光Ｌ１の円形の照射領域が円環状に変

換されてフォトダイオード１２に入射する。従って、溝１３が集中するフォトダイオード１２の中心Ｃ近傍を避けて入力光Ｌ１の光強度が高い部分をフォトダイオード１２に入射させ、入力光Ｌ１を有効に利用することができる。

[0047] 基板４は、絶縁層とこの絶縁層上に配線部４ａを備えたシリコン基板であってもよい。また、基板４の配線部４ａが基台３の絶縁層上に形成され、基板４を省略して基台３に半導体受光素子１０が固定され、放熱を促進させるようにしてもよい。その他、当業者であれば、本発明の趣旨を逸脱することなく、上記実施形態に種々の変更を付加した形態で実施可能であり、本発明はその種の変更形態も包含するものである。

符号の説明

[0048] １　：光給電コンバータ
２ａ，２ｂ：出力端子部
３　：基台
３ｃ　：支持部
４　：基板
４ａ　：配線部
５　：カバー
５ａ　：開口部
６ａ，６ｂ：導電性ワイヤ
７　：伝熱部材
７ａ　：本体部
７ｂ，７ｃ：脚部
７ｄ　：凹面
８　：スペーサ部材
１０　：半導体受光素子
１１　：半導体基板
１１ａ：第１面

１１ｂ：第２面

１２　：フォトダイオード

１３　：溝

１４　：第１電極

１５　：第２電極

１６　：第１半導体層

１７　：光吸収層

１８　：第２半導体層

１９　：絶縁層

２０　：ソルダーペースト

Ｌ１　：入力光

ＯＡ　：光軸

ＯＣ　：光ファイバケーブル

請求の範囲

[請求項1] 光ファイバケーブルを介して入力される入力光を光電変換する半導体受光素子と、前記半導体受光素子を固定するための基台を有する光給電コンバータにおいて、

前記半導体受光素子は、前記入力光に対して透明な半導体基板の第１面側にフォトダイオードを備え、且つ前記第１面側が前記基台に固定され、

前記入力光に対して透明な伝熱部材であって、前記半導体基板の前記第１面に対向する第２面側に密着させた伝熱部材が前記基台に固定され、

前記入力光が前記伝熱部材を透過して前記半導体受光素子に入射するように構成されると共に、前記半導体受光素子の熱の一部が前記伝熱部材を介して前記基台に伝わるように構成されたことを特徴とする光給電コンバータ。

[請求項2] 前記伝熱部材には、前記基台に向かって延びてこの基台に固定される脚部が一体的に形成されたことを特徴とする請求項１に記載の光給電コンバータ。

[請求項3] 前記基台には、前記伝熱部材に向かって延びてこの伝熱部材が固定される支持部が一体的に形成されたことを特徴とする請求項１に記載の光給電コンバータ。

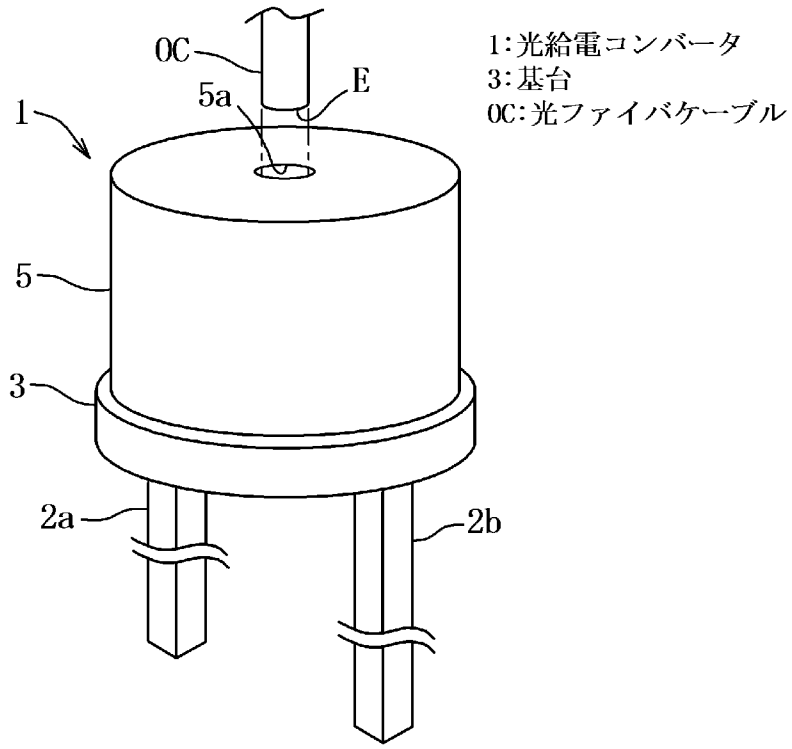
[請求項4] 前記伝熱部材は、スペーサ部材を介して前記基台に固定されたことを特徴とする請求項１に記載の光給電コンバータ。

[請求項5] 前記フォトダイオードは、前記入力光の光軸が通る中心からこの光軸に直交する方向に放射状に延びる溝によって等分された複数のセグメントが直列接続されて形成され、

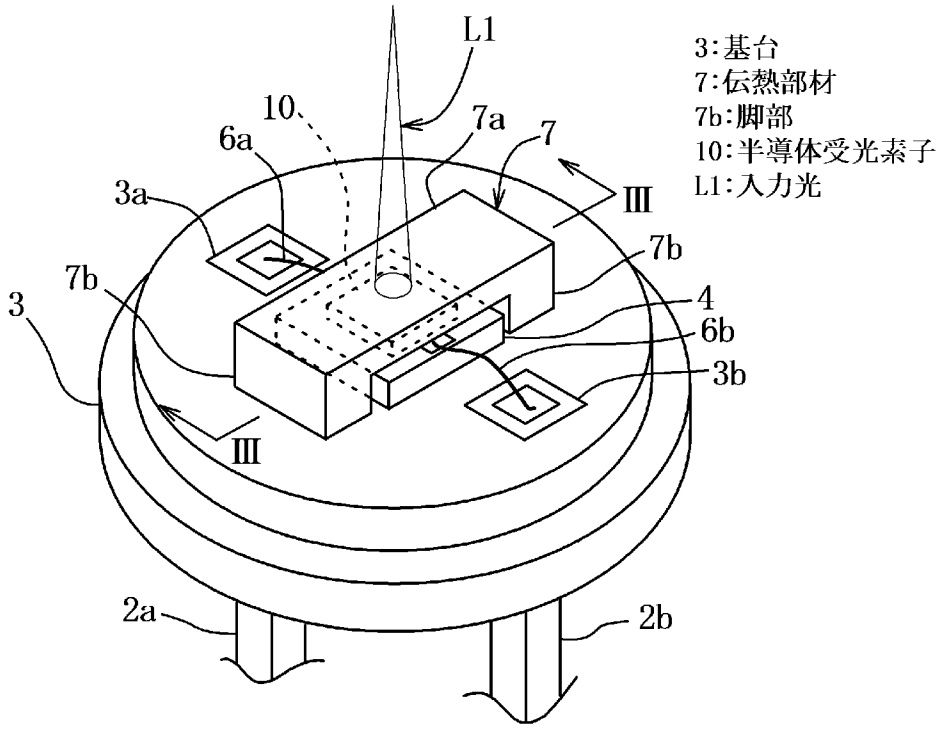
前記伝熱部材は、前記半導体基板の前記第２面側に密着させる接触面と反対側の前記入力光が照射される領域に、前記光軸に対称軸が一致するように形成された円錐状の凹面を備えたことを特徴とする請求

項１に記載の光給電コンバータ。

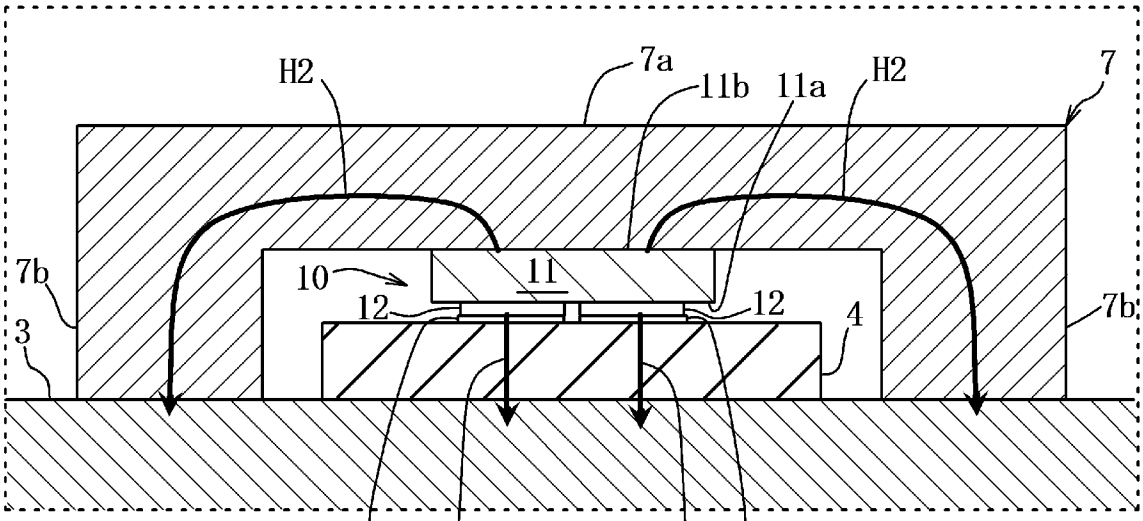
[図1]


1:光給電コンバータ
3:基台
0C:光ファイバケーブル
0C
E
5a
1
5
3
2a
2b

[図2]

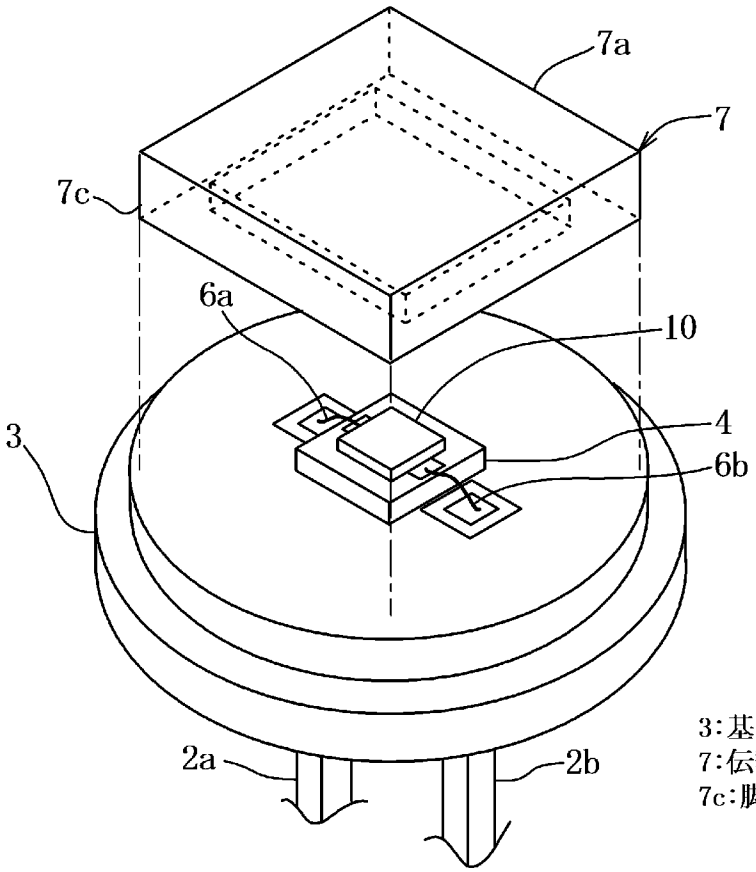

3:基台
7:伝熱部材
7b:脚部
10:半導体受光素子
L1:入力光
L1
10
6a
7a
7
3a
Ⅲ
7b
7b
4
6b
3b
3
Ⅲ
2a
2b

[図3]



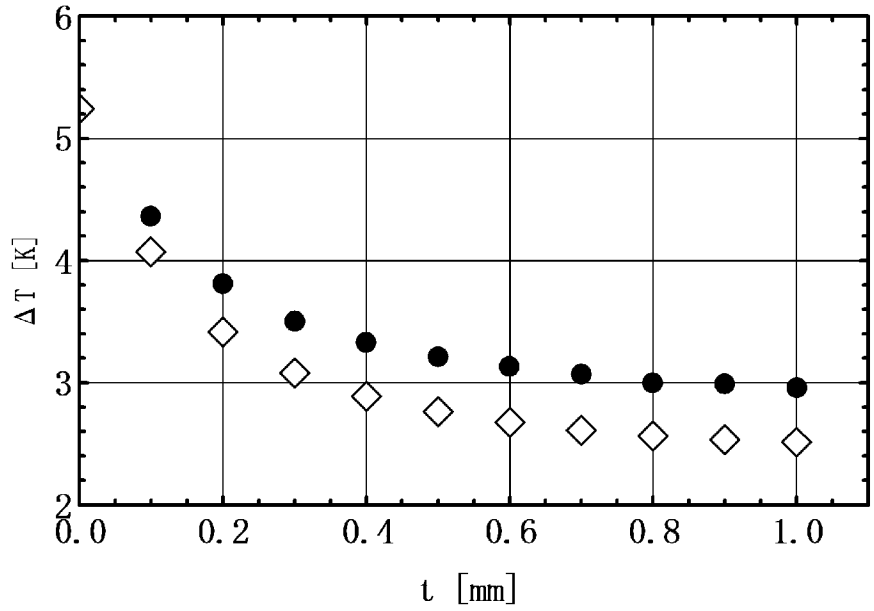
3:基台
7:伝熱部材
7b:脚部
10:半導体受光素子
11:半導体基板
11a:第1面
11b:第2面
12:フォトダイオード

[図4]

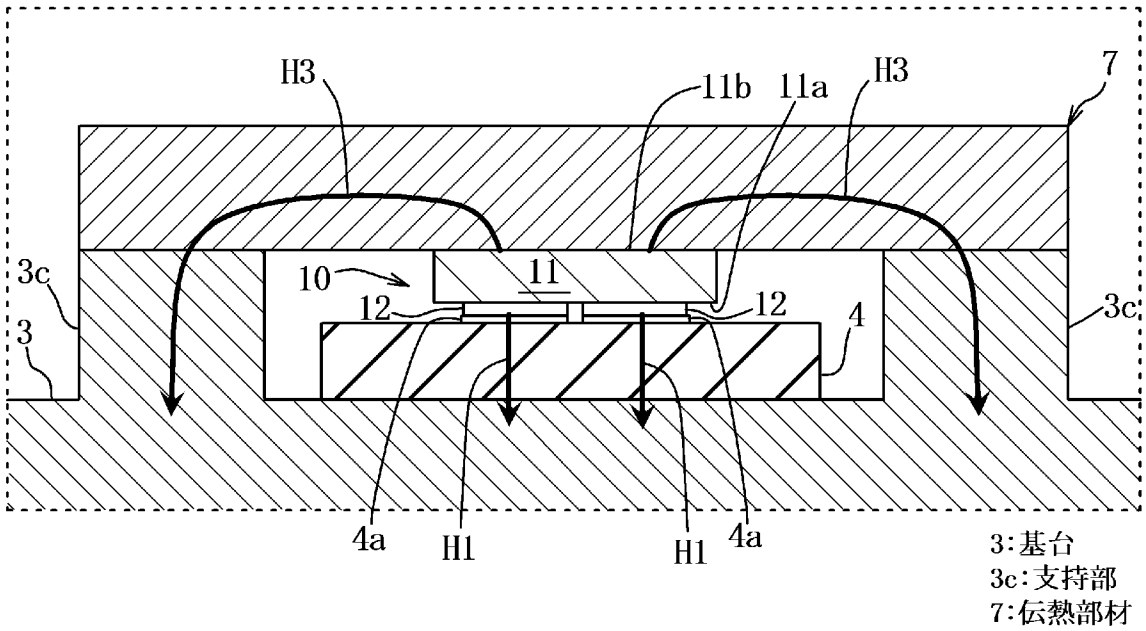


3:基台
7:伝熱部材
7c:脚部

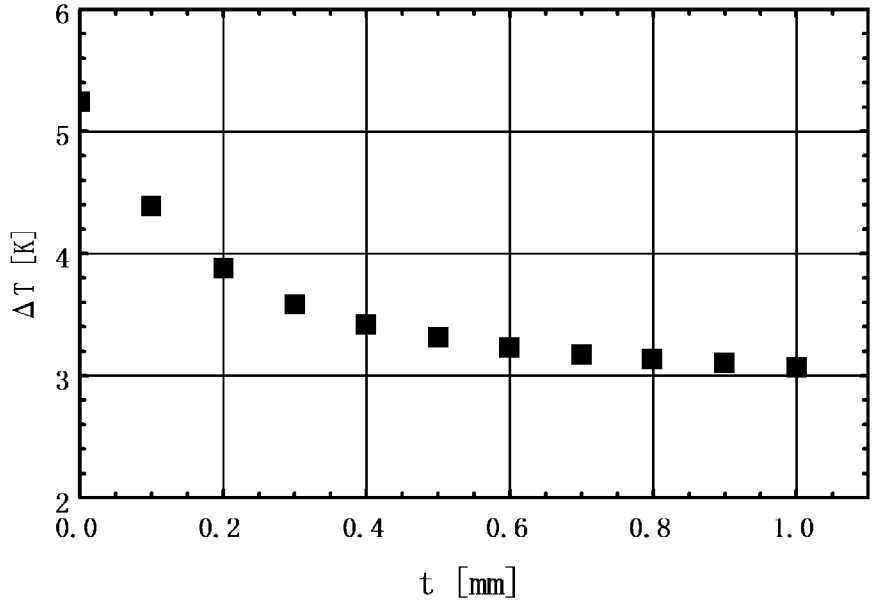
[図5]


6
5
4
3
2
ΔT [K]
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
t [mm]

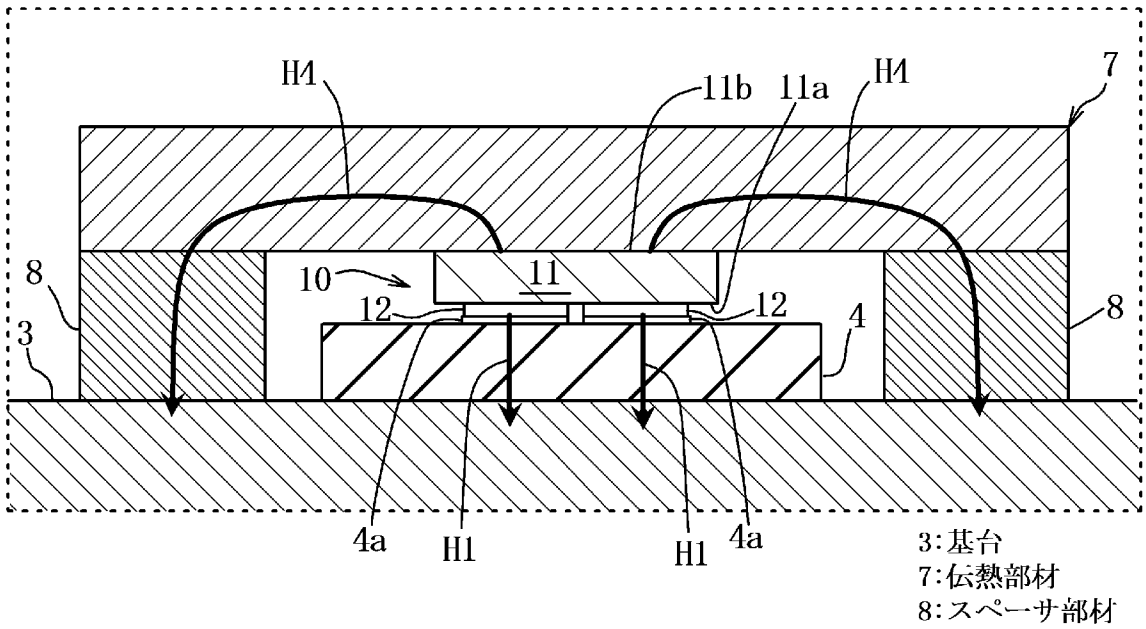
[図6]


H3
11b
11a
H3
7
3c
10
11
12
12
4
3c
3
4a
H1
H1
4a
3:基台
3c:支持部
7:伝熱部材

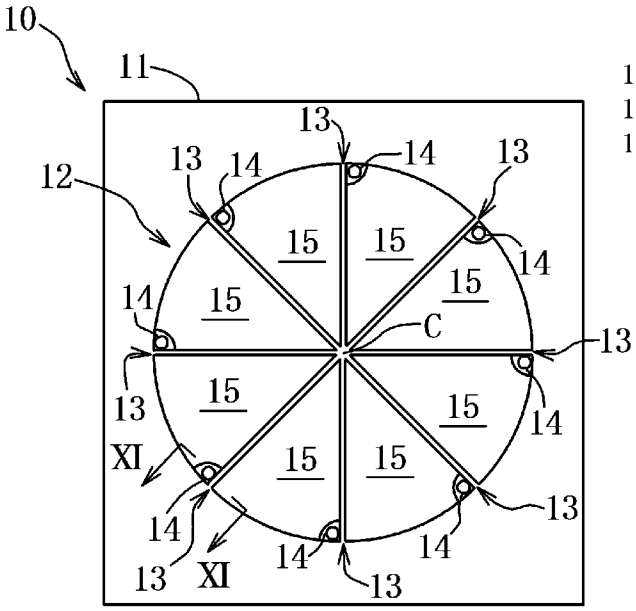
[図7]


6
5
4
3
2
ΔT [K]
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
t [mm]

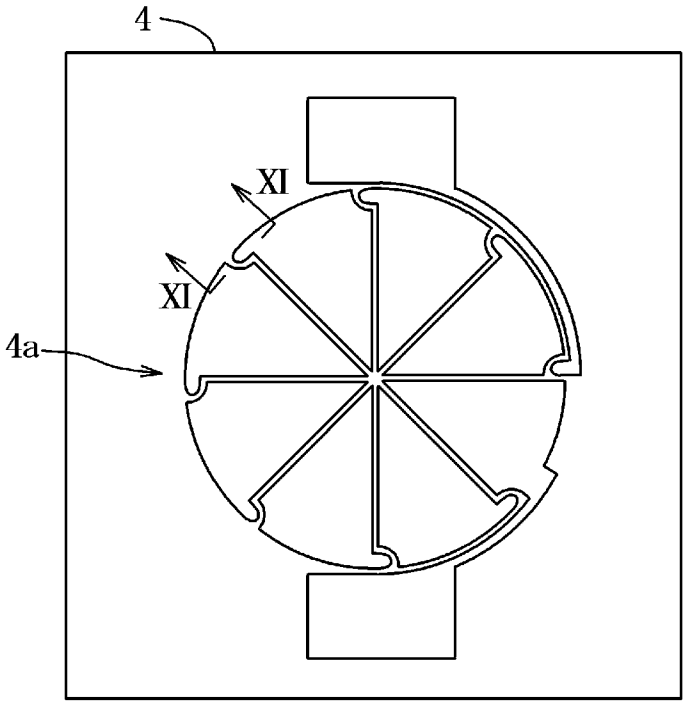
[図8]


H1
11b
11a
H1
7
8
10
11
12
12
4
8
3
4a
H1
H1
4a
3:基台
7:伝熱部材
8:スペーサ部材

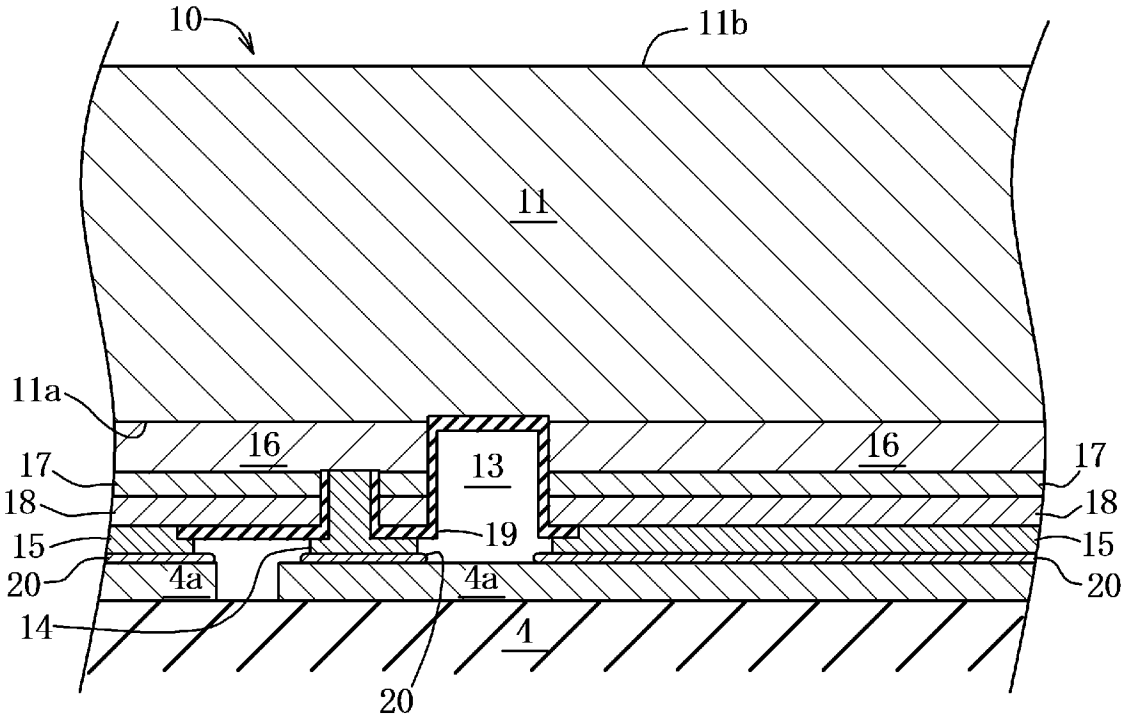
[図9]



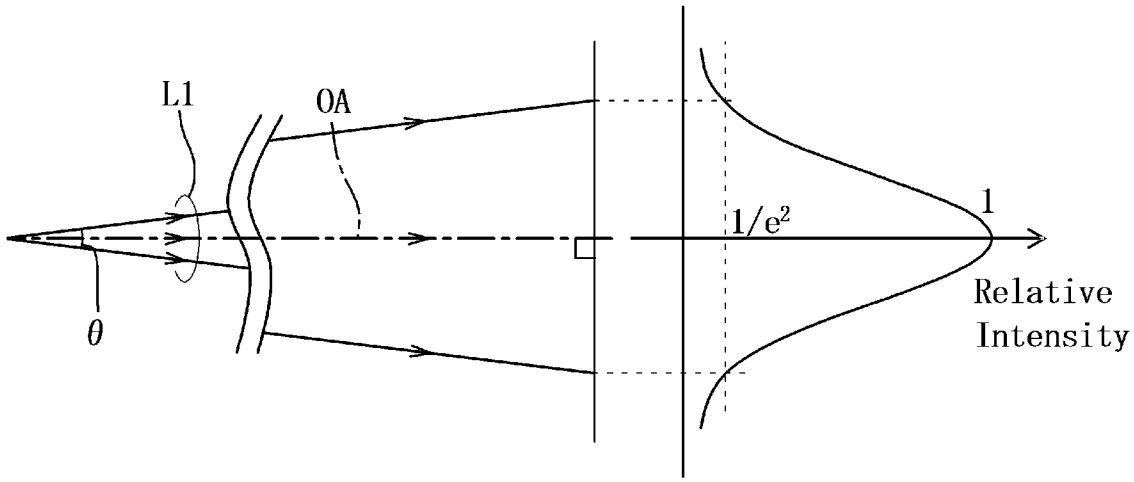
[図10]



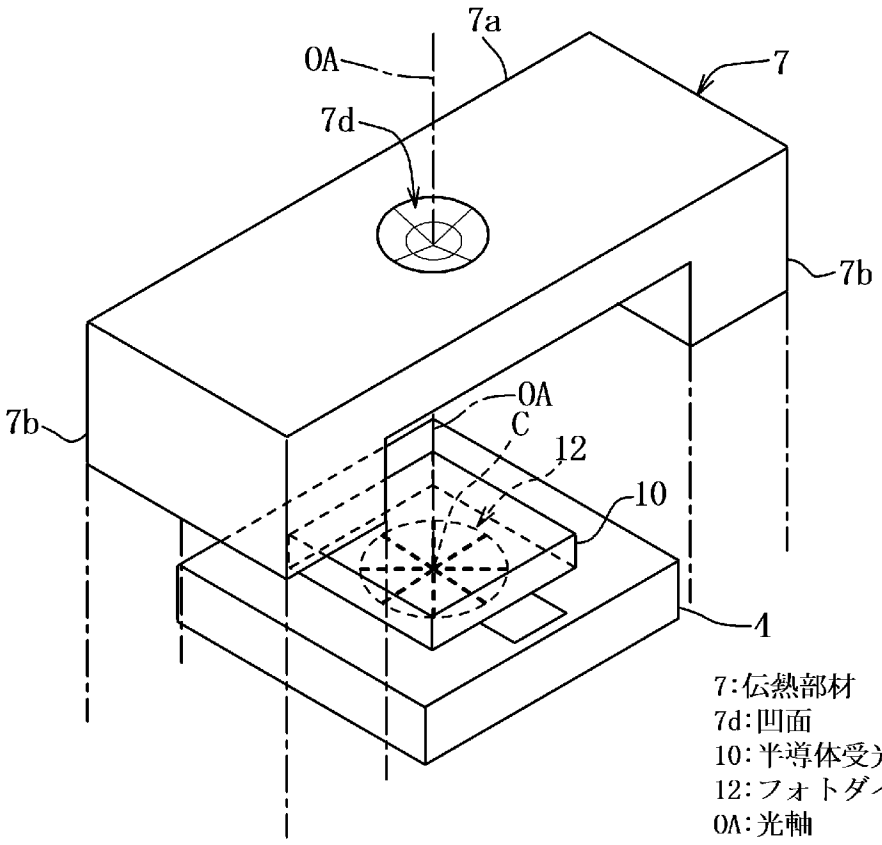
[図11]


10
11b
11
11a
16
16
13
17
17
18
18
19
15
15
20
4a
4a
20
14
4
20

[図12]

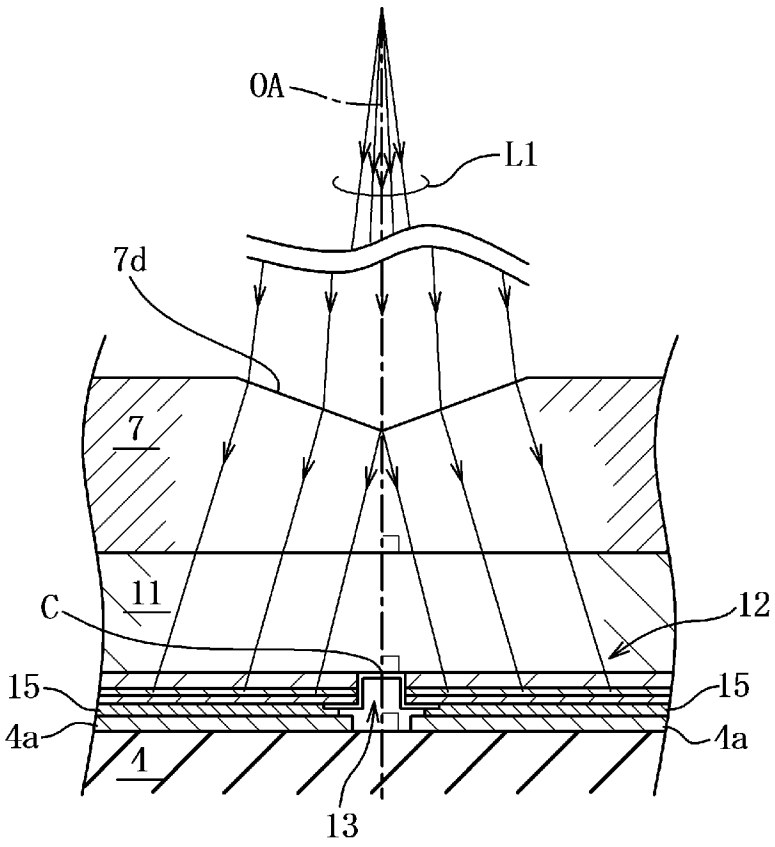

L1
OA
1/e²
1
θ
Relative
Intensity

[図13]

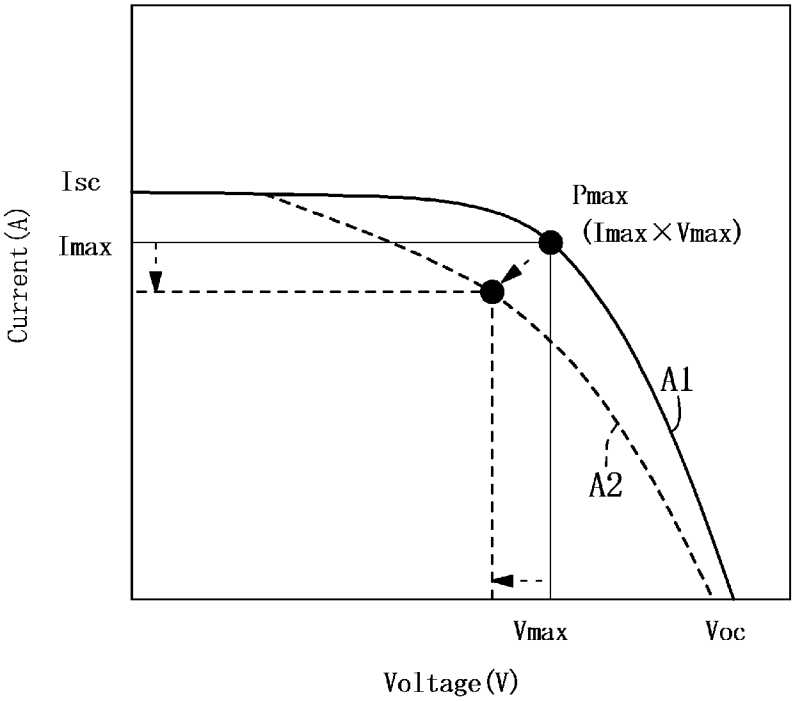


7:伝熱部材
7d:凹面
10:半導体受光素子
12:フォトダイオード
OA:光軸

[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/041024

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 31/0232(2014.01)i
FI: H01L31/02 C

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)

H01L31/02-31/0232

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 6795870 B1 (KYOTO SEMICONDUCTOR CO LTD) 02 December 2020 (2020-12-02) paragraphs [0015]-[0016], [0023], fig. 2	1-2
A		3-5
Y	JP 2008-304611 A (FUJIKURA LTD) 18 December 2008 (2008-12-18) paragraphs [0003], [0013]-[0022], fig. 1	1-2
A	JP 2006-295222 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 26 October 2006 (2006-10-26) entire text, all drawings	1-5
A	JP 6836300 B1 (KYOTO SEMICONDUCTOR CO LTD) 24 February 2021 (2021-02-24) entire text, all drawings	1-5
A	JP 2010-114235 A (NEC CORP) 20 May 2010 (2010-05-20) entire text, all drawings	1-5
A	US 2011/0108081 A1 (JDS UNIPHASE CORPORATION) 12 May 2011 (2011-05-12) entire text, all drawings	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
16 December 2022	**17 January 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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/041024

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 6795870 B1	02 December 2020	US 2022/0006423 A1 paragraphs [0025]-[0026], [0033], fig. 2	
JP 2008-304611 A	18 December 2008	(Family: none)	
JP 2006-295222 A	26 October 2006	(Family: none)	
JP 6836300 B1	24 February 2021	WO 2022/054188 A1	
JP 2010-114235 A	20 May 2010	(Family: none)	
US 2011/0108081 A1	12 May 2011	CN 101442079 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/041024

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L 31/0232(2014.01)i
FI: H01L31/02 C

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））

H01L31/02-31/0232

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 6795870 B1 (株式会社京都セミコンダクター) 02.12.2020 (2020-12-02) 段落［００１５］－［００１６］、［００２３］及び図２	1-2
A		3-5
Y	JP 2008-304611 A (株式会社フジクラ) 18.12.2008 (2008-12-18) 段落［０００３］、［００１３］－［００２２］及び図１	1-2
A	JP 2006-295222 A (住友電気工業株式会社) 26.10.2006 (2006-10-26) 全文、全図	1-5
A	JP 6836300 B1 (株式会社京都セミコンダクター) 24.02.2021 (2021-02-24) 全文、全図	1-5
A	JP 2010-114235 A (日本電気株式会社) 20.05.2010 (2010-05-20) 全文、全図	1-5
A	US 2011/0108081 A1 (JDS UNIPHASE CORPORATION) 12.05.2011 (2011-05-12) 全文、全図	1-5

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊ 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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	国際調査報告の発送日
16.12.2022	17.01.2023

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）

桂城　厚 2K 1764

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

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/JP2022/041024

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 6795870 B1	02.12.2020	US 2022/0006423 A1 段落［００２５］－［００２６］、［００３３］及び図２	
JP 2008-304611 A	18.12.2008	（ファミリーなし）	
JP 2006-295222 A	26.10.2006	（ファミリーなし）	
JP 6836300 B1	24.02.2021	WO 2022/054188 A1	
JP 2010-114235 A	20.05.2010	（ファミリーなし）	
US 2011/0108081 A1	12.05.2011	CN 101442079 A	