

明 細 書

発明の名称： 積層型光起電ブロック

技術分野

[0001] 本発明は積層型光起電ブロックに関する。

背景技術

[0002] サステナブルな社会を目指す動きが急速に高まる中、住宅やビル等の構造物についても省エネやCO₂削減など環境負荷低減が求められている。こうした中、建築構造物の屋根、窓などに太陽電池を設置し、光発電を行うための技術開発が進展している。

[0003] 例えば、特許文献1においては、「受光面側に位置するガラス板と、太陽電池セルと、背面側に位置するガラス板とを、この順に含む太陽電池モジュールであって、前記受光面側と前記背面側の少なくともいずれか一方の側の表面に低放射膜が形成された太陽電池モジュール」が開示されている。

[0004] また、特許文献2においては、機械的操作を行うことなく日射熱取得率を変化させることのできる太陽電池窓パネルが開示されている。これによれば、「太陽電池窓ガラス10は、建物の開口部に配置される。太陽電池窓ガラス10は、透光性を有するガラスパネル12と、ガラスパネル12の室内側面12aと室外側面12bに高さ方向において交互に配置された複数の太陽電池モジュール14と、を備える」との構成が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2021-15939号公報

特許文献2：特開2021-11809号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、特許文献1及び特許文献2では、いずれも太陽電池の受光面を光の入射角に対して可能な限り垂直近い角度で配置することを想定している。ま

た、特許文献2では、太陽電池セルをN層に積層した構造とする点を開示しているが、特許文献2における太陽電池付き窓ガラスは、複数層に配置された太陽電池モジュールによる開口率が、夏至の南中高度において開口率が0%となり、冬至の南中高度において開口率が40%以上となっている。このため、特許文献2の太陽電池モジュールは、その配置面積に制約が大きく、太陽電池により発電効率に課題を有する。

[0007] そこで、本発明では、積層された光起電層を有し、光起電効率の高い積層型光起電ブロック技術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

[0008] 上記の課題を解決するために、代表的な本発明の積層型光起電ブロックの一つは、平板状の光起電セルを積層したブロック体であって、前記ブロック体の高さ寸法は、奥行き寸法又は幅寸法のいずれか一方の寸法と同じかあるいはそれ以上である。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、積層された光起電層を有し、光起電効率の高い積層型光起電ブロック技術を提供することができる。

上記した以外の課題、構成および効果は、以下の発明を実施するための形態における説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1A]図1Aは、積層型光起電ブロックの概観図である。

[図1B]図1Bは、積層型光起電ブロックの上面図である。

[図1C]図1Cは、積層型光起電ブロックの側面図である。

[図2A]図2Aは、光起電セルの構成例の断面図である。

[図2B]図2Bは、光起電セルの構成例の断面図である。

[図2C]図2Cは、光起電セルの構成例の断面図である。

[図2D]図2Dは、光起電セルの構成例の断面図である。

[図3]図3は、単一の光起電セルに対する受光角度の関係を説明する図である。

[図4]図4は、積層型光起電ブロックに対する受光角度の関係を説明する図である。

[図5]図5は、照度の斜入射光特性（コサイン特性）を示すグラフである。

[図6]図6は、斜入射光特性と変換効率の関係を示すグラフである。

[図7A]図7Aは、第2実施形態の光起電セルを説明する上面図である。

[図7B]図7Bは、第2実施形態の光起電セルを説明する断面図である。

[図7C]図7Cは、第2実施形態の積層型光起電ブロックを説明する断面図である。

[図8A]図8Aは、積層型光起電ブロックを収容するフレームの概略図である。

[図8B]図8Bは、フレームに光起電セルを収容する工程を説明する図である。

[図8C]図8Cは、フレームに収容された窓部材、外装材の概略図である。

[図9]図9は、積層型光起電ブロックの取り出し電極の断面概略図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照して、本発明の実施形態について説明する。なお、この実施形態により本発明が限定されるものではない。また、図面の記載において、同一部分には同一の符号を付して示している。

[0012] 本開示において、「窓・外装部材」とは、建築物や構造物に設置される窓、及び、建築物や構造物の内部の空間を区画する透光性を有するすべての部材、自動車の車体の内外などを仕切る部材であって、透光性を有するすべての部材、建築物や構造物の屋根や壁面を構成する部材のすべてを含み、建築物や構造物の最外層で外気と接する部材のみならず、内層に用いられる部材等、様々な形態のものを意味する。

また、本開示の積層型光起電ブロック体は、積層型光起電ブロックを枠体などと組み合わせて、窓部材、外装材、その他の部材として用いることができる。

また、本開示の積層型光起電ブロックは、オブジェや発電装置、充電装置

など様々な用途に用いることができる。

[0013] [第1実施形態]

＜積層型光起電ブロック体＞

以下、本開示の積層型光起電ブロックの第1実施形態について、図1A～図1Cを用いて説明する。

図1Aは、積層型光起電ブロックの概観図である。図1Aにおいて、積層型光起電ブロック10は、上部透明基板1及び下部透明基板2、これら2枚の透明基板に挟まれた発電部などからなる光起電セルが、複数層積層されている。そして、積層型光起電ブロック10のz方向の寸法をH、x方向の寸法をL、y方向の寸法をWとした場合に、HがL及びWのいずれか一方の寸法と同じかあるいはそれ以上の寸法となる程度に、光起電セルが積層された形態となっている。

つまり、z方向の寸法を高さ、x方向の寸法を奥行き、y方向の寸法を幅とした場合に、高さが奥行き又は幅のいずれか一方の寸法と同じかあるいはそれ以上の寸法となっている。

なお、本開示においては、以下において、「高さ方向」を「積層方向」ということがある。また、+z方向を上方、-z方向を下方と称することもある。

[0014] 図1Aに示した例は、平板状の光起電セルを5層積層したブロック体となっているが、積層の数は5層以上であることが望ましい。

なお、光起電セルは、必ずしも平板である必要はなく、曲面を有した板形状であってもよい。また、上部透明基板1及び下部透明基板2は、ガラス、アクリルなどの透光性の材料で構成されていればよい。

[0015] 次に、図1Bを参照して、積層型光起電ブロック10の平面的な構造について説明する。図1Bは、積層型光起電ブロックの上面図であり、上部透明基板1及び下部透明基板2はy方向にずれて配置されており、上部透明基板1及び下部透明基板2がz方向に重なっている領域に、光起電領域3及び光起電領域3を封止するための封止部4が配置されている。そして、封止部4

は、光起電領域を取り囲むように配置されている。

なお、光起電領域 3 及び封止部 4 は、必ずしも上部透明基板 1 及び下部透明基板 2 が z 方向に重なっている領域と一致している必要はない。光起電領域 3 及び封止部 4 は、上部透明基板 1 及び下部透明基板 2 が z 方向に重なっている領域の内側に存在していればよい。

図 1 B で示した、光起電セルは、光起電領域 3 は、薄褐色を有している例を記載しているが、光起電領域 3 は必ずしも有色である必要はなく、透明であってもよい。その他の部材はほぼ透明な材料で形成されていることが望ましい。

[0016] 次に、図 1 C を参照して、積層型光起電ブロック 10 の断面構造について説明する。図 1 C は、積層型光起電ブロックの断面構造を模式的に表した側面図である。

上部透明基板 1 及び下部透明基板 2 が光起電領域 3 と接する側の面には、それぞれ上部電極 5、下部電極 6 が配置されている。これらの上部電極 5、下部電極 6 は、それぞれ上部透明基板 1 及び下部透明基板 2 の表面に形成されている FTO や ITO などの透明導電膜であって良い。

一つの光起電セル 7 において、上部透明基板 1 及び下部透明基板 2 が y 方向にずれて配置されていることにより、上部電極 5、下部電極 6 が外部から接続可能となっている。この外部と接続可能となっている上部電極 5、下部電極 6 の部分を通じて、光起電セルで起電した電力を外部に取り出すことが可能となる。

[0017] (光起電セルのバリエーション)

次に、図 2 A から図 2 D を参照して、光起電セル 7 の構成のいくつかの例を説明する。本発明に用いることができる光起電セルは、透光性の基板で光起電領域を囲むことができるものであれば、あらゆる形態の光起電セル、光起電素子、太陽電池を用いることができる。

以下、図 2 A から図 2 D に光起電セルの例を示すが、これらは何ら本開示の技術の適用性を限定するものではない。

図2 Aから図2 Dに示した光起電セル7は、図1 Aに示した積層型光起電ブロックを構成する光起電セル7のx-z面における断面図である。

[0018] 図2 Aの光起電セルは、光起電層として、2酸化チタンの層を用いた湿式の光起電素子である。

図2 Aにおいて、上部透明基板1はガラスあるいは樹脂からなる透明な基板であり一方の面にFTO等の透明導電膜による上部電極5が形成されている。

また、下部透明基板2の上方には、下部電極6、電荷交換層15が配置されており、上部電極5の下方には、光起電層としての多孔質2酸化チタン12が配置されている。

そして、上部電極5と下部電極6との間には、電解液14が封入されている。この電解液は、一般的には沃化カリウム水溶液に沃素を溶解した沃素系電解質が用いられる。

また、封止部4は、電解液14が外部に流出しないよう上下の透明基板と密着している。

[0019] 図2 Bの光起電セルは、光起電領域がルテニウム錯体色素等の増感色素が固体化された色素増感多孔質2酸化チタン13を採用している点で図2 Aと異なっている。つまり、図2 Bの光起電セルは、一般的な色素増感型光起電素子(DSSC:Dye Sensitized Solar Cell)である。その他の構成は、図2 Aと同一であるので、図2 Aと同一又は同等の構成要素については同一の符号を付し、その説明を簡略又は省略する。

[0020] 次に、図2 Cの光起電セルは、光起電層として、多孔質2酸化チタンを用いずに、粒径が500nm以下である2酸化ケイ素粒子20を採用しており、エタノールと混合して白金等からなる電荷交換層15上に塗布し乾燥させている点で、図2 Bの光起電セルと異なっている。

その他の構成は、図2 Aと同一であるので、図2 Aと同一又は同等の構成要素については同一の符号を付し、その説明を簡略又は省略する。

[0021] 次に、図2 Dの光起電セルは、光起電層として、色素増感多孔質2酸化チ

タン 1 3 と 2 酸化ケイ素粒子 2 0 の層の 2 層を用いる点で図 2 A から図 2 C と異なっている。その他の構成は、図 2 A と同一であるので、図 2 A と同一又は同等の構成要素については同一の符号を付し、その説明を簡略又は省略する。

[0022] なお、本開示における光起電セル 7 には、上述の通り、様々な光起電素子を採用することができる。特に、特許 5 8 4 8 3 2 4 号などに開示されている、二酸化ケイ素を光起電層に設けた光起電素子が適しているが、必ずしも、これに限定されるわけではない。

[0023] （光起電特性）

次に、図 1 C に示した光起電セル 7 を 5 層重ねた積層型光起電ブロックの光起電特性について、単一の光起電セル 7 と比較した角度特性を図 3 から図 4 を参照して説明する。

図 3 は、単一の光起電セル 7 に対して、受光面の面方向を 9 0 ° 、法線方向を 0 ° とした場合のそれぞれの受光角度の関係を示した図である。

また、図 4 は、単一の光起電セル 7 を 5 層積層した積層型光起電ブロックについて、受光面の面方向を 9 0 ° 、法線方向を 0 ° とした場合のそれぞれの受光角度の関係を示した図である。

図 3 の場合も図 4 の場合もいずれも光起電セル 7 としては、図 2 おいて説明した二酸化ケイ素と色素含有二酸化チタンを光起電層として備える色素増感型光起電素子を用いている。そして、これに 1 s u n （ 1 , 0 0 0 W / m ² ）の光線を照射したところ、表 1 に示した最大出力を得ることができた。

[表1]

受光角度	単一セル	5層積層型光起電 ブロック
9 0 °	220. 2	348. 35
6 0 °	276. 91	470
3 0 °	285. 17	621
0 °	425. 9	654. 13

（単位：μW / c m ²）

(単位： $\mu\text{W}/\text{cm}^2$)

[0024] 上記のデータから判明するように、積層型光起電ブロックにおいては、必ずしも受光面の法線から光が入射されなくとも、相当程度の光起電能力を発揮することができる。

[0025] (斜め入射光特性)

次に、透光性の基板で光起電領域を囲む形式の光起電セルについて、図5、図6を参照して、照度の斜入射光特性(コサイン特性)及び斜入射光特性と変換効率の関係を説明する。

[0026] 図5は、照度の斜入射光特性(コサイン特性)を示すグラフである。光起電素子の受光面における照度は、受光面に入射する光の入射角 θ の $\cos\theta$ に比例して変化し、斜め θ 方向から照明した時の照度(E_2)は、受光面の法線方向から照明した時の照度(E_1)の $\cos\theta$ 倍になる。このため、受光面の法線方向($\theta=0^\circ$)を「1」とした場合の、各角度入射光特性は、図5のグラフに示す通りとなる。

[0027] (斜め入射光の変換効率)

次に、図6を参照して、斜入射光特性と変換効率の関係を説明する。図6は、斜入射光特性と変換効率の関係を示したグラフである。グラフにおいて、実線(DSSC-1)で示された線は、DSSCの光起電セル(1枚)に法線方向($\theta=0^\circ$)を「1」とした場合の、各角度における変換効率を左縦軸を用いて示したものである。

また、同様な変換効率特性を単結晶シリコン光起電素子で測定した結果を点線(単結晶シリコン-1)で示している。この点線についても各角度における変換効率を示したものであるから、左縦軸を用いて示したものである。

[0028] 図6のグラフにおいて

変換効率 η は以下の計算式によって求めた値である。

$$\eta = P_{\text{max}} \div (E \times A) \times 100$$

η : 変換効率 [%]

P_{max} : 最適動作点での出力 [W]

$E(\theta)$: 放射照度 [W/m^2]

A : 受光面積 [m^2]

[0029] 図6のグラフにおいて、実線(DSSC-1)において、 θ の増大に伴って変換効率が上昇しているのは、測定環境の壁面反射や、ガラス側面からの光の回り込み、角度が上がることにより、裏側面からの入射光の影響などが影響していることが原因と考えられる。

いずれにしても、透光性の基板によって挟まれた光起電セルについては、光受光面を必ずしも光入射方向と垂直に設定しなくとも、相当程度の光起電効率を上げることが可能であることがわかる。

従来の単結晶シリコンやアモルファスシリコン等の光起電セルは、受光面を太陽光の入射方向に向けて設定することが必要であったが、透光性の基板によって挟まれる光起電領域を備える光起電素子においては、本開示で示すように、透光性の基板を複数層重ねる積層型光起電ブロックによっても大きな光起電効率を実現することが可能となる。

[0030] [第2実施形態]

次に、積層型光起電ブロックの光起電能力の入射角度依存性が少ないことを踏まえた、第2実施形態について、図7Aから図7Cを参照して説明する。

第2実施形態には、光起電セルと横長の形状にしている点で第1の実施形態と異なる。図7Aは、光起電セルの z 方向から視認した上面図であり、図7Bは、光起電セルの $y-z$ 面における断面概略図である。そして、図7Cは、第2実施形態における積層型光起電ブロックの $y-z$ 面における断面概略図である。

以下の説明において、上述の第1実施形態と同一又は同等の構成要素については同一の符号を付し、その説明を簡略又は省略する。

[0031] 第2実施形態の積層型光起電ブロックにおいては、光起電セルを横長の形状に設定したことにより、積層型光起電ブロックとして形成すると、図7Cに表現されるように、 $y-z$ 面において、大きな面積を得ることができる。そ

して、 yz 面の面積において、大部分の面積は、上部透明基板及び下部透明基板が占めることとなるため、積層型光起電ブロック全体は x 軸方向から視認するとほぼ透明な面状のブロックとなる。

[0032] 次に、図8Aから図8Cを参照して、第2実施形態の積層型光起電ブロックの窓部材や外装材として活用する場合の例について説明する。

図8Aは、積層型光起電ブロックを一定の大きさの部材として固定し、収容するためのフレーム16の概略図である。フレーム16はアルミ等の金属を用いてサッシ構造としてフレーム16の内側に積層型光起電ブロックが収容可能なように作成することができる。

このようなフレーム16に対して、図8Bに示すように、横長の光起電セル7を順次挿入することによって、図8Cに示すような、周囲がアルミ等のフレームで囲まれ、全面がガラス等の透明導電基板で形成された、光起電能力を有する窓部材又は外装材を得ることができる。

[0033] 次に、積層型光起電ブロックから電力を取り出すため取り出し電極17の例について、図の図9を参照して説明する。図9は、積層型光起電ブロックの上部電極5又は下部電極6が外部に露出している側に設置する取り出し電極の断面概略図である。

取り出し電極17は、その一面において、上部電極5又は下部電極6が外部に露出している積層型光起電ブロックの側面の凹凸に係合するような形状に形成されており、取り出し電極基部18と上部電極5又は下部電極6と接する取り出し電極接点部19から構成されている。

取り出し電極基部18は、プラスチック、ゴム、ガラス等で形成されており、取り出し電極接点部19は、導電性を確保できるよう銀メッキなどの導電性加工がなされている。

このような取り出し電極を用いることにより、積層型光起電ブロックから簡便に電力を取り出すことができる。また、積層型光起電ブロックの側面の凹凸が存在する面に、積層型光起電ブロックの凹凸形状を吸収する部材としてこのような取り出し電極17を設けることにより、フレーム16内の積層

型光起電ブロックのがたつきをなくし、フレーム内で安定的に積層型光起電ブロックを保持することも可能となる。

[0034] <作用・効果>

従来の太陽電池モジュールは、太陽電池の受光面を光の入射角に対して可能な限り垂直近い角度で配置することを想定していることから、室外から室内への光を遮断することとなる。

しかし、本開示の積層型光起電ブロックは、窓部材として用いる場合、光起電領域を水平方向に、しかも極めて薄膜に形成しているため、室外から室内への光を遮断することなく、多方向からの入射光を活用して十分な光起電を達成することができる。

しかも、基本的な光起電セルの大きさは、上下の透明基板の厚さが1 mm程度であり、光起電領域の厚さも1 mm以下とすることが可能であるため、光起電セルを組み合わせる様々な形状の積層型光起電ブロックとすることができる。

[0035] 以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

例えば、第2実施形態で説明した横長形状の光起電セルは、横長形状の光起電部を1つ備えているが、横長形状の光起電部を分割し、複数の光起電部を備えることとしてもよい。

また、上記の実施形態においては、光起電セル及び光起電部の形状を矩形形状で説明したが、これらは矩形形状に限らず、円形、楕円形、多角形など様々な形状を採用することができる。このため、積層型光起電ブロックの形状も板形状に限定されるものではなく、円柱状であってもよい、さまざまな形状とすることができる。

また、上下の透明基板についても、平板形状で説明したが、透明基板は平板に限定されるものではなく、曲面を有するものであってもよい。

符号の説明

- [0036] 1 : 上部透明基板
2 : 下部透明基板
3 : 光起電領域
4 : 封止部
5 : 上部電極
6 : 下部電極
7 : 光起電セル
10 : 積層型光起電ブロック
12 : 多孔質 2 酸化チタン
13 : 色素増感多孔質 2 酸化チタン
14 : 電解液
15 : 電荷交換層
16 : フレーム
17 : 取り出し電極
18 : 取り出し電極基部
19 : 取り出し電極接点部
20 : 2 酸化ケイ素粒子

請求の範囲

- [請求項1] 平板状の光起電セルを積層したブロック体であって、前記ブロック体の高さ寸法は、奥行き寸法又は幅寸法のいずれか一方の寸法と同じかあるいはそれ以上である積層型光起電ブロック。
- [請求項2] 平板状の光起電セルを少なくとも5層以上積層したブロック体であって、積層された光起電セルの端面が略平面状に揃っている積層型光起電ブロック。
- [請求項3] 請求項1または2に記載の積層型光起電ブロックにおいて、前記光起電セルは、光起電領域が透光性の基板によって挟まれた構造である積層型光起電ブロック。
- [請求項4] 請求項1または2に記載の積層型光起電ブロックが、前記積層型光起電ブロックを取り囲むフレームに覆われている窓・外装部材。
- [請求項5] 請求項4に記載の窓・外装部材であって、前記積層型光起電ブロックと、前記積層型光起電ブロックの積層方向と平行なフレームとの間には、前記積層型光起電ブロックから電力を取り出すための取り出し電極が配置されている窓・外装部材。
- [請求項6] 請求項5に記載の窓・外装部材であって、前記取り出し電極は、前記積層型光起電ブロックに接する面が、前記積層型光起電ブロックの側面の凹凸に係合する形状を備えており、前記取り出し電極の前記積層型光起電ブロックの側面と接する部分には、導電性加工がなされている窓・外装部材。