

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5839648号
(P5839648)

(45) 発行日 平成28年1月6日(2016.1.6)

(24) 登録日 平成27年11月20日(2015.11.20)

(51) Int. Cl. F I
G 2 1 H 1/12 (2006.01) G 2 1 H 1/12
H O 1 L 31/041 (2014.01) H O 1 L 31/04 2 2 0

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2010-101749 (P2010-101749)	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成22年4月27日 (2010.4.27)	(74) 代理人	110000350 ポレール特許業務法人
(65) 公開番号	特開2011-232125 (P2011-232125A)	(72) 発明者	新開 康弘 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(43) 公開日	平成23年11月17日 (2011.11.17)	(72) 発明者	内田 牧男 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
審査請求日	平成25年3月12日 (2013.3.12)	(72) 発明者	熊坂 綾子 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽電池を用いた発電方法及び太陽電池発電システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

使用済核燃料の再処理によって発生した、Cs - 127及びSr - 90を含む放射性残渣物を含む放射線源から放出された放射線を、減速材である鉛及びタングステンのいずれかで構成されて厚みが1 μm ~ 1 mmである減速部材により減速し、この減速によりエネルギーが低減された前記放射線が、蛍光体で発生する可視光を反射する反射体を透過し、前記反射体を透過した前記放射線を前記蛍光体に入射して可視光を発生させ、この可視光を太陽電池に入射して電力を発生する太陽電池を用いた発電方法。

【請求項2】

太陽電池と、前記太陽電池に入射する可視光を発生する蛍光体と、前記蛍光体で発生する前記可視光を反射する反射体と、使用済核燃料の再処理によって発生した、Cs - 127及びSr - 90を含む放射性残渣物を含む放射線源から放出されて前記蛍光体に入射する放射線を減速してこの放射線のエネルギーを低減する、減速材である鉛及びタングステンのいずれかで構成されて厚みが1 μm ~ 1 mmである減速部材とを備え、前記減速部材、前記反射体、前記蛍光体及び前記太陽電池が、前記放射線源から離れる方向に、この順に配置されることを特徴とする太陽電池発電システム。

【請求項3】

前記減速部材、前記蛍光体及び前記太陽電池を有する複数の発電パネルを備え、これらの発電パネルが、前記放射線源から離れる方向に並列に配置されている請求項2に記載の太陽電池発電システム。

10

20

【請求項 4】

前記減速部材、前記蛍光体及び前記太陽電池を有する複数の発電パネルを備え、これらの発電パネルが、前記放射線源を取り囲んで環状に配置されている請求項 2 に記載の太陽電池発電システム。

【請求項 5】

前記太陽電池が直流を交流に変換する直流 / 交流変換装置に接続されている請求項 2 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の太陽電池発電システム。

【請求項 6】

前記蛍光体が、 $Gd_2O_2S:Tb$ 、 $CaWO_4$ 、 $ZnS:Cu$ 、 Al 、 $ZnS:Cu$ 、 Au 、 Al 、及び $Y_2O_2S:Eu$ のいずれかを含んでいる請求項 2 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の太陽電池発電システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、太陽電池を用いた発電方法及び太陽電池発電システムに係り、特に、使用済核燃料の再処理で発生する放射性残渣物から放出する放射線を発電に利用するのに好適な太陽電池を用いた発電方法及び太陽電池発電システムに関する。

【背景技術】

【0002】

光発電システムとしては、太陽光発電システムが知られている。この太陽光発電システムは、太陽が放出する光エネルギーのうち、可視光領域（400～800nm）のエネルギーを電力に変換する太陽電池を有する。

20

【0003】

光発電システムの一つとして、放射線源（Co-60）から放出される放射線を利用する線照射型太陽電池が提案されている（特開2002-341094号公報参照）。この線照射型太陽電池は、太陽電池の上面に蛍光体膜を形成し、蛍光体膜の上にプルトニウム-238層を形成し、プルトニウム-238層の上に透明伝導膜及びガラス基板を順次設けている。ガラス基板側からX線を入射することによって、太陽電池が発電を行う。蛍光体の使用により起電力が増加する。

【0004】

30

Co-60から放出される放射線（線及び線）を線照射型太陽電池に照射することも記載されている。この放射線がプルトニウム-238層に入射されることにより、プルトニウム-238層で生じる線が増大し、蛍光体での蛍光発光作用が増大され、太陽電池で発電される電力が増加する。

【0005】

特開平7-274417号公報は、復水器の伝熱管の内部検査を行うマイクロマシンにおける電力供給システムを記載している。伝熱管の内面に蛍光体層が形成されている。マイクロマシンの本体の表面が光起電力素子で覆われている。放射線が伝熱管の外部から蛍光体層に入射され、蛍光体層から蛍光が発せられる。この蛍光が光起電力素子に入射され、光起電力素子で電力が発生する。この電力がマイクロマシンの内部の回路系に供給される。

40

【0006】

増感紙・蛍光板、化成オプトニクス株式会社、平成13年9月、17～18頁には、蛍光剤である $CaWO_4$ （タングステン酸カルシウム）及び $Gd_2O_2S:Tb$ （酸硫化ガドリニウム・テレビウム）の特性が記載されている。

【0007】

「知恩」No.31、太陽電池の発電原理とその種類及び特性、筑波大 伊藤勝隆、第45号、平成21年には、アモルファスSi太陽電池及び単結晶Si太陽電池の可視光の収集スペクトルを記載している。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2002-341094号公報

【特許文献2】特開平7-274417号公報

【非特許文献】

【0009】

【非特許文献1】増感紙・蛍光板、化成オプトニクス株式会社、平成13年9月、17～18頁

【非特許文献2】「知恩」No.31、太陽電池の発電原理とその種類及び特性、筑波大伊藤勝隆、第45号、平成21年

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

特開2002-341094号公報に記載された線照射型太陽電池では、例えば、X線の入射によって83.0 μ Aの電流及び3.3Vの電圧が得られ(表2参照)、及び例えば、Co-60から放出される放射線の入射によって0.115 μ Aの電流及び1.1Vの電圧が得られる(表8参照)。特開平7-274417号公報に記載された電力供給システムでは、0.304mWの電力が得られる。

【0011】

発明者等は、使用済核燃料の再処理によって使用済核燃料から核燃料物質(ウラン及びプルトニウム等)を回収して残った残渣物から放出される放射線を利用して電力を発生することを考えた。使用済核燃料の再処理で発生した残渣物は、Cs-137及びSr-90等の半減期が非常に長い放射性核種を含んでおり、従来、高レベル放射性廃棄物としてガラス固化され、地中に埋設される方法が有力視されている。

20

【0012】

Cs-137及びSr-90等から放出される電離放射線(X線、 γ 線、 β 線及び中性子等)のエネルギーは、10keV以上の高いエネルギーを有している。例えば、Cs-137から放出される β 線は660keVのエネルギーを有している。Sr-90及びY-90から放出される β 線は2.28MeVのエネルギーを有する。Co-60から放出される電離放射線のエネルギーは、1.1MeVである。このように高いエネルギーを有する電離放射線の蛍光体への入射によって蛍光体で発生する蛍光(可視光)を太陽電池に入射しても、太陽電池で発生する電力は、特開平7-274417号公報に記載された電力供給システムのように、僅かなものとなる。

30

【0013】

本発明の目的は、電力の発生量をさらに増加させることができる太陽電池を用いた発電方法及び太陽電池発電システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記した目的を達成する本発明の特徴は、使用済核燃料の再処理によって発生した、Cs-127及びSr-90を含む放射性残渣物を含む放射線源から放出された放射線を、減速材である鉛及びタンゲステンのいずれかで構成されて厚みが1 μ m～1mmである減速部材により減速し、この減速によりエネルギーが低減された放射線が、蛍光体で発生する可視光を反射する反射体を透過し、この反射体を透過した放射線をその蛍光体に入射して可視光を発生させ、この可視光を太陽電池に入射して電力を発生することにある。

40

【0015】

使用済核燃料の再処理によって発生した、Cs-127及びSr-90を含む放射性残渣物を含む放射線源からの放射線を、減速材である鉛及びタンゲステンのいずれかで構成されて厚みが1 μ m～1mmである減速部材により減速して放射線のエネルギーを低減させて蛍光体に放射線(例えば、Cs-127から放出される β 線)を入射させることにより、蛍光体に含まれる結晶の第2安定準位に滞在する電子の量が増大する。このため、

50

エネルギーを放出して第2安定準位からその結晶の第1安定準位に戻る電子の量が増大する。電子が第2安定準位から第1安定準位に戻る際に放出されるエネルギーが可視光の発生に貢献するので、第2安定準位に滞在する電子の量の増大は、可視光の発生を増大させることになり、結果として、この可視光を入射する太陽電池の電力発生量を増大させることになる。さらに、減速材にて減速されてエネルギーが低減された放射線(例えば、上記の線)が、蛍光体で発生する可視光を反射する反射体を透過してその蛍光体に入射されるため、蛍光体で発生した可視光が反射体で反射され、太陽電池に入射される可視光の量が増大する。このため、太陽電池で発生する電力の量がさらに増加する。なお、放射線源から放出された線は、減速材である鉛及びタングステン¹のいずれかで構成されて厚みが1 μm ~ 1 mmである減速部材で止められるので、線の太陽電池への入射を防ぐことができる。このため、減速部材の設置により、線による太陽電池の損傷を回避することができる。

10

【0016】

好ましくは、放射線源として、使用済核燃料の再処理で発生した放射性残渣物を含む放射線源を用いることが望ましい。放射性残渣物を含む放射線源を用いることによって、放射性残渣物に含まれる長半減期の放射性核種から放出される放射線を、発電に利用することができる。すなわち、高レベル放射性廃棄物として厄介者扱いをされていた放射性残渣物を、太陽電池を用いた発電に対する有効な資源として活用することができる。高レベル放射性廃棄物のガラス固化体の発生量も低減される。

20

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、太陽電池での電力の発生量をさらに増加させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の好適な一実施例である実施例1の太陽電池を用いた発電方法に適用される太陽電池発電システムの構成図である。

【図2】蛍光を発する発光体のバンドモデルの説明図である。

【図3】発光体が蛍光を発するメカニズムを示す説明図である。

【図4】CaWO₄を含む増感紙の発光スペクトルを示す説明図である。

【図5】Gd₂O₂S : Tbを含む増感紙の発光スペクトルを示す説明図である。

30

【図6】各種の太陽電池における可視光の収集スペクトルを示す説明図である。

【図7】蛍光剤のX線の吸収係数を示す特性図である。

【図8】蛍光剤のX線吸収の様子を示す説明図である。

【図9】本発明の他の実施例である実施例2の太陽電池を用いた発電方法に適用される太陽電池発電システムの構成図である。

【図10】本発明の他の実施例である実施例3の太陽電池を用いた発電方法に適用される太陽電池発電システムの構成図である。

【図11】図10に示す太陽電池発電システムの発電パネル部の概略斜視図である。

【図12】本発明の他の実施例である実施例4の太陽電池を用いた発電方法の説明図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0019】

発明者等は、使用済核燃料の再処理で発生した、長半減期の放射性核種を含む放射性残渣物から放出される電離放射線を用いて発電する方法を検討した。この検討結果を、以下に詳細に説明する。

【0020】

自然界に存在するある物質(例えば、ZnS(硫化亜鉛))は、光(X線、線、電子線などの放射線を含む)の照射によりエネルギーが与えられたとき、物質固有の波長を有する光(この場合は可視光近傍)を放出することが知られている。この放出される光は蛍光と呼ばれ、蛍光を発する物質で構成された物体を蛍光体と称する。蛍光体における蛍光

50

機構を最も分かりやすいバンドモデルを用いて説明する。

【 0 0 2 1 】

固体結晶はその結晶構造に応じたエネルギーバンドを形成する（図 2 参照）。導電帯とは物質中の電子が自由に動ける状態を、禁制帯とは電子の存在が許されない状態を、及び価電帯とは物質の原子に電子が強く束縛されて電子が自由に動けない状態をそれぞれ表している。

【 0 0 2 2 】

通常、純粋な結晶構造を有する物質は図 2 に示すようなバンド構造を有し、その物質内の電子はすべて価電帯に存在する。その物質にエネルギーを与えたとき、価電帯の電子は導電帯に励起され電流として流れ去ってしまい、物質が蛍光を発することはない。

10

【 0 0 2 3 】

ところが、純粋な結晶にわずかの不純物を添加した場合、結晶によっては、図 2 に示す禁制帯内に新たに安定準位が生じる。安定準位が生じた状態の模式図を図 3 に示す。結晶への少量の不純物の添加により禁制帯内に点線で示した安定準位（蛍光準位）が生じる。価電帯付近に生じる安定準位には、価電帯より染み出した電子が存在する。この状態で、点線で示した 2 つの安定準位間のエネルギー差、すなわち、上側の安定準位（以下、第 2 安定準位という）のエネルギーと下側の安定準位（以下、第 1 安定準位という）のエネルギーの差よりも大きなエネルギーの光（または放射線）が、その物質内に流入したとき、第 1 安定準位に存在する電子が第 2 安定準位へ励起される。第 2 安定準位は導電帯以下の準位であるので、第 1 安定準位から励起された電子は、電流として流れ去らずに、第 2 安定準位に、所定時間（準位寿命、通常は 1 p s 以下）の間、滞在する。第 2 安定準位に滞在する電子は、その後、第 1 安定準位と第 2 安定準位間のエネルギー差に相当するエネルギーを放出することによって元の第 1 安定準位に戻される。このとき、放出されるエネルギーが広い意味で蛍光と呼ばれる。この放出されたエネルギーを $h\nu$ としたとき、 $h\nu = 1240 / \lambda$ により、放出された光の波長 λ を求めることができる。

20

【 0 0 2 4 】

放出された光の波長 λ が 400 nm から 800 nm を満足するとき、この光は可視光として観測することができる。400 nm から 800 nm を満足する波長 λ を有する光を、狭い意味での蛍光と呼ぶ。

【 0 0 2 5 】

不純物が添加された結晶を有する物質でも、この物質に入射されるエネルギーが大きな場合は、そもそも入射光子はその結晶を有する物質と相互作用を行わない。この様子が図 7 及び図 8 に示されている。エネルギーが大きな入射光子と相互作用を行わない物質は、その入射光子にとって、厚みが薄くなったことに相当する。したがって、物質は光子からエネルギーを付与されなくなるため、その物質で発生する蛍光が減少する。すなわち、蛍光体で発生する蛍光の量が少なくなる。その物質が光子からエネルギーを得る確率が最も大きくなるのは、光子のエネルギーが禁制帯のエネルギーとほぼ等しいときである。このとき、物質で発生する蛍光が最も多くなる。

30

【 0 0 2 6 】

特開 2002 - 341094 号公報及び特開平 7 - 274417 号公報の各太陽電池で発生する電力の量が少ない理由は、Co - 60 から放出された非常に高いエネルギーの線を蛍光体に入射していることにある。Co - 60 からの、非常に高いエネルギーの線を蛍光体に入射した場合には、上記した理由により、第 2 安定準位に滞在する電子の量が少なくなってしまう。このため、蛍光体で発生する蛍光の量が少なくなり、特開 2002 - 341094 号公報及び特開平 7 - 274417 号公報の各太陽電池では、電力の発生量が少なくなるのである。

40

【 0 0 2 7 】

これを踏まえて、発明者等は、太陽電池での電力の発生量を増大させるためには、可視光を発生する蛍光体に入射する放射線のエネルギーを適切な範囲にしなければならないことを見出した。

50

【 0 0 2 8 】

不純物を含んで第1及び第2安定準位を生じる固体結晶の物質で、蛍光体が構成される。可視光領域の光(400nm～800nm)が発せられる場合、放出エネルギー $h\nu$ は、 $1.5\text{ eV} < h\nu < 3\text{ eV}$ を満足するエネルギーとなる。蛍光体の第1安定準位と第2安定準位間のエネルギー差が、 $1.5\text{ eV} \sim 3\text{ eV}$ になる。したがって、 3 eV 以上 100 keV 以下の範囲内のあるエネルギーを有する光が蛍光体に入射すれば、その蛍光体が効率良く蛍光を発することができる。

【 0 0 2 9 】

使用済核燃料の再処理で発生した、長半減期の放射性核種を含む放射性残渣物から放出される電離放射線を利用することから、発明者等は、蛍光体に用いる蛍光剤として、放射線照射の実績のある医療用(X線衝撃)の蛍光剤またはブラウン管用(電子線衝撃)の蛍光剤を適用することを考えた。医療の分野では次の2種類の蛍光剤を主に用いている。これらの蛍光剤は異なる増感紙に使用される。

10

【 0 0 3 0 】

第1の蛍光剤は標準型の CaWO_4 (タングステン酸カルシウム)であり、第1の増感紙を構成する。 CaWO_4 は放射線の入射により青色の蛍光を発し、この蛍光は連続スペクトルであって425nmの波長で発光強度がピークを形成する(図4参照)。第2の蛍光剤は改良型の $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}$ (酸硫化ガドリニウム・テレビウム)であり、上記の第1の増感紙とは異なる第2の増感紙を構成する。 $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}$ は放射線の入射により緑色の蛍光を発し、この蛍光は線スペクトルであって可視光領域の中心波長550nm付近の波長である545nmで発光強度がピークを形成する(図5参照)。図4及び図5は、各蛍光剤の発光スペクトルを示し、横軸に発光する蛍光の波長及び縦軸に発光した蛍光の相対発光強度を示している。図4及び図5に示すそれぞれの発光スペクトルは、増感紙・蛍光板、化成オプトニクス株式会社、平成13年9月の17頁に、図3として掲載されている。

20

【 0 0 3 1 】

蛍光体として用いられる第1及び第2増感紙に放射線が照射されたときに、各増感紙のそれぞれの蛍光剤によって十分に強い可視光が得られる場合、太陽電池でその光を電力に変換できることが理解できる。どちらの増感紙が太陽電池と良くマッチングするかは、太陽電池の動作波長により決定される。

30

【 0 0 3 2 】

太陽電池の収集スペクトルを図6に示す。図6に示す特性は、「知恩」No.31、太陽電池の発電原理とその種類及び特性、筑波大 伊藤勝隆、第45号、平成21年に掲載されている。現在、主流のSi系の太陽電池では、図6に示すように、単結晶系(多結晶を含む)が700～800nm、アモルファスが500～600nm付近にピークを持ち、短波長側では急激に効率が落ちる傾向にある。この結果、第1に $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}$ 、次に効率が $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}$ よりも低下する CaWO_4 となる。また、使用する太陽電池は、単結晶SiよりもアモルファスSiが好ましい。

【 0 0 3 3 】

発明者等は、蛍光体(例えば、医療分野で用いる増感紙)に照射する放射線のエネルギーについての検討を行った。この結果、放射線を蛍光体に照射した場合、第2安定準位に対応するエネルギーと第1安定準位に対応するエネルギーの差よりも蛍光体に入射される放射線のエネルギーが大きすぎても、蛍光体で発生する蛍光(可視光)が非常に少なくなり、太陽電池で発生する電力が極めて小さくなるということを、発明者等は確認した。この確認の過程及び結果を以下に説明する。

40

【 0 0 3 4 】

放射線として、X線及び γ 線のような光子を考える。光子と蛍光体の物質との相互作用としては、(1)光電効果、(2)コンプトン散乱、及び(3)電子陽電子対生成の3つがある。蛍光体は、この3つの相互作用により入射した放射線のエネルギーを吸収する。しかしながら、(3)は、 1 MeV 以上のエネルギーを有する放射線を蛍光体に照射しな

50

ければ、起こらない相互作用である。使用済核燃料の再処理で発生した、長半減期の放射性核種を含む放射性残渣物から放出される電離放射線、例えば、 γ 線のエネルギーが1 MeV未満であるので、蛍光体内で(3)の相互作用は起こりえない。したがって、(1)及び(2)の相互作用について検討する。蛍光体が蛍光を発するときの相互作用は、(1)の光電効果である。

【0035】

光電効果とは、光子が照射された物質の原子と相互作用してそのすべてのエネルギーをその原子に束縛された電子に与える現象である。蛍光体を構成する物質の原子に束縛された電子が照射された光子から受け取るエネルギーは、光子が照射される物質の原子番号の4乗に比例した大きさになるが、光子のエネルギーが大きくなると急激に小さくなる(図7参照)。この図7に示された特性は、増感紙・蛍光板、化成オプトニクス株式会社、平成13年9月の18頁に、図4として掲載されている。

10

【0036】

図7によれば、放射線のエネルギーが増加すると、放射線の吸収係数が指数関数的に減少することが分かる。これは、X線または γ 線のエネルギーが大きくなると、等価的に、蛍光剤の厚みが薄くなり蛍光剤が光子と相互作用をしなくなるからである。したがって、200~300 keV以上のエネルギーを有する光子が蛍光体に入射されても、この蛍光体は蛍光を発しない。図7において、 $Gd_2O_2S:Tb$ が50 keVで、 $CaWO_4$ が70 keVで、一旦、放射線の吸収係数が増加している。これらのエネルギーは、それぞれの物質のK吸収端と呼ばれる位置でちょうど最内殻の電子の電離エネルギーに等しいエネルギーである。このエネルギーにおいて、該当する蛍光剤の、放射線の吸収係数が大きくなる。この結果、蛍光体において最も効率良く蛍光を発生させるためには、光子のエネルギーを100~120 keV以下にする必要がある。

20

【0037】

図8に、80 keVのX線管球を用いて発生させたX線を蛍光体に入射したときにおける、蛍光体での放射線の吸収状態を示す。上記した $Gd_2O_2S:Tb$ 及び $CaWO_4$ の各蛍光剤は、80 keVのエネルギーで最も発光する。図8によれば、 $Gd_2O_2S:Tb$ では、入射したX線がほとんど吸収されていることが分かる。また、 $CaWO_4$ では、 $Gd_2O_2S:Tb$ に比べて吸収効率が低下するが、入射した放射線の十分な吸収量を確保できる。図8に示された特性は、増感紙・蛍光板、化成オプトニクス株式会社、平成13年9月の18頁に、図5として掲載されている。

30

【0038】

蛍光体に入射する放射線の放射線源として、使用済核燃料の再処理で発生した、長半減期の放射性核種を含む放射性残渣物を使用する。この放射性残渣物の主要成分は、 $Cs-137$ (放出する γ 線のエネルギー: 660 keV)である。この放射性残渣物は、 $Cs-137$ 以外に、 $Sr-90$ を含んでいる。 $Sr-90$ はベータ崩壊により $Y-90$ になり、 $Y-90$ はさらにベータ崩壊して安定な $Zr-90$ になる。さて、 $Cs-137$ から放出される放射線である γ 線のエネルギーは、660 keVと高いので、 $Gd_2O_2S:Tb$ 及び $CaWO_4$ を別々に用いている各蛍光体とその γ 線の相互作用は期待できない。このため、この高い γ 線のエネルギーを、蛍光体が発光するのに必要なエネルギー領域まで、エネルギーを低減させる必要がある。この γ 線のエネルギーの低減が、(2)のコンプトン散乱の適用によって行なわれる。

40

【0039】

コンプトン散乱とは、光子と物質の原子核の散乱のことであり、散乱により光子の運動エネルギーが原子核の運動エネルギーに変化され、光子のエネルギーが減少する相互作用である。この現象は放射線のエネルギーが減少することから光子の減速と呼ぶ。コンプトン散乱では、光子は所有するエネルギーの一部を原子核に渡す。しかしながら、光子はまだエネルギーを有しているため、その原子核による散乱後に、違う方向へ進行する。その後、光子が幾つかの原子核に当たって何回か散乱され、所有するエネルギーが光電効果領域まで低下したとき、光電効果により光子が蛍光体の物質に吸収され、蛍光を発すること

50

ができる。光子（放射線）の高いエネルギーを光電効果領域内の低いエネルギーまで低減するためには減速材を用いればよい。この減速材を用いることによって、例えば、Cs - 137から放出された線のエネルギーである660keVを120keV以下に減速することができる。蛍光体から蛍光としてそのエネルギーを効率良く取り出すことができる。

【0040】

以上の検討の結果、発明者等は、使用済核燃料の再処理で発生した放射性残渣物から放出された放射線を蛍光体に入射し、蛍光体で発生した可視光を太陽電池に入射して電力を効率良く発生させるためには、その放射線残渣物から放出される放射線を減速させる減速材を使用することが必須であるとの新たな知見を見出した。そこで、発明者等は、その放射線残渣物から放出される放射線を減速させる減速材について検討した。

10

【0041】

コンプトン散乱の大きさは、減速材に含まれる原子の原子番号の1乗に比例する。減速材による放射線の減速効果は、原子番号が大きい原子を含む減速材でより大きくなる。この減速材としては、重金属である鉛及びタングステンが有効である。鉛（またはタングステン）で構成された減速部材を用いることにより高エネルギーの線の減速が可能になる。しかしながら、鉛及びタングステンは、放射線遮へい体の材料でもある。鉛（またはタングステン）の厚みを厚くした場合には、減速機能よりも放射線遮へい機能が大きくなり、せっかく減速効果により発生した低エネルギーの線が吸収されてしまう。

【0042】

発明者等が種々の検討を行った結果、放射線遮へい機能よりも減速機能を発揮するためには、鉛及びタングステン等で構成された減速部材の厚みを、1 μ m～1mmにすれば良いことを見出した。減速部材の厚みを1 μ m～1mmにすることによって、上記した放射性残渣物から放出された高エネルギーの放射線（例えば、Cs - 137から放出された660keVの線）を減速し、光電効果領域内の低いエネルギーを有する放射線を得ることができる。これにより、太陽電池で効率良く電力を発生させる可視光を蛍光体から得ることができる。

20

【0043】

発明者等は、1 μ m～1mmの厚みの減速部材を用いた場合、どの程度の減速が可能かを検討した。コンプトン散乱は、クライン - 仁科の式により運動学的に正確に解くことが可能である。しかしながら、放射性残渣物から放出された放射線（例えば、線）は、概略、1回の散乱によりエネルギーが約半分に減速される。このため、Cs - 137から放出された線のエネルギーである660keVを100keVまで減速させるには、その線を、減速部材で2～3回程度、散乱させることによって達成できる。すなわち、線を2回散乱させることによりエネルギーが1/4に減速され、3回散乱させることによりエネルギーが1/8に減速される。

30

【0044】

太陽電池での発電に貢献する放射線を放出する放射性残渣物は、放射線遮へいのために、コンクリートの側壁、床及び天井で取り囲まれた部屋の中に収納する必要がある。放射性残渣物から放出された放射線は、減速部材だけでなく上記した部屋の側壁による反射によっても減速される。側壁での反射による減速も考慮すれば、減速部材で、2回程度、散乱させることによって、高いエネルギーの放射線を光電効果領域内のエネルギーまで減速させることができる。

40

【0045】

医療分野で使用される増感紙に用いられる蛍光剤（Gd₂O₂S：TbまたはCaWO₄）の替りに、電子衝撃により蛍光を発するブラウン管用蛍光体に用いられる蛍光剤を使用してもよい。このブラウン管用蛍光剤の例として、ZnS：Cu、Al（硫化亜鉛・銅・アルミニウム）、ZnS：Cu、Au、Al（硫化亜鉛・銅・金・アルミニウム）及びY₂O₂S：Eu（酸硫化イットリウム・ユーロピウム）がある。ZnS：Cu、Alは、放射線の入射により波長が530nmの黄緑の蛍光を発する。ZnS：Cu、Au、Alは、波長が535nmの黄緑の蛍光を発する。Y₂O₂S：Euは、波長が62

50

0 nmの赤色の蛍光を発する。ZnS : Cu、AlはX線及びγ線にも良く反応する。ブラウン管用蛍光剤は、ブラウン管内で非常に多数の電子による衝撃を受けているので、格子欠陥等による劣化に対する耐力が大きい。ZnS : Cu、Al、ZnS : Cu、Au、Al、及びY₂O₂S : Euのいずれかで作られた蛍光体を使用してもよい。

【0046】

以上の検討結果を踏まえて、発明者らは、使用済核燃料の再処理で発生した放射性残渣物から放出される電離放射線を太陽電池を用いた発電に利用できることを新たに見出したのである。具体的には、発明者等は、使用済核燃料の再処理で発生する放射性残渣物から放出される電離放射線を減速部材で減速した後に蛍光体に入射し、電離放射線の入射により蛍光体で発生した可視光を太陽電池に入射して電力を発生する新たな発電システムを考

10

【0047】

本発明の実施例を、以下に説明します。

【実施例1】

【0048】

本発明の好適な一実施例である実施例1の、太陽電池を用いた発電方法を、以下に説明する。まず、この発電方法に用いられる太陽電池発電システムを、図1を用いて説明する。本実施例の太陽電池発電システム1は、複数の発電パネル2、パワーコンディショナー（直流/交流変換装置）9及び放射線源11を備えている。

【0049】

20

各発電パネル2は、太陽電池3、蛍光体4、反射体5、減速部材6、遮光部材7及び基板（支持部材）8を有する。複数の太陽電池3が配列されて基板8の一面に設置される。蛍光体4が各太陽電池3を覆って各太陽電池3及び基板8に設置される。反射体5が蛍光体3を覆って蛍光体4及び基板8に設置される。反射体5としては、アルミ箔、またはクロムめっき等の鏡材質を用いる。減速部材6が反射体5を覆って反射体5及び基板8に設置される。遮光部材（例えば、黒い紙）7が減速部材6を覆って減速部材6及び基板8に設置される。

【0050】

パワーコンディショナー9が、配線10によって、各発電パネル2に設けられたそれぞれの基板8に設置された各太陽電池3に接続されている。

30

【0051】

地中に、密閉された太陽電池収納室12が形成されている。太陽電池収納室12の四方の側壁13が、放射線を遮へいするために鉄筋コンクリートで形成されている。四方の側壁13には、太陽電池収納室12に面して、側面14A、14B、14C、14Dが形成されている。太陽電池収納室12の床（図示せず）及び天井も、鉄筋コンクリートで形成される。太陽電池収納室12には発電パネル2を搬入する出入口（図示せず）が形成されており、この出入口は遮へい扉（図示せず）で密閉される。

【0052】

放射線源11が太陽電池収納室12内に設置される。各発電パネル2は、減速部材6が放射線源11の方を向いて基板8が放射線源11と反対側に位置するように、太陽電池収納室12内に設置される。放射線源11から側壁13に向かって、遮光部材7、減速部材6、反射体5、蛍光体4及び太陽電池3が、この順番で配置される。遮光部材7配線10によって各太陽電池3に接続されているパワーコンディショナー9は、放射線源11から放出された放射線による悪影響を避けるために、太陽電池収納室12の外に配置される。

40

【0053】

各太陽電池3にはアモルファスSi太陽電池を用いており、蛍光体4には、例えば、医療分野で用いられている増感紙を用いた。この増感紙は、例えば、Gd₂O₂S : Tbにて作成されている。Gd₂O₂S : Tbを含む蛍光体4の厚みは300～500 μmである。

【0054】

50

本実施例では、放射線源 1 1 として、使用済核燃料の再処理で発生した、長半減期の放射性核種を含む放射性残渣物を使用する。使用済核燃料の再処理は、原子炉から取り出されて燃料貯蔵プールに保管されていた使用済燃料集合体内に存在する使用済核燃料から核分裂性物質（例えば、U - 235 及び Pu - 239 等）を含む核燃料物質を回収するために行なわれる。回収された核燃料物質は、新たに製造される燃料集合体の核燃料物質として使用される。使用済核燃料の再処理では、回収した核燃料物質以外の物質が放射性残渣物として残る。従来、この放射性残渣物は、高レベル放射性廃棄物としてガラス固化され、埋設処分されている。しかしながら、放射性残渣物は、Cs - 137 及び Sr - 90 等の長半減期の放射性核種を含んでおり、実質的に無尽蔵に放射線を放出する。このような放射性残渣物は、本実施例の太陽電池を用いた発電方法にとっては有効な資源であり、放射線源 1 1 として利用することができる。放射線源 1 1 は、密封容器（図示せず）内にその放射性残渣物を充填して構成される。

10

【0055】

太陽電池収納室 1 2 内で、放射線源 1 1 に含まれている各放射性核種から放出された放射線は、各発電パネル 2 に向かって進行する。ここでは、放射線源 1 1 に含まれている Cs - 137 に着目して説明する。Cs - 137 は、660 keV の線を放出する。この線が、発電パネル 2 において、遮光部材 7 を透過して減速部材 6 に達する。線は、実質的に遮光部材 7 でエネルギーが消費されず、減速部材 6 で減速されてエネルギーが低下する。具体的には、減速部材 6 を透過した線は、エネルギーが平均として 330 keV に低下する。減速部材 6 であるタングステン膜は放射線遮へいの機能も有するので、放射線源 1 1 である放射性残渣物から放出された電子及び線等の荷電粒子がタングステン膜によって遮へいされる。このため、減速部材 6 を透過した放射線は、光子として取り扱うことができる。

20

【0056】

減速部材 6 を透過してエネルギーが低下した線は、反射体 5 を透過して蛍光体 4 に入射される。線のエネルギーは 330 keV で 100 keV より大きいので、蛍光体 4 内では線のエネルギーの吸収がほとんど起こらない。このため、330 keV の線によっては蛍光体 4 から可視光がほとんど放出されない。330 keV の線は、蛍光体 4、太陽電池 3 及び基板 8 を透過し、側面 1 4 A で反射される。側面 1 4 A で反射した線の進行方向は、線が側面 1 4 A に当たる角度によって異なる。例えば、側面 1 4 A で反射された線が、側面 1 4 B で反射され、その後側面 1 4 C で反射されて、発電パネル 2 に再び入射されたとする。この線は、再度、減速部材 6 であるタングステン膜により減速される。側面 1 4 B 及び 1 4 C での 2 回の反射によりエネルギーが低減された線が、減速部材 6 による再度の減速により、エネルギーを 100 keV 以下に低下させる。

30

【0057】

100 keV 以下の線が、上記した蛍光体（例えば、Gd₂O₂S : Tb を蛍光剤として有する増感紙）4 に再び入射する。このエネルギーの線が蛍光体 4 に入射することによって、蛍光体 4 は、蛍光、すなわち、可視光を発生する。この蛍光は、以下のようにして発生する。図 3 に示すように、蛍光体 4 において第 1 安定準位に存在する電子が含まれる線の 100 keV 以下のエネルギーによって励起されて第 2 安定準位に遷移する。100 keV 以下の線を蛍光体 4 に入射することによって、第 1 安定準位から第 2 安定準位に遷移する電子の量が非常に多くなり、第 2 安定準位に滞在する電子の量が增大する。第 2 安定準位から第 1 安定準位に戻る電子の量も増大する。電子が第 1 安定準位に戻る時に放出されるエネルギーが蛍光になるので、第 1 安定準位に戻る電子の量の増大は発生する蛍光（可視光）の量を増大させる。

40

【0058】

Gd₂O₂S : Tb を有する増感紙を用いることによって、約 10 ~ 15 Cd · m⁻² / R s e c⁻¹ の輝度を持つ、波長 550 nm の可視光が発生する。この輝度の値は、太陽光条件 AM 1.5 の 1 / 10000 に相当する。したがって、10⁴ R / s e c 以上の照射線量が得られるので、蛍光体 4 で発生した可視光は太陽光と同等以上の光強度を有す

50

る。蛍光体 4 で発生した可視光は太陽電池 3 に入射される。太陽電池 3 は、入射した可視光の波長域にマッチした光起電力効果により、光エネルギーを効率良く電気エネルギーに変換する。太陽電池 3 に入射する可視光の増大は、それだけ、太陽電池 3 での電力発生量が増大することになる。

【 0 0 5 9 】

放射線、例えば、線は放射線源 1 1 から四方に放出される。このため、放出されたある線は、側面 1 4 C で反射された後、側面 1 4 B で反射されて、発電パネル 2 に入射される。放出された他の線は、側面 D で反射されて側面 C で反射された後、側面 1 4 B でさらに反射されて発電パネル 2 に入射される。また、放出された線のうち、側面 1 4 C で反射されて発電パネル 2 に入射されるものもある。このように、放出された各線は、様々な経路を経て発電パネル 2 に入射される。いずれの場合でも、減速部材 6 で減速された線のエネルギーが 1 0 0 k e V 以下になったとき、蛍光体 4 は、この線によって可視光を発生する。減速された線のエネルギーが 1 0 0 k e V より大きい場合には、この線によって蛍光体 4 が可視光を発生することはなく、その線が側面 1 4 C で反射されてさらに幾つかの側面で反射されて再び発電パネル 2 に入射される。減速部材 6 で減速された線のエネルギーが 1 0 0 k e V 以下になったとき、蛍光体 4 は上記したように可視光を発生する。

10

【 0 0 6 0 】

各太陽電池 3 で発生した直流の電力は、配線 1 0 によってパワーコンディショナー 9 に導かれて交流に変換される。交流に変換された電力は、パワーコンディショナー 9 から該当する負荷に供給される。1 つの発電パネル 2 の全太陽電池 3 から配線 1 0 に出力された電力の電圧が 0 . 5 V であり、電流が 5 0 m A である。電力パネル 2 を 6 0 0 個並べることによって、電圧が 3 0 0 V , 電流が 3 0 A になり、9 k W の電力を得ることができる。

20

【 0 0 6 1 】

本実施例は、減速部材 6 を有する発電パネル 2 を用いているので、減速部材 6 で減速された放射線を蛍光体 4 に入射することができ、可視光の発生量を増加できる。減速部材 6 を設けることによって、放射線の減速を早めることができ、蛍光体 4 で単位時間当たり発生する可視光の量が増加する。このため、特開 2 0 0 2 - 3 4 1 0 9 4 号公報及び特開平 7 - 2 7 4 4 1 7 号公報に記載された太陽電池発電システムに比べて、太陽電池 1 個当たり（または単位面積当たり）の電力の発生量を 1 0 0 0 倍 ~ 1 0 0 0 0 倍に高めることができる。

30

【 0 0 6 2 】

本実施例は、放射線源 1 1 として、使用済核燃料の再処理で発生した、長半減期の放射性核種を含む放射性残渣物を使用している。この放射性残渣物は、現在の地球上で最も強力な線源の一つである。放射性残渣物は、従来、高レベル放射性廃棄物として厄介者扱いをされ、ガラス固化体にされて専用容器に封入され、1 0 0 年以上に亘って地中深くに保管される。このため、ガラス固化体内の高レベル放射性廃棄物から放出される放射線の膨大なエネルギーは、周囲の地層を温めるために使われている。しかしながら、本実施例は、従来、厄介者扱いされていた放射性残渣物から放出される実質的に無尽蔵と言える放射線のエネルギーを用いて電力を発生することができる。本実施例によって、その放射性残渣物を有効な資源に変えることができた。これは、人類にとって計り知れないメリットである。

40

【 0 0 6 3 】

使用済核燃料の再処理で発生した放射性残渣物を放射線源 1 1 に利用しているので、発電パネル 2 及び放射線源 1 1 を地中の太陽電池収納室 1 2 に設置した後は、放射性核種の半減期の制限を受けるが、実質的に半永久的に電力を得ることができる。これは、放射性残渣物が半減期の放射性核種を含んでおり、この放射性核種から半永久的に放出される放射線を発電パネル 2 に入射できるからである。本実施例の太陽電池発電システム 1 は、既存の太陽電池を用いた太陽光発電のように、日射方向による効率の変化、及び天気及び昼夜の区別による発電の制約等に煩わされることも無く、連続して電力を発生することがで

50

きる。さらに、太陽電池発電システム 1 は、既存の太陽光発電と同様に、CO₂を発生しない。

【0064】

また、放射性残渣物を太陽電池発電システム 1 の放射線源 1 1 に用いることによって、放射線源 1 1 として用いられた放射性残渣物を基に高レベル放射性廃棄物のガラス固化体を製造することが不要になる。したがって、高レベル放射性廃棄物のガラス固化体の発生量が低減される。

【0065】

本実施例では、放射線源 1 1 である放射性残渣物から放出された電子及び γ 線等の荷電粒子が減速部材 6 で止められるので、荷電粒子が太陽電池 3 に入射されることがない。このため、減速部材 6 の設置により、太陽電池 3 が荷電粒子により損傷を受けることを回避することができる。

10

【0066】

本実施例に用いられる発電パネル 2 に反射体 5 が設けられているので、蛍光体 4 で発生した可視光が太陽電池 3 に入射される確率が向上する。蛍光体 4 で発生した可視光が放射線源 1 1 側に向って進行した場合でも、この可視光は、反射体 5 によって太陽電池 3 側に反射され、太陽電池 3 に入射される。このため、太陽電池 3 に入射される可視光の量が増大し、太陽電池 3 で発生する電力の量がさらに増大する。

【0067】

遮光部材 7 は、外部から発電パネル 2 内に侵入する可視光を遮る。このため、発電パネル 2 の外からの可視光が太陽電池 3 に入射することを阻止できる。減速部材 6 によっても外部からの可視光を遮ることができるので、遮光部材 7 の設置を取り止めることもできる。

20

【0068】

蛍光体 4 として CaWO₄ で構成され厚みが 300 ~ 500 μm の増感紙を用いてもよい。この増感紙によって得られる可視光は、輝度が約 $1.10 \text{ Cd} \cdot \text{m}^{-2} / \text{Rsec}^{-1}$ となり、波長が 300 ~ 600 nm (中心: 430 nm) となる。CaWO₄ の増感紙は、Gd₂O₂S : Tb 製の増感紙に比べて得られる可視光の波長が短くて太陽電池 3 の可視光収集効率も低下する。減速部材 6、CaWO₄ の増感紙及びアモルファス Si の太陽電池 3 を有する発電パネルの電力の発生量は、発電パネル 2 のそれよりも低下するが、特開 2002 - 341094 号公報及び特開平 7 - 274417 号公報のそれよりも向上する。

30

【0069】

タングステン膜の実効原子番号は、74 であり、CaWO₄ の実効原子番号の 62 よりも大きい。このため、タングステン膜の減速効果は、大きくなる。

【0070】

減速部材 6 として、タングステン膜の替りに、例えば、100 μm の厚みを有する鉛の膜を用いてもよい。鉛膜もタングステン膜と同様に放射線を減速することができる。

【実施例 2】

【0071】

本発明の他の実施例である実施例 2 の、太陽電池を用いた発電方法を、以下に説明する。この発電方法に用いられる太陽電池発電システムを、図 9 を用いて説明する。本実施例の太陽電池発電システム 1 A は、太陽電池発電システム 1 において複数の発電パネル (例えば、3 枚の発電パネル) 2 を、太陽電池収納室 1 2 内で放射線源 1 1 と太陽電池収納室 1 2 の側壁 1 3 の間で、放射線源 1 1 から側壁 1 3 に向う方向において、並行に配置している。太陽電池発電システム 1 A の他の構成は太陽電池発電システム 1 と同じである。

40

【0072】

太陽電池発電システム 1 A では、3 枚の発電パネル 2 A, 2 B, 2 C が放射線源 1 1 と太陽電池収納室 1 2 の側壁 1 3 の間に配置され、発電パネル 2 A, 2 B, 2 C が、例えば、側面 1 4 A に平行に配置されている (図示せず)。発電パネル 2 A, 2 B, 2 C は、そ

50

れぞれ、図 1 に示す発電パネル 2 と同じ構成を有する。発電パネル 2 A , 2 B , 2 C のそれぞれ太陽電池 3 が、配線 1 0 によってパワーコンディショナー 9 に接続される。

【 0 0 7 3 】

太陽電池収納室 1 2 内の放射線源 (使用済核燃料の再処理で発生した放射性残渣物を含む) 1 1 から放出された放射線、例えば、Cs - 1 3 7 から放出された 6 6 0 k e V の線 1 6 が、太陽電池発電システム 1 A で、放射線源 1 1 に最も近い位置に存在する発電パネル 2 A に入射される。この線 1 6 は発電パネル 2 A の減速部材 6 で減速され、エネルギーが 3 3 0 k e V に低減される。3 3 0 k e V の線 1 6 は、発電パネル 2 B の減速部材 6 で減速され、エネルギーが 1 6 5 k e V に低減される。1 6 5 k e V の線 1 6 は、太陽電池収納室 1 2 の水平断面において放射線源 1 1 から最も遠い位置に存在する発電パネル 2 C の減速部材 6 で減速され、エネルギーが約 8 2 k e V に低減される。発電パネル 2 C では、約 8 2 k e V の線 1 6 が蛍光体 4 に入射されるので、蛍光体 4 において可視光が発生する。この可視光が発電パネル 2 C の太陽電池 3 に入射されるので、この太陽電池 3 で電力が発生する。上記したケースでは、線 1 6 により、発電パネル 2 A 及び 2 B の各蛍光体 4 で可視光が発生しない。

10

【 0 0 7 4 】

前述したように、放射線源 1 1 から放出された放射線は、様々な方向に放出され、様々な経路を経て該当する発電パネルに入射される。このため、入射する線によっては、発電パネル 2 A 及び 2 B のいずれかの発電パネルの蛍光体 4 でも可視光が発生するので、該当する太陽電池 3 で電力を発生することができる。発電パネル 2 A , 2 B , 2 C に設けられた全太陽電池 3 が配線 1 0 によってパワーコンディショナー 9 に接続されているので、全太陽電池 3 で発生した電力が、パワーコンディショナー 9 で交流に変換される。

20

【 0 0 7 5 】

本実施例も、実施例 1 で生じる各効果を得ることができる。特に、本実施例では、発電パネルを複数層 (発電パネル 2 A , 2 B , 2 C) に配置している所以、実施例 1 よりも、放射線の減速を早めることができ、蛍光体 4 で単位時間当たりに発生する可視光の量が増加する。このため、実施例 1 よりも、単位時間当たりの電力の発生量がさらに増大する。

【 実施例 3 】

【 0 0 7 6 】

本発明の他の実施例である実施例 3 の、太陽電池を用いた発電方法を、以下に説明する。この発電方法に用いられる太陽電池発電システム 1 B を、図 1 0 及び図 1 1 を用いて説明する。本実施例の太陽電池発電システム 1 B は、太陽電池発電システム 1 A において、発電パネル 2 A , 2 B , 2 C を含む複数の発電パネルモジュール 1 5 を、放射線源 1 1 の周囲を取り囲むように環状に配置した構成を有する。太陽電池発電システム 1 B の他の構成は太陽電池発電システム 1 A と同じである。

30

【 0 0 7 7 】

本実施例で用いる放射線源 1 1 は、軸方向に細長い密封容器に、使用済核燃料の再処理で発生した放射性残渣物を収納している。この放射線源 1 1 は、太陽電池収納室 1 2 の床面に対して垂直に立てられて設置されており、軸方向が上下方向を向いている。各発電パネルモジュール 1 5 も、放射線源 1 1 と同様に、太陽電池収納室 1 2 内に設置される。

40

【 0 0 7 8 】

各発電パネルモジュール 1 5 は、太陽電池発電システム 1 B の水平断面において、発電パネル 2 A , 2 B , 2 C のうち、発電パネル 2 A を放射線源 1 1 に最も近い位置に、発電パネル 2 C を放射線源 1 1 から最も離れた位置に配置している。発電パネル 2 B は発電パネル 2 A と発電パネル 2 C の間に配置される。換言すれば、発電パネル 2 A , 2 B , 2 C は、この順に放射線源 1 1 から側壁 1 3 に向って配置される。

【 0 0 7 9 】

複数の発電パネルモジュール 1 5 は、放射線源 1 1 を取り囲んで環状に配置されるだけでなく、放射線源 1 1 の軸方向にも環状に複数段になるように配置されている (図 1 1 参照) 。すなわち、複数の発電パネルモジュール 1 5 は、放射線源 1 1 を取り囲む、例えば

50

、横断面が八角形の筒状体を形成するように配置されている。

【 0 0 8 0 】

本実施例では、放射線源 1 1 から放出された放射線、例えば、 $Cs - 137$ から放出された線は、必ず最初に、どれかの発電パネルモジュール 1 5 の発電パネル 2 A に入射される。その後は、実施例 2 と同様に、線が、発電パネル 2 A , 2 B , 2 C の各減速部材 6 で減速されてエネルギーが低減される。このエネルギーが 1 0 0 k e V 以下になった発電パネル内で、1 0 0 k e V 以下の線が蛍光体 4 に入射されることによって、この蛍光体 4 で可視光が発生し、太陽電池 3 での電力の発生に貢献する。もし、最も外側に位置する発電パネル 2 C の減速部材 6 で減速された線のエネルギーが 1 0 0 k e V よりも大きい場合には、この線は側壁 1 3 の側面で反射されていずれかの発電パネルモジュール 1 5 の発電パネル 2 C に入射される。この線は内側の発電パネル 2 A に向かって進行する。その過程で、線が発電パネル 2 C の減速部材 6 等で減速され、線のエネルギーが 1 0 0 k e V 以下に低減される。エネルギーが 1 0 0 k e V 以下になった発電パネルの蛍光体 4 で可視光が発生し、この発電パネルの太陽電池 3 で電力が発生する。

10

【 0 0 8 1 】

パワーコンディショナー 9 が、配線 1 0 によって、全ての発電パネルモジュール 1 5 の 3 枚の発電パネルに設けられた全太陽電池 3 に接続されているので、全太陽電池 3 で発生した電力がパワーコンディショナー 9 に導かれて交流に変換される。

【 0 0 8 2 】

本実施例は、実施例 2 で生じる各効果を得ることができる。コンプトン散乱された線の向う方向は、基本的に、特定することができない。したがって、本実施例のように、複数の発電パネルモジュールを放射線源の周囲に環状に配置することによって、コンプトン散乱された線をいずれかの発電パネルモジュールに入射させることができ、最も効率良く電力を発生させることができる。コンプトン散乱された線は、環状配置された複数の発電パネルモジュールで全て捕捉することができる。

20

【実施例 4】

【 0 0 8 3 】

本発明の他の実施例である実施例 4 の、太陽電池を用いた発電方法を、図 1 2 を用いて説明する。この発電方法に用いる太陽電池発電システム 1 C は、太陽電池発電システム 1 において放射線源 1 1 を放射線源 1 1 A に替え、蛍光体 4 を、電子衝撃により蛍光を発するブラウン管用蛍光体 ($ZnS : Cu, Al, ZnS : Cu, Au, Al$ または $Y_2O_2S : Eu$ で構成) で構成した構造になっている。太陽電池発電システム 1 C の他の構成は太陽電池発電システム 1 と同じである。本実施例で用いる放射線源 1 1 A は、実施例 1 ~ 3 で用いた、放射性残渣物を有する放射線源 1 1 ではなく、 $Co - 60$ である。放射線源 1 1 A 及び発電パネル 2 が太陽電池収納室 1 2 内に設置される。放射線源 1 1 A と発電パネル 2 の間に、放射線源 1 1 A 側に凹面が形成された散乱体 1 7 を配置する。放射線源 1 1 A の $Co - 60$ からは 1 . 1 M e V の線が放出される。この線は、散乱体 1 7 の配置によって発電パネル 2 に直接入射されることは無く、散乱体 1 7 の凹面、または、太陽電池収納室 1 2 の側壁 1 3 の側面 1 4 A , 1 4 B , 1 4 C 及び 1 4 D のいずれかで少なくとも 1 回反射された後に、発電パネル 2 に入射される。1 . 1 M e V の線は、散乱体 1 7 等で減速されその平均エネルギーが入射時の半分のエネルギー (約 5 5 0 k e V) 程度に低減される。このエネルギーの線が発電パネル 2 に入射されたときには、減速部材 6 でさらに線が減速され、同様に複数の減速部材 6 の効果で入射したときの線のエネルギーの半分の平均エネルギー (約 2 7 5 k e V) 程度まで低減される。このエネルギーを有する線がブラウン管用蛍光体で構成された蛍光体 4 に入射されると、蛍光体 4 が可視光である蛍光を発生する。この蛍光を入射する太陽電池 3 で電力が発生する。

30

40

【 0 0 8 4 】

本実施例でも、実施例 1 で生じる各効果を得ることができる。放射線源 1 1 A は、実施例 2 及び 3 において放射線源 1 1 の替りに使用しても良い。

【産業上の利用可能性】

50

【 0 0 8 5 】

本発明は、太陽電池を用いる発電方法に適用することができる。

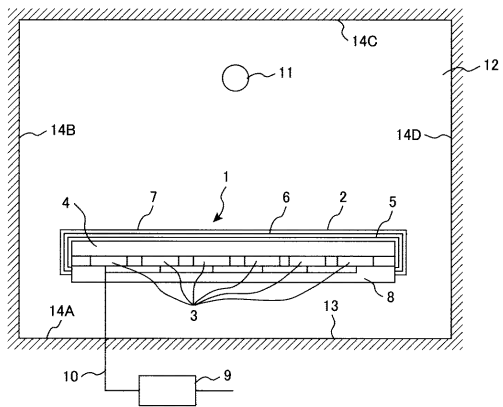
【符号の説明】

【 0 0 8 6 】

1, 1A, 1B...太陽電池発電システム、2, 2A, 2B, 2C...発電パネル、3...太陽電池、4...蛍光体、6...減速部材、9...パワーコンディショナー、11, 11A...放射線源、12...太陽電池収納室、13...側壁、15...発電パネルモジュール。

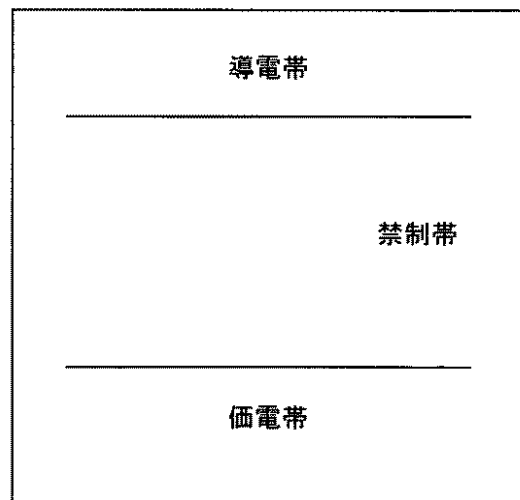
【 図 1 】

図 1



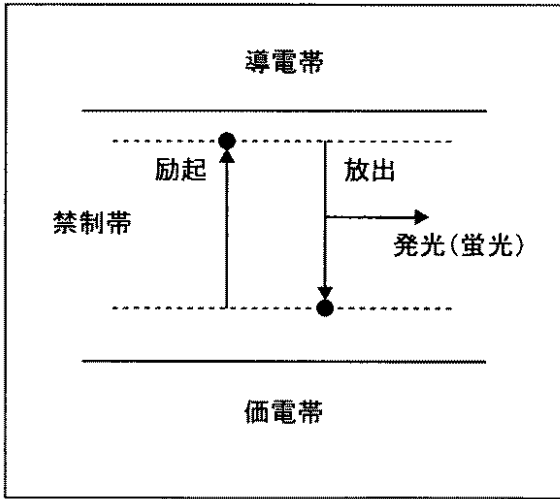
【 図 2 】

図 2



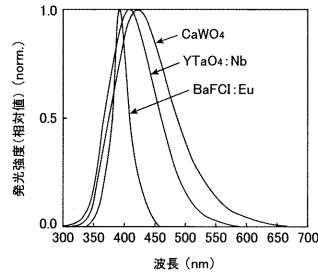
【図3】

図3



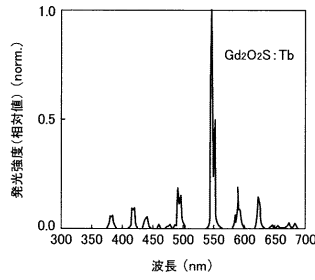
【図4】

図4



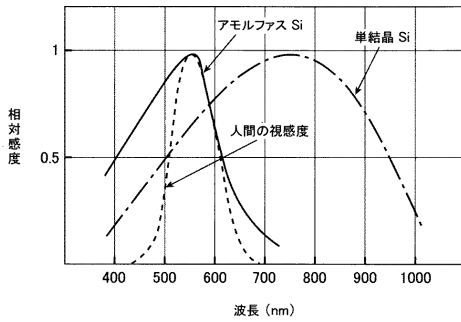
【図5】

図5



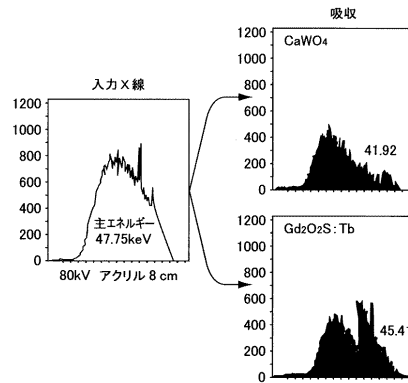
【図6】

図6



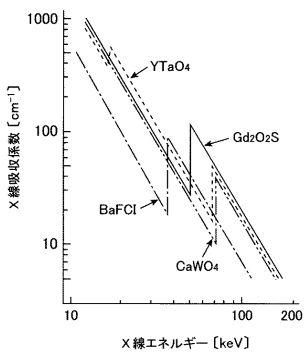
【図8】

図8



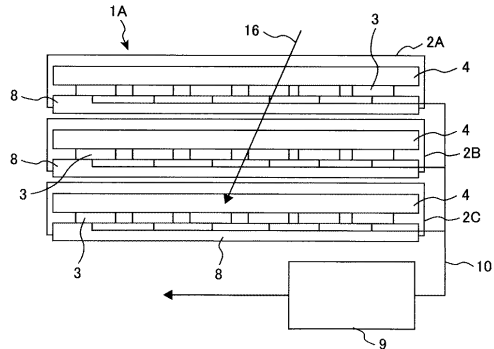
【図7】

図7



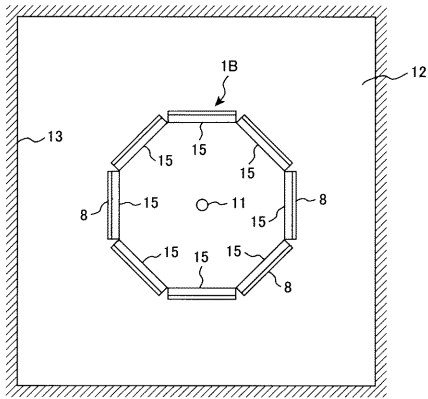
【図9】

図9



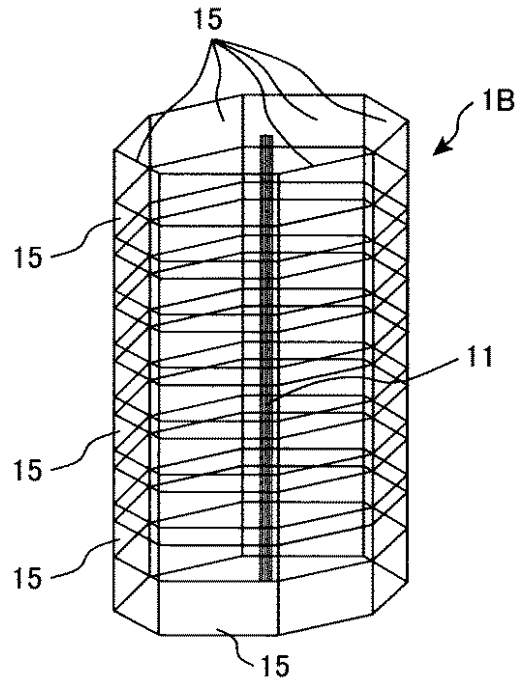
【図 10】

図 10



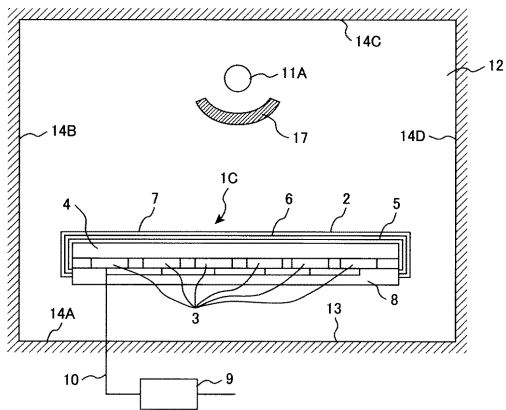
【図 11】

図 11



【図 12】

図 12



フロントページの続き

(72)発明者 廣田 淳一

青森県弘前市南横町45-2-405

審査官 関根 裕

(56)参考文献 米国特許出願公開第2008/0318357(US, A1)

特開2002-341094(JP, A)

特開2002-239397(JP, A)

特表2007-527440(JP, A)

特開平07-274416(JP, A)

特開2007-313823(JP, A)

特開2010-098271(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G21H 1/00

G21H 3/00

H01L 31/041

H01L 31/055

H01L 31/0232