

(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
2012 年 11 月 29 日(29.11.2012)



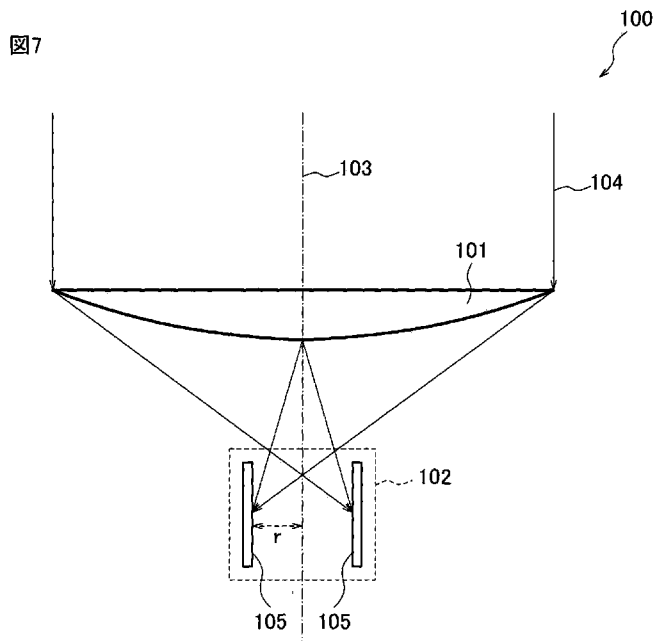
(10) 国際公開番号

WO 2012/161332 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 31/052 (2006.01) G02B 3/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/063568
- (22) 国際出願日: 2012 年 5 月 21 日(21.05.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-116000 2011 年 5 月 24 日(24.05.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中谷 正吾 (NAKAYA, Shogo) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 下坂 直樹 (SHIMOSAKA, Naoki); 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: CONCENTRATED SOLAR POWER GENERATION DEVICE

(54) 発明の名称: 集光型太陽光発電装置



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a concentrated solar power generation device capable of achieving high photoelectric conversion efficiency. This concentrated solar power generation device is provided with a condenser lens and a tubular photoelectric conversion cell, the condenser lens concentrates incident light incident along the optical axis of the condenser lens onto the circumference of a circle having a radius (r) with the optical axis as the center, and the light receiving surface of the photoelectric conversion cell is the inner peripheral surface of the photoelectric conversion cell and is disposed along the circumference.

(57) 要約: 本発明は、高い光電変換効率を得ることが可能な、集光型太陽光発電装置を提供することを目的とする。本発明における集光型太陽光発電装置は、集光レンズと、筒状の光電変換セルと、を備え、集光レンズは、集光レンズの光軸に沿って入射した入射光を、光軸を中心とした、半径 r の円の円周上に集光させ、光電変換セルの受光面は、光電変換セルの内周面であり、円周上に沿って配置される。

明細書

発明の名称

集光型太陽光発電装置

5

技術分野

本発明は、集光型太陽光発電装置に関する。

背景技術

10 近年、太陽光発電装置は、クリーンエネルギー源として注目を集めている。高効率な太陽光発電装置として、集光型太陽光発電装置が挙げられる。

図1に、集光型太陽光発電装置の構成の一例を示す。図1は、集光型太陽光発電装置1の断面図を示す。集光型太陽光発電装置1は、集光レンズ2と、積層光電変換セル3を有する。積層光電変換セル3は、感度波長帯が互いに異なる複数の個別光電変換セル4～6が積層された構成を有する。集光型太陽光発電装置1に入射する入射光(太陽光)7は、集光レンズ2の光軸8と平行に、集光レンズ2に入射する。そして、集光レンズ2を透過した透過光9は集光され、光軸8に垂直な受光面10上に焦点を結ぶ。なお、図1に示す集光型太陽光発電装置1においては、集光レンズ2として、片面のみがレンズ曲面11で、反対側の面である太陽光入射面は、平面である。しかし、
15 集光レンズ2は、両面がレンズ曲面であってもよい。或いは、集光レンズ2は、フレネルレンズであってもよい。

積層光電変換セル3の光電変換効率の光波長依存性を、図2に示す。図2のグラフの曲線12～14はそれぞれ、個別光電変換セル4～6の光電変換効率の光波長依存性を示す。太陽光は幅広いスペクトルを有するが、単接合の光電変換セルを用いた場合、その一部の波長帯しか光電変換に利用できない。このため、異なる感度波長帯を持つ複数の光電変換セルを積層して、幅広いスペクトルを光電変換に利用する方法が知られている。この方法においては、高効率であるが高コストな化合物半導体がい
25 られることが多い。そこで、高価な化合物半導体の使用量を抑えて低コストにするため、集光型太陽光発電装置1のように、太陽光を集光レンズで集光することで、受光

面積を小さくしてから、光電変換する方法が用いられる場合がある。

しかしながら、集光型太陽光発電装置1においては、積層光電変換セル3の受光面10から入射した光が、複数の個別光電変換セルを通過するにしたがって、散乱や吸収、境界面での反射を受け、損失する場合がある。そのため、発電効率が上がらないという問題が生じる。

この問題を解決する方法として、色収差を利用した集光型太陽光発電装置が提案されている。色収差を利用した集光型太陽光発電装置に関する技術が、例えば特許文献1に記載されている。

特許文献1に記載された集光型太陽光発電装置の断面図を図3に示す。集光型太陽光発電装置20は、集光レンズ21と、積層光電変換セル22を有する。積層光電変換セル22は、感度波長帯が互いに異なる複数の個別光電変換セル23～25が積層された構成を有する。集光型太陽光発電装置20に入射する入射光26は、集光レンズ21の光軸27と平行に、集光レンズ21に入射する。集光レンズ21を透過した透過光28は、その波長により屈折率が異なる、いわゆるレンズの分散特性のため、波長ごとに光軸27の異なる位置に焦点を結ぶ。これは軸上色収差と呼ばれる現象である。図3においては、例として、短波長帯光線29、中波長帯光線30、長波長帯光線31の3種類の異なる波長帯の光線を示している。そして、各波長帯の光電変換に適した個別光電変換セル23～25を、それぞれ各波長帯の焦点位置に配置することで、全ての光を積層光電変換セル22の表面(受光面)から最も近い接合部で光電変換させることができる。この場合、各個別光電変換セル23～25は、光軸27の周りに円筒状の受光面32を有する。受光面32は、光軸27に対して外側に向いている。なお、集光レンズ21は、片面のみがレンズ曲面33で、反対側の面である太陽光入射面は、平面である。

図4は、集光型太陽光発電装置20の斜視図である。図5は、集光型太陽光発電装置20が有する積層光電変換セル22の上面図である。光軸27の周りに基盤34が配置され、その周りに光電変換をするための接合部35が配置される。また、積層光電変換セル22の最外周が受光面32である。透過光28は、外側から受光面32に入射する。しかしながら、集光型太陽光発電装置20においては、図3に示すように、光軸27に近い入射光26aの透過光28aは、受光面32に対して、小さい入射角Iで入射する。

そのため、透過光28aの大部分は反射光28bとなって反射される。これにより、太陽光発電装置の光電変換効率が下がってしまうという問題が生じる。

なお、特許文献1においては、図6に示すように、円錐型の積層光電変換セル36を用いる例も開示されている。積層光電変換セル36は、個別光電変換セル37～39が積層された構成を有する。この場合、光軸27に近い入射光26aの透過光28aの受光面40に対する入射角Iは、図3に示す入射角Iと比較して大きい。そのため、透過光28aの反射を抑えることができる。

先行技術文献

特許文献

10 特許文献1：特願2009-285435号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

しかしながら、図6に示すような円錐型の積層光電変換セル36を用いた場合、積層光電変換セル36の受光面は、集光レンズ21から離れる程、光軸27から離れる。これにより、集光された光の焦点がぼやけてしまい、スペクトルの分離が不完全となってしまう。そのため、光電変換効率の向上はほとんど期待できない。

本発明は上記問題に鑑みて、高い光電変換効率を得ることが可能な、集光型太陽光発電装置を提供することを目的とする。

20

課題を解決するための手段

前記目的を達成するため、本発明における集光型太陽光発電装置は、集光レンズと、筒状の光電変換セルと、を備え、集光レンズは、集光レンズの光軸に沿って入射した入射光を、光軸を中心とした、半径 r の円の円周上に集光させ、光電変換セルの受光面は、光電変換セルの内周面であり、円周上に沿って配置される。

25

本発明における集光レンズは、集光レンズの光軸に沿った断面と、入射光を点状に集光させる点状集光レンズの光軸に沿った断面のうち所定の領域とが、相似形状にあり、集光レンズの光軸に沿って入射した入射光を、集光レンズの光軸を中心とした、半径 r の円の円周上に集光させる。

本発明における光電変換セルは、筒状形状であり、筒状形状の内周面に受光面を有し、集光レンズにより光が集光する円の円周上に配置される。

発明の効果

- 5 本発明により、高い光電変換効率を得ることが可能な集光型太陽光発電装置を実現することができる。

図面の簡単な説明

- [図1]本発明に関連する集光型太陽光発電装置の断面図を示す。
- 10 [図2]光電変換セルの光電変換効率の光波長依存性を示したグラフを示す。
- [図3]本発明に関連する集光型太陽光発電装置の断面図を示す。
- [図4]本発明に関連する集光型太陽光発電装置の斜視図を示す。
- [図5]本発明に関連する集光型太陽光発電装置が有する積層光電変換セルの上面図を示す。
- 15 [図6]本発明に関連する集光型太陽光発電装置の断面図を示す。
- [図7]本発明の第1の実施形態における集光型太陽光発電装置の断面図を示す。
- [図8A]本発明の第1の実施形態における集光レンズの断面図を示す。
- [図8B]本発明の第1の実施形態における集光レンズにより形成された焦点リングを、図8Aの上面から見た図である。
- 20 [図9]本発明の第1の実施形態における光電変換セルの構造を示す。
- [図10]本発明の第2の実施形態における集光型太陽光発電装置の断面図を示す。
- [図11]本発明の第2の実施形態における光電変換セルの、集光レンズの光軸に垂直な面における断面図を示す。
- 25 [図12]本発明の第2の実施形態における光電変換セルの斜視図を示す。
- [図13]本発明に関連する集光レンズの断面図を示す。
- [図14]本発明の第3の実施形態における集光型太陽光発電装置の断面図を示す。
- [図15]本発明の第3の実施形態における光電変換セルの斜視図を示す。

発明を実施するための形態

本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。しかしながら、係る形態は本発明の技術的範囲を限定するものではない。

5 [第1の実施形態]

本発明の第1の実施形態における集光型太陽光発電装置100について、図7～図9を用いて説明する。図7は、本実施形態における集光型太陽光発電装置100の、集光レンズの光軸に沿った断面図を示す。

10 集光型太陽光発電装置100は、集光レンズと101と、筒状の光電変換セル102と、を備える。

図8に、集光レンズ101の構造を示す。図8Aは、集光レンズ101の断面図を示す。なお、集光レンズ101の透過光は、1点に集光されるのではなく、光軸103を中心とした円の円周上に沿って、リング状に集光される。以下、このように集光されることを、焦点リングを形成すると呼ぶことにする。図8Bは、集光レンズ101により形成された焦点
15 リングを、図8Aの上面から見た図である。図8に示すように、集光レンズ101の光軸103に沿って入射した入射光104は、光軸103を中心とした、半径 r の円の円周上に集光される。

光電変換セル102の受光面105は、図7に示すように、光電変換セル102の内周面であり、光軸103を中心とした半径 r の円の、円周上に沿って配置される。なお、光
20 電変換セル102の斜視図を、図9に示す。図7に示すように、光電変換セル102の筒状形状の中心軸が、集光レンズ101の光軸103と平行となるように、光電変換セル102は配置されている。

以上のような構造とすることで、集光型太陽光発電装置100においては、集光レンズ101に入射した入射光104を、光電変換セル102の受光面105に集光させることが可能となる。そのため、透過光の大部分を、光電変換セル102の表面(受光面)から最も近い接合部で光電変換させることが可能となり、光電変換セル内を透過させることによる光の損失を抑制できる。また、受光面105は、焦点レンズ101が入射光を
25 集光する円周上に配置されるため、集光された光の焦点がぼやけることない。

そのため、本実施形態の集光型太陽光発電装置100においては、高い光電変換効

率を得ることが可能となる。

〔第2の実施形態〕

本発明の第2の実施形態における集光型太陽光発電装置について、図10を用いて説明する。図10は、本実施形態における集光型太陽光発電装置200の、集光レンズ
5 の光軸に沿った断面図を示す。

集光型太陽光発電装置200は、集光レンズ201と、筒状の光電変換セル202と、を備える。

集光レンズ201は、集光レンズ201の光軸203に沿って入射した入射光204を、複数の波長帯に分離する。そして、集光レンズ201は、入射光204を、該複数の波長帯
10 ごとに、光軸203上の異なる位置を中心とした、半径 r の円の円周上に集光させる。

光電変換セル202は、感度波長帯が互いに異なる、筒状の複数の個別光電変換セル205～207が積層された構成を有する。なお、個別光電変換セル205～207はそれぞれ、それぞれの感度波長帯に対応する波長帯が集光する円周上に配置される。

光電変換セル202の受光面208は、光電変換セル202の内周面であり、集光レンズ201の光軸203と平行である。すなわち、複数の個別光電変換セル205～207が
15 形成する筒状形状の中心軸は、集光レンズ201の光軸203と平行である。

太陽からの入射光204は、集光レンズ201を通過した後、集光される。ここで、集光レンズ201を透過する際の光の屈折率は、光波長に依存する。そのため、入射光204は複数の波長帯に分離され、色収差が生じる。図10では、透過光を3つの波長光
20 線、すなわち、短波長帯光線209、中波長帯光線210、長波長帯光線211に分けて説明する。

なお、集光レンズ201の透過光は、1点に集光されるのではなく、光軸203を中心とした円の円周上に沿って、リング状に集光される。すなわち、集光レンズ201は、透過光を集光することで焦点リングを形成する。

25 本実施形態においては、集光レンズ201により発生する色収差により、各波長の透過光は、光軸203の異なる位置を中心として、焦点リングを形成する。図10において、短波長帯光線209Aと209aとの交点、及び209Bと209bとの交点は、短波長帯光線209が形成する焦点リングの断面を示す。同様に、中波長帯光線210Aと210aとの交点、及び210Bと210bとの交点は、中波長帯光線210が形成する焦点リングの

断面を示す。同様に、長波長帯光線211Aと211aとの交点、及び211Bと211bとの交点は、長波長帯光線211が形成する焦点リングの断面を示す。

図10において、集光レンズ201への入射光204のうち、光軸203から最も離れた光線の一つを、光線204Aとする。そして、光線204Aが集光レンズ201を透過した光である、透過光の各波長帯の光線を、短波長帯光線209A、中波長帯光線210A、長波長帯光線211Aとする。

更に、光軸203に対して、光線204Aと対称となる位置の入射光線を、光線204Bとする。そして、光線204Bが集光レンズ201を透過した光である、透過光の各波長帯の光線を、短波長帯光線209B、中波長帯光線210B、長波長帯光線211Bとする。

また、光軸203に最も近い入射光線のうち、光線204Aに近い光線を、光線204aとする。そして、光線204aが集光レンズ201を透過した光である透過光の各波長光線を短波長帯光線209a、中波長帯光線210a、長波長帯光線211aとする。また、光軸203に最も近い入射光線のうち、光線204Bに近い光線を204bとする。そして、光線204bが集光レンズ201を透過した光である透過光の各波長帯の光線を、短波長帯光線209b、中波長帯光線210b、長波長帯光線211bとする。なお、これらは、光線のうちの一部を代表的に記したものである。

そして、短波長帯光線、中波長帯光線及び長波長帯光線のそれぞれの焦点リングの位置には、各波長帯の光電変換に適した個別光電変換セルが配置される。図10には、短波長帯光線の焦点リングに沿って配置された個別光電変換セル205の断面、中波長帯光線の焦点リングに沿って配置された個別光電変換セル206の断面、及び長波長帯光線の焦点リングに沿って配置された光電変換セル207の断面が示されている。光電変換セル202は、光軸203を中心とした円柱形をしている。また、受光面208は光電変換セル202の内周面に配置され、光軸203と対向している。

図11に、光電変換セル202の、光軸203に垂直な面における断面図を示す。受光面208、及び光電変換を行う接合部216は、光軸203を中心とする円の円周に沿って配置される。また、受光面208は光軸203と対向する。そして、集光レンズ201を透過した透過光212は、光電変換セル202の円周の外に向かって、受光面208に入射する。なお、受光面208の内側には、空洞213が形成されている。

図12は、光電変換セル202の斜視図である。各波長帯に対応する個別光電変換セル205～207はそれぞれ、光軸203を軸とする円筒形をしており、光軸203方向に配列している。なお、個別光電変換セル205～207それぞれの円筒の内周面が、受光面208である。

- 5 図13に、本発明に関連する集光レンズ300の断面図を示す。集光レンズ300は、入射光を1点に集光する集光レンズ300である。集光レンズ300に入射する入射光301は集光レンズ300を透過する。そして、透過光は集光レンズ300の光軸302上に焦点を結ぶ。ここで、入射光301が集光レンズ300を透過した光である透過光は、集光レンズ300において発生する色収差によって波長ごとに分離し、光軸302上の互いに異なる位置に焦点を結ぶ。図13では、透過光のうち短波長帯光線303、中波長帯光線304、長波長帯光線305を代表して示す。焦点306～308はそれぞれ、光線303～305の点状焦点である。
- 10

- 図13に示す集光レンズ300において、光軸302から半径 s の円の範囲内における、レンズ曲面309の接面310の傾きを $t(s)$ とする。なお、図13に示す断面図は、光軸302に沿った断面図であるため、接面310は接線として描かれている。
- 15

- 一方、本実施形態における集光レンズ201における透過光は、図10に示すように、光軸203を中心とした半径 r の円周上に集光され、焦点リングを形成する。ここで、図10における集光レンズ201において、光軸203から半径 R の位置でのレンズ曲面214の接面215の傾きを $T(R)$ とする。このとき、集光レンズ201のレンズ曲面214と、集光レンズ300のレンズ曲面309との間には、 $T(R) = t(r+R)$ （以下、式(1)とする）の関係がある。すなわち、点状焦点を形成する集光レンズ300のレンズ曲面309と式(1)の関係を有するレンズ曲面を持つ集光レンズを形成することによって、集光レンズ201を実現できる。なお、点状焦点を形成する集光レンズ300としてよく使われるのが球面レンズである。球面レンズのレンズ曲面は、半径 Z の球面の一部の形状をしている。このとき、図13の s 、 t 及び Z の間に $s = Z \times \sin(t)$ （以下、式(2)とする）の関係がある。この式(2)によって、球面レンズのレンズ曲面形状が規定される。
- 20
- 25

ここで、集光レンズ201と集光レンズ300とが、式(1)の関係を有することは、集光レンズ300の光軸302から半径 r の円の範囲の外側の領域におけるレンズ曲面断面と、集光レンズ201のレンズ曲面断面とが、相似形状をしていることを意味する。

そして、このようなレンズ曲面を持つ集光レンズ201を用いれば、光軸の周りに半径 r の焦点リングを形成することができる。

なお、ここまでは、集光レンズ300が球面レンズである場合について説明した。しかしながら、集光レンズ300として、球面収差などを補正した非球面レンズを用いた場合でも同様のことが成り立つ。すなわち、実質的に1点に焦点を結ぶ集光レンズ300のレンズ曲面がいかなる形状であっても、集光レンズ201との間に $T(R)=t(r+R)$ の関係が成り立つ。

以上のように、本実施形態における集光レンズ201を透過した透過光は、集光レンズ201の光軸203の周りに有限半径(半径 r)の焦点リングを形成する。そして、集光レンズ201において発生する色収差により、焦点リングは、波長に応じて光軸方向に異なる位置に形成される。すなわち、透過光は全体として、スペクトル分解された円筒状の焦点を形成する。

そして、この円筒状の焦点の、各波長帯に対応する位置に、その波長帯の光電変換に適した個別光電変換セルを配置する。これにより、全ての波長帯の光が、個別光電変換セルの受光面から最も近い接合部で光電変換される。そのため、透過光が、光電変換セル内を透過する必要が生じていた、図1に示すような積層型の光電変換セルと比べて、光の損失を低減することができる。

また、図3に示す集光型太陽光発電装置20の場合、一部の透過光と光軸との角度が小さくなる。以下では、この一部の透過光と光軸との角度を、透過光角と呼ぶことにする。すなわち、集光レンズ21の光軸近傍の入射光の透過光角はゼロに近い値となる。すなわち、透過光は光軸14とほぼ平行となる。この場合、透過光の、光電変換セルの受光面に対する入射角は小さくなり、透過光の反射が発生しやすい。このように、図3に示す集光型太陽光発電装置20においては、光軸に平行である受光面の表面で、透過光の大部分が反射してしまう。そのため、集光レンズ21を透過した透過光の一部しか光電変換に使われず、発電効率が上がらないという問題があった。

一方、本実施形態の集光レンズ201においては、光軸近傍の入射光の透過光角は大きく、最小の透過光角(図10のJ)であっても、ある程度の大きさを確保できる。このため、光軸と平行である光電変換セルの受光面208に対する透過光の入射角 I は、図3に示す集光型太陽光発電装置20と比べて大きくなり、受光面での反射を抑制する

ことができる。そのため、より高い光電変換効率を得ることができる。

なお、本実施形態においては、光電変換セル202は、3つの個別光電変換セルを積層させて、光軸方向に配列させた構造としたが、これに限らない。例えば、2つの個別光電変換セルが配列した構造としても良い。或いは、4つ以上の個別光電変換セルが配列した構造としても良い。すなわち、透過光の波長帯を任意の数に分けて、それぞれの波長帯に対応する個別光電変換セルを用いることとしても良い。

[第3の実施形態]

本発明の第3の実施形態における集光型太陽光発電装置について、図14を用いて説明する。本実施形態における集光型太陽光発電装置400は、集光レンズ401と、筒状の光電変換セル402と、を有する。なお、集光レンズ401は、第2の実施形態における集光レンズ201と同様の構造を有する。

光電変換セル402は、感度波長帯が互いに異なる、筒状の複数の個別光電変換セル403～405が、集光レンズ401の光軸409方向に配列した構成を有する。個別光電変換セル403～405はそれぞれ、それぞれの感度波長帯に対応する波長帯が集光する円周上に配置される。そして、個別光電変換セル403～405の受光面406～408はそれぞれ、個別光電変換セル403～405の内周面に形成されており、集光レンズ401の光軸409と対向している。また、受光面406～408はそれぞれ、集光レンズ401から離れるに従って、光軸409に近づくように、光軸409に対して傾斜している。なお、個別光電変換セル403～405が形成する筒状形状の中心軸は、集光レンズ401の光軸409と平行である。そのため、受光面406～408はそれぞれ、個別光電変換セル403～405の中心軸に対して傾斜することになる。

図15に、本実施形態における光電変換セル402の斜視図を示す。個別光電変換セル403～405の受光面406～408はそれぞれ、円錐台の側面の形状をしている。

このような構造とした場合、受光面406～408が光軸409と平行である場合と比較して、透過光角がより大きくなる。すなわち、光電変換セル402を用いた場合、透過光の受光面に対する入射角 θ は 90° により近くなり、受光面上での反射をより抑制することができる。

以上のように、本実施形態の集光型太陽光発電装置400においては、個別光電変換セルの受光面がそれぞれ、集光レンズから離れるに従って、集光レンズの光軸に近

づくように、光軸に対して傾斜している。そのため、第1の実施形態における集光型太陽光発電装置200と比較して、透過光の受光面に対する入射角をより大きくすることができる。これにより、より高い光電変換効率を得ることができる。

5 なお、本実施形態においても、第1の実施形態と同様、積層する個別光電変換セルの数は、特に限定されない。

また、第1乃至第3の実施形態において示した集光レンズ101、201、401はいずれも、片面のみにレンズ曲面を持つ片面曲線レンズとしたが、これに限らない。すなわち、集光レンズとして、両面にレンズ曲面を有する両面曲線レンズや、フレネルレンズを用いることとしても良い。

10 上記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

（付記1）集光レンズと、筒状の光電変換セルと、を備え、前記集光レンズは、前記集光レンズの光軸に沿って入射した入射光を、前記光軸を中心とした、半径 r の円の円周上に集光させ、前記光電変換セルの受光面は、前記光電変換セルの内周面であり、
15 前記円周上に沿って配置されることを特徴とする、集光型太陽光発電装置。

（付記2）前記集光レンズは、前記入射光を複数の波長帯に分離し、前記複数の波長帯ごとに、前記光軸上の異なる位置を中心とした、半径 r の円の円周上に集光させ、前記光電変換セルは、感度波長帯が互いに異なる複数の個別光電変換セルが前記光軸方向に配列した構成を有し、前記複数の個別光電変換セルはそれぞれ、それぞれ
20 ぞれの前記感度波長帯に対応する波長帯が集光する前記円周上に配置されることを特徴とする、付記1に記載の集光型太陽光発電装置。

（付記3）前記受光面は、前記光軸と平行に形成されることを特徴とする、付記1又は2に記載の集光型太陽光発電装置。

（付記4）前記複数の個別光電変換セルのそれぞれの受光面は、前記集光レンズから離れるに従って前記光軸に近づくように、前記光軸に対して傾斜していることを特徴とする、付記2に記載の集光型太陽光発電装置。
25

（付記5）前記集光レンズの光軸に対し、前記筒状の光電変換セルの中心軸は平行に配置されていることを特徴とする、付記3又は4に記載の集光型太陽光発電装置。

（付記6）前記集光レンズの前記光軸に沿った断面と、入射光を点状に集光させる点

状集光レンズの光軸に沿った断面のうち所定の領域とは、相似形状にあり、前記所定の領域とは、前記点状集光レンズの光軸から半径 r の円の範囲外となる領域であることを特徴とする、付記1乃至5のいずれか一つに記載の集光型太陽光発電装置。

(付記7)前記集光レンズは、フルネルレンズ、両面曲線レンズ、及び片面曲線レンズのうちいずれか一つであることを特徴とする、付記1乃至6のいずれか一つに記載の集光型太陽光発電装置。

(付記8)集光レンズであって、前記集光レンズの光軸に沿った断面と、入射光を点状に集光させる点状集光レンズの光軸に沿った断面のうち所定の領域とが、相似形状にあり、前記集光レンズの光軸に沿って入射した入射光を、前記集光レンズの光軸を中心とした、半径 r の円の円周上に集光させることを特徴とする、集光レンズ。

(付記9)筒状形状であり、前記筒状形状の内周面に受光面を有し、集光レンズにより光が集光する円の円周上に配置される特徴とする、光電変換セル。

(付記10)感度波長帯が互いに異なる複数の筒状形状の個別光電変換セルが配列した構成を有し、前記複数の個別光電変換セルはそれぞれ、それぞれの前記感度波長帯に対応する波長帯が、前記集光レンズにより集光する円の円周上に配置されることを特徴とする、付記9に記載の光電変換セル。

(付記11)前記複数の個別光電変換セルのそれぞれの受光面は、前記筒状形状の中心軸に対して傾斜していることを特徴とする、付記10に記載の光電変換セル。

(付記12)前記複数の筒状形状の個別光電変換セルのそれぞれの受光面は、前記集光レンズの光軸と平行に形成されることを特徴とする、付記10に記載の光電変換セル。

(付記13)前記複数の筒状形状の個別光電変換セルのそれぞれの受光面は、前記集光レンズの光軸に対して傾斜していることを特徴とする、付記10に記載の光電変換セル。

(付記14)前記複数の筒状形状の個別光電変換セルの中心軸は、前記集光レンズの光軸と平行に形成されることを特徴とする、付記11乃至13のいずれか一つに記載の光電変換セル。

以上、好ましい実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記実施形態に限定されものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明のスコープ内

で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

この出願は、2011年5月24日に提出された日本出願特願2011-116000号を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

5 符号の説明

- 1、20、100、200、400 集光型太陽光発電装置
- 2、21、101、201、300、401 集光レンズ
- 3、22、36 積層光電変換セル
- 4～6、23～25、37～39、205～207、403～405 個別光電変換セル
- 10 7、26、26a、104、204A、204B、204a、204b、301 入射光
- 8、27、103、203、302、409 光軸
- 9、28、28a、212 透過光
- 10、32、40、105、208、406～408 受光面
- 11、33、214、309 レンズ曲面
- 15 12～14 光電変換効率の光波長依存性を示す曲線
- 28b 反射光
- 29、209A、209B、209a、209b、303 短波長帯光線
- 30、210A、210B、210a、210b、304 中波長帯光線
- 31、211A、211B、211a、211b、305 長波長帯光線
- 20 34 基盤
- 35、216 接合部
- 102、202、402 光電変換セル
- 213 空洞
- 215、310 接面
- 25 306～308 焦点

請求の範囲

[請求項1]

集光レンズと、

筒状の光電変換セルと、を備え、

- 5 前記集光レンズは、前記集光レンズの光軸に沿って入射した入射光を、前記光軸を中心とした、半径 r の円の円周上に集光させ、

前記光電変換セルの受光面は、前記光電変換セルの内周面であり、前記円周上に沿って配置されることを特徴とする、集光型太陽光発電装置。

[請求項2]

- 10 前記集光レンズは、前記入射光を複数の波長帯に分離し、前記複数の波長帯ごとに、前記光軸上の異なる位置を中心とした、半径 r の円の円周上に集光させ、

前記光電変換セルは、感度波長帯が互いに異なる複数の個別光電変換セルが前記光軸方向に配列した構成を有し、前記複数の個別光電変換セルはそれぞれ、それぞれの前記感度波長帯に対応する波長帯が集光する前記円周上に配置されることを

- 15 特徴とする、請求項1に記載の集光型太陽光発電装置。

[請求項3]

前記受光面は、前記光軸と平行に形成されることを特徴とする、請求項1又は2に記載の集光型太陽光発電装置。

[請求項4]

- 20 前記複数の個別光電変換セルのそれぞれの受光面は、前記集光レンズから離れるに従って前記光軸に近づくように、前記光軸に対して傾斜していることを特徴とする、請求項2に記載の集光型太陽光発電装置。

[請求項5]

- 25 前記集光レンズの前記光軸に沿った断面と、入射光を点状に集光させる点状集光レンズの光軸に沿った断面のうち所定の領域とは、相似形状にあり、

前記所定の領域とは、前記点状集光レンズの光軸から半径 r の円の範囲外となる領域であることを特徴とする、請求項1乃至4のいずれか一項に記載の集光型太陽光発電装置。

[請求項6]

- 30 前記集光レンズは、フルネルレンズ、両面曲線レンズ、及び片面曲線レンズのうちい

いずれか一つであることを特徴とする、請求項1乃至5のいずれか一項に記載の集光型太陽光発電装置。

[請求項7]

集光レンズであって、

- 5 前記集光レンズの光軸に沿った断面と、入射光を点状に集光させる点状集光レンズの光軸に沿った断面のうち所定の領域とが、相似形状にあり、前記集光レンズの光軸に沿って入射した入射光を、前記集光レンズの光軸を中心とした、半径 r の円の円周上に集光させることを特徴とする、集光レンズ。

[請求項8]

- 10 筒状形状であり、

前記筒状形状の内周面に受光面を有し、

集光レンズにより光が集光する円の円周上に配置される特徴とする、光電変換セル。

[請求項9]

- 15 感度波長帯が互いに異なる複数の筒状の個別光電変換セルが配列した構成を有し、

前記複数の個別光電変換セルはそれぞれ、それぞれの前記感度波長帯に対応する波長帯が、前記集光レンズにより集光する円の円周上に配置されることを特徴とする、請求項8に記載の光電変換セル。

- 20 [請求項10]

前記複数の個別光電変換セルのそれぞれの受光面は、前記筒状形状の中心軸に対して傾斜していることを特徴とする、請求項9に記載の光電変換セル。

図1

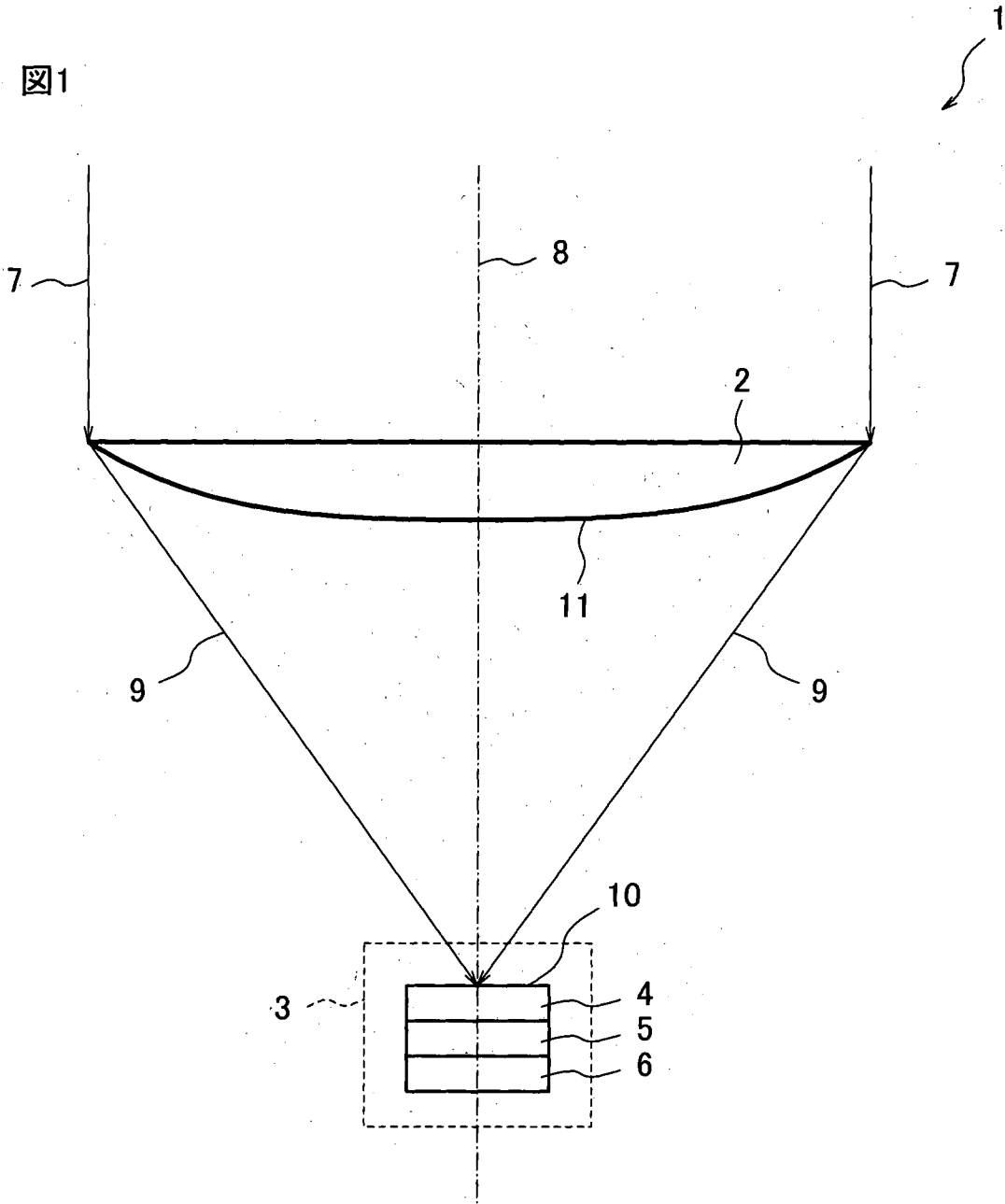
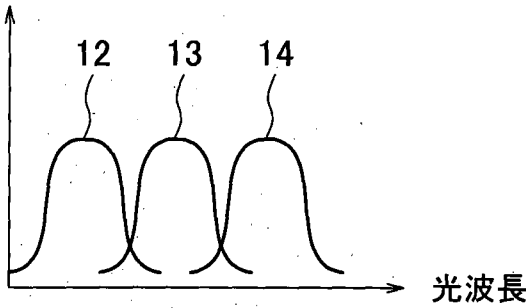


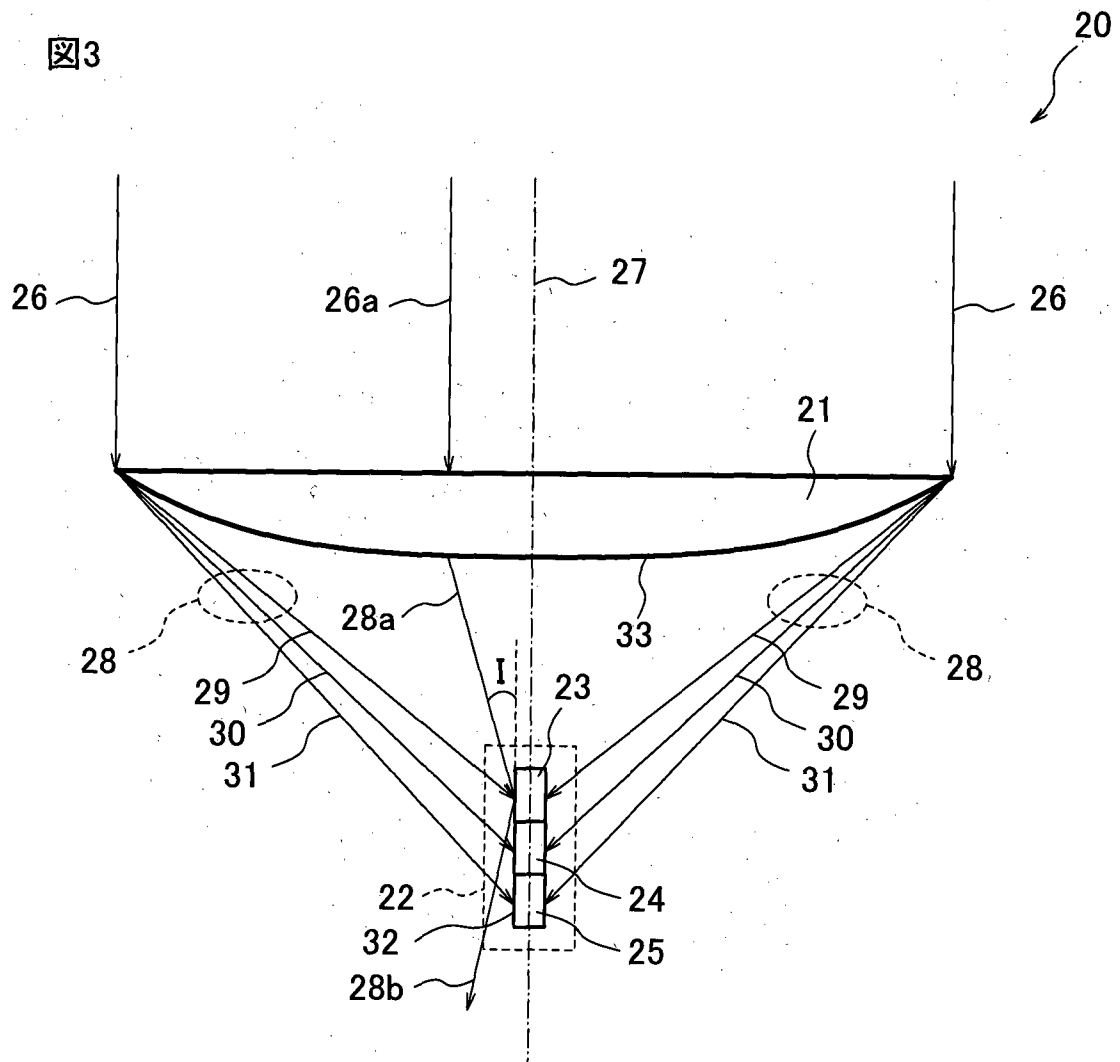
図2

光電変換効率



2/11

図3



3/11

図4

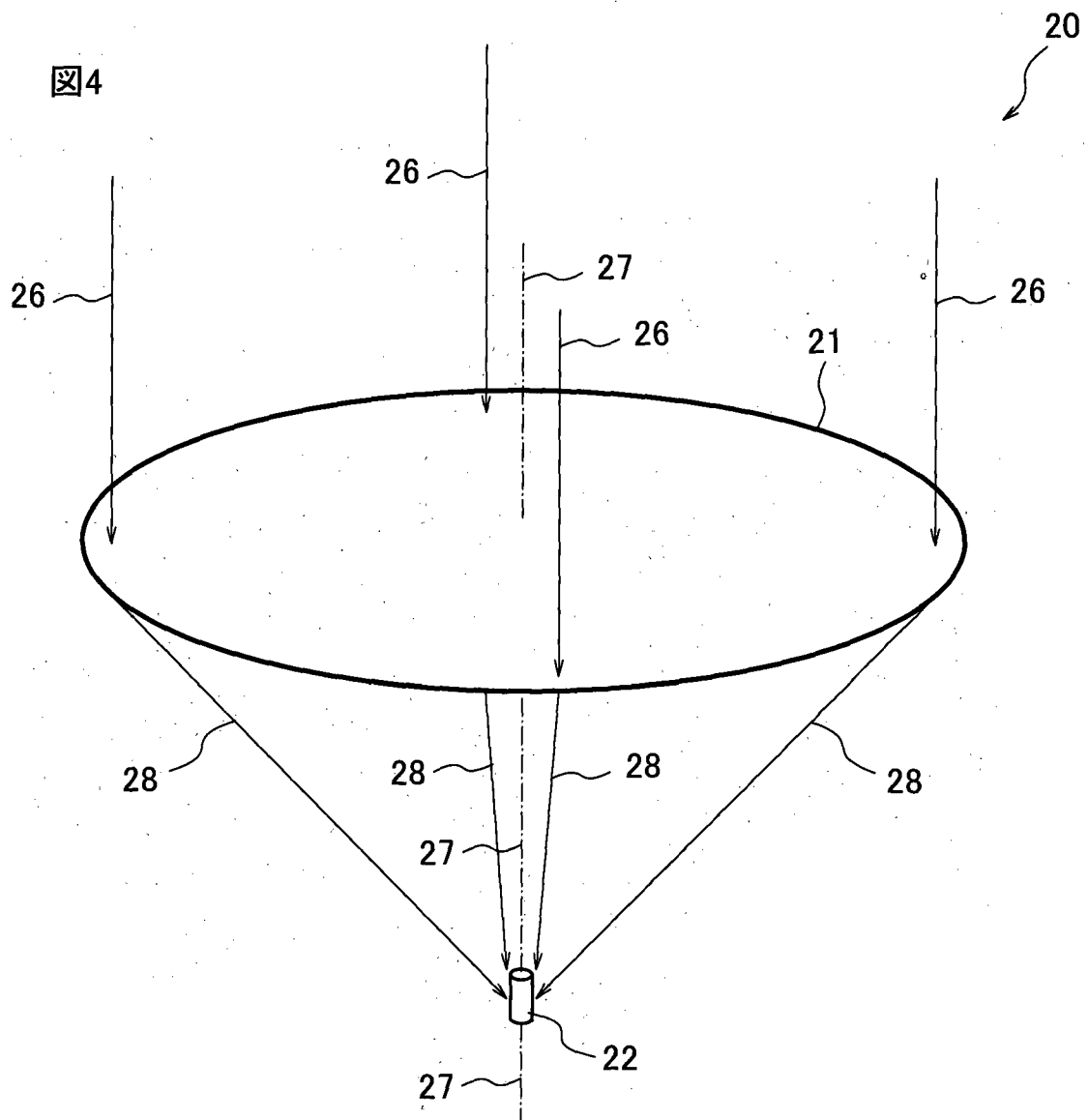


図5

22

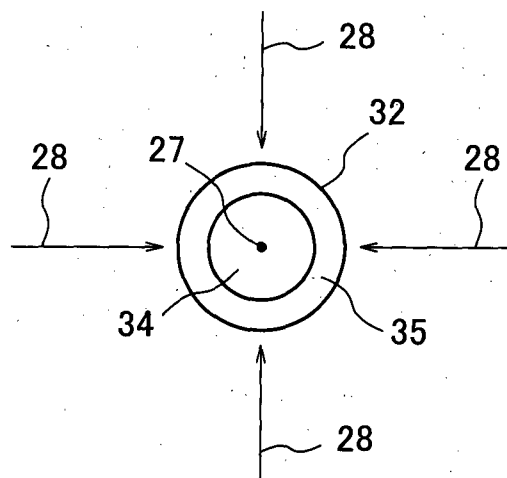


図6

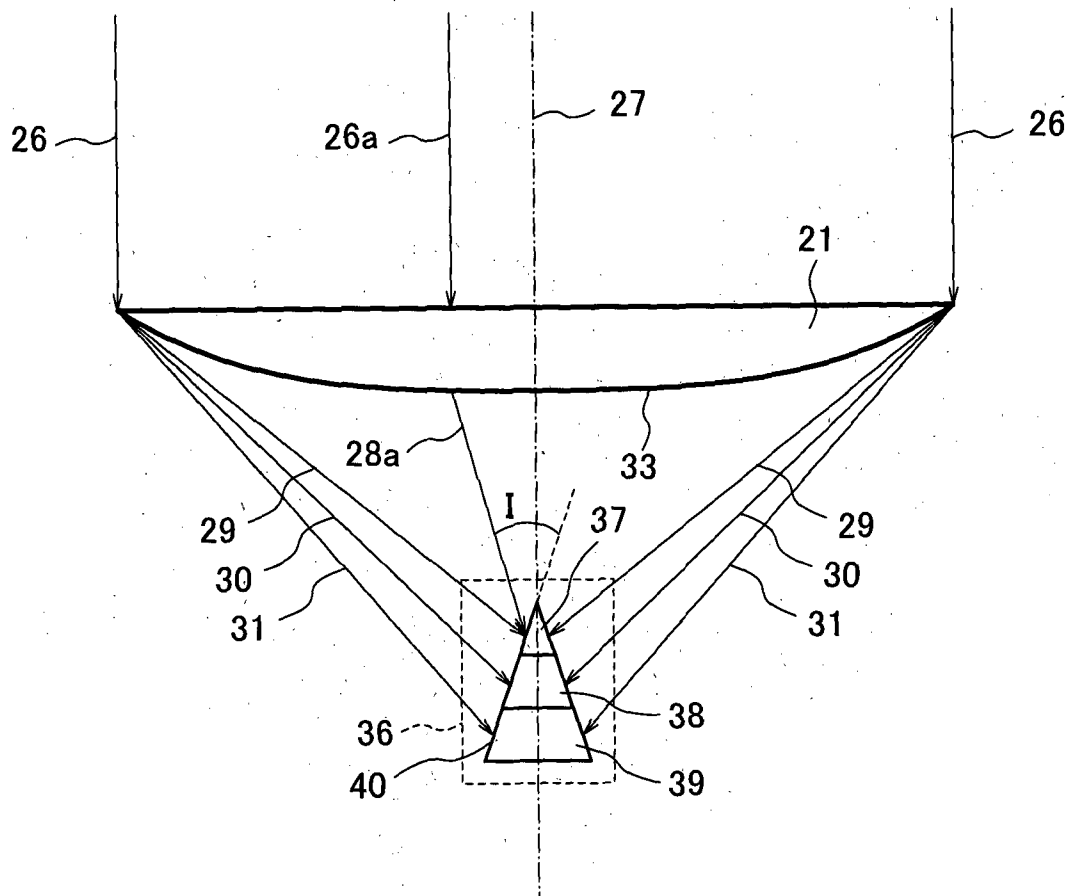
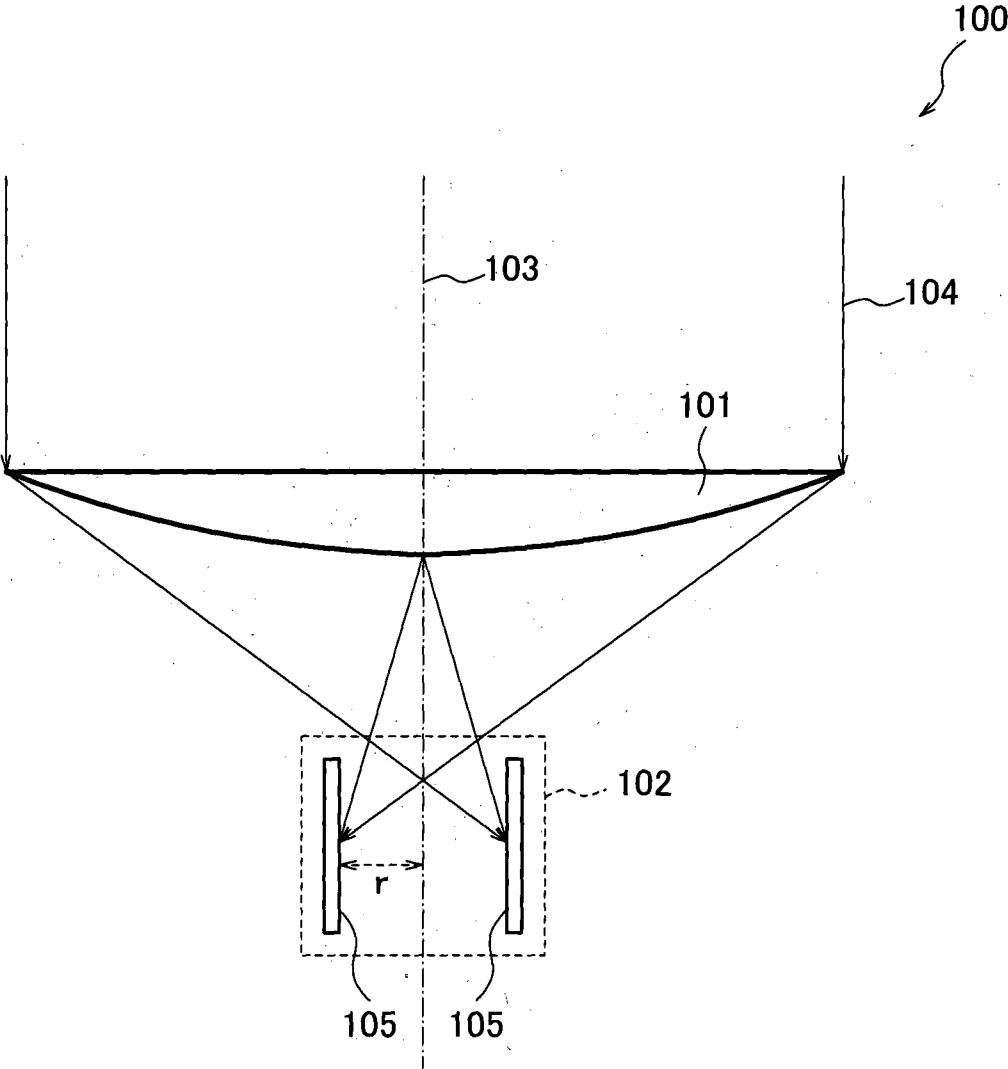


図7



6/11

図8A

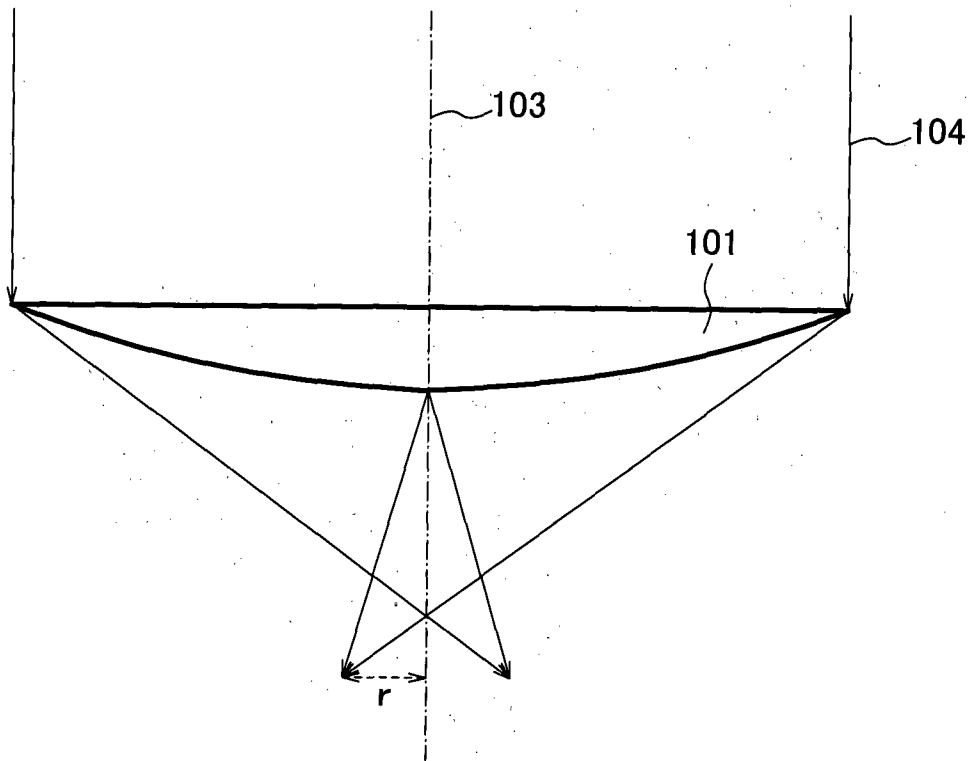
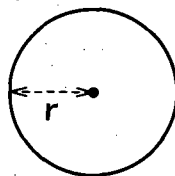


図8B



7/11

図9

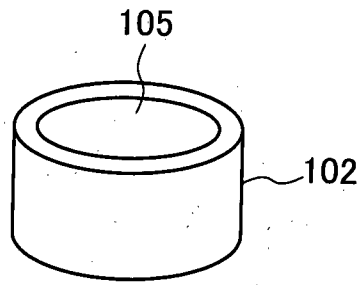


图10

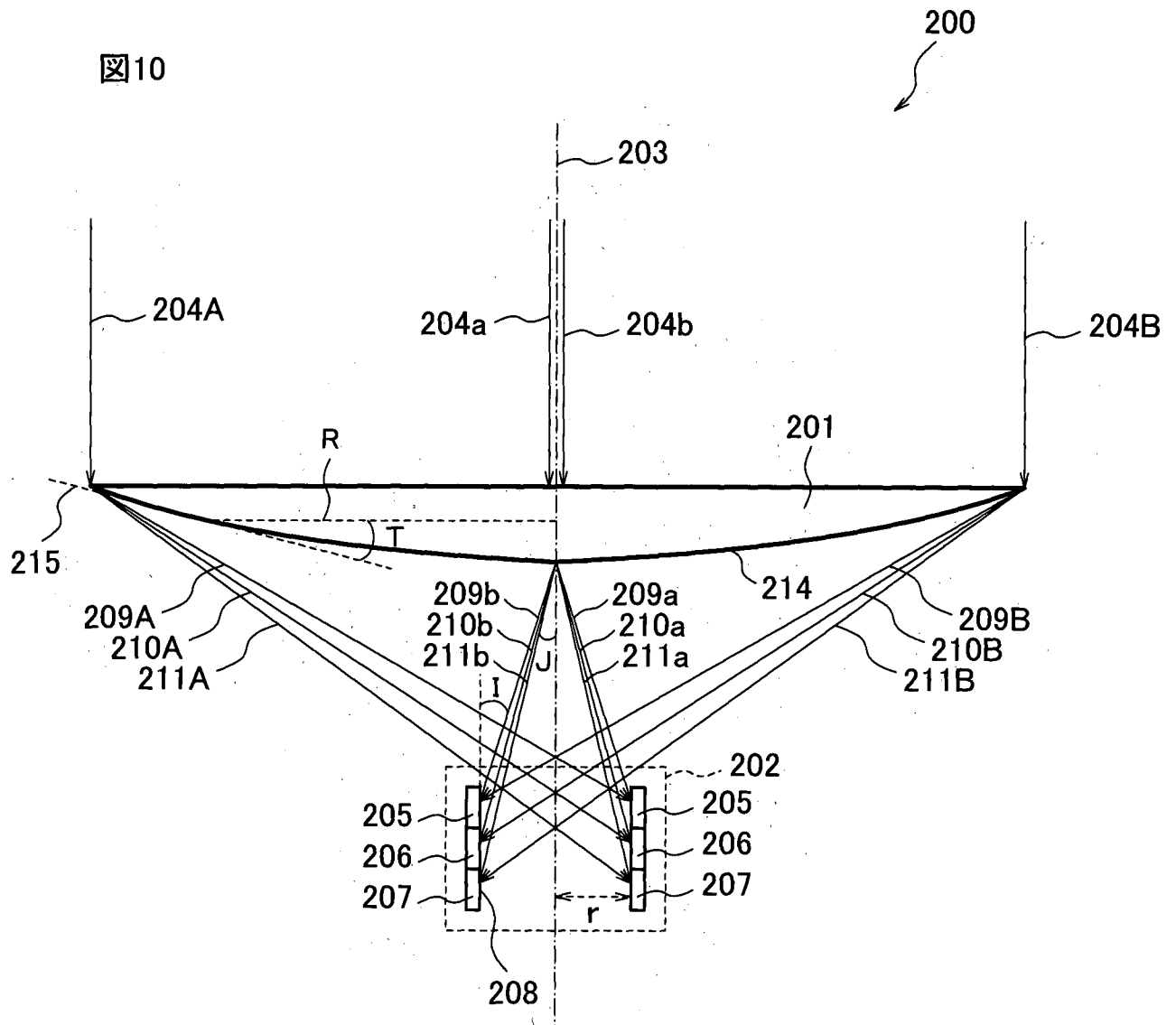
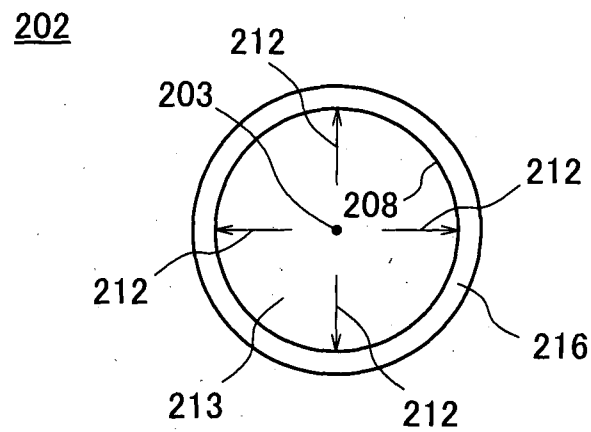


圖 11



9/11

図12

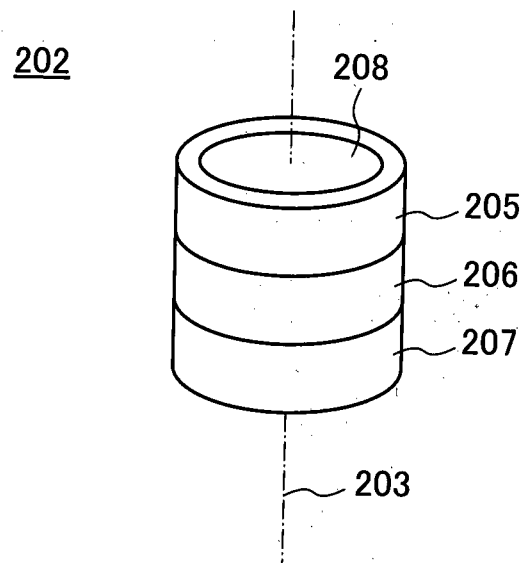


図13

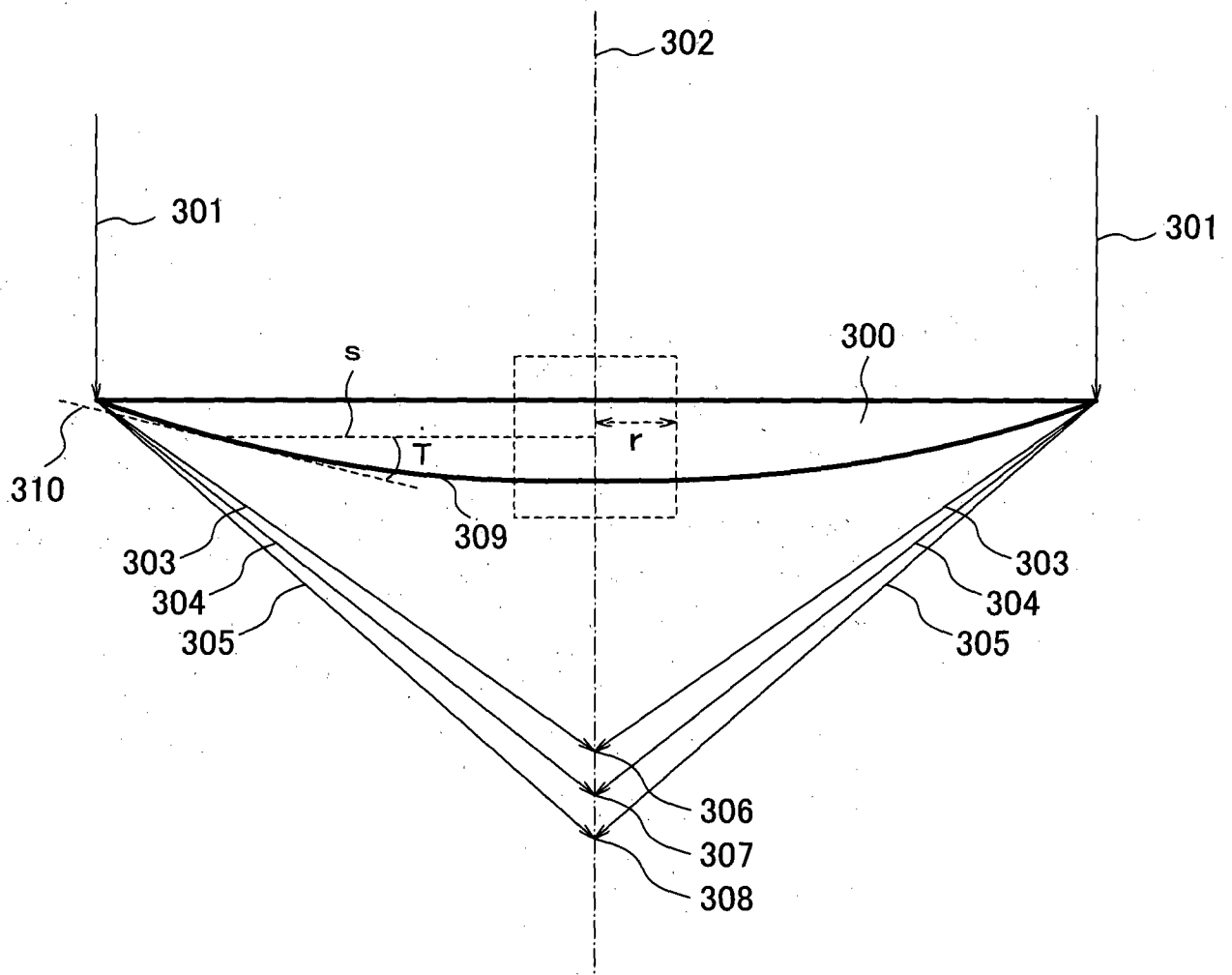


図14

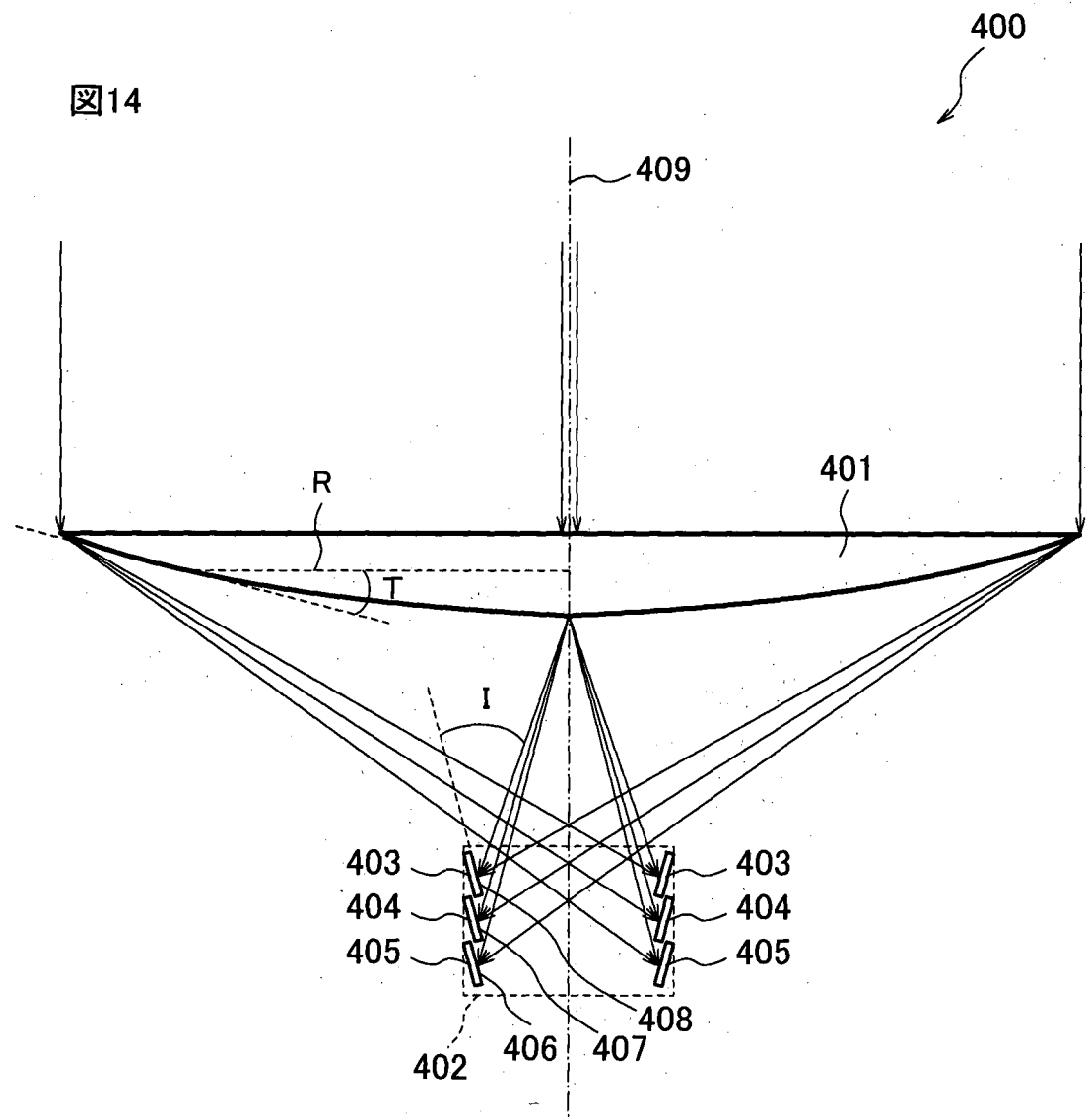
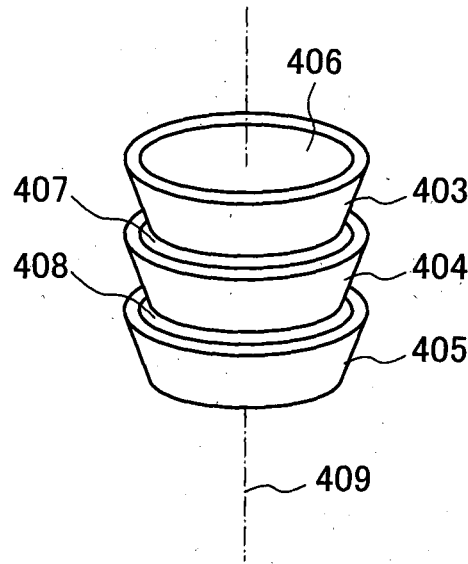


図15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/063568

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L31/052(2006.01)i, G02B3/04(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L31/04-31/078, G02B3/00-3/14

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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.
A	JP 58-077262 A (Bikutoru Fuosukanouitsuchi Afuian), 10 May 1983 (10.05.1983), entire text; all drawings (Family: none)	1-6, 8-10
A	JP 61-164272 A (NEC Corp.), 24 July 1986 (24.07.1986), entire text; all drawings (Family: none)	1-6, 8-10



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
20 August, 2012 (20.08.12)Date of mailing of the international search report
28 August, 2012 (28.08.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/063568

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 41962/1987 (Laid-open No. 148901/1988) (NOK Corp.), 30 September 1988 (30.09.1988), entire text; all drawings (Family: none)	1-6, 8-10
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 43192/1986 (Laid-open No. 154402/1987) (NOK Corp.), 30 September 1987 (30.09.1987), entire text; all drawings (Family: none)	1-6, 8-10
A	JP 4-145412 A (Director General, Agency of Industrial Science and Technology), 19 May 1992 (19.05.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-6, 8-10
A	JP 2007-059799 A (Sharp Corp.), 08 March 2007 (08.03.2007), entire text; all drawings (Family: none)	8-10
A	JP 2008-251799 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 16 October 2008 (16.10.2008), entire text; all drawings (Family: none)	8-10
P, A	WO 2011/074535 A1 (NEC Corp.), 23 June 2011 (23.06.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-6, 8-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/063568

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

A lens for concentrating incident light incident along an optical axis onto the circumference of a circle having a radius r with the optical axis as the center makes no contribution over the prior art in the light of the disclosure of the microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 41962/1987 (Laid-open No. 148901/1988) (NOK Corp.), 30 September 1988 (30.09.1988), and therefore it cannot be regarded as a special technical feature.

Consequently, at least two inventions (invention groups) indicated below are involved in claims.

(Continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1-6 and 8-10

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/063568

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

(Invention 1) the inventions of claims 1-6 and 8-10

The invention of a concentrated solar power generation device characterized by being provided with a photoelectric conversion cell having a tubular shape, the light receiving surface of the photoelectric conversion cell being the inner peripheral surface of the tubular shape, or the invention of a photoelectric conversion cell.

(Invention 2) the invention of claim 7

The invention of a condenser lens as set forth in claim 7.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H01L31/052 (2006.01)i, G02B3/04 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L31/04 - 31/078, G02B3/00 - 3/14

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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
A	JP 58-077262 A（ビクトール・フオスカノウイツチ・アフイアン） 1983.05.10, 全文、全図（ファミリーなし）	1-6, 8-10
A	JP 61-164272 A（日本電気株式会社）1986.07.24, 全文、全図（ファミリーなし）	1-6, 8-10

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 0 . 0 8 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 8 . 0 8 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

岡田 吉美

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5

2 K

9 3 1 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	日本国実用新案登録出願 62-41962 号(日本国実用新案登録出願公開 63-148901 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (エヌオーケー株式会社) 1988. 09. 30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6, 8-10
A	日本国実用新案登録出願 61-43192 号(日本国実用新案登録出願公開 62-154402 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (エヌオーケー株式会社) 1987. 09. 30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6, 8-10
A	JP 4-145412 A (工業技術院長) 1992. 05. 19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6, 8-10
A	JP 2007-059799 A (シャープ株式会社) 2007. 03. 08, 全文, 全図 (ファミリーなし)	8 - 10
A	JP 2008-251799 A (古河電気工業株式会社) 2008. 10. 16, 全文, 全図 (ファミリーなし)	8 - 10
P, A	WO 2011/074535 A1 (日本電気株式会社) 2011. 06. 23, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6, 8-10

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

光軸に沿って入射した入射光を、光軸を中心とした半径 r の円の円周上に集光させるレンズは、実用新案登録出願62-41962号(日本国実用新案登録出願公開63-148901号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（エヌオーケー株式会社）1988.09.30)の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴であるとはいえない。

したがって、請求の範囲には、少なくとも、以下に示す2の発明（群）が含まれる。

（発明1）請求項1-6、8-10に係る発明

筒状の光電変換セルを備え、光電変換セルの受光面は当該筒状形状の内周面であることを特徴とする、集光型太陽光発電装置、あるいは光電変換セルの発明。

（発明2）請求項7に係る発明

請求項7で規定されたとおりの集光レンズの発明。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

1-6、8-10

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。