

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7178154号
(P7178154)

(45)発行日 令和4年11月25日(2022.11.25)

(24)登録日 令和4年11月16日(2022.11.16)

(51)国際特許分類	F I
H 0 1 L 31/0232(2014.01)	H 0 1 L 31/02 C
H 0 1 L 31/054(2014.01)	H 0 1 L 31/02 D
H 0 2 J 50/30 (2016.01)	H 0 1 L 31/04 6 2 0
	H 0 2 J 50/30

請求項の数 3 (全14頁)

(21)出願番号	特願2022-560213(P2022-560213)	(73)特許権者	000161862 株式会社京都セミコンダクター 京都府京都市伏見区西大手町307番地 21
(86)(22)出願日	令和4年6月22日(2022.6.22)	(74)代理人	100089004 弁理士 岡村 俊雄
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/024829	(72)発明者	磯村 尚友 京都府京都市伏見区西大手町307番地 21 株式会社京都セミコンダクター内
審査請求日	令和4年10月11日(2022.10.11)	(72)発明者	大村 悦司 京都府京都市伏見区西大手町307番地 21 株式会社京都セミコンダクター内
早期審査対象出願		審査官	原 俊文

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光給電コンバータ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光ファイバケーブルを介して入力される光を半導体受光素子によって光電流に変換して出力する光給電コンバータにおいて、

前記半導体受光素子は、半導体基板の第1面側に光電流を生成するために形成された円形受光部に対して、この第1面に対向する前記半導体基板の第2面側から前記円形受光部に光を入射させる裏面入射型受光素子であり、

前記円形受光部は、この円形受光部の中心から延びる複数の直線状のアイソレーション溝によって受光面積が互いに等しくなるように分割され、且つ複数の導電性部材によって直列に接続された複数のフォトダイオードを備え、

前記半導体基板の前記第2面側には、前記第1面側ほど縮径する円錐状に前記半導体基板を凹入させた円錐状凹部が、この円錐状凹部の対称軸線が前記円形受光部の中心を通るように形成され、

前記第2面側から入射させた光が前記円錐状凹部によって円環状に変換されて、前記円形受光部の前記複数のフォトダイオードに夫々等しい光量が入射す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】

前記光ファイバケーブルを介して入力される光を平行光に変換して前記円錐状凹部に入射させるコリメータレンズ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。

【請求項3】

前記円錐状凹部は、この円錐状凹部に入射した光を、前記円形受光部の直径以下の外径、且つ前記複数の直線状のアイソレーション溝が前記円形受光部の周方向に連なって形成された無効領域の外径よりも大きい内径を有する円環状に変換するように形成されたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光給電コンバータ。

【発明の詳細な説明】

【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、電気の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 1 V 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受光部をアイソレーション溝によって複数の扇形のフォトダイオードに分割し、これらを直列に接続することによって出力電圧を高くすることが可能である。

【0004】

分割されて直列に接続された複数のフォトダイオードによって構成された半導体受光素子の出力電圧は、フォトダイオードが多いほど高くなる。一方、その出力電流は、分割されない場合よりも小さくなり、分割数が多いほど小さくなる。その上、この出力電流は、光電変換により生成される光電流が最小のフォトダイオードによって制限される。それ故、複数のフォトダイオードの光電流を互いに等しくするために、これら複数のフォトダイオードが同形状且つ同面積となるように円形受光部が等分される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】米国特許第 5 3 4 2 4 5 1 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献 1 では、円形受光部を同形状且つ同面積で分割するために、一定幅の直線状の複数のアイソレーション溝が、円形受光部の中心から径方向に放射状に形成されているので、複数のアイソレーション溝が円形受光部の中心近傍に集中する。そして、円形受光部の分割数が多いほど、即ちアイソレーション溝が多いほど隣り合うアイソレーション溝が近づき、円形受光部の中心から離隔した位置で複数のアイソレーション溝が幅方向（周方向）に連なるようになる。

【0007】

こうして、複数のアイソレーション溝が周方向に連なって、円形受光部の中心近傍にアイソレーション溝の幅を一辺とする正多角形状の領域が形成される。アイソレーション溝では光電変換をすることができないので、この正多角形状の領域は光電流を生成できない無効領域である。この無効領域は、円形受光部の分割数が多いほど大きくなる。

【0008】

ここで、光ファイバケーブルを介して入力される入射光の光強度分布は、一般的にはガ

10

20

30

40

50

ウス分布であり、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状の光強度分布である。この光を、同形状且つ同面積となるように等分された円形受光部に均等に入射させるために、光軸が円形受光部に対して垂直にこの円形受光部の中心を通るように光を入射させる。

【0009】

しかし、入射光の光軸近傍の光強度が高い部分が、円形受光部の中心近傍に形成された無効領域に照射され、光電流に変換されず無駄になるので、光給電コンバータの出力を大きくすることができない。

【0010】

そこで、本発明は、円形受光部がその中心に対して放射状に等分されて直列に接続された半導体受光素子に、光ファイバケーブルを介して入力される光のうち、無駄になる光を減少させて均等に入射させ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。

10

【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光を半導体受光素子によって光電流に変換して出力する光給電コンバータにおいて、前記半導体受光素子は、半導体基板の第1面側に光電流を生成するために形成された円形受光部に対して、この第1面に対向する前記半導体基板の第2面側から前記円形受光部に光を入射させる裏面入射型受光素子であり、前記円形受光部は、この円形受光部の中心から延びる複数の直線状のアイソレーション溝によって受光面積が互いに等しくなるように分割され、且つ複数の導電性部材によって直列に接続された複数のフォトダイオードを備え、前記半導体基板の前記第2面側には、前記第1面側ほど縮径する円錐状に前記半導体基板を凹入させた円錐状凹部が、この円錐状凹部の対称軸線が前記円形受光部の中心を通るように形成され、前記第2面側から入射させた光が前記円錐状凹部によって円環状に変換されて、前記円形受光部の前記複数のフォトダイオードに夫々等しい光量が入射するように構成されたことを特徴としている。

20

【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光が、円錐状凹部によって円環状に変換されて複数のフォトダイオードに均等に入射するので、複数のフォトダイオードの出力のばらつきを小さくすることができる。また、光電流を生成しない複数のアイソレーション溝が集中している円形受光部の中心近傍には、円環状の光が入射しないようにすることができるので、光電変換されずに無駄になる光を減少させることができる。従って、複数のフォトダイオードを直列に接続して形成された円形受光部を有する半導体受光素子の光電流を大きくことができ、光給電コンバータが給電する電力を大きくすることができる。

30

【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、前記光ファイバケーブルを介して入力される光を平行光に変換して前記円錐状凹部に入射させるコリメータレンズを備えたことを特徴としている。

40

上記構成によれば、円錐状に広がりながら進行する光をコリメータレンズによって平行光に変換するので、円錐状凹部への入射角を一定にすることができる。それ故、入力される光が円形受光部からはみ出ないように、円形受光部の直径に合わせた平行光のビーム径となる光ファイバケーブルとコリメータレンズの間の距離を、容易に設定することができる。従って、入力される光の全部を円形受光部に入射させて、半導体受光素子の光電流を大きくことができ、光給電コンバータが給電する電力を大き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又は2の発明において、前記円錐状凹部は、この円錐状凹部に入射した光を、前記円形受光部の直径以下の外径、且つ前記複数の直線状のアイソレーション溝が前記円形受光部の周方向に連なって形成された無効領域

50

の外径よりも大きい内径を有する円環状に変換するように形成されたことを特徴としている。

上記構成によれば、円錐状凹部によって変換された円環状の光は、円形受光部の中心近傍に形成される光電流を生成できない無効領域を避けて、全て円形受光部に入射する。従って、光ファイバケーブルを介して入力される光の全部を円錐状凹部に入射させることによって、光を無駄なく利用して、光給電コンバータが給電する電力を大きくすることができる。

【発明の効果】

【0015】

本発明の光給電コンバータによれば、円形受光部がその中心に対して放射状に等分されて直列に接続された半導体受光素子に、光ファイバケーブルを介して入力される光のうち、無駄になる光を減少させて均等に入射させることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の実施例1に係る光給電コンバータの斜視図である。

【図2】図1の光給電コンバータが有する半導体受光素子への光の入射の説明図である。

【図3】図2の半導体受光素子の円形受光部を示す平面図である。

【図4】基台に固定された図3の半導体受光素子のIV - IV線断面図である。

【図5】光ファイバケーブルを介して入力される光の光強度分布図である。

【図6】図3のVI - VI線断面における半導体受光素子に入射して円環状に変換される光の説明図である。

20

【図7】円錐状凹部の円錐面への平行光の入射角と円錐状凹部の頂点から円形受光部の中心までの距離をパラメータとして円環状の光の内径を等高線状に示すグラフである。

【図8】半導体受光素子に入射して円環状に変換される光の他の例の説明図である。

【図9】円錐状凹部の形成用のエッチングマスクの説明図である。

【図10】エッチングによって円錐状凹部を形成する説明図である。

【図11】本発明の実施例2に係る光給電コンバータの半導体受光素子に入射して円環状に変換される光の説明図である。

【図12】実施例2に係る光給電コンバータの半導体受光素子に入射して円環状に変換される光の他の例の説明図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0017】

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1】

【0018】

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(入射光L1)を光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。1対の出力端子部2a, 2bが装備された基台3には、受光した光から光電変換により光電流を生成するための半導体受光素子10と、この半導体受光素子10の保護及び遮光のためのカバー5が夫々固定されている。半導体受光素子10は、生成した光電流を出力するために、配線部3a, 3bを介して対応する出力端子部2a, 2bに接続されている。

40

【0019】

光ファイバケーブルOCを介して入力される入射光L1は、波長が例えば1.5μm程度の赤外光である。この入射光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。

【0020】

カバー5は、入射光L1が通る光学系として、例えば屈折率が1.45の光学ガラス製のコリメータレンズ6を有する。コリメータレンズ6は、入射光L1を平行光L2に変換して半導体受光素子10に入射させる。半導体受光素子10は、光電変換を行う円形受光

50

部 1 2 を有し、この円形受光部 1 2 が形成されている側と反対側から光が入射される裏面入射型受光素子である。

【 0 0 2 1 】

カバー 5 は、コリメータレンズ 6 の光軸 6 a が半導体受光素子 1 0 の円形受光部 1 2 に対して垂直に且つ円形受光部 1 2 の中心 C を通るように基台 3 に固定される。光ファイバケーブル 0 C は、カバー 5 の挿入孔 5 a に差し込まれ、その出射端 E がコリメータレンズ 6 から所定の距離だけ離隔した位置となるように固定される。このとき、入射光 L 1 の光軸 O A がコリメータレンズ 6 の光軸 6 a に一致するように、出射端 E が位置決めされる。

【 0 0 2 2 】

図 3、図 4 に示すように、円形受光部 1 2 は、例えば光吸収層を備えた円形の P I N 型フォトダイオードが、その中心 C から径方向に延びる複数の直線状のアイソレーション溝 1 3 によって形状及び面積が同じ複数の扇形のフォトダイオード 1 4 に等分されている。ここでは円形受光部 1 2 が、30本のアイソレーション溝 1 3 によって30個のフォトダイオード 1 4 に等分されている。

10

【 0 0 2 3 】

複数の直線状のアイソレーション溝 1 3 は、形状及び受光面積が等しい複数の扇形のフォトダイオード 1 4 となるように、円形受光部 1 2 の中心 C から一定幅で放射状に形成されている。また、円形受光部 1 2 の外周に沿って円環状のアイソレーション溝 1 5 が形成され、複数の直線状のアイソレーション溝 1 3 が円環状のアイソレーション溝 1 5 によって接続されている。そして、複数のアイソレーション溝 1 3 によって電氣的に分離された複数のフォトダイオード 1 4 が、基台 3 に形成された導電性部材 4 によって直列に接続されて、円形受光部 1 2 が形成されている。この円形受光部 1 2 の直径を D 1 とする。

20

【 0 0 2 4 】

こうして円形受光部 1 2 には、中心 C を囲むように形状及び受光面積が等しい複数の扇形のフォトダイオード 1 4 が形成されている。アイソレーション溝 1 3 では光電流を生成できないので、アイソレーション溝 1 3 の幅を小さく且つ直線状に形成して、円形受光部 1 2 の面積に占めるアイソレーション溝 1 3 の面積を小さくすることが好ましい。尚、図 3 ではアイソレーション溝 1 3 とフォトダイオード 1 4 の符号を一部省略している。

【 0 0 2 5 】

円形受光部 1 2 の中心 C 近傍において、複数の直線状のアイソレーション溝 1 3 が集中している。そのため、中心 C 側ほど隣り合うアイソレーション溝 1 3 が近づいて、中心 C から離隔した位置で複数のアイソレーション溝 1 3 が幅方向に連なっている。これにより複数のアイソレーション溝 1 3 が円形受光部 1 2 の周方向に連なって、中心 C 近傍にアイソレーション溝 1 3 の幅を一辺とする正多角形状の領域が形成されている。アイソレーション溝 1 3 では光電変換をすることができないので、この正多角形状の領域は光電流を生成できない無効領域 I である。無効領域 I は、円形受光部 1 2 の分割数が多いほど大きくなる。この無効領域 I の外径を D 2 とする。

30

【 0 0 2 6 】

フォトダイオード 1 4 は、半絶縁性の半導体基板 2 0 の第 1 面 2 0 a に積層された n 型半導体層 2 1 と光吸収層 2 2 と p 型半導体層 2 3 を有する。半導体基板 2 0 は例えば I n P 基板であり、n 型半導体層 2 1 は例えば n - I n P 層であり、光吸収層 2 2 は例えば I n G a A s 層であり、p 型半導体層 2 3 は例えば p - I n P 層であるが、これに限定されるものではない。また、フォトダイオード 1 4 は P I N 型に限定されるものではない。尚、n 型半導体層 2 1、光吸収層 2 2、p 型半導体層 2 3 の厚さは適宜設定することができ、0.5 ~ 10 μ m 程度の厚さに形成される場合が多い。

40

【 0 0 2 7 】

アイソレーション溝 1 3、1 5 は、n 型半導体層 2 1 と光吸収層 2 2 と p 型半導体層 2 3 が積層された半導体基板 2 0 を、半導体基板 2 0 が露出するように p 型半導体層 2 3 側からエッチングすることによって形成される。これにより、円形受光部 1 2 が電氣的に分離された複数のフォトダイオード 1 4 に分割される。尚、アイソレーション溝 1 3、1 5

50

は、例えば半導体基板 20 側ほど幅が狭くなるように側壁が傾斜状に形成されてもよい。

【0028】

複数のフォトダイオード 14 は、p 型半導体層 23 と光吸収層 22 を貫通して n 型半導体層 21 に到達する接続孔 17 を夫々有する。そして、絶縁性の保護膜 24 が、複数のフォトダイオード 14 の表面と、これらフォトダイオード 14 の接続孔 17 の側壁を覆うように形成されている。この保護膜 24 は、複数の直線状のアイソレーション溝 13 及び円環状のアイソレーション溝 15 の内壁部及び底部を覆っている。

【0029】

各フォトダイオード 14 は、p 型半導体層 23 上の保護膜 24 が部分的に除去されて露出した p 型半導体層 23 に接続されたアノード電極 27 と、接続孔 17 の底部の保護膜 24 が除去されて露出した n 型半導体層 21 に接続されたカソード電極 28 を備えている。アノード電極 27 とカソード電極 28 は、例えばリフトオフ法を用いて金属積層膜を選択的に堆積させることによって形成される。金属積層膜は、例えばチタン、クロムのような密着層と、例えば金、銀、アルミニウムのような低抵抗率層によって構成されている。

10

【0030】

隣り合うフォトダイオード 14 のうちの一方のアノード電極 27 と他方のカソード電極 28 とが、導電性ペースト 8 を介して基台 3 の導電性部材 4 によって接続されたことによって、円形受光部 12 の複数のフォトダイオード 14 が直列に接続されている。図示を省略するが、導電性部材 4 の代わりに、例えば金を主成分とする導電性ワイヤによって複数のフォトダイオード 14 が直列に接続されていてもよく、保護膜 24 上に選択的に形成された複数の配線によって複数のフォトダイオード 14 が直列に接続されていてもよい。

20

【0031】

直列に接続された複数の扇形のフォトダイオード 14 によって円形受光部 12 が形成されているので、半導体受光素子 10 が出力する光電流は小さくなるが、その出力電圧を高くすることができる。従って、この半導体受光素子 10 を備え、光ファイバケーブル OC を介して入力される入射光 L1 を光電変換して給電する光給電コンバータ 1 は、高い電圧で給電することができる。

【0032】

図 2、図 5 に示すように、光ファイバケーブル OC の出射端 E から出射された入射光 L1 は、例えば頂角（全角）が 14° の円錐状に広がりながら進行する。この入射光 L1 の光強度分布は、光軸 OA に垂直な平面 P 上においてガウス分布になり、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 に対して回転対称の光強度分布になる。尚、光強度が光軸 OA 上の光強度の $1/e^2$ になるところを入射光 L1 の最外周としている。

30

【0033】

図 6 に示すように、入射光 L1 をコリメータレンズ 6 に入射させる場合に、入射光 L1 の光軸 OA をコリメータレンズ 6 の光軸 6a に一致させる。コリメータレンズ 6 は、入射光 L1 を平行光 L2 に変換して裏面入射型の半導体受光素子 10 に入射させる。平行光 L2 の光強度分布は、入射光 L1 がコリメータレンズ 6 に入射したときの光強度分布が維持されている。

【0034】

半導体受光素子 10 は、円形受光部 12 が形成された半導体基板 20 の第 1 面 20a に対向する半導体基板 20 の第 2 面 20b 側（裏面側）に、第 1 面 20a 側ほど縮径するように半導体基板 20 を円錐状に凹入させて形成された円錐状凹部 16 を有する。この円錐状凹部 16 の対称軸 16a の延長線（対称軸線）が、円形受光部 12 に対して垂直に且つ円形受光部 12 の中心 C を通るように、円錐状凹部 16 が形成されている。コリメータレンズ 6 の光軸 6a は、円形受光部 12 の中心 C を通るように位置合わせされているので、円錐状凹部 16 の対称軸線に一致する。そして、入射光 L1 の光軸 OA をコリメータレンズ 6 の光軸 6a に一致させたので、光軸 OA は平行光 L2 の光軸になり、光軸 OA が円錐状凹部 16 の対称軸線に一致する。

40

【0035】

50

円錐状凹部 16 の円錐面 16 b に入射した平行光 L 2 は、光軸 O A から離隔するように屈折し、円環状の光 L 3 に変換される。コリメータレンズ 6 で変換された平行光 L 2 のビーム径を D b とする。また、円錐状凹部 16 の頂点から距離 T だけ離隔した円形受光部 12 に入射する円環状の光 L 3 の外径を D o、内径を D i とする。

【0036】

円錐状凹部 16 の円錐面 16 b の傾斜角度（円錐底面と母線のなす角度）を θ とすると、平行光 L 2 の円錐面 16 b への入射角が θ である。半導体基板 20 の空気に対する屈折率を n とし、円錐面 16 b に入射した平行光 L 2 の出射角を θ' とすると、スネルの法則から下記（1）式が成り立つ。

$$\sin \theta' = \sin \theta / n \quad \dots (1)$$

以下では n = 3.2 として説明するが、屈折率 n はこれに限定されるものではない。

【0037】

円錐状凹部 16 によって変換された円環状の光 L 3 が円形受光部 12 に入射するときの径方向のビーム幅を t とすると、このビーム幅は下記（2）式で表される。

$$t = (D_b / 2) \times (\cos \theta' / (\cos \theta \times \cos \theta)) \quad \dots (2)$$

【0038】

そして、円環状の光 L 3 の内径 D i、外径 D o は下記（3）、（4）式のようになる。

$$D_i = 2 \times T \times \tan \theta' \quad \dots (3)$$

$$D_o = D_i + 2 \times t \quad \dots (4)$$

【0039】

図 7 には、入射角 θ と距離 T をパラメータとして円環状の光 L 3 の内径 D i が等高線状に示されている。入射角 θ が一定であれば、距離 T が大きくなるほど内径 D i が大きくなる。一方、距離 T が一定であれば、入射角 θ が大きくなるほど内径 D i が大きくなる。尚、半導体基板の種類によるが、通常は半導体基板 20 の厚さが 700 μm 程度であり、距離 T を半導体基板 20 の厚さ以上にすることはできない。

【0040】

図 7 及び上記（1）～（4）式を用いることによって、例えば円環状の光 L 3 の内径 D i が所望の大きさに設定された場合に、円錐状凹部 16 の形状とサイズ、及び平行光 L 2 のビーム径 D b を設定することができる。そして、カバー 5 における光ファイバケーブル O C とコリメータレンズ 6 の距離を設定することができる。

【0041】

円形受光部 12 の中心 C 近傍の無効領域 I に入射する光による光入力の無駄を少なくするために、円環状の光 L 3 の内径 D i を無効領域 I の外径 D 2 よりも大きく設定する場合について説明する。アイソレーション溝 13 の幅を 10 μm 、フォトダイオード 14 の数を 30 個とすると、無効領域 I は一辺が 10 μm の正三十角形なので外周の長さが 300 μm であり、無効領域 I の外径 D 2 は 100 μm 未満である。

【0042】

円環状の光 L 3 の内径 D i を例えば 100 μm に設定すると、図 7 から例えば入射角が 20°、距離 T が 470 μm になり、円錐状凹部 16 の形状とサイズが決まり、出射角が 6.1° になる。このとき半導体基板 20 の第 2 面 20 b における円錐状凹部 16 の直径は 1264 μm 、円錐状凹部 16 の深さは 230 μm になる。平行光 L 2 の全部が円錐状凹部 16 を介して直径 D 1 が例えば 1200 μm の円形受光部 12 に入射するように、円環状の光 L 3 の外径 D o を 1200 μm とすると、平行光 L 2 のビーム径 D b が 1108 μm になる。そして、所定の距離としてコリメータレンズ 6 と光ファイバケーブル O C の出射端 E の間の距離が 4513 μm に定まる。

【0043】

円環状の光 L 3 の外径 D o は円形受光部 12 の直径 D 1 より小さくてもよいので、平行光 L 2 のビーム径 D b が小さくなるようにコリメータレンズ 6 と光ファイバケーブル O C の出射端 E の間の距離を小さくして、光給電コンバータ 1 を小型化することができる。コ

10

20

30

40

50

リメータレンズ6と光ファイバケーブルOCの出射端Eの間の距離を小さくしても、円環状の光L3の内径Diは変わらない。コリメータレンズ6と半導体受光素子10の間の距離は任意に設定できるが、小さいほど光給電コンバータ1の小型化に有利である。

【0044】

例えば図8に示すように、平行光L2の光軸近傍部分を円錐状凹部16を介して円形受光部12に入射させ、平行光L2の残り部分は円錐状凹部16を介さずに平行光のまま円形受光部12に入射させてもよい。この場合、径方向に広がって進行する光と平行光とが混在する円環状の光L3が、円形受光部12に入射する。少なくとも平行光のままでは無効領域Iに入射する平行光L2の一部の光について、円錐状凹部16によって進行方向を変えることにより、無効領域Iを避けて円形受光部12に均等に入射させることができ

10

【0045】

図8の場合も上記と同様に、円錐状凹部16に入射して円環状になる光の内径Diを設定して、入射角と距離Tを設定することができる。例えば内径Diを150μmとして、入射角を30°とすると距離Tは480μmになり、円錐状凹部16の形状とサイズが決まり、出射角が9°になる。このとき第2面20bにおける円錐状凹部16の直径は762μm、深さは220μmになる。そして、円錐状凹部16に入射して円環状になる光の外径Doは1081μmになる。

20

【0046】

一方、平行光L2のビーム径Dbは、円錐状凹部16の直径より大きく、且つ円形受光部12の直径D1以下の範囲内で任意に設定することができる。円環状の光L3の円形受光部12における内径は、円錐状凹部16の形状及びサイズによって、円錐状凹部16に入射して円環状になる光の内径Di又は円錐状凹部16の直径の何れか一方に決まる。また、円環状の光L3の円形受光部12における外径は、円錐状凹部16の形状及びサイズによって、平行光L2のビーム径Db又は円錐状凹部16に入射して円環状になる光の外径Doの何れか一方に決まる。

【0047】

次に、円錐状凹部16の形成方法について説明する。

30

例えば図9に示すように、半導体基板20の第2面20bに、円錐状の凹部30aを有するエッチングマスク層30を形成する。円錐状の凹部30aは対称軸30bを有する。エッチングマスク層30は、例えば露光量の違いによって厚さを連続的に変化させることによって円錐状に凹入させたフォトレジストである。

【0048】

そして、図10に示すように例えば反応性イオンエッチングによって、エッチングマスク層30が薄い部分ほど深くエッチングして、エッチングマスク層30の形状が反映された円錐状凹部16が形成される。半導体基板20の第1面20a側に形成された円形受光部12の中心Cに対称軸30bを位置合わせすることによって、対称軸16aが円形受光部12の中心Cに位置合わせされた円錐状凹部16が形成される。円錐状凹部16は、砥石等によって半導体基板20を円錐状に研削、研磨することによって形成されてもよい。また、円錐状凹部16は、半導体基板20の第1面側20aに円形受光部12を形成した後で第2面側20bに形成されるが、円錐状凹部16の形成後に対称軸16aに中心Cが位置合わせされた円形受光部12が形成されてもよい。

40

【実施例2】

【0049】

上記実施例1の光給電コンバータ1のコリメータレンズ6を省略した場合について、図11に基づいて説明する。上記実施例1と共通する部分には同じ符号を付して説明を省略する。

半導体受光素子10には、光ファイバケーブルOCの出射端Eから出射された頂角の

50

円錐状に広がる入射光 L 1 が入射する。円形受光部 1 2 の中心 C 近傍に形成される無効領域 I への光の入射を防ぐため、上記と同様に円錐状凹部 1 6 によって入射光 L 1 を円環状の光 L 3 ' に変換して、円形受光部 1 2 に入射させる。

【 0 0 5 0 】

円錐状凹部 1 6 の形状、サイズは、光軸 O A 上の光に対して、上記と同様に円環状の光 L 3 ' の内径 D_i 、入射角 θ_i 、距離 T を設定することによって決まる。例えば内径 D_i を $150 \mu\text{m}$ 、入射角 θ_i を 24° とすると出射角 θ_o は 7.3° になり、図 7 から距離 T が $580 \mu\text{m}$ になり、円錐状凹部 1 6 の底面の直径が $539 \mu\text{m}$ 、深さが $120 \mu\text{m}$ になる。

【 0 0 5 1 】

入射光 L 1 の全部が円錐状凹部 1 6 を介して円形受光部 1 2 に入射するように、出射端 E と半導体受光素子 1 0 の間の距離を設定することができる。入射光 L 1 の円錐面 1 6 b への入射角は光軸 O A から離隔するほど小さくなり、入射光 L 1 の最外周部分の円錐面 1 6 b への入射角は $\theta_i - (\theta_i / 2)$ である。また、その出射角 θ_o は光軸 O A 上の光の出射角 θ_o よりも小さくなる。そして、円環状の光 L 3 ' の外径 D_o が円形受光部 1 2 の直径 D_1 以下になる出射端 E と半導体受光素子 1 0 の間の距離を所定の距離として設定する。

10

【 0 0 5 2 】

例えば $\theta_i = 14^\circ$ の場合に、入射光 L 1 の全部を直径が $539 \mu\text{m}$ の円錐状凹部 1 6 に入射させるためには、出射端 E と半導体受光素子 1 0 の間の距離が最大で $2195 \mu\text{m}$ になる。このとき、ビーム径が円錐状凹部 1 6 の直径 D_1 に等しい入射光 L 1 が円錐状凹部 1 6 に入射して、円環状の光 L 3 ' の外径 D_o が $701 \mu\text{m}$ になる。

20

【 0 0 5 3 】

この外径 D_o が円形受光部 1 2 の直径 D_1 より大きい場合には、出射端 E と半導体受光素子 1 0 の間の距離を小さくして円錐状凹部 1 6 への入射光 L 1 のビーム径を小さくすることにより、入射光 L 1 の全部が無効領域 I を避けながら円形受光部 1 2 に入射させることができる。円環状の光 L 3 ' の外径 D_o は円形受光部 1 2 の直径 D_1 以下であればよい。出射端 E と半導体受光素子 1 0 の間の距離を変えても、円環状の光 L 3 ' の内径 D_i は変わらない。

【 0 0 5 4 】

一方、図 1 2 に示すように、入射光 L 1 の光軸 O A 近傍部分が円錐状凹部 1 6 を介して円形受光部 1 2 に入射し、入射光 L 1 の残りの外周側部分が円錐状凹部 1 6 を介さずに円形受光部 1 2 に入射するようにしてもよい。この場合、径方向への広がり方が異なる光が混在する円環状の光 L 3 ' が、円形受光部 1 2 に入射する。

30

【 0 0 5 5 】

少なくとも入射光 L 1 のうちの無効領域 I に入射する部分について、円錐状凹部 1 6 によって進行方向を変えることにより、無効領域 I を避けて円形受光部 1 2 に均等に入射させることができればよい。特に、無効領域 I に近いほど、円形受光部 1 2 の周方向におけるアイソレーション溝 1 3 が占める割合が大きいため、光電変換されない高強度の光が多くなるので、円環状の光 L 3 ' の内径 D_i を大きくする場合に有用である。

【 0 0 5 6 】

上記光給電コンバータ 1 の作用、効果について説明する。

40

光ファイバケーブル O C を介して光給電コンバータ 1 に入力される入射光 L 1 は、半導体受光素子 1 0 に形成された円錐状凹部 1 6 によって円環状の光 L 3 , L 3 ' に変換され、円形受光部 1 2 が等分された複数のフォトダイオード 1 4 に均等に、等しい光量が入射する。従って、複数のフォトダイオード 1 4 の出力のばらつきを小さくすることができる。また、光電流を生成しない複数のアイソレーション溝 1 3 が集中している円形受光部 1 2 の中心 C 近傍には、円環状の光 L 3 , L 3 ' が入射しないので、入射光 L 1 のうちの光電変換されずに無駄になる光を減少させることができる。従って、複数のフォトダイオード 1 4 を直列に接続して形成された円形受光部 1 2 を有する半導体受光素子 1 0 の光電流を大きくすることができ、光給電コンバータ 1 が給電する電力を大きくすることができる。

【 0 0 5 7 】

50

また、円錐状に広がりながら進行する入射光 L 1 をコリメータレンズ 6 によって平行光 L 2 に変換する場合には、円錐状凹部 1 6 への入射角 を一定にすることができる。それ故、入力される入射光 L 1 が円形受光部 1 2 からはみ出ないように、円形受光部 1 2 の直径 D 1 に合わせた平行光 L 2 のビーム径 D b となる光ファイバケーブル O C の出射端 E とコリメータレンズ 6 の間の距離を容易に設定することができる。従って、入力される入射光 L 1 の全部を円形受光部 1 2 に入射させて、半導体受光素子 1 0 の光電流を大きくすることができる。光給電コンバータ 1 が給電する電力を大きくすることができる。

【 0 0 5 8 】

その上、円錐状凹部 1 6 は、円錐面 1 6 b に入射した光を、円形受光部 1 2 の直径 D 1 以下の外径 D o、且つ円形受光部 1 2 の無効領域 I の外径 D 2 よりも大きい内径 D i を有する円環状の光 L 3, L 3' に変換する。円環状の光 L 3, L 3' は円形受光部 1 2 の中心 C 近傍に形成される光電流を生成できない無効領域 I を避けて、全て円形受光部 1 2 に入射する。従って、光ファイバケーブル O C を介して入力される入射光 L 1 を無駄なく利用して、光給電コンバータ 1 が給電する電力を大きくすることができる。

10

【 0 0 5 9 】

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 】

【 0 0 6 0 】

- 1 : 光給電コンバータ
- 2 a, 2 b : 出力端子部
- 3 : 基台
- 4 : 導電性部材
- 5 : カバー
- 5 a : 挿入孔
- 6 : コリメータレンズ
- 6 a : 対称軸
- 8 : 導電性ペースト
- 1 0 : 半導体受光素子
- 1 2 : 円形受光部
- 1 3 : アイソレーション溝
- 1 4 : フォトダイオード
- 1 5 : アイソレーション溝
- 1 6 : 円錐状凹部
- 1 6 a : 対称軸
- 1 6 b : 円錐面
- 1 7 : 接続孔
- 2 0 : 半導体基板
- 2 1 : n型半導体層
- 2 2 : 光吸収層
- 2 3 : p型半導体層
- 2 4 : 保護膜
- 2 7 : アノード電極
- 2 8 : カソード電極
- L 1 : 入射光
- L 2 : 平行光
- L 3, L 3' : 円環状の光
- O A : 光軸
- O C : 光ファイバケーブル
- E : 出射端

20

30

40

50

I : 無効領域

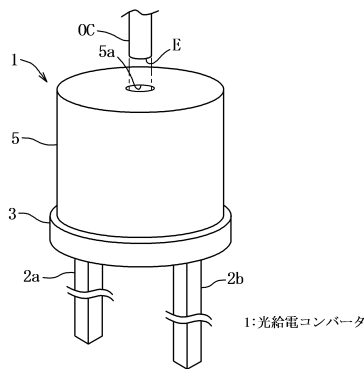
【要約】

【課題】円形受光部がその中心に対して放射状に等分されて直列に接続された半導体受光素子に光ファイバケーブルを介して入力される光のうち、無駄になる光を減少させて均等に入射させ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】光ファイバケーブルを介して入力される光(L1)を半導体受光素子(10)で光電流に変換して出力する光給電コンバータ(1)は、半導体受光素子(10)には半導体基板(20)の第1面(20a)側の円形受光部(12)に対して裏面である第2面(20b)側から光が入射し、円形受光部(12)はその中心(C)から延びる複数の直線状のアイソレーション溝(13)によって等分され且つ直列に接続された複数のフォトダイオード(14)を備え、半導体基板(20)の第2面(20b)側に、円形受光部(12)に対応させて第1面(20a)側ほど縮径する円錐状凹部(16)が形成され、入射した光が円錐状凹部(16)で円環状に変換されて複数のフォトダイオード(14)に夫々等しい光量で入射するように構成した。

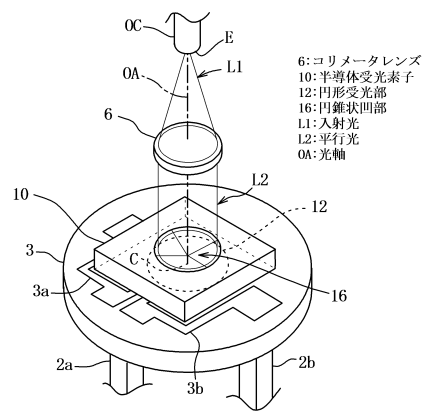
10

【図面】

【図1】

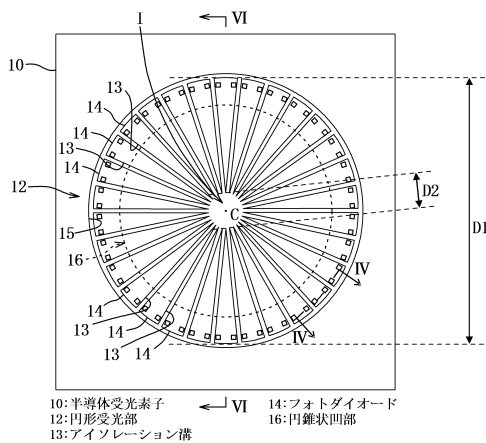


【図2】

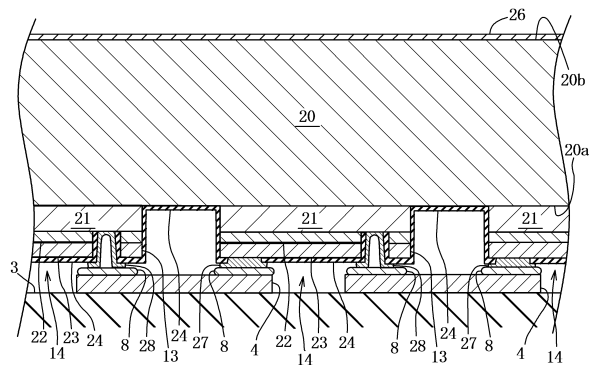


20

【図3】



【図4】



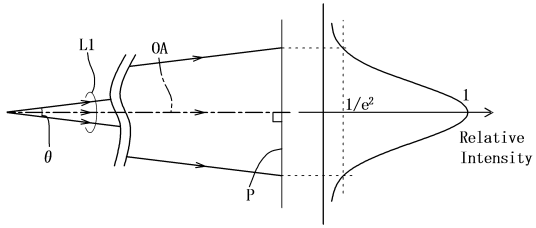
30

40

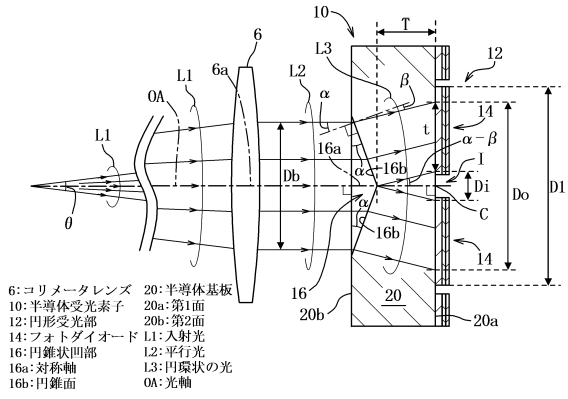
10:半導体受光素子
12:円形受光部
13:アイソレーション溝
14:フォトダイオード
16:円錐状凹部

50

【図5】

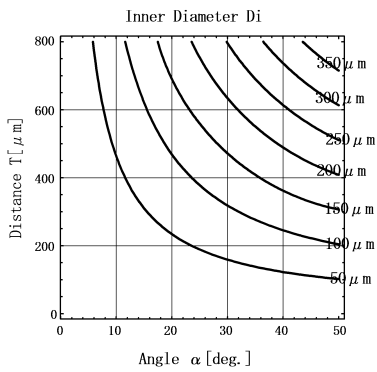


【図6】

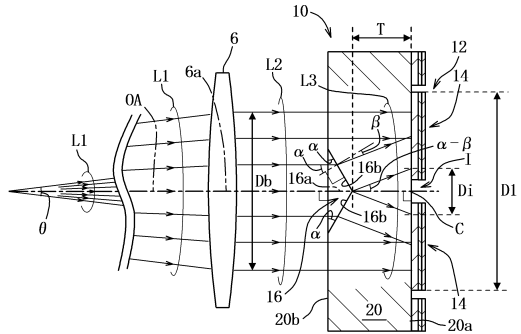


10

【図7】

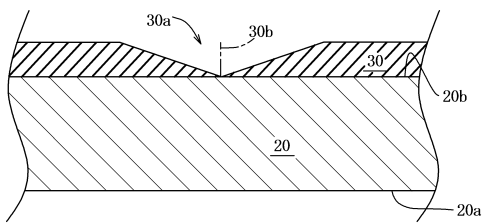


【図8】

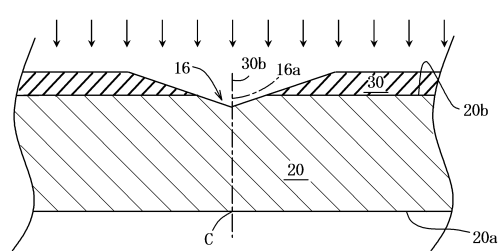


20

【図9】



【図10】

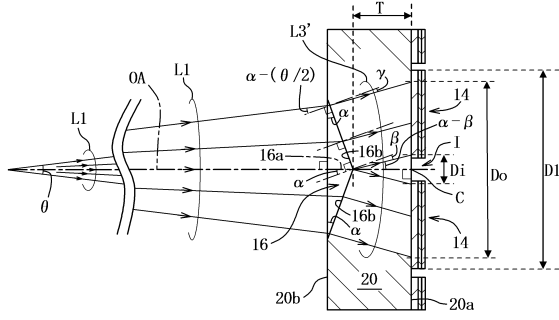


30

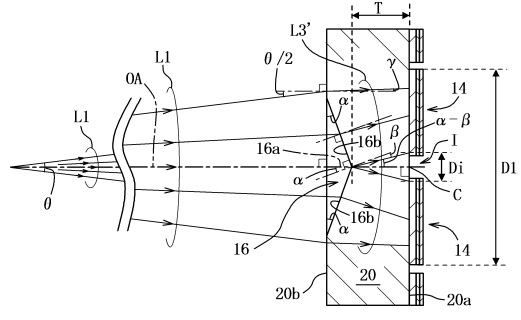
40

50

【 1 1 】



【 1 2 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 0 2 - 2 2 4 3 7 5 (J P , A)
特開平 1 0 - 1 1 7 0 1 2 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 3 1 8 6 2 0 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 1 0 8 0 8 2 (U S , A 1)
中国特許出願公開第 1 0 2 1 8 4 9 9 9 (C N , A)
中国特許出願公開第 1 0 4 0 3 7 1 7 8 (C N , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- H 0 1 L 3 1 / 0 2 - 3 1 / 1 1 9
H 0 2 J 5 0 / 3 0
H 0 4 B 1 0 / 8 0