

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5897579号  
(P5897579)

(45) 発行日 平成28年3月30日 (2016. 3. 30)

(24) 登録日 平成28年3月11日 (2016. 3. 11)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 1 L 51/44 (2006. 01)	HO 1 L 31/04	1 3 2
HO 2 S 10/10 (2014. 01)	HO 1 L 31/04	1 3 5
HO 2 S 10/20 (2014. 01)	HO 2 S 10/10	
HO 2 N 2/18 (2006. 01)	HO 2 S 10/20	
HO 1 L 41/113 (2006. 01)	HO 2 N 2/00	A
請求項の数 16 (全 17 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2013-529717 (P2013-529717)	(73) 特許権者	513063420
(86) (22) 出願日	平成23年9月27日 (2011. 9. 27)		ボルトン大学
(65) 公表番号	特表2013-545262 (P2013-545262A)		イギリス国、ピーエル3 5エイビー、ランカシャー、ボルトン、ディーン ロード
(43) 公表日	平成25年12月19日 (2013. 12. 19)	(74) 代理人	100091443
(86) 国際出願番号	PCT/GB2011/051829		弁理士 西浦 ▲嗣▼晴
(87) 国際公開番号	W02012/042259	(74) 代理人	100130720
(87) 国際公開日	平成24年4月5日 (2012. 4. 5)		弁理士 ▲高▼見 良貴
審査請求日	平成26年9月25日 (2014. 9. 25)	(74) 代理人	100173657
(31) 優先権主張番号	1016193. 3		弁理士 瀬沼 宗一郎
(32) 優先日	平成22年9月27日 (2010. 9. 27)	(72) 発明者	ハディマニ、マグンダツパ エル (ラヴィ)
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		イギリス国、ピーエル3 5エイビー、ランカシャー、ボルトン、ディーン ロード、ボルトン大学内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 ハイブリッド・エネルギー変換デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

太陽エネルギー及び力学的エネルギーを電気エネルギーに変換する圧電 - 光起電力構造体であって、

光起電力層と、圧電性ポリマからなる圧電基材とを含む、複数の重ね合わされた層を備えており、

前記圧電基材は、上部電極及び下部電極の間に挟まれており、

前記光起電力層は、アノード層及びカソード層の間に挟まれており、

絶縁層が、前記圧電基材並びに前記上部電極及び前記下部電極を、前記光起電力層、前記カソード層及び前記アノード層から分離しており、

前記絶縁層は、前記上部電極上に積層されており、

前記カソード層は、前記絶縁層上にフィルム状に形成されていることを特徴とする圧電 - 光起電力構造体。

【請求項 2】

挿入されたりチウムフッ化物の層によって、前記カソード層と前記光起電力層とが分離されている請求項 1 に記載の圧電 - 光起電力構造体。

【請求項 3】

前記光起電力層が、透明な電子遮断（正孔抽出）ポリマの外側副層の電子遮断ポリマ層並びに電子ドナー及び電子アクセプタ（ドナー・アクセプタ）ポリマの内側副層の電子ドナー・アクセプタポリマ層を備えている請求項 1 または 2 に記載の圧電 - 光起電力構造体

。

## 【請求項 4】

同心的に重ね合わされた前記複数の層を備えた、細長い実質的に円柱状の本体部を備えている請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の圧電 - 光起電力構造体。

## 【請求項 5】

前記絶縁層が、実質的に前記圧電基材を囲むように、前記上部電極及び前記下部電極の両方に積層されている請求項 4 に記載の圧電 - 光起電力構造体。

## 【請求項 6】

前記複数の層が、実質的に平行に重ね合わされた平らな本体部を備えている請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の圧電 - 光起電力構造体。

10

## 【請求項 7】

前記圧電基材が、分散圧電セラミック粒子を含む請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の圧電 - 光起電力構造体。

## 【請求項 8】

圧電性ポリマからなる圧電基材を準備するステップと、  
前記圧電基材の上に光起電力層を重ね合わせるステップとを含む圧電 - 光起電力構造体の形成方法であって、

前記光起電力層を重ね合わせるステップの前に、前記圧電基材上に上部電極及び下部電極を形成するステップと、前記上部電極上に絶縁層を積層するステップとを含み、

前記絶縁層を積層するステップは、前記絶縁層上にフィルム状にカソード層を形成することを含む圧電 - 光起電力構造体の形成方法。

20

## 【請求項 9】

前記絶縁層上に前記カソード層を形成するステップは、熱蒸着によって前記絶縁層に金属層を形成することからなる請求項 8 に記載の圧電 - 光起電力構造体の形成方法。

## 【請求項 10】

前記絶縁層は、実質的に前記圧電基材を囲むように、前記上部電極及び前記下部電極の両方に積層されている請求項 8 または 9 に記載の圧電 - 光起電力構造体の形成方法。

## 【請求項 11】

前記光起電力層を重ね合わせるステップが、  
前記カソード層上に電子ドナー及び電子アクセプタポリマを含む電子ドナー・アクセプタポリマ層をオーバーレイするステップと、

前記電子ドナー・アクセプタポリマ層上に透明な電子遮断（正孔抽出）ポリマ層を形成するステップと、

前記透明な電子遮断ポリマ層上にアノード層を形成するステップとを含む請求項 8 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の圧電 - 光起電力構造体の形成方法。

30

## 【請求項 12】

前記カソード層上に前記電子ドナー・アクセプタポリマ層を形成するステップの前に、前記カソード層上にリチウムフッ化物の層を形成するステップを含む請求項 11 に記載の圧電 - 光起電力構造体の形成方法。

## 【請求項 13】

前記圧電基材を準備するステップは、前記圧電基材を押し出すプロセスにより形成することを含む請求項 8 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の圧電 - 光起電力構造体の形成方法。

40

## 【請求項 14】

太陽エネルギー及び力学的エネルギーを電気エネルギーに変換するパワー変換システムであって、

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の圧電 - 光起電力構造体と、

前記圧電基材の上部電極及び下部電極に接続された第 1 の回路と、

前記光起電力層のアノード及びカソードに接続された第 2 の回路とを備えていることを特徴とするパワー変換システム。

## 【請求項 15】

50

力学的エネルギーまたは太陽エネルギーを電気エネルギーに変換するために、請求項 1 4 に記載のパワー変換システムを用いるステップと、

前記第 1 及び第 2 の回路の一方または両方を、配電回路、配電ネットワーク、電気負荷、または、エネルギー貯蔵デバイスに接続するステップとを含む電気エネルギーを発生、貯蔵、配給または消費する方法。

【請求項 1 6】

太陽エネルギー及び力学的エネルギーを電気エネルギーに変換するパワー変換システムであって、

光起電力素子及び圧電素子を有する請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の圧電 - 光起電力構造体と、

前記圧電基材に接続された第 1 の回路と、

前記光起電力層に接続された第 2 の回路とを備え、

前記第 1 及び第 2 の回路の一方または両方が、DC - DC コンバータに接続されていることを特徴とするパワー変換システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電性 (piezoelectric) 及び光起電性 (photoelectric) ハイブリッド材料並びに構造体、並びに、該材料及び構造体のためのパワー変換システム並びに電気回路に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

再生可能なエネルギー源 (renewable sources) から効率的にエネルギーを得ることについての高まるプレッシャーと相まって、可撓性を有する圧電性及び光起電性ハイブリッド材料の有効性は、圧電技術と光起電力技術の両方を利用するものである。同時に、及び/または同じロケーションで、魅力的な可能性が増加している。両方の技術を備えたハイブリッド構造体は、太陽エネルギー (solar energy) 源及び雨、風、波または潮汐の力学的エネルギー (mechanical energy) 源の両方からエネルギーを収穫する (harvest) ように配置される。可撓性を有する圧電性ポリマは、力学的エネルギーを収穫するために利用してもよく、また同時に、有機光起電力セルの基材材料 (substrate material) の役割を果たすようにしてもよい。

30

【0003】

国際公開公報 2009/070706 には、人工芝で太陽エネルギーを発生させるため、可撓性を有する有機太陽電池を使用することが開示されている。このようなシステムは、太陽光を利用できるか否かによって制限を受け、一日のうちの一定時間に使用が制限されてしまう。上記特許文献に記載された構造体では、力学的エネルギーを利用することができない。

【0004】

米国特許公報 7705523B2 には、太陽エネルギー及び力学的エネルギーの両方を電気エネルギーに変換する色素増感太陽電池 (dye-sensitised solar cells) 及び酸化亜鉛 (ZnO) 圧電性ナノロッド (zinc oxide piezoelectric nano-rods) を用いたハイブリッド・デバイスが開示されている。このハイブリッド構造体は、フィルムやシートではなく、ファイバ (fibres) の形態でのみ開発が可能である。一定のアプリケーションでは、例えば、水または風による力学的エネルギーが電気に変換されるエネルギー・ハーベスティングでは、フィルムやシートの形態が望ましい場合がある。米国特許公報 7705523B2 に開示されているハイブリッド構造体は、他のタイプの安価な太陽電池、例えば、有機太陽電池またはアモルファス・シリコン太陽電池に変更して対応させることができない。また、このハイブリッド構造体は、放射状に広がるナノロッド (radiating nano-rods) を有する細管 (tubules) を含む、主に階層的な構造が非常に複雑である。より単純な製造方

40

50

法を可能にするため、並びに、圧電と光起電力のハイブリッド技術を、異なるスケール、及び、ファイバだけでなくフィルムやシートの形態等の異なる構造体形態において使用する両方のために、単純な構造が望ましい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開公報2009/070706

【特許文献2】米国特許公報7705523B2

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0006】

本発明の各実施の形態の目的は、太陽及び力学的なエネルギー源の両方から収集された電気エネルギーを貯蔵、消費及び/または発生させる、改良された方法を提供することである。本発明の各実施の形態の他の目的は、そのような方法において使用する、太陽エネルギー及び力学的エネルギーの両方を収穫する、改良されたパワー発生システムを提供することである。本発明の各実施の形態の更に他の目的は、そのようなシステムにおいて使用する、圧電性及び光起電力性の特徴を有するハイブリッド構造体を提供することである。本発明の各実施の形態の更に他の目的は、そのような構造体の製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

20

本発明の第1の考慮されるべき特徴によれば、太陽エネルギー及び力学的エネルギーを電気エネルギーに変換する圧電-光起電力構造体であって、光起電力層及び圧電基材を含む、複数の重ね合わされた層(superposed layer)を備えていることを特徴とする圧電-光起電力構造体が提供される。

【0008】

このようなハイブリッド構造体は、多数のエネルギー源からエネルギーを得ることができる単一のエネルギー・キャプチャ・システムを通して、複数の再生可能なエネルギー源からエネルギーを収穫するように機能する。このことにより、より効率的にエネルギーを収集することができる、または、比較可能な単一のエネルギー源からエネルギーを得るエネルギー・キャプチャ・システムよりも、費用効率がよい、丈夫な、軽量な、展開可能なエネルギー・キャプチャ・システムを得ることができる。

30

【0009】

圧電基材は、上部電極(top electrode)及び下部電極(bottom electrode)の間に直接挟まれていると有利である。

【0010】

光起電力層は、外側のアノード層(anode layer)及び内側のカソード層(cathode layer)の間に挟まれていることが望ましい。絶縁層(insulating layer)が、圧電基材並びに上部電極及び下部電極を、光起電力層、カソード層及びアノード層から分離してもよい。光起電力層が、さらに、透明な電子遮断(正孔抽出)ポリマ(transparent electron blocker (hole extractor) polymer)の外側副層の電子遮断ポリマ層並びに電子ドナー及び電子アクセプタ(ドナー・アクセプタ)ポリマ(electron donor and electron acceptor (donor-acceptor) polymers)の内側副層の電子ドナー・アクセプタポリマ層を備えると有利である。

40

【0011】

電子遮断ポリマ層は、ポリ(3,4-エチレンジオキシ-チオフェン)とポリスチレンスルホン酸(PEDOT: PSS)を含んでいてもよく、または、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)を含んでいてもよい。

【0012】

電子ドナー・アクセプタポリマ層は、ポリ(3-ヘキシルチオフェン)(poly(3-hexyl thiophene))と[6,6]-フェニル-C61-酪酸メチルエステル([6,6]-phenyl-C61

50

-butyric acid methyl ester) (P3HT + PCBM) を含んでいてもよく、または、ポリ(P-フェニレンビニレン) (poly(p-phenylenevinylene)) とポリ(2-メトキシ-5-プロピルオキシ-スルホン酸-1,4-フェニレン-ビニレン) (poly(2-methoxy-5-propyloxy-sulfonate-1,4-phenylene-vinylene)) (PPV + MPS - PPV) を含んでいてもよく、または、ポリ[2-メトキシ-5-(2'-エチル-ヘキシルオキシ)-1,4-フェニレンビニレン] (poly[2-methoxy-5-(2'-ethyl-hexyloxy)-1,4-phenylenevinylene]) と[6,6]-フェニル-C61-酪酸メチルエステル(MEH-PPV + PCBM) を含んでいてもよく、または、ポリ[2-メトキシ-5-(3',7'-ジメチルオクチルオキシ)-1,4-フェニレンビニレン] (poly[2-methoxy-5-(3',7'-dimethyl-octyloxy)-1,4-phenylenevinylene]) と[6,6]-フェニル-C61-酪酸メチルエステル(MDMO-PPV + PCBM) を含んでいてもよく、または、ポリ(P-フェニレンビニレン) とフラレン(fullerene) (PPV + C60) を含んでいてもよく、または、ポリ(3-オクチルチオフェン) (poly(3-octylthiophene)) と[6,6]-フェニル-C61-酪酸メチルエステル(P3OT + PCBM) を含んでいてもよく、または、[6,6]-フェニル-C61-酪酸メチルエステルとポリ[2,6-(4,4-ビス-(2-エチルヘキシル-4H-シクロペンタ[2,1-b;3,4-b']ジチオフェン)-オルト-4,7-(2,1,3-ベンゾチアジアゾール)] (poly[2,6-(4,4-bis-(2-ethylhexyl)-4H-cyclopenta[2,1-b;3,4-b']dithiophene)-alt-4,7-(2,1,3-benzothiadiazole)]) (PCBM + PCDTBT) を含んでいてもよく、または、ポリ[N-ドデシル-2,5-ビス(2'-チエニル)ピロール-(2,1,3-ベンゾチアジアゾール)] (poly[N-dodecyl-2,5-bis(2'-thienyl)pyrrole-(2,1,3-benzothiadiazole)]) と[6,6]-フェニル-C61-酪酸メチルエステル(PTPTB + PCBM) を含んでいてもよい。

#### 【0013】

電子ドナー・アクセプタポリマ層は、分散カーボンナノチューブ(dispersed carbon nanotubes) を含んでいてもよい。アノード層及びカソード層が金属製であり、アノード層が、カソード層よりも高い仕事関数(work function) を有することが望ましい。アノード層の材料が、光起電力層の一部のみを覆うように分布していると有利である。アノード層の材料が、格子状(lattice) または櫛状(comb) 構造の形態で光起電力層上に分布していることが望ましい。アノード層は、銅製であると有利である。カソード層は、アルミニウムであることが望ましい。

#### 【0014】

本発明の1つの好ましい実施の形態では、圧電-光起電力構造体が、同心的に重ね合わされた前述の複数の層を備えた、細長い実質的に円柱状の本体部を備えている。細長い実質的に円柱状の本体部は、ファイバであってもよい。圧電-光起電力構造体は、織る、編むその他の方法でアレンジされて織物状またはコード状にされている、前述の複数のファイバを備えていてもよい。

#### 【0015】

他の実施の形態では、複数の層が、実質的に平行に重ね合わされた平らな本体部を備えていてもよい。平らな本体部は、シートまたはフィルムであってもよい。

#### 【0016】

上部電極及び下部電極は、金属製であることが望ましい。上部電極及び下部電極がアルミニウムであると都合がよい。

#### 【0017】

カソード層と光起電力層とが、挿入されたリチウムフッ化物(lithium fluoride) の層によって分離されていると有利である。

#### 【0018】

圧電部材は、ポリマを含んでいてもよい。圧電基材は、ポリフッ化ビニリデン(poly(vinylidene fluoride)) (PVDF)、ポリプロピレン(polypropylene)、またはナイロン(nylon) を含んでいることが望ましい。圧電基材は、分散圧電セラミック粒子(dispe

10

20

30

40

50

rsed piezoelectric ceramic particles) を含んでいてもよい。

【0019】

光起電力層は、色素増感太陽電池を備えていてもよい。

【0020】

本発明の第2の考慮されるべき特徴によれば、圧電基材を準備するステップと、圧電基材の上に光起電力層を重ね合わせるステップとを含む圧電 - 光起電力構造体の形成方法が提供される。

【0021】

光起電力層を重ね合わせるステップの前に、圧電基材上に上部電極及び下部電極を形成する (depositing) ステップを含むと有利である。光起電力層を重ね合わせるステップの前に、圧電基材上に絶縁層を重ね合わせるステップを含んでいてもよい。光起電力層を重ね合わせるステップが、カソード層をオーバーレイするステップと、カソード層上に電子ドナー及び電子アクセプタポリマを含む電子ドナー・アクセプタポリマ層をオーバーレイするステップと、電子ドナー・アクセプタポリマ層上に透明な電子遮断 (正孔抽出) ポリマ層を形成するステップと、透明な電子遮断ポリマ層上にアノード層を形成するステップとを含んでいてもよい。カソード層上に電子ドナー・アクセプタポリマ層を形成するステップの前に、カソード層上にリチウムフッ化物の層を形成するステップを含むと有利である。

10

【0022】

上部電極及び下部電極は、金属製であり、且つ、熱蒸着 (thermal evaporation) によって圧電基材上に形成されていることが望ましい。カソード層は、金属製であり、且つ、熱蒸着によって形成されていると有利である。アノード層は、金属製であり、透明な電子遮断 (正孔抽出) ポリマ層上に熱蒸着によって形成されていると都合がよい。

20

【0023】

圧電基材を準備するステップは、圧電基材を押出プロセス (extrusion process) により形成することを含むことが望ましい。圧電基材は、ポリマ顆粒 (polymer granules) を含む供給材料を押出加工して形成されていてもよい。圧電基材は、ポリマ・マトリックス (polymer matrix) に分散した圧電セラミック粒子を含む顆粒合成物 (composite granules) を含む供給材料を押出加工して形成されていてもよい。

【0024】

回転塗布 (spin-coating) または浸漬塗布 (dip-coating) の方法を用いて、ポリマ溶液のコーティングを形成することで、電子ドナー・アクセプタポリマ層を形成すれば有利である。代わりに、鑄造 (casting)、スクリーン印刷 (screen printing)、ドクターブレード (doctor blading)、またはインクジェット印刷 (inkjet printing) の方法を用いてポリマ溶液のコーティングを形成することで、電子ドナー・アクセプタポリマ層を形成することもできる。

30

【0025】

電子ドナー・アクセプタポリマ層を形成するのに使用するポリマ溶液は、ポリ (3 - ヘキシルチオフェン) (P3HT) と [6, 6] - フェニル - C61 - 酪酸メチルエステル (PCBM)、または、ポリ (P - フェニレンビニレン) (PPV) とポリ (2 - メトキシ - 5 - プロピルオキシ - スルホン酸 - 1, 4 - フェニレン - ビニレン) (MPS - PPV)、または、ポリ [2 - メトキシ - 5 - (2' - エチル - ヘキシルオキシ) - 1, 4 - フェニレンビニレン] (MEH - PPV) と PCBM、または、ポリ [2 - メトキシ - 5 - (3', 7' - ジメチルオクチルオキシ) - 1, 4 - フェニレンビニレン] (MDMO - PPV) と PCBM、または、PPV と フラーレン (C60)、または、ポリ (3 - オクチルチオフェン) (P3OT) と PCBM、または、PCBM と ポリ [2, 6 - (4, 4 - ビス - (2 - エチルヘキシル - 4H - シクロペンタ [2, 1 - b; 3, 4 - b'] ジチオフェン) - オルト - 4, 7 - (2, 1, 3 - ベンゾチアジアゾール)] (PCDTBT)、または、ポリ [N - ドデシル - 2, 5 - ビス (2' - チエニル) ピロール - (2, 1, 3 - ベンゾチアジアゾール) (PTPTB) と PCBM、の混合物を含んでいても

40

50

よい。混合物は、クロロベンゼン、1,2-ジクロロベンゼン、または、クロロホルムに溶解している。

【0026】

電子ドナー・アクセプタポリマ層を形成するのに使用するポリマ溶液は、P3HTとPCBMが重量比1:1の割合で混合された混合物を含んでいると有利である。電子ドナー・アクセプタポリマ層を形成するのに使用するポリマ溶液は、分散カーボンナノチューブを含んでいてもよい。圧電-光起電力構造体の形成方法は、電子ドナー・アクセプタポリマ層をアニーリングする(annealing)ステップを含んでいることが望ましい。

【0027】

回転塗布または浸漬塗布の方法を用いてポリマ溶液のコーティングを形成することで、電子遮断(正孔抽出)ポリマ層が形成されていると都合がよい。PEDOT: PSSまたはPTFE溶液を含むコーティングを形成することで、電子遮断ポリマ層が形成されていると有利である。圧電-光起電力構造体の形成方法は、電子遮断層をアニーリングするステップを含んでいることが望ましい。

10

【0028】

本発明の第3の考慮されるべき特徴によれば、太陽エネルギー及び力学的エネルギーを電気エネルギーに変換するパワー変換システム(power conversion system)であって、光起電力層及び圧電基材を含む複数の重ね合わされた層を有する圧電-光起電力構造体と、圧電基材の上部電極及び下部電極に接続された第1の回路と、光起電力層のアノード及びカソードに接続された第2の回路とを備えていることを特徴とするパワー変換システムが提供される。

20

【0029】

第1の回路は、整流器(rectifier)を含むと有利である。第2の回路は、充電制御部を含むと都合がよい。第1及び第2の回路の一方または両方が、エネルギー貯蔵デバイス(energy storage device)の端子に接続されていてもよい。エネルギー貯蔵デバイスが、バッテリーであると都合がよい。

【0030】

本発明の第4の考慮されるべき特徴によれば、力学的エネルギーまたは太陽エネルギーを電気エネルギーに変換するために、前述のパワー変換システムを用いるステップと、第1及び第2の回路の一方または両方を、配電回路(electricity distribution circuit)、配電ネットワーク(electricity distribution network)、電気負荷(electrical load)、または、エネルギー貯蔵デバイスに接続するステップとを含む電気エネルギーを発生、貯蔵、配給または消費する方法が提供される。

30

【0031】

本発明の第5の考慮されるべき特徴によれば、力学的エネルギーまたは太陽エネルギーを電気エネルギーに変換するために、前述のパワー変換システムを用いるステップと、第1及び第2の回路の一方または両方を、配電回路、配電ネットワーク、電気負荷、または、エネルギー貯蔵デバイスに接続するステップとを含む電気エネルギーを発生、貯蔵、配給または消費する方法が提供される。

【0032】

本発明の第6の考慮されるべき特徴によれば、太陽エネルギー及び力学的エネルギーを電気エネルギーに変換するパワー変換システムであって、光起電力素子及び圧電素子を有する圧電-光起電力構造体と、圧電基材に接続された第1の回路と、光起電力層に接続された第2の回路とを備え、第1及び第2の回路の一方または両方が、DC-DCコンバータに接続されていることを特徴とするパワー変換システムが提供される。

40

【0033】

圧電素子は、圧電基材であってもよく、第1の回路が圧電基材の上部電極及び下部電極に接続されている。光起電力素子は、光起電力層であってもよく、第2の回路が光起電力層のアノード及びカソードに接続されている。圧電-光起電力構造体は、第1の考慮されるべき特徴に基づく圧電-光起電力構造体であってもよい。

50

## 【 0 0 3 4 】

第1の回路は、整流器を含んでもよく、整流器は、ブリッジ形整流器 (bridge rectifier) であってもよい。ブリッジ形整流器は、低損失ブリッジ形全波整流器 (low drop full wave bridge rectifier) であると都合がよい。整流器は、集積チップ (integrated chip) であってもよく、または、集積チップの一部であってもよい。第1の回路は、貯蔵用キャパシタ (storage capacitor) と並列に、DC - DCコンバータと接続されていてもよい。DC - DCコンバータは、降圧コンバータ (step-down converter) であってもよい。DC - DCコンバータは、集積チップであってもよく、または、集積チップの一部であってもよい。DC - DCコンバータ及び整流器が、単一の集積チップを構成してもよい。単一の集積チップは、リニアテクノロジー社 (カリフォルニア州、ミルピタス) (Linear Technology Corporation (Milpitas, California)) によって供給されている LTC3588 集積チップまたはこれと同等のものであれば都合がよい。第1の回路は、複数の圧電素子及び複数の整流器を備えていてもよく、1以上の圧電素子は、それぞれの整流器に接続されており、複数の整流器は、相互に並列接続されている。

10

## 【 0 0 3 5 】

第2の回路は、電圧レギュレータ (voltage regulator) を含んでもよく、電圧レギュレータは、光起電力素子と直列接続されたダイオードであってもよい。ダイオードは、ショットキー・ダイオード (Schottky diode) であると都合がよい。第2の回路は、直列接続された複数の光起電力素子を備えていてもよい。第2の回路は、貯蔵用キャパシタと並列に、DC - DCコンバータと接続されていてもよい。代わりに、第2の回路は、第2の貯蔵用キャパシタと並列に、第2のDC - DCコンバータと接続されていてもよく、2つのコンバータは出力端子が接続されている。

20

## 【 0 0 3 6 】

1つのDC - DCコンバータ、または、少なくとも1つのDC - DCコンバータは、出力を平滑する平滑回路 (smoothing circuit) に接続されていてもよい。1つの平滑回路、または、少なくとも1つの平滑回路は、平滑キャパシタ (reservoir capacitor) 及びインダクタンス (inductance) を備えていてもよい。バイパスダイオード (bypass diode) が、1つのDC - DCコンバータ、若しくは、それぞれのDC - DCコンバータの一对の出力端子を接続する、または、1つの平滑回路、若しくは、それぞれの平滑回路の一对の出力端子を接続すると都合がよい。1つのバイパスダイオード、または、それぞれのバイパスダイオードは、ショットキー・ダイオードであってもよい。

30

## 【 0 0 3 7 】

本発明の第7の考慮されるべき特徴によれば、それぞれの出力端子で直列接続された、第6の考慮されるべき特徴によるパワー変換システムのセットを備えたパワー変換アレイ (power conversion array) が提供される。

## 【 0 0 3 8 】

直列接続されたパワー変換システムのセットは、最終DC - DCコンバータ (final DC-DC converter) と接続されていてもよい。最終DC - DCコンバータは、昇圧コンバータ (step-up converter) であってもよい。パワー変換アレイは、さらに、それぞれが、直列接続されたパワー変換システムのセット (set of series-connected power conversion systems) に接続された入力端子と、電力線バス (power line bus) に接続された出力端子とを有する、複数の最終DC - DCコンバータを備えていてもよい。

40

## 【 0 0 3 9 】

代わりに、直列接続されたパワー変換システムのセットは、DC - ACインバータに接続されていてもよい。パワー変換アレイは、さらに、それぞれが、直列接続されたパワー変換システムのセットに接続された入力端子と、電力線バスに接続された出力端子とを有する、複数のDC - ACインバータを備えていてもよい。

## 【 0 0 4 0 】

本発明をはっきりと理解するために、本発明の実施の態様を、例として、添付の図を参照して示す：

50

## 【図面の簡単な説明】

## 【0041】

【図1】本発明による実施の形態である、フィルムのような積層構造の圧電 - 光起電力構造体の一部の透視図である。

【図2】本発明による他の実施の形態である、ファイバのような同心的な圧電 - 光起電力構造体の一部の透視図である。

【図3】図1及び図2に記載の圧電 - 光起電力構造体を作成する方法を示すフローチャートである。

【図4】本発明による他の実施の形態である、図1の圧電 - 光起電力構造体を含む、パワー変換システムの概略図である。

【図5】図4のパワー変換システムに使用することに適した、整流回路を配置した回路図である。

【図6】本発明による他の実施の形態である、エネルギー変換ユニット・セルの概略図である。

【図7】本発明による他の実施の形態である、図6のユニット・セルを複数示す回路図であり、それぞれが1以上の圧電素子及び1以上の光起電力素子を備え、複数のユニット・セルがパワー変換アレイを形成するために直列接続されていることを示している。

【図8】複数の圧電素子及び複数の光起電力素子を備えた、図6のユニット・セルを示す回路図である。

【図9】複数の圧電素子を接続する回路が第1のDC - DCコンバータに接続され、且つ、複数の光起電力素子を接続する回路が第2のDC - DCコンバータに接続されている本発明による他のユニット・セルを示す回路図である。

【図10】それぞれDC - DCコンバータまたはDC - ACインバータを介して、出力電力線バスと接続された多重直列接続されたユニット・セルを示す、図8のパワー変換アレイの概略図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0042】

図1及び図2は、それぞれ、フィルム及びファイバのような、積層構造及び同心的に重ね合わされたハイブリッド圧電 - 光起電力構造体を示している。このファイバまたはフィルムは、光起電力セルの基材として、P V D Fのような圧電性ポリマを用いて製造されている。逆型有機太陽電池 (inverted organic solar cell) を作成するために、P 3 H T 及びP C B Mのような有機系の電荷のドナー及びアクセプタの光起電力材料、並びに、アルミニウム及び銅のような電極材料を、P V D Fからなるファイバまたはフィルム上に交互に積層 (deposited layer-by-layer) する。図3に示すように、以下では、このようなファイバやフィルムを製造する方法の詳細を示す。

## 【0043】

I. 圧電性ポリマへの電極の形成:

ファイバ(9)やフィルム(7)の形態の圧電分極されたP V D F基材(A piezoelectrically polarised (poled) PVDF substrate)に、一対の電極(6, 8)を形成し、更に絶縁層(5, 10)を積層する。2つの電極は、それぞれ、フィルムの基材の上面及び底面の大部分を覆ってもよく、また、ファイバの基材の表面の上部180度及び底部180度の大部分を覆ってもよい。フィルムの厚さが25  $\mu$ mの場合に、電荷変位係数(charge displacement coefficient)  $d_{33}$ がおよそ35 pC/Nである周知の圧電性ポリマであるため、基材としてP V D Fが選択されている。高い $d_{33}$ 定数を有していることは別にして、P V D Fは、非常に安定したポリマである。P V D Fは、175 という比較的低い融点を有しており、溶融・押出しすることで、薄いフィルムやファイバにすることが容易である。

## 【0044】

圧電基材の代替材料は、ポリプロピレン、ナイロン等、適切な弾力を有し、且つ、安定した基材のファイバやフィルムを形成すること、且つ、圧電分極が生じるその他のポリマ

10

20

30

40

50

を含んでもよい。圧電基材に形成された電極は、導電性のよい材料を熱蒸着することによって形成されている。代わりに、基材がフィルム状である場合、電極は、導電性ペーストをドクターブレードすることにより形成されていてもよい。フィルムの場合には、電気絶縁層(5)が、圧電部分の上部電極上に積層される。ファイバの場合には、絶縁体(10)は、ファイバの大部分を囲むように両電極上に積層される。

#### 【0045】

II. 積層された圧電部分へのカソードの形成:

アルミニウムカソード(4, 11)は、積層された圧電部分(7, 9)の上に、熱蒸着によって形成されている。カソードの材料は、アノードの材料よりも低い仕事関数を有すべきである。アルミニウムは、銅の仕事関数よりも低い仕事関数を有しているため、カソードの材料として選択されている。好ましい実施の形態では、積層された圧電PVDフイルム(7)またはファイバ(9)の上に、厚みが少なくとも250nmあるアルミニウム製の薄いフィルムが形成されている。

10

#### 【0046】

III. 電子ドナー・アクセプタ材料の被覆を形成するための溶液:

P3HT及びPCBMが、クロロベンゼンに、重量比1:1の割合で混ぜられており、これは、太陽電池の量子変換を最大化すると考えられている。この溶液は、他のいかなる濃縮物よりも高い量子効率(quantum efficiency)を生み出すと考えられている、10mg/mlのP3HT+PCBMアクティブ材料の濃縮物(concentration)から調製されている(prepared)。その後、この溶液は、200rpmで9時間、攪拌される。この混合物は、攪拌工程の間、不透明な(opaque)、気密のコンテナ内に収められている。

20

#### 【0047】

IV. 回転/浸漬塗布を用いた電子ドナー・アクセプタ層の塗布:

P3HT+PCBMアクティブ層(active layer)(3, 12)は、回転塗布または浸漬塗布設備を用いて、アルミニウムが塗布されたPVD基材上に形成されている。回転塗布により、1000rpmの速度で、クロロベンゼンに溶解した濃度10mg/mlのP3HT及びPCBMから、100~150nmの厚みのアクティブ層を生成することができる。この厚みは、高い量子変換効率を得るために最適な厚みであると考えられている。アクティブ材料を被覆するために、初めに200rpmの速度で10秒間、次に、500rpmの速度で10秒間、そして、最終的に1000rpmの速度で40秒間、回転塗布を行う。この複数ステップからなる工程は、均一な厚みを得るために導入されている。塗布工程の間、構造体はマスク(mask)によって覆われており、特定の範囲にアクティブ材料が存在しないようにして、後ほどリード線を接続するアルミニウム・カソードにアクセスできるようにしている。

30

#### 【0048】

V. ステップIからIVによって作成した構造体のアニーリング:

有機アクティブ光起電力材料をアニーリングすることで、太陽電池の量子変換効率が向上することが証明されている。上記ステップIからIVによって作り上げられた構造体に対して、110の温度でアニールを行う。250の温度でアニーリングを行えば、この低い温度によるアニーリングよりも高い効率のものを得られる。しかしながら、250は、PVDの融点及びキュリー点(Curie point)を超えているため、圧電基材を損傷してしまう。そのため、最大温度110が選択されている。

40

#### 【0049】

VI. 回転/浸漬塗布を用いた電子遮断(正孔抽出)層の塗布:

PEDOT: PSS層(2, 13)は、アクティブ層から太陽電池のアノードへの正孔注入/抽出層(hole injector/extractor layer)として用いられている。PEDOT: PSS層は、拡散した電子がアノードに向かってドリフトする(drift)ことを妨げる電子遮断層としても機能する。PEDOT: PSS溶液は、およそ40~50nmの厚みを得るために、最大5000rpmの高速回転でアクティブ層上に回転塗布される。ステップIV及びVIの両ステップでは、積層/フィルム構造体には、回転塗布が望ましい。構

50

造体がファイバである場合には、両ステップで、浸漬塗布が望ましい。

【 0 0 5 0 】

V I I . ステップ I から V I によって作成された構造体のアニーリング :

電子遮断材料または正孔抽出材料をアニーリングすると、太陽電池の量子変換効率を向上させる。上記ステップ I から V I に沿って作り上げられた構造体に対して、短時間、例えば、およそ 30 分間、110 の温度でアニールを行う。P E D O T : P S S をアニールする時間及び温度は、有機太陽電池の効率にあまり影響を与えない。

【 0 0 5 1 】

V I I I . 銅製櫛状構造 1 及び 1 4 の熱蒸着 :

太陽電池の上部に形成されるアノードは、太陽光をなるべく遮断しないように、まばらに分布させるべきである。図 1 に示すように、スパイン部 ( spine ) から伸びる細い複数のフィンガー部 ( fingers ) を有する櫛状構造は、太陽光の遮断を最小限にしながら、アノード金属への電子輸送を良好にすることができる。図 2 に示したファイバを覆っているアノードも、櫛状または格子状構造の形態で、まばらに分布した形態にすべきである ( 図示せず ) 。カソードの材料であるアルミニウムよりも仕事関数が高いため、アノードの材料として、銅が選択されている。銅アノードは、熱蒸着設備を用いて、室温で形成されている。太陽電池と接続されるリード線間の抵抗値を比較的低くするために、銅の厚みは、200 nm よりも厚いことが望ましい。

【 0 0 5 2 】

使用時には、ハイブリッド構造体の光起電力部分は、太陽光に応答して、アノードとカソード間に電流を発生させる。ハイブリッド構造体の圧電部分は、動きに応答して、電極間に、変動する電圧 ( fluctuating voltage ) を発生させる。光起電力部分からの電流と圧電部分からの電圧は、それぞれ独立して、太陽エネルギーまたは力学的エネルギーから、電気エネルギーを提供することが可能である。このエネルギーは、以下に説明するように、例えば、貯蔵、または、使用することができる。

【 0 0 5 3 】

1 つの実施の形態では、P C B M + P 3 H T アクティブ層 ( 3 , 1 2 ) を塗布する前に、アルミニウム・カソード ( 4 , 1 1 ) 上に、L i F ( リチウムフッ化物 ) の層を形成することでハイブリッド構造体の効率が向上する。この層は、正孔遮断層として機能する。

【 0 0 5 4 】

他の実施の形態では、単層または多層カーボンナノチューブ ( S W C N T 及び M W C N T ) のコロイド溶液が、アクティブ材料の混合物に含められている。これにより、アクティブ材料から電極までの電荷キャリアの拡散を向上させ、有機太陽電池の効率を向上させることができる。

【 0 0 5 5 】

さらに他の実施の形態では、ハイブリッド・セルの圧電部分を形成する P V D F フィルムまたはファイバ ( 7 , 9 ) 基材の上部に、色素増感太陽電池が配置されている。

【 0 0 5 6 】

P V D F の代わりに、P F C ( 圧電性ファイバ・コンポジット [ piezoelectric fibre composite ] ) 、圧電性ポリプロピレン ( piezoelectric polypropylene ) ( P P ) 、ナイロン等、様々な他のタイプの可撓性を有する圧電基材を用いることも可能である。

【 0 0 5 7 】

I X . 太陽エネルギー及び圧電エネルギーを結合させる基本回路 :

図 4 に示した実施の形態では、ハイブリッド構造体の光起電力部分のアノード ( 1 ) 及びカソード ( 4 ) が充電制御部 ( 1 4 ) に接続されており、同様に、充電制御部は、エネルギー貯蔵ユニット、例えば、バッテリー ( 1 6 ) またはキャパシタに接続されている。充電制御部は、太陽光がない場合に、バッテリーが放電することを防止することができる。ハイブリッド構造体の圧電部分の上部電極及び下部電極 ( 6 , 8 ) は、整流回路 ( 1 5 ) に接続されており、同様に、整流回路はバッテリーまたはその他の貯蔵用デバイス ( 1 6 ) に接続されている。2 つの回路のそれぞれは、同じ貯蔵用デバイスに接続されていてもよく、

10

20

30

40

50

別々の貯蔵用デバイスに接続されていてもよい。図5に示した整流回路は、4つのダイオード(18)からなるブリッジ整流器と、キャパシタ(17)とを備えていてもよい。ダイオードとキャパシタによって、変動する周波数と電圧の振幅の信号を、より安定したDC電圧信号に変換することができる。

【0058】

圧電部分(15)のエネルギー変換回路は、変動する周波数と電圧から、より一定のDC電圧に変換するさらに効率的な変換のために、インダクタ及びデジタルスイッチ(インダクタを蓄積状態にする同期スイッチ)を追加して改良してもよい。

【0059】

他の実施の形態では、エネルギーは、バッテリーやキャパシタのような貯蔵用デバイスに貯蔵されず、そのまま利用されている(utilised online)。例えば、太陽エネルギー及び/または風、潮汐、波、または雨のような力学的エネルギーが十分であり、及び/または、エネルギーの消費が少ない場合、貯蔵用デバイスを必要とせず、発電された電気を直接使用することが可能である。

【0060】

X. エネルギー・ハーベスティング及び送電のための更なる回路：

他の実施の形態は、圧電部分及び光起電力部分によって生じた電圧を一定のDC電圧に変換し、且つ、デバイスの圧電部分及び光起電力部分によって貯蔵されたエネルギーが放出されることを防ぐ回路に関するものである。これにより、本デバイスは、力学的エネルギー及び太陽エネルギーから変換されたパワーを効率的に供給する、高効率なエネルギー・ハーベスティング・デバイスとして機能することが可能となる。

【0061】

図6には、エネルギー・ハーベスタの光起電力部分(21)及び圧電部分(22)によって別々に、それぞれの整流素子(23, 24)によって、電荷が収集される回路の配置概略が示してある。ハイブリッド・セルの光起電力部分(21)は、一定のDC電圧を発生するため、使用される整流素子(23)は、普通のショットキー・タイプの単一のダイオード整流器(ordinary Schottky type of single diode rectifier)でよい。一方、ハイブリッド・セルの圧電部分(22)は、不規則に変化するAC信号を一定のDC電圧に変換するために、低損失ブリッジ形全波整流器からなる、高効率バック・コンバータ(buck converter)と結合されたりニアテクノロジ社(カリフォルニア州、ミルピタス)のLTC3588集積チップ(27)を使用している。集積チップ(IC)は、1.8V、2.5V、3.3V及び3.6Vの4つの異なる出力電圧を有しており、入力電圧は20Vに設定され、保護用シャント(protective shunt)を有している。光起電力部分(21)及び圧電部分(22)に接続された両整流素子(23, 24)は、貯蔵用キャパシタ(25)に接続されており、貯蔵用キャパシタは、高効率DC-DCバック・コンバータ(26)と接続されている。

【0062】

図7は、ハイブリッド・エネルギー・ハーベスタの各ユニット・セル(30)が直列接続されている回路図を示している。各ユニット・セル(30)は、ハイブリッド・セルの光起電力部分(21)からの電圧を制限するためのショットキー・ダイオード(23)を備えている。ダイオードからLTC3588 IC(27)から接続されたキャパシタは、さらに、ハイブリッド・セル(22)の圧電部分によっても接続されている。エネルギー・ハーベスタの圧電部分は、PZ1ピン及びPZ2ピンを通じて、LTC3588 ICに接続されている。デバイスの光起電力部分は、Vinピン及びGNDピンを通じて、LTC3588 ICに接続されている。光起電力部分からの電荷/電気エネルギーは、ダイオードを通して、キャパシタC2に貯蔵されている。同じキャパシタは、LTC3588 ICと統合された4ダイオード全波整流器を通して、エネルギー・ハーベスタの圧電部分からの電荷/電気エネルギーも貯蔵している。

【0063】

LTC3588 ICのピン4における電気入力Vinは、ハイブリッド・エネルギー・ハ

10

20

30

40

50

ーベスタの光起電力部分及び圧電部分の両方からの電荷／電気エネルギーの和である。LTC3588 ICのピン6における電圧出力端子Voutは、出力電圧を制限する平滑回路を形成するインダクタL2(29)及びキャパシタC4(25)に接続されている。この出力電圧は、次に、ダイオードD2(28)間に接続されており、電流の逆流を防止する働きをする。ピン7における他のVin(ICのバック・コンバータNMOSスイッチのためのゲートドライブとして機能する内部低電圧レール[rail])は、キャパシタC3を通して、ハイブリッド・ハーベスタの光起電力部分の他方の電極に接続されている。これは、次に、LTC3588 ICのグラウンド(GND)に接続されており、同様に、ピン9及びピン8にも接続されている(これは、両電極がそれぞれICのPZT1端子及びPZT2端子と接続されている圧電部分とは対照的である。)

10

#### 【0064】

詳細に示している実施の形態では、LTC3588のグラウンド(GND)ピン及びピン6の出力電圧は、およそ1.8Vである。図7には、複数(n)の基本ユニット・セル(30)が直列接続されていることが示されている。直列接続されている全体の合計電圧は、1つのユニット・セルの出力電圧のn倍、すなわち、 $(n \times 1.8)$  Vである。ユニットの損傷や、太陽エネルギーのレベルが不十分であること等に起因して、基本ユニットのうち、1つが動作していない場合、そのユニット・セルが有しているバイパスダイオードD2(28)を経由して、そのユニット・セルはバイパスされる。そのため、直列接続の出力電圧は、 $((n - 1) \times 1.8)$  Vとなる。

#### 【0065】

20

光起電力による電荷を収集し、エネルギー貯蔵デバイスに貯蔵する、商用の太陽電池において一般的に使用されている電気回路は、アレイに複数接続されているセルのうち1つが動作しない場合、完全に役に立たなくなる。バイパスダイオードD2(28)を有する直列配置は、太陽電池が多数直列接続されたアレイのうち、1つまたは少数のユニット・セルが故障したとしても、エネルギー・ハーベスティング・デバイスの動作を妨げない。それどころか、アレイは、まだ動作している残りの太陽電池によって発電された電力の供給を継続するため、有利である。

#### 【0066】

図7に示した基本ユニット・セルは、例えば、フィルム状素子やストリップ状素子のような、ハイブリッド圧電・光起電力素子が比較的大規模な形態のハイブリッド光起電力・圧電エネルギー・ハーベスタ向きのものである。ファイバ状のような小規模素子の場合、素子のそれぞれがハイブリッド・ハーベスタ・セルとして機能するため、それぞれLTC3588 IC(27)を必要とするが、これは、コストまたはスペースの問題を生じる。この問題を解決するために、複数のファイバまたは複数のファイバの一部のような、いくつかのまたは多数の圧電素子(22)のそれぞれは、図8に示したように、それぞれ高効率ブリッジ形全波整流器(24)に接続されていてもよい。ブリッジ形全波整流器は、次に、貯蔵用キャパシタC2に並列接続されている。図8に示したように、いくつかのハイブリッド・セルの光起電力部分(21)がダイオードD1に対して直列接続されていてもよい。

30

#### 【0067】

40

ICに接続する前の並列接続されるファイバの数は、ICの入力電圧の上限によって制限されている。LTC3588の場合には、この入力電圧の上限は20Vである。多数のファイバを使用する場合、LTC3588に似た適切な商用の入手可能なICを選択することで、または、図9に示すようにLTC3588を2つの低出力DC-DCコンバータで置き換えることで、この上限を上げることができる。ハイブリッド・セルの圧電部分(22)のいくつかは、それぞれの、高効率全波整流器(24)に接続されている。これらの整流器は直列接続されており、高電圧・低出力のDC-DCコンバータ(32)に接続されたキャパシタC2に、最終的な電圧／電荷が貯蔵される。ハイブリッド・ファイバの光起電力部分は直列接続されており、低電圧・低出力のDC-DCコンバータ(33)に接続されたキャパシタC1に、電圧／電荷が貯蔵される。

50

## 【0068】

図10は、複数のユニット・セル(30)からなる複数のコラム(columns)を示す概略図である。各コラムは、要求される負荷の種類に応じて、DC-DCコンバータまたはDC-ACインバータのいずれかと直列接続された複数のユニット・セルのセットから構成されている。これらいくつかのコラムは、次に、エネルギー・ハーベスタが要求する定格電流(current rating)に応じて、出力電力線バスに対して並列接続されている。

## 【0069】

いくつかのハイブリッド素子が1つの整流回路に直列接続されている部分では、素子がそれぞれ整流回路に接続されている場合に比べて、変換効率は相当低くなる。図6乃至図10に示した実施の形態では、この問題は、図6乃至図9に示したように、ハーベスタの各ユニット・セル(30)内のDC-DCコンバータと結合されている貯蔵用キャパシタに整流回路を接続する前に、個々の圧電素子をそれぞれの整流回路に接続することで対処される。このことにより、変換効率を著しく落とすことなく、多数の圧電素子を使用することが可能になる。さらに、このことにより、図10に示したように、いくつかの、または、多数のそのようなユニット・セルを、負荷、DC-DCコンバータ、または、DC-ACインバータに対して直接、直列接続することを可能にし、効率よく電荷を収集することができる。

10

## 【0070】

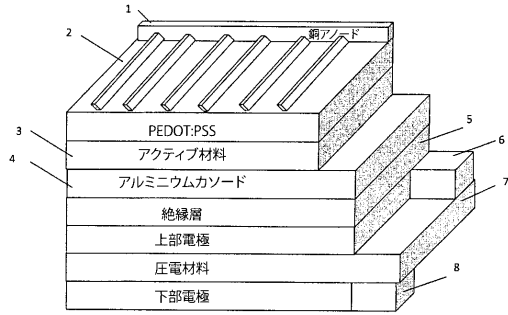
本発明の利用法の例の1つとして、ハイブリッド圧電-光起電力材料からなるファイバ及び/またはフィルムは、木や枝の葉状(leaves)のアレイまたはクラスタ(clusters)として組み上げられてもよい。例えば、図10に示した光起電力素子及び圧電素子を備えたユニット・セルのアレイ(30)、または、図9に示したハイブリッド素子のアレイ(34)は、木、枝または木構造の葉を形成してもよい。環境からエネルギーを収集し、貯蔵または配給するために、これらは太陽光、風及び/または雨にさらされる。

20

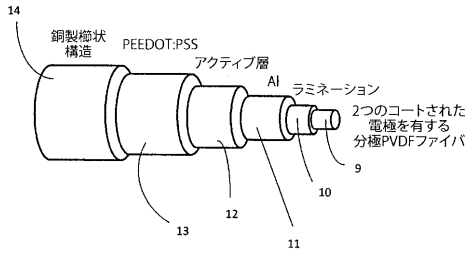
## 【0071】

上記の実施の形態は、例示としてのみ開示されている。添付の請求の範囲に定められたように、本発明の範囲を逸脱することなく、多くの変形例が可能である。

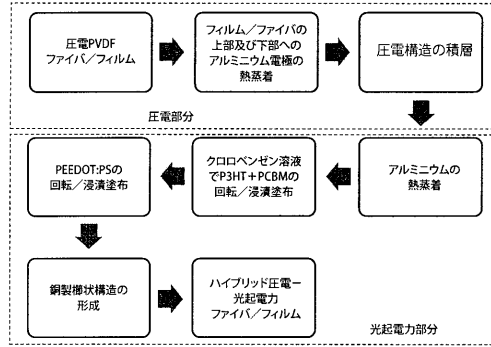
【図1】



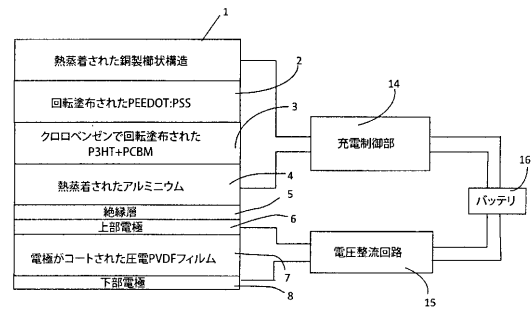
【図2】



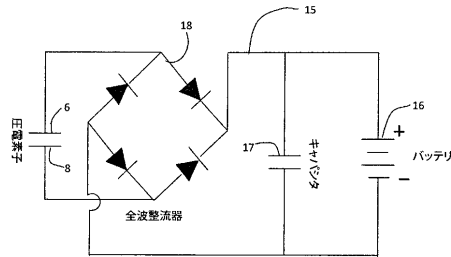
【図3】



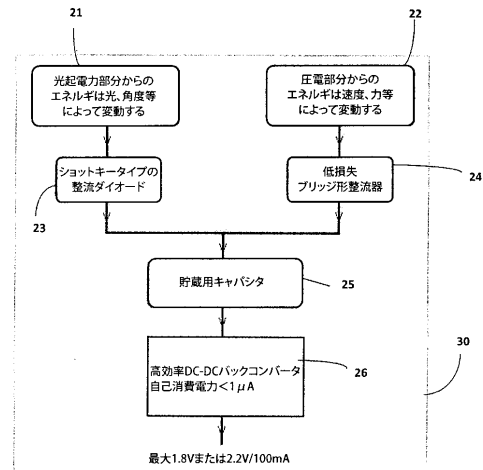
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

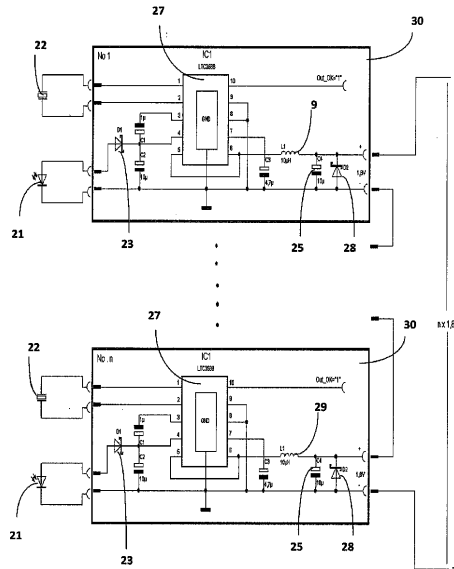


Figure 7

【図8】

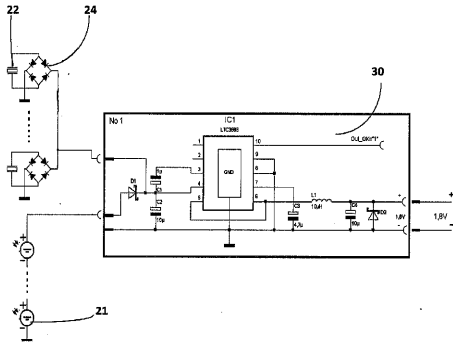
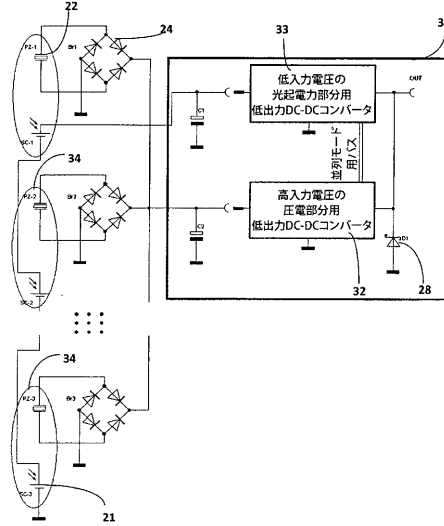
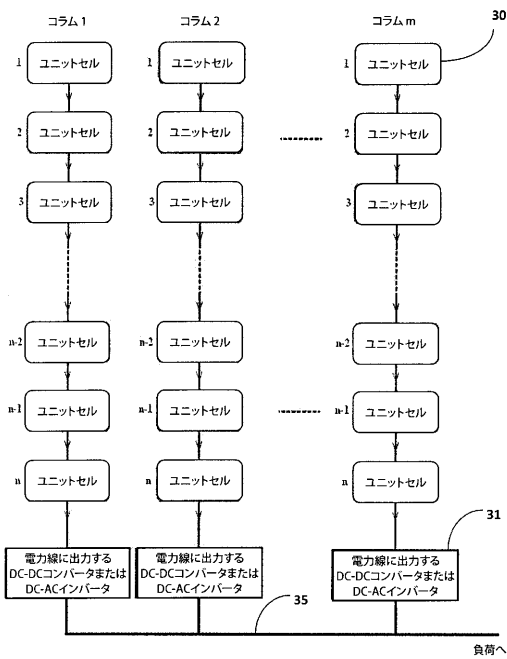


Figure 8

【図9】



【図10】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I
H 0 1 L 41/193	(2006.01)	H 0 1 L 41/113
H 0 1 L 41/04	(2006.01)	H 0 1 L 41/193
H 0 1 L 41/087	(2006.01)	H 0 1 L 41/04
H 0 1 L 41/18	(2006.01)	H 0 1 L 41/087
		H 0 1 L 41/18

(72)発明者 シオーレス, イリアス  
イギリス国、エム 2 6 1 ジーワイ、ランカシャー、マンチェスター、カーズリー、タンフィール  
ド ドライブ 3

(72)発明者 プレカス, クレアンティス  
ギリシャ国、イリオン 1 3 1 2 3、ミティリニス 7

(72)発明者 ヴァタンセヴェル, デルマン  
トルコ国、ケキルダール県ノムラトル 5 9 7 0 0、ラレ ソカク 1 1、クルドピナール マハリ  
シ

審査官 清水 靖記

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 1 7 3 3 4 5 ( U S , A 1 )

特開平 0 7 - 2 9 7 4 6 1 ( J P , A )

特開 2 0 0 2 - 0 3 9 8 7 3 ( J P , A )

特表 2 0 0 8 - 5 0 7 1 3 3 ( J P , A )

特開 2 0 0 5 - 0 3 2 8 5 2 ( J P , A )

特開 2 0 0 9 - 0 7 6 6 6 8 ( J P , A )

Daniel J. de VILLIERS, Shaun KAPLAN and Richardt H. WILKINSON, Energy Harvesting for a  
Condition Monitoring Mote, Industrial Electronics, 2008. IECON 2008. 34th Annual Conf  
erence of IEEE, 2 0 0 8 年, Pages 2161-2166

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L 3 1 / 0 4 2 - 3 1 / 0 5 6

H 0 1 L 5 1 / 4 2 - 5 1 / 4 8

H 0 2 S 1 0 / 0 0 - 9 9 / 0 0

H 0 1 L 4 1 / 0 4 - 4 1 / 1 9 3