

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7665201号
(P7665201)

(45)発行日 令和7年4月21日(2025.4.21)

(24)登録日 令和7年4月11日(2025.4.11)

(51)国際特許分類		F I	
G 0 2 F	1/35 (2006.01)	G 0 2 F	1/35
G 0 2 B	5/20 (2006.01)	G 0 2 B	5/20
F 2 1 V	9/30 (2018.01)	F 2 1 V	9/30
H 0 2 S	40/22 (2014.01)	H 0 2 S	40/22
H 1 0 F	77/45 (2025.01)	H 1 0 F	77/45
請求項の数 6 (全14頁)			
(21)出願番号	特願2021-144270(P2021-144270)	(73)特許権者	301021533 国立研究開発法人産業技術総合研究所 東京都千代田区霞が関1-3-1
(22)出願日	令和3年9月3日(2021.9.3)	(74)代理人	100124039 弁理士 立花 顕治
(65)公開番号	特開2023-37487(P2023-37487A)	(74)代理人	100176337 弁理士 杉本 弘樹
(43)公開日	令和5年3月15日(2023.3.15)	(72)発明者	篠崎 健二 大阪府池田市緑丘1-8-31 国立研 究開発法人産業技術総合研究所内
審査請求日	令和6年6月7日(2024.6.7)	(72)発明者	三原 敏行 大阪府池田市緑丘1-8-31 国立研 究開発法人産業技術総合研究所内
(出願人による申告) 2019年度、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「NEDO先導研究プログラム／エネルギー・環境新技術先導研究プログラム／太陽光の超広帯域利用のための有機・無機複合波長変換シートの開発」委託研究、産業技術力強化法第17条の適用を受ける特許出願		(72)発明者	金高 健二 大阪府池田市緑丘1-8-31 国立研 究開発法人産業技術総合研究所内 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 アップコンバージョン構造体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】
アレイ状に配置される複数のアップコンバージョンユニットを含み、
前記複数のアップコンバージョンユニットの各々は、集光レンズと、前記集光レンズを透過した光をアップコンバージョン発光させる微小球と、を有し、
前記微小球は、前記集光レンズの外部に配置され、
前記複数のアップコンバージョンユニットを支持する基板をさらに備え、
前記基板は、前記微小球を収容する複数の凹部を有する
アップコンバージョン構造体。

【請求項2】
平面視における前記凹部の開口の形状は、正六角形、正方形、または、長方形である
請求項1に記載のアップコンバージョン構造体。

【請求項3】
前記基板は、前記微小球によってアップコンバージョン発光された光を反射する材料によって構成される
請求項1または2に記載のアップコンバージョン構造体。

【請求項4】
前記基板は、前記微小球によってアップコンバージョン発光された光を透過する材料によって構成される
請求項1または2に記載のアップコンバージョン構造体。

【請求項 5】

前記微小球は、700 nm～1500 nmの波長の光を吸収するように構成される
請求項 1～4のいずれか一項に記載のアップコンバージョン構造体。

【請求項 6】

前記微小球は、希土類イオン、アルカリ金属イオン、アルカリ土類金属イオン、および、フッ素イオンを含む結晶を含有する

請求項 1～5のいずれか一項に記載のアップコンバージョン構造体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アップコンバージョン構造体に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 は、光源から照射される光をアップコンバージョン発光するアップコンバージョン構造体を開示している。特許文献 1 のアップコンバージョン構造体は、励起光源から出力されるレーザを集光する集光レンズと、集光レンズを透過した光をアップコンバージョン発光させる微小球結晶と、を含む。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特許第 2908681 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記アップコンバージョン構造体では、比較的高いエネルギー密度であるレーザに含まれる長い波長の光をアップコンバージョン発光させている。しかし、例えば、太陽光、赤外線等の比較的低いエネルギー密度の光に含まれる長い波長の光をアップコンバージョン発光する点については、検討されていない。

【0005】

本発明は、低いエネルギー密度の光を好適にアップコンバージョン発光できるアップコンバージョン構造体を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の第 1 観点に係るアップコンバージョン構造体は、アレイ状に配置される複数のアップコンバージョンユニットを含み、前記複数のアップコンバージョンユニットは、集光レンズと、前記集光レンズを透過した光をアップコンバージョン発光させる微小球と、を有する。

【0007】

本発明の第 2 観点に係るアップコンバージョン構造体は、第 1 観点に係るアップコンバージョン構造体であって、前記複数のアップコンバージョンユニットを支持する基板をさらに備え、前記基板は、前記微小球を収容する複数の凹部を有する。

【0008】

本発明の第 3 観点に係るアップコンバージョン構造体は、第 2 観点に係るアップコンバージョン構造体であって、平面視における前記凹部の開口の形状は、正六角形、正方形、または、長方形である。

【0009】

本発明の第 4 観点に係るアップコンバージョン構造体は、第 2 観点または第 3 観点に係るアップコンバージョン構造体であって、前記基板は、前記微小球によってアップコンバージョン発光された光を反射する材料によって構成される。

【0010】

10

20

30

40

50

本発明の第５観点に係るアップコンバージョン構造体は、第２観点または第３観点に係るアップコンバージョン構造体であって、前記基板は、前記微小球によってアップコンバージョン発光された光を透過する材料によって構成される。

【００１１】

本発明の第６観点に係るアップコンバージョン構造体は、第１観点から第５観点のいずれか１つに係るアップコンバージョン構造体であって、前記微小球は、 $700\text{ nm} \sim 1500\text{ nm}$ の波長の光を吸収するように構成される。

【００１２】

本発明の第７観点に係るアップコンバージョン構造体は、第１観点から第６観点のいずれか１つに係るアップコンバージョン構造体であって、前記微小球は、希土類イオン、アルカリ金属イオン、アルカリ土類金属イオン、および、フッ素イオンを含む結晶を含有する。

10

【発明の効果】

【００１３】

本発明に関するアップコンバージョン構造体によれば、低いエネルギー密度の光を好適にアップコンバージョン発光できる。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】実施形態のアップコンバージョン構造体の平面図。

【図２】図１のＤ２－Ｄ２線に沿う断面図。

20

【図３】試験用のアップコンバージョン構造体の斜視図。

【図４】図３の試験用のアップコンバージョン構造体に光を照射する光源の底面図。

【図５Ａ】図１の微小球の製造装置の模式図。

【図５Ｂ】図１の微小球の球断面を透過電子顕微鏡で観察した明視野像。

【図５Ｃ】図１の微小球の電子線回折パターン。

【図６】微小球の特性を計測する計測装置の模式図。

【図７】微小球によってアップコンバージョン発光された光の波長と発光強度との関係を示すグラフ。

【図８】微小球によるアップコンバージョン発光に関する光の励起エネルギーと放出エネルギーとの関係を示すグラフ。

30

【図９】微小球によってアップコンバージョン発光された光の波長と発光強度との関係を示すグラフ。

【図１０】バルク結晶によってアップコンバージョン発光された光の波長と発光強度との関係を示すグラフ。

【図１１】微小球を用いた場合の励起光強度と発光強度との関係を示すグラフ。

【図１２】バルク結晶を用いた場合の励起光強度と発光強度との関係を示すグラフ。

【図１３】図１１と図１２のグラフを一元化したグラフ。

【図１４】変形例のアップコンバージョン構造体の平面図。

【図１５】別の変形例のアップコンバージョン構造体の配置状態を示す断面図。

【発明を実施するための形態】

40

【００１５】

以下、図面を参照しつつ、本発明の一実施形態に係るアップコンバージョン構造体について説明する。

【００１６】

< １．アップコンバージョン構造体の全体構成 >

図１は、本実施形態に係るアップコンバージョン構造体１０の平面図である。図２は、図１のＤ２－Ｄ２線に沿う断面図である。アップコンバージョン構造体１０は、例えば、太陽光、赤外線等の比較的、エネルギー密度が低い光に含まれる長い波長の光をアップコンバージョン発光できるように構成される。本実施形態のアップコンバージョン構造体１０は、例えば、非集光型の太陽電池モジュール６０（図２参照）に対して設置される。太

50

太陽電池モジュール60は、バンドキャップエネルギー以上の波長の光を吸収する。太陽電池モジュール60は、表面61、および、表面61と反対側の面である裏面62を有する。表面61は、太陽光が入射する面である。裏面62は、例えば、アップコンバージョン構造体10を介して建築物の屋根（図示略）と面する面である。本実施形態では、アップコンバージョン構造体10は、太陽電池モジュール60の裏面62と面するように配置される、換言すれば、アップコンバージョン構造体10は、太陽電池モジュール60と屋根との間に配置される。アップコンバージョン構造体10は、1つの太陽電池モジュール60に対して1つまたは複数配置されてもよく、アレイ状に配置される複数の太陽電池モジュール60に対して1つまたは複数配置されてもよい。なお、アップコンバージョン構造体10は、例えば、赤外線センシング、または、赤外線のイメージング等にも適用可能である。

10

【0017】

図1に示されるように、アップコンバージョン構造体10は、アレイ状に配置される複数のアップコンバージョンユニット20と、複数のアップコンバージョンユニット20を支持する基板50と、を含む。

【0018】

1つのアップコンバージョン構造体10に含まれるアップコンバージョンユニット20の数は、2以上であれば任意に選択可能である。本実施形態では、1つのアップコンバージョンユニット20は、20個のアップコンバージョンユニット20を含む。1つのアップコンバージョン構造体10は、2～19個、または、21個以上のアップコンバージョンユニット20を含んでいてもよい。

20

【0019】

アップコンバージョンユニット20は、集光レンズ30および微小球40を含む。集光レンズ30は、太陽光のうちの太陽電池モジュール60によって吸収されなかった波長の光、すなわち、太陽光のうちのバンドキャップエネルギー未満の波長の光（以下では、「透過光」という）を微小球40に集光する。集光レンズ30の種類は、透過光を微小球40に集光できる種類であれば、任意に選択可能である。本実施形態では、集光レンズ30は、屈折型の球レンズである。集光レンズは、半球レンズ、過半球レンズ、凸レンズ、または、フレネルレンズであってもよい。集光レンズ30の直径Lは、任意に選択可能である。本実施形態では、集光レンズ30の直径Lは、2mmである。太陽電池モジュール60は、太陽光のうちの例えば、700nm未満の波長の光を吸収する。このため、透過光は、700nm以上の波長の光を含む。なお、集光レンズ30は、屈折型のレンズに限定されない。例えば、本実施形態のように、太陽電池モジュール60の裏面62と面するようにアップコンバージョン構造体10が設置される場合には、集光レンズ30として、反射レンズを用いてもよい。

30

【0020】

微小球40は、透過光のうちの例えば、700nm～1500nmの波長の光を吸収してアップコンバージョン発光することによって、透過光を短い波長の光に変換する。微小球40によるアップコンバージョン発光の形態は、エネルギー移動型または自己吸収型である。本実施形態では、微小球40によるアップコンバージョン発光の形態は、エネルギー移動型である。微小球40の直径は、任意に選択可能である。透過光のアップコンバージョン発光を好適に実行する観点から、微小球40の直径は、100μm以下であることが好ましい。微小球40を構成する材料は、透過光のアップコンバージョン発光をできる材料であれば、任意に選択可能である。透過光のアップコンバージョン発光を好適に実行する観点から、微小球40を構成する材料は、ガラス中に微結晶を含有する透明結晶化ガラスであることが好ましい。ガラス中に含まれる微結晶は、ハロゲン化物であることがより好ましい。ガラス中に含まれる微結晶は、希土類イオン、アルカリ金属イオン、アルカリ土類金属イオン、および、フッ素イオンを含むことがさらに好ましい。ガラス中に含まれる微結晶は、例えば、Na(Y, Er)F₄結晶である。微結晶のサイズの上限は、好ましくは50nm以下、さらに好ましくは20nm以下である。微結晶のサイズの下限は、

40

50

好ましくは1 nm以上、さらに好ましくは4 nm以上である。

【0021】

基板50は、表面51および裏面52を有する板状である。表面51は、太陽電池モジュール60の裏面62と対向する。基板50は、表面51から裏面52に向けて凹む複数の凹部53を有する。複数の凹部53は、基板50を貫通しない穴であり、複数のアップコンバージョンユニット20をそれぞれ支持する。平面視における凹部53の開口の形状は、任意に選択可能である。本実施形態では、平面視における凹部53の開口の形状は、正六角形である。このため、基板50により多くの凹部53を周期的に形成できる。

【0022】

凹部53は、表面51から裏面52に向けて先細りとなる形状である。より詳細には、凹部53は、平面視において表面51に形成される正六角形の開口を底面とする正六角錐の形状である。凹部53の底53Aは、基板50の厚さ方向において、概ね中央に位置する。微小球40は、凹部53の底53A、換言すれば、正六角錐の頂点の近傍に配置される。このため、微小球40は、全体が凹部53に収容される。集光レンズ30は、凹部53の内面と接するように、かつ、一部が凹部53から露出するように配置される。

【0023】

基板50を構成する材料は、任意に選択可能である。本実施形態のように、アップコンバージョン構造体10が太陽電池モジュール60の裏面62と面するように配置される場合、基板50は、微小球40がアップコンバージョン発光した光を太陽電池モジュール60に向けて反射できる材料（以下では、「反射材料」という）によって構成されることが好ましい。反射材料は、例えば、金属または半導体である。金属は、例えば、ステンレス、銀、またはアルミである。半導体は、例えば、シリコンである。基板50は、例えば、樹脂を薄膜状に形成することによって構成してもよい。

【0024】

<2. アップコンバージョン構造体の作用>

太陽光のうちの太陽電池モジュール60によって吸収されなかった透過光は、集光レンズ30によって、微小球40に集光される。微小球40は、透過光をアップコンバージョン発光することによって、短い波長の光に変換する。アップコンバージョン発光によって変換された短い波長の光は、微小球の全方位に発光され、大部分は、基板50によって太陽電池モジュール60に向けて反射される。太陽電池モジュール60は、アップコンバージョン発光によって変換された短い波長の光を吸収する。また、微小球40中の励起光のエネルギー密度は、同じエネルギー量であれば狭領域であるほど高エネルギー密度になる。このため、アップコンバージョンユニット20を大きな集光レンズ30と小さな微小球40との組み合わせにすることで、エネルギー密度が向上する。

【0025】

<3. 集光レンズの集光効果>

図3は、集光レンズ30の集光効果に関する試験用のアップコンバージョン構造体100である。図4は、光源200の底面図である。本願発明者は、試験用のアップコンバージョン構造体100を用いて、光源200から照射される光に対する微小球140に入射される光の割合をシミュレーションによって解析する試験を実施した。シミュレーションにはソフトウェアLightTools（米国Synopsys社製）を用いた。試験用のアップコンバージョン構造体100は、集光レンズ130、微小球140、および、基板150を含む。集光レンズ130は、球レンズであり、半径は、0.5 mmである。微小球140は、実施形態の微小球140と同様の構成である。基板150は、立方体である。基板150の1辺の長さは、4 mmである。平面視における基板150の凹部153の開口の形状は、1辺の長さが2.41 mmの正方形である。このため、平面視における凹部153の開口の面積は、5.83 mm²である。光源200は、レーザダイオードである。光源200の照射口210は、1辺が1 mmの正方形である。

【0026】

本試験の結果、光源200から照射された光のうち、91.5%が微小球140に入射

することが判明した。このため、実施形態のように、複数の集光レンズ 30 をアレイ状に配置し、その焦点位置に微小球 40 を配置することによって、多くの透過光をアップコンバージョン発光できると考えられる。

【0027】

< 4. 透過光のうちの微小球に入射される光の割合 >

図 1 に示される平面視における集光レンズ 30 の面積 S_A は、集光レンズ 30 の直径 L を用いて、以下の式 (1) によって算出される。

$$S_A = \pi \cdot (0.5L)^2 \dots (1)$$

【0028】

また、基板 50 の凹部 53 の開口が正六角形である場合、集光レンズ 30 の直径 L を用いて、凹部 53 の開口の面積 S_B は、正六角形の外接円の公式によって、以下の式で算出される。

$$S_B = \sqrt{3} / 2 \cdot L^2 \dots (2)$$

【0029】

このため、基板 50 の凹部 53 に照射される透過光のうちの集光レンズ 30 に入射される光の割合 R_A は、以下の式 (3) によって算出される。

$$R_A = \pi \cdot (0.5L)^2 / \sqrt{3} / 2 \cdot L^2 \cdot 100 \dots (3)$$

すなわち、割合 R_A は、90.7%となる。上述した集光レンズの集光効果に関する試験の結果より、集光レンズ 30 に照射される透過光のうちの 91.5%が微小球に入射すると考えられる。このため、基板 50 の凹部 53 に照射される透過光のうちの微小球 40 に入射する透過光の割合 R_B は、 $(0.907 \times 0.915) \times 100$ 、すなわち、割合 R_B は、83.0%であることが把握できる。

【0030】

< 5. 微小球の製造方法 >

図 5 A を参照して、微小球 40 の製造方法の一例について説明する。

微小球 40 は、製造装置 300 によって製造される。製造装置 300 は、レーザダイオード 310、反射ミラー 320、および、レンズ 330 を含む。レーザダイオード 310 は、例えば、980 nm のレーザを反射ミラー 320 に向けて照射する。反射ミラー 320 は、レーザダイオード 310 が照射したレーザをレンズ 330 に向けて反射する。レンズ 330 は、反射ミラー 320 によって反射されたレーザを絞り、微小球 40 を構成する材料によって構成されるガラスファイバー 400 の先端に照射する。ガラスファイバー 400 の先端が溶融することによって、ガラスファイバー 400 の先端に微小球 40 が形成される。

【0031】

より詳細には、5.8 mol% ErF_3 、5.8 mol% YF_3 、11.6 mol% NaF 、30 mol% ZnO 、56.8 mol% B_2O_3 となるように、5.8 mol% ErF_3 (高純度化学、99.9%)、5.8 mol% YF_3 (高純度化学、99.9%)、11.6 mol% NaF (高純度化学、99.9%)、30 mol% ZnO (高純度化学、99.9%)、56.8 mol% B_2O_3 (高純度化学、99.9%) を混合し、白金るつぽに入れ、これを 950 °C で電気炉 (モトヤマ、スーパーバーン) にて溶融した。この融液に石英製ガラス棒を入れ、引き上げることで直径 60 μm のガラスファイバー 400 を作製した。このガラスファイバー 400 の先端に製造装置 300 を用いて 980 nm のレーザを 5 W の出力で照射することで球体化させることによって、微小球 40 を製造した。図 5 B は、微小球 40 の球断面を透過電子顕微鏡 (J E O L 社製、J E M - 2100 F) で観察した明視野像である。図 5 C は、微小球 40 の電子線回折パターンである。図 5 B に示されるように、明視野像での暗いコントラストは結晶を示しており、粒径 20 nm 以下の微結晶が析出していることが把握できる。図 5 C に示されるように、電子線回折パターンから、立方晶 NaYF_4 ナノ結晶の回折に帰属されることが確認された。

【0032】

< 6. 微小球の特性 >

図6は、微小球40の特性を計測する計測装置500である。本願発明者は、計測装置500を用いて、実施形態の微小球40のアップコンバージョン発光に関する特性、および、比較対象としての板状のバルク結晶のアップコンバージョン発光に関する特性を計測する試験を実施した。

【0033】

計測装置500は、レーザダイオード510、第1反射ミラー521、第2反射ミラー522、第3反射ミラー523、光学レンズ530、計測部540、および、バックライト550を含む。レーザダイオード510は、例えば、1540nmのレーザを第1反射ミラー521に向けて照射する。第1反射ミラー521は、レーザダイオード510が照射したレーザを第2反射ミラー522に向けて反射する。第2反射ミラー522は、第1反射ミラー521によって反射されたレーザを第3反射ミラー523に向けて反射する。第3反射ミラー523は、第2反射ミラー522によって反射されたレーザを光学レンズ530に向けて反射する。光学レンズ530は、計測部540に向けてレーザを集光する。計測部540は、ステージ541、フィルタ542、および、光パワーメータ543を含む。ステージ541は、微小球40またはバルク結晶が載せられる。ステージ541は、微小球40またはバルク結晶がアップコンバージョン発光した光を透過する。フィルタ542は、ステージ541の下面に取り付けられ、1050nm以上の波長の光を吸収する。光パワーメータ543は、フィルタ542の下方に配置され、アップコンバージョン発光した光のうちのステージ541を透過した光の発光強度等を計測する。バックライト550は、白色LEDである。

【0034】

図7は、ガラスファイバー400（図5A参照）の先端に作製した直径80μmの微小球40のアップコンバージョン発光によって変換された光の波長と発光強度との関係を示すグラフである。レーザダイオード510の強度は、0.9mW、2.3mW、3.5mW、4.4mW、5.0mW、5.7mW、および、6.4mWである。図7に示されるように、微小球40がアップコンバージョン発光することによって、レーザダイオード510が照射した光が、400nm～700nm程度の短い波長、かつ、高い発光強度の光に変換されることが確認された。

【0035】

図8は、励起エネルギーとアップコンバージョン発光の放出エネルギーとの関係を示すグラフである。本試験では、微小球40によってアップコンバージョン発光された光のうちの微小球40の上方に発光した光については、計測していないものの、励起エネルギーのうちの概ね45%程度が、アップコンバージョン発光として放出されていることが確認された。

【0036】

図9は、図7と同様に、微小球40のアップコンバージョン発光によって変換された光の波長と発光強度との関係を示すグラフである。レーザダイオード510の強度は、13.1mW、25.1mW、36.9mW、53.2mW、63.5mW、82.2mW、および、90.6mWである。図9に示されるように、微小球40がアップコンバージョン発光することによって、レーザダイオード510が照射した光が、400nm～700nm程度の短い波長、かつ、高い発光強度の光に変換されることが確認された。

【0037】

図10は、バルク結晶のアップコンバージョン発光によって変換された光の波長と発光強度との関係を示すグラフである。レーザダイオード510の強度は、13.1mW、25.1mW、36.9mW、53.2mW、63.5mW、82.2mW、および、90.6mWである。図10に示されるように、バルク結晶がアップコンバージョン発光することによって、レーザダイオード510が照射した光が、400nm～700nm程度の短い波長に変換されたが、微小球40の場合と比較して、変換された光の発光強度が低いことが確認された。

【0038】

図 1 1 は、レーザダイオード 5 1 0 が照射する励起するレーザ強度と、微小球 4 0 のアップコンバージョン発光によって変換された光の発光強度との関係を示すグラフである。励起光には 1 5 4 0 n m の半導体レーザーを用いた。

【 0 0 3 9 】

図 1 2 は、レーザダイオード 5 1 0 が照射する励起するレーザ強度と、バルク結晶のアップコンバージョン発光によって変換された光の発光強度との関係を示すグラフである。励起光には 1 5 4 0 n m の半導体レーザーを用いた。

【 0 0 4 0 】

図 1 3 は、図 1 1 および図 1 2 の結果を 1 つのグラフにまとめたものである。微小球 4 0 の場合、励起するレーザ強度が 1 0 m w 付近の低い場合であっても、励起するレーザ強度の増加に対する発光強度の増加の割合が、バルク結晶の場合よりも高いことが確認された。また、微小球 4 0 の場合、励起するレーザ強度が 1 0 0 m w 付近において、励起するレーザ強度の増加に対する発光強度の増加の割合が概ね「1」となること、すなわち、励起状態が飽和していることが確認された。このため、例えば、太陽光を光源とする場合でも、本実施形態の微小球 4 0 であれば、光エネルギーを 1 0 m W 程度まで微小球 4 0 に集光することによって、高効率のアップコンバージョンが実現できる。このため、微小球 4 0 と集光レンズ 3 0 と組み合わせ、基板 5 0 にアレイ上に配置することによって、高効率のアップコンバージョンが実現できる。一方、バルク結晶の場合、励起するレーザ強度が 1 0 0 m w 以上の場合であっても、励起するレーザ強度の増加に対する発光強度の増加の割合が「1」以上であること、すなわち、励起状態が飽和していないことが確認された。

【 0 0 4 1 】

< 7 . 変形例 >

上記実施形態は本発明に関するアップコンバージョン構造体を取り得る形態の例示であり、その形態を制限することを意図していない。本発明に関するアップコンバージョン構造体は、実施形態に例示された形態とは異なる形態を取り得る。その一例は、実施形態の構成の一部を置換、変更、もしくは、省略した形態、または、実施形態に新たな構成を付加した形態である。以下に実施形態の変形例の幾つかの例を示す。

【 0 0 4 2 】

< 7 - 1 >

上記実施形態では、基板 5 0 の凹部 5 3 の開口の形状は、六角形であったが、基板 5 0 の凹部 5 3 の開口の形状は、これに限定されない。図 1 4 は、変形例のアップコンバージョン構造体 1 0 X の平面図である。変形例のアップコンバージョン構造体 1 0 X は、基板 5 0 X を含む。基板 5 0 X の凹部 5 3 X の開口の形状は、正方形である。すなわち、凹部 5 3 X は、正四角錐である。この他、凹部 5 3 X の開口の形状は、三角形、長方形、五角形、七角形以上の多角形、円、または、楕円であってもよい。

【 0 0 4 3 】

また、基板 5 0 の凹部 5 3 の開口が正方形である場合、集光レンズ 3 0 の直径 L を用いて、凹部 5 3 の開口の面積 S C は、 L^2 である。このため、基板 5 0 X の凹部 5 3 X に照射される透過光のうちの集光レンズ 3 0 に入射される光の割合 R C は、以下の式 (4) によって算出できる。

$$R C = \pi \cdot (0.5 L)^2 / L^2 \cdot 100 \cdots (4)$$

【 0 0 4 4 】

すなわち、割合 R C は、7 8 . 5 % となる。上述した集光レンズの集光効果に関する試験の結果より、集光レンズ 3 0 に照射される透過光のうちの 9 1 . 5 % が微小球に入射すると考えられる。このため、基板 5 0 X の凹部 5 3 X に照射される透過光のうちの微小球 4 0 に入射する透過光の割合 R D は、 $(0.785 \times 0.915) \times 100$ 、すなわち、割合 R D は、7 1 . 8 % であることが把握できる。

【 0 0 4 5 】

< 7 - 2 >

上記実施形態では、アップコンバージョン構造体 1 0 は、太陽電池モジュール 6 0 の裏

面 6 2 と面するように配置されたが、アップコンバージョン構造体 1 0 の配置態様は、これに限定されない。図 1 5 に示されるように、アップコンバージョン構造体 1 0 は、基板 5 0 の裏面 5 2 が、太陽電池モジュール 6 0 の表面 6 1 と面するように配置されてもよい。この変形例では、基板 5 0 は、微小球 4 0 がアップコンバージョン発光した光を透過する材料によって構成されることが好ましい。アップコンバージョン発光した光を透過する材料は、例えば、樹脂またはガラスである。この変形例では、アップコンバージョン構造体 1 0 に入射する太陽光のうちの一部は、集光レンズ 3 0 によって微小球 4 0 に集光される。微小球 4 0 は、例えば、7 0 0 n m ~ 1 5 0 0 n m の波長の光を吸収してアップコンバージョン発光することによって、太陽光を短い波長の光に変換する。アップコンバージョン発光によって変換された短い波長の光は、微小球の全方位に発光され、その一部は、基板 5 0 を透過して太陽電池モジュール 6 0 に入射する。太陽電池モジュール 6 0 は、アップコンバージョン発光によって変換された短い波長の光を吸収する。また、アップコンバージョン構造体 1 0 に入射する太陽光のうちの別の一部は、基板 5 0 を直接的に透過して太陽電池モジュール 6 0 に入射する。太陽電池モジュール 6 0 は、太陽光のうちの例えば、7 0 0 n m 未満の波長の光を吸収する。

【 0 0 4 6 】

< 7 - 3 >

上記実施形態では、1つの基板 5 0 に複数の凹部 5 3 が形成されたが、基板 5 0 を凹部 5 3 を有する領域毎に分割して、それらをアレイ状に配置してもよい。

【符号の説明】

【 0 0 4 7 】

1 0 、 1 0 X : アップコンバージョン構造体

2 0 : アップコンバージョンユニット

3 0 : 集光レンズ

4 0 : 微小球

5 0 : 基板

5 3 : 凹部

10

20

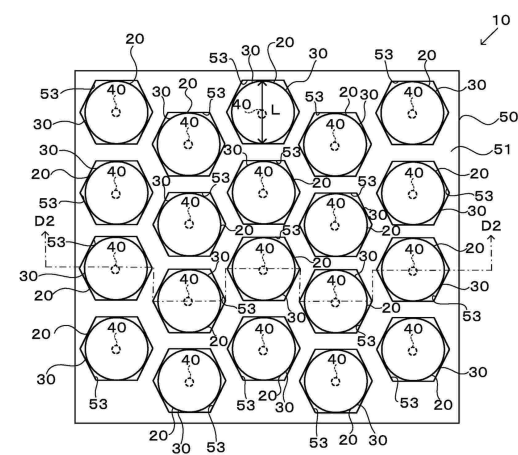
30

40

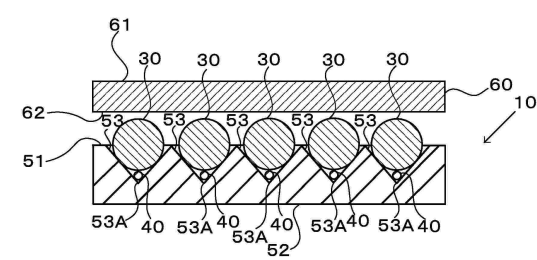
50

【図面】

【図 1】

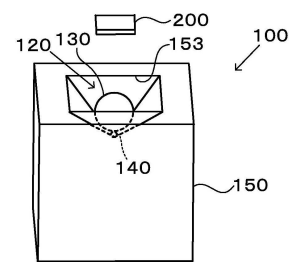


【図 2】

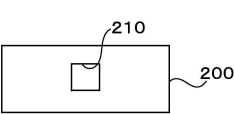


10

【図 3】



【図 4】



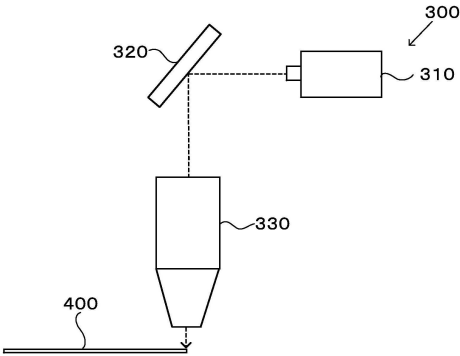
20

30

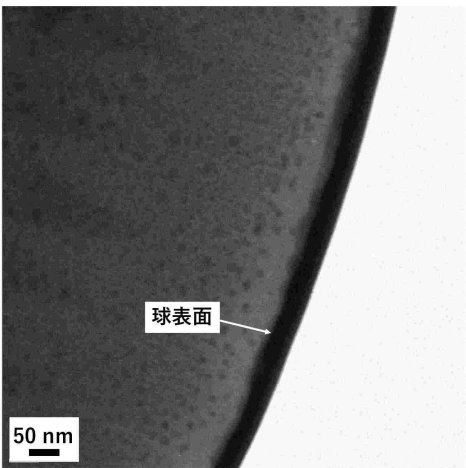
40

50

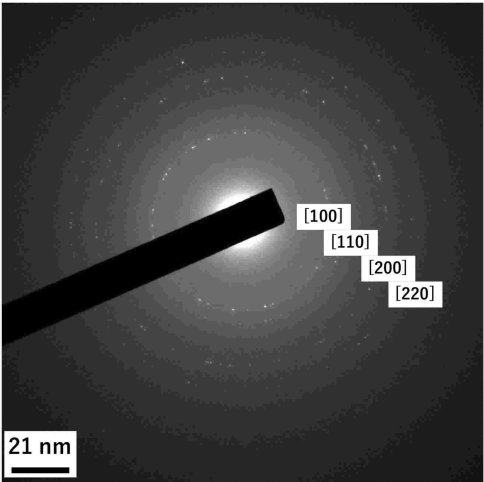
【図 5 A】



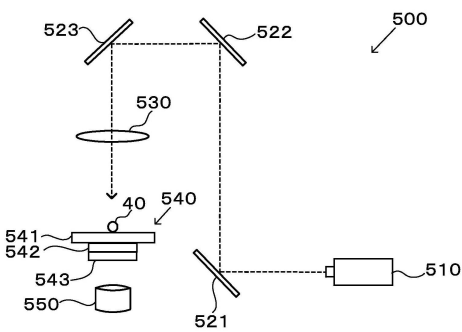
【図 5 B】



【図 5 C】



【図 6】



10

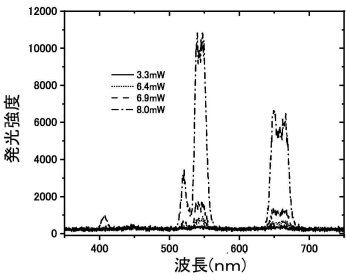
20

30

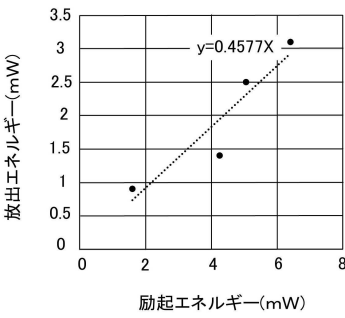
40

50

【図 7】

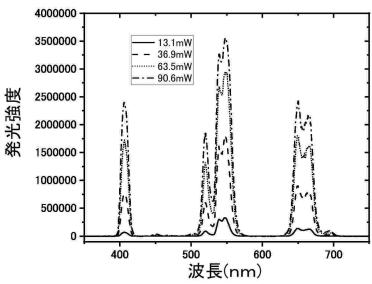


【図 8】

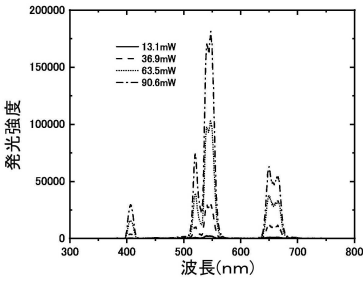


10

【図 9】

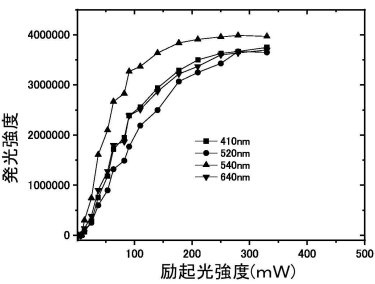


【図 10】

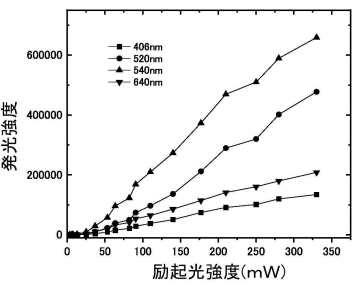


20

【図 11】



【図 12】

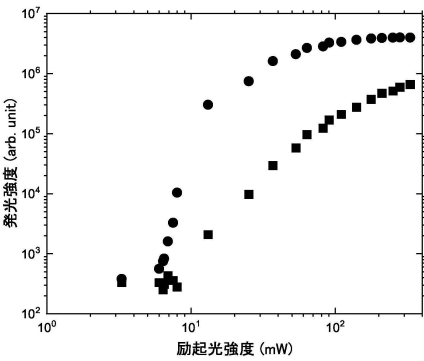


30

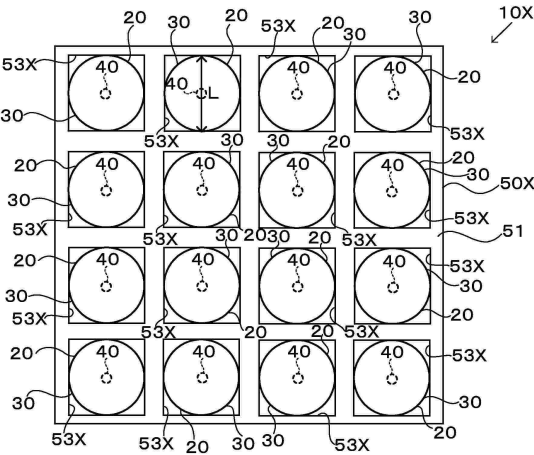
40

50

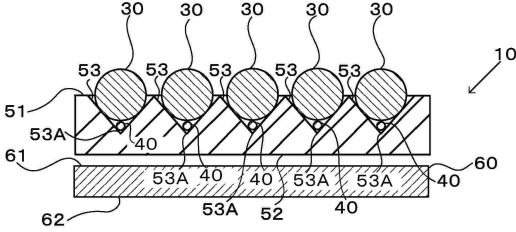
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

究開発法人産業技術総合研究所内

審査官 堀部 修平

- (56)参考文献 中国特許出願公開第102769062 (CN, A)
国際公開第2018/108645 (WO, A2)
特開平05-061080 (JP, A)
特開2003-083809 (JP, A)
特開2009-206212 (JP, A)
中国特許出願公開第111834483 (CN, A)
米国特許出願公開第2008/0048936 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G02F 1/00 - 1/125
G02B 5/20 - 5/28
G02F 1/21 - 1/39
F21V 9/30 - 9/38
H02S 10/00 - 10/40
H02S 30/00 - 99/00