

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2013-546175

(P2013-546175A)

(43) 公表日 平成25年12月26日(2013.12.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 35/22 (2006.01)	HO 1 L 35/22	
HO 1 L 35/24 (2006.01)	HO 1 L 35/24	
HO 1 L 35/32 (2006.01)	HO 1 L 35/32	A
HO 1 L 51/00 (2006.01)	HO 1 L 29/28	100Z
HO 1 L 51/30 (2006.01)	HO 1 L 29/28	250E

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 30 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-535009 (P2013-535009)
 (86) (22) 出願日 平成23年10月18日 (2011.10.18)
 (85) 翻訳文提出日 平成25年6月7日 (2013.6.7)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2011/056740
 (87) 国際公開番号 W02012/054504
 (87) 国際公開日 平成24年4月26日 (2012.4.26)
 (31) 優先権主張番号 61/394,293
 (32) 優先日 平成22年10月18日 (2010.10.18)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 509123596
 ウェイク フォレスト ユニバーシティ
 アメリカ合衆国 27101 ノースカロ
 ライナ州 ウィンストン-セーラム テク
 ノロジー ウェイ 391 スウィート
 199
 (74) 代理人 100083806
 弁理士 三好 秀和
 (74) 代理人 100095500
 弁理士 伊藤 正和
 (74) 代理人 100111235
 弁理士 原 裕子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱電装置及びその用途

(57) 【要約】

いくつかの実施形態において、熱電装置と熱電装置の種々の用途について説明する。いくつかの実施形態において、本願の熱電装置は、少なくとも1層のn型層に結合されてpn接合を形成する少なくとも1層のp型層と、少なくとも部分的にp型層とn型層との間に配置される絶縁層とを備える。p型層は複数のカーボンナノパーティクルを有し、n型層は複数のnドープカーボンナノパーティクルを有する。

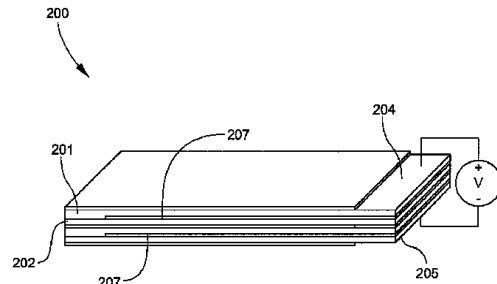


Fig. 2

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくとも 1 層の n 型層に結合されて p n 接合を形成する少なくとも 1 層の p 型層と、少なくとも部分的に前記 p 型層と前記 n 型層との間に配置される絶縁層とを備え、前記 p 型層は複数のカーボンナノパーティクルを有し、前記 n 型層は複数の n ドープカーボンナノパーティクルを有することを特徴とする熱電装置。

【請求項 2】

複数の n 型層に結合されて複数の p n 接合を形成する複数の p 型層と、少なくとも部分的に前記 p 型層と前記 n 型層との間に配置される絶縁層とを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の熱電装置。

10

【請求項 3】

前記 p 型層のカーボンナノパーティクルは、単層カーボンナノチューブ、多層カーボンナノチューブ、フラーレン、又は、それらの混合物からなることを特徴とする請求項 1 に記載の熱電装置。

【請求項 4】

前記 p 型層の前記カーボンナノパーティクルはホウ素からなることを特徴とする請求項 3 に記載の熱電装置。

【請求項 5】

前記ホウ素は、約 0 . 1 重量パーセント～約 3 0 重量パーセントの量で前記カーボンナノパーティクル中に存在することを特徴とする請求項 4 に記載の熱電装置。

20

【請求項 6】

前記 n 型層の前記 n ドープカーボンナノパーティクルは、単層カーボンナノチューブ、多層カーボンナノチューブ、フラーレン、又は、それらの混合物からなることを特徴とする請求項 1 に記載の熱電装置。

【請求項 7】

前記 n ドープカーボンナノパーティクルは窒素からなることを特徴とする請求項 6 に記載の熱電装置。

【請求項 8】

前記窒素は、約 0 . 1 重量パーセント～約 3 0 重量パーセントの量で前記カーボンナノパーティクル中に存在することを特徴とする請求項 7 に記載の熱電装置。

30

【請求項 9】

前記 p 型層の前記カーボンナノパーティクルは、ポリマーマトリックスに配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の熱電装置。

【請求項 10】

前記ポリマーマトリックスはフッ素ポリマーからなることを特徴とする請求項 9 に記載の熱電装置。

【請求項 11】

前記フッ素ポリマーは、ポリフッ化ビニル、ポリフッ化ビニリデン、ポリテトラフルオロエチレン、又は、それらの混合物からなることを特徴とする請求項 10 に記載の熱電装置。

40

【請求項 12】

前記ポリマーマトリックスは、ポリアクリル酸、ポリオレフィン、又は、それらの混合物からなることを特徴とする請求項 9 に記載の熱電装置。

【請求項 13】

前記カーボンナノパーティクルは、約 5 重量パーセント～約 9 5 重量パーセントの量で前記ポリマーマトリックス中に存在することを特徴とする請求項 9 に記載の熱電装置。

【請求項 14】

前記カーボンナノパーティクルは、約 1 0 重量パーセント～約 4 0 重量パーセントの量で前記ポリマーマトリックス中に存在することを特徴とする請求項 9 に記載の熱電装置。

【請求項 15】

50

前記 p 型層は、290 ° K の温度にて約 10 μ V / K ~ 約 35 μ V / K のゼーベック係数を有することを特徴とする請求項 9 に記載の熱電装置。

【請求項 16】

前記 n 型層の前記 n ドープカーボンナノパーティクルは、ポリマーマトリックスに配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の熱電装置。

【請求項 17】

前記ポリマーマトリックスはフッ素ポリマーからなることを特徴とする請求項 16 に記載の熱電装置。

【請求項 18】

前記フッ素ポリマーは、ポリフッ化ビニル、ポリフッ化ビニリデン、ポリテトラフルオロエチレン、又は、それらの混合物からなることを特徴とする請求項 17 に記載の熱電装置。

10

【請求項 19】

前記ポリマーマトリックスは、ポリアクリル酸、ポリオレフィン、又は、それらの混合物からなることを特徴とする請求項 16 に記載の熱電装置。

【請求項 20】

前記 n ドープカーボンナノパーティクルは、約 5 重量パーセント ~ 約 95 重量パーセントの量で前記ポリマーマトリックス中に存在することを特徴とする請求項 16 に記載の熱電装置。

【請求項 21】

前記 n ドープカーボンナノパーティクルは、約 10 重量パーセント ~ 約 40 重量パーセントの量で前記ポリマーマトリックス中に存在することを特徴とする請求項 16 に記載の熱電装置。

20

【請求項 22】

前記ポリマーマトリックスは、n ドープカーボンナノパーティクルに前記 n ドーパントを与えることを特徴とする請求項 16 に記載の熱電装置。

【請求項 23】

前記 n 型層は、290 ° K の温度にて約 - 10 μ V / K ~ 約 - 35 μ V / K のゼーベック係数を有することを特徴とする請求項 16 に記載の熱電装置。

【請求項 24】

前記絶縁層は、電気絶縁性を有するポリマー材料からなることを特徴とする請求項 1 に記載の熱電装置。

30

【請求項 25】

前記電気絶縁性ポリマー材料はポリオレフィンからなることを特徴とする請求項 24 に記載の熱電装置。

【請求項 26】

前記 p 型層の前記カーボンナノパーティクルは、p ドープ無機ナノパーティクルで置換され、前記 n 型層の前記 n ドープカーボンナノパーティクルは、n ドープ無機ナノパーティクルで置換されることを特徴とする請求項 1 に記載の熱電装置。

【請求項 27】

Z T 値が少なくとも 0.5 であることを特徴とする請求項 2 に記載の熱電装置。

40

【請求項 28】

光起電コンポーネントと熱電コンポーネントとを備える光熱装置であって、

前記熱電コンポーネントは、

少なくとも 1 層の n 型層に結合されて p n 接合を形成する少なくとも 1 層の p 型層と、

少なくとも部分的に前記 p 型層と前記 n 型層との間に配置される絶縁層とを備え、

前記 p 型層は複数のカーボンナノパーティクルを有し、前記 n 型層は複数の n ドープカーボンナノパーティクルを有することを特徴とする光熱装置。

【請求項 29】

前記熱電装置は、複数の n 型層に結合されて複数の p n 接合を形成する複数の p 型層と

50

、少なくとも部分的に前記 p 型層と前記 n 型層との間に配置される絶縁層とを備えることを特徴とする請求項 28 に記載の光熱装置。

【請求項 30】

前記 p 型層のカーボンナノパーティクルは、単層カーボンナノチューブ、多層カーボンナノチューブ、フラーレン、又は、それらの混合物からなることを特徴とする請求項 28 に記載の光熱装置。

【請求項 31】

前記 n 型層の前記 n ドープカーボンナノパーティクルは、単層カーボンナノチューブ、多層カーボンナノチューブ、フラーレン、又は、それらの混合物からなることを特徴とする請求項 30 に記載の光熱装置。

10

【請求項 32】

前記 p 型層の前記カーボンナノパーティクルは、ポリマーマトリックスに配置され、前記 n 型層の前記 n ドープカーボンナノパーティクルは、ポリマーマトリックスに配置されることを特徴とする請求項 28 に記載の光熱装置。

【請求項 33】

前記光起電コンポーネントは、放射線透過性の第 1 の電極と、放射線透過性の第 2 の電極と、前記放射線透過性の第 1 の電極と前記放射性透過性の第 2 の電極との間に配置される少なくとも 1 層の感光層とを備えることを特徴とする請求項 28 に記載の光熱装置。

【請求項 34】

前記少なくとも 1 層の感光層は、感光性有機材料、感光性無機材料、又は、それらの組み合わせからなることを特徴とする請求項 33 に記載の光熱装置。

20

【請求項 35】

前記光起電コンポーネントと前記熱電コンポーネントとの間に配置されたストークスシフト層をさらに備え、前記ストークスシフト層は、1 以上のストークスシフト化学種を有することを特徴とする請求項 33 に記載の光熱装置。

【請求項 36】

前記 1 以上のストークスシフト化学種は、前記光起電コンポーネントを通過する電磁放射線を吸収することが可能であることを特徴とする請求項 35 に記載の光熱装置。

【請求項 37】

前記 1 以上のストークスシフト化学種は染料からなることを特徴とする請求項 35 に記載の光熱装置。

30

【請求項 38】

前記 1 以上のストークスシフト化学種は蛍光体からなることを特徴とする請求項 35 に記載の光熱装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願データ)

本願は、35 U.S.C. 119(e)の規定により、2010年10月18日出願の米国仮特許出願番号61/394,293に基づく優先権を主張し、この仮出願の内容を参照することにより援用する。

40

【0002】

本発明は、熱電材料に関し、特に熱電材料を組み込んだ装置に関する。

【背景技術】

【0003】

熱エネルギーは発電に広く利用されている。しかし、現行の手法による熱エネルギーの電気エネルギーへの変換効率は低く、約30~40パーセントである。そのため、熱エネルギーの多くが無駄に周辺環境に流出する。世界の年間発電量において、約15テラワットの電力が周辺環境に失われていると推定される。

【0004】

50

熱電材料は、現行以上に発電を行うために熱を捕獲することが可能である。熱電効率は性能指数 ZT で数値化される。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

高い ZT 値を示す熱電材料は、熱電効率が高い。妥当な ZT 値を有する熱電材料の製造は、困難で費用がかかることが多い。例えば、カルコゲン化ビスマスは、 ZT 値が $0.7 \sim 1.0$ で優れた熱電特性を有している。このような材料をナノ構造化させ、 Bi_2Te_3 層と Bi_2Se_3 層を交互に形成した超格子構造を生成し、許容可能な導電性を有し、かつ、熱伝導性が低い材料を得ることができる。しかし、このような材料の製造は時間と費用がかかることがある。

10

【0006】

さらに、製造条件や他の材料許容度を考えると、多くの熱電材料は、種々の集熱及び発電装置に容易に組み込むことができない。

【課題を解決するための手段】

【0007】

一側面において、いくつかの実施形態により、既存の熱電材料の1以上の問題点を克服又は軽減できる熱電装置について説明する。いくつかの実施形態において、本願の熱電装置は、少なくとも1層の n 型層に結合されて pn 接合を形成する少なくとも1層の p 型層と、少なくとも部分的に p 型層と n 型層との間に配置される絶縁層とを備え、 p 型層は複数のカーボンナノパーティクルを有し、 n 型層は複数の n ドープカーボンナノパーティクルを有する。いくつかの実施形態において、 p 型層のカーボンナノパーティクルは p ドープされている。

20

【0008】

いくつかの実施形態において、本願の熱電装置は、複数の n 型層に結合されて複数の pn 接合を形成する複数の p 型層と、少なくとも部分的に p 型層と n 型層との間に配置される絶縁層とを備え、少なくとも1層の p 型層は複数のカーボンナノパーティクルを有し、少なくとも1層の n 型層は複数の n ドープカーボンナノパーティクルを有する。

【0009】

いくつかの実施形態において、本願の熱電装置の p 型層は、さらに、カーボンナノパーティクルが配置されたポリマーマトリックスを有する。いくつかの実施形態において、 n 型層は、さらに、 n ドープカーボンナノパーティクルが配置されたポリマーマトリックスを有する。いくつかの実施形態において、本願の熱電装置の p 型層と n 型層とは積層構成である。

30

【0010】

本願の熱電装置のいくつかの実施形態において、 p ドープ及び n ドープのカーボンナノチューブを含むカーボンナノパーティクルを、1以上の無機半導体ナノパーティクルで置換することができる。いくつかの実施形態において、無機半導体ナノパーティクルは、 IV 族材料、 III/V 族材料、 II/IV 族材料、あるいは、これらの組み合わせからなる。いくつかの実施形態において、無機半導体ナノパーティクルは、量子ドット及び/又はナノワイヤからなる。いくつかの実施形態において、無機半導体ナノパーティクルの寸法は、本願のカーボンナノパーティクルのいずれとも一致する。

40

【0011】

他の側面において、光起電コンポーネントと熱電コンポーネントとを備える光熱装置について説明する。熱電コンポーネントは、少なくとも1層の n 型層に結合されて pn 接合を形成する少なくとも1層の p 型層と、少なくとも部分的に p 型層と n 型層との間に配置される絶縁層とを備える。 p 型層は複数のカーボンナノパーティクルを有し、 n 型層は複数の n ドープカーボンナノパーティクルを有する。いくつかの実施形態において、熱電コンポーネントは、複数の n 型層に結合されて複数の pn 接合を形成する複数の p 型層と、少なくとも部分的に p 型層と n 型層との間に配置される絶縁層とを備える。

50

【0012】

いくつかの実施形態において、光熱装置は、さらに、光起電コンポーネントと熱電コンポーネントとの間に配置されたストークスシフト層を備える。いくつかの実施形態において、ストークスシフト層は、熱電コンポーネントの隣接面に伝達する熱エネルギーを生成することが可能な1以上のストークスシフト化学種を有する。いくつかの実施形態において、ストークスシフト化学種は、光起電コンポーネントを通過する電磁放射線を吸収する。

【0013】

さらに、いくつかの実施形態において、1以上のストークスシフト化学種より放出される放射線は、光起電コンポーネントにより吸収される。

10

【0014】

他の側面において、熱電装置の製造方法について説明する。いくつかの実施形態において、熱電装置の製造方法は、複数のカーボンナノパーティクルを有する少なくとも1層のp型層を設け、複数のnドープカーボンナノパーティクルを有する少なくとも1層のn型層を設け、p型層とn型層との間に絶縁層を配置し、p型層とn型層とを結合してpn接合を形成する。いくつかの実施形態において、複数のp型層及びn型層を設け、互いに結合して、複数のpn接合を形成する。いくつかの実施形態において、(複数の)p型層と(複数の)n型層との間に(複数の)絶縁層を配置する。さらに、熱電装置の製造方法のいくつかの実施形態において、p型層とn型層とは積層構成である。

20

【0015】

他の側面において、光熱装置の製造方法について説明する。いくつかの実施形態において、光熱装置の製造方法は、光起電コンポーネントを設け、熱電コンポーネントを設け、光起電コンポーネントと熱電コンポーネントとを結合する。熱電コンポーネントは、少なくとも1層のn型層に結合されてpn接合を形成する少なくとも1層のp型層と、少なくとも部分的にp型層とn型層との間に配置される絶縁層とを備え、p型層は複数のカーボンナノパーティクルを有し、n型層は複数のnドープカーボンナノパーティクルを有する。いくつかの実施形態において、熱電コンポーネントは、上述のように、複数のn型層に結合された複数のpn接合を形成する複数のp型層を備える。

【0016】

いくつかの実施形態において、光熱装置の製造方法は、さらに、光起電コンポーネントと熱電コンポーネントとの間にストークスシフト層を配置する。

30

【0017】

他の側面において、電磁エネルギーの電気エネルギーへの変換方法について説明する。いくつかの実施形態において、電磁エネルギーの電気エネルギーへの変換方法は、光起電コンポーネントと、光起電コンポーネントに結合された熱電コンポーネントとを備える装置を設ける。熱電コンポーネントは、少なくとも1層のn型層に結合されてpn接合を形成する少なくとも1層のp型層と、少なくとも部分的にp型層とn型層との間に配置される絶縁層とを備え、p型層は複数のカーボンナノパーティクルを有し、n型層は複数のnドープカーボンナノパーティクルを有する。また、変換方法は、光起電コンポーネントにより電磁放射線を吸収して光電流を生成し、熱電コンポーネントの一面を加熱して熱電コンポーネント全体に電圧を誘導する。

40

【0018】

いくつかの実施形態において、熱電コンポーネントの一面を加熱する工程では、光起電コンポーネントで発生した熱を熱電コンポーネントの一面に移動させる。また、いくつかの実施形態において、熱電コンポーネントの一面を加熱する工程では、光起電コンポーネントと熱電コンポーネントとの間にストークスシフト層を設け、電磁放射線をストークスシフト層により吸収して熱及び電磁放射線を生成し、生成した熱を熱電コンポーネントの一面に移動させる。いくつかの実施形態において、ストークスシフト層により生成した電磁放射線を光起電コンポーネントに伝達して、光電流の生成を行う。

【0019】

50

これらの実施形態及び他の実施形態について、以下により詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本願の一実施形態に係る熱電装置を広げた状態の側面図である。

【図2】本願の一実施形態に係る熱電装置を示す図である。

【図3】本願のいくつかの実施形態に係るポリマーマトリックスにおける種々のカーボンナノチューブ充填量に対するゼーベック係数を示す図である。

【図4】本願の一実施形態に係る光熱装置を示す図である。

【図5】本願の一実施形態に係る熱電装置を広げた状態の側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

本願の実施形態は、以下の詳細な説明、例、図面を参照することにより、より容易に理解できる。なお、ここで説明する構成要素、装置、方法は、詳細な説明、例、図面に示される具体的な実施形態に限定されるものではない。これらの実施形態は、本発明の原理を例示するものにすぎない。本発明の主旨を逸脱することなく多数の変更や修正を行うことは、当該分野の技術者にとって容易に明らかであろう。

【0022】

また、ここに開示する数値範囲はすべて、それに含まれるすべてのサブ範囲を含むものとする。例えば、「1.0～10.0」という範囲の記載がある場合、最小値1.0以上で始まり、最大値10.0以下で終わるサブ範囲、例えば、1.0～5.3、4.7～10.0、3.6～7.9等、がすべて含まれるものとする。

【0023】

いくつかの実施形態において、熱電装置について説明する。この熱電装置は、少なくとも1層のn型層に結合されてpn接合を形成する少なくとも1層のp型層と、少なくとも部分的にp型層とn型層との間に配置される絶縁層とを備え、p型層は複数のカーボンナノパーティクルを有し、n型層は複数のnドープカーボンナノパーティクルを有する。いくつかの実施形態において、p型層のカーボンナノパーティクルはpドープされている。

【0024】

いくつかの実施形態において、本願の熱電装置は、複数のn型層に結合されて複数のpn接合を形成する複数のp型層と、少なくとも部分的にp型層とn型層との間に配置される絶縁層とを備え、少なくとも1層のp型層は複数のカーボンナノパーティクルを有し、少なくとも1層のn型層は複数のnドープカーボンナノパーティクルを有する。いくつかの実施形態において、pn接合部位においてp型層とn型層との間に金属接触部が設けられる。いくつかの実施形態において、例えば、金属接触部によりp型層がn型層に結合され、本願の熱電装置のpn接合を形成する。

【0025】

いくつかの実施形態において、本願の熱電装置のp型層は、さらに、カーボンナノパーティクルが配置されたポリマーマトリックスを有する。いくつかの実施形態において、n型層は、さらに、nドープカーボンナノパーティクルが配置されたポリマーマトリックスを有する。いくつかの実施形態において、本願の熱電装置のp型層とn型層とは積層構成である。

【0026】

図1は、本願の一実施形態に係る熱電装置を広げた状態の側面図を示す。図1に示す熱電装置では、2層のp型層(1)が1層のn型層(2)に交互に結合されている。p型層(1)とn型層(2)を交互に結合することにより、熱電装置の表裏面にpn接合(4)を有するz型構成が得られる。p型層(1)とn型層(2)とを積層構成にする際に、p型層(1)とn型層(2)の境界面の間に絶縁層(3)を配置する。上述のように、図1に示す熱電装置は、装置の種々の構成要素の例示と理解を促すために広げた状態で示してある。なお、いくつかの実施形態においては、絶縁層(3)がp型層(1)とn型層(2)とに接触するように、熱電装置を広げた状態とはしない。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

また、図 1 は、熱電装置の一面を熱源に露出することにより誘導される熱電装置内の電流の流れも示している。熱的に発生した電流を外部負荷部に印加するために、熱電装置に電気接触部 (X) が設けられる。

【 0 0 2 8 】

図 2 は、本願の一実施形態に係る、p 型層 (2 0 1) と n 型層 (2 0 2) とが積層構成である熱電装置 (2 0 0) を示す。p 型層 (2 0 1) と n 型層 (2 0 2) とは、積層構成における絶縁層 (2 0 7) によって隔離されている。熱電装置 (2 0 0) は、電気接触部 (2 0 4 、 2 0 5) により外部負荷部に接続される。

【 0 0 2 9 】

ここで、本願の熱電装置の種々の実施形態に含むことができる構成要素について説明するが、本願の熱電装置は、複数のカーボンナノパーティクルを有する少なくとも 1 層の p 型層を備えている。

【 0 0 3 0 】

いくつかの実施形態において、p 型層のカーボンナノパーティクルは、フラーレン、カーボンナノチューブ、又は、それらの混合物からなる。いくつかの実施形態において、フラーレンは、1 - (3 - メトキシカルボニル) プロピル - 1 - フェニル (6 , 6) C₆₀ (PCBM) からなる。いくつかの実施形態において、カーボンナノチューブは、単層カーボンナノチューブ (SWNT) 、多層カーボンナノチューブ (MWNT) 、p ドープ単層カーボンナノチューブ、p ドープ多層カーボンナノチューブ、又は、それらの混合物からなる。

【 0 0 3 1 】

いくつかの実施形態において、p ドープ単層カーボンナノチューブ、及び / 又は、p ドープ多層カーボンナノチューブは、約 0 . 1 重量パーセント ~ 約 3 0 重量パーセントのホウ素を含む。いくつかの実施形態において、p ドープ単層カーボンナノチューブ、及び / 又は、p ドープ多層カーボンナノチューブは、約 5 重量パーセント ~ 約 2 5 重量パーセント、あるいは、約 1 0 重量パーセントから約 2 0 重量パーセントのホウ素を含む。いくつかの実施形態において、p ドープ単層カーボンナノチューブ、及び / 又は、p ドープ多層カーボンナノチューブは、約 0 . 1 重量パーセントのホウ素を含む。いくつかの実施形態において、p ドープ単層カーボンナノチューブ、及び / 又は、p ドープ多層カーボンナノチューブは、酸素を含む。

【 0 0 3 2 】

いくつかの実施形態において、p 型ドーパントは、単層及び / 又は多層カーボンナノチューブの格子に組み込まれる。いくつかの実施形態において、p 型ドーパントは、単層及び / 又は多層カーボンナノチューブの周辺環境により外部からカーボンナノチューブに与えられる。以下にさらに説明するように、いくつかの実施形態において、p 型層のカーボンナノチューブは、ポリマーマトリックスに配置される。いくつかの実施形態において、ポリマーマトリックスは、カーボンナノチューブの表面に p ドーパントを与えることができる。ポリマーマトリックスがカーボンナノチューブの表面に p ドーパントを与える場合のいくつかの実施形態において、ポリマーマトリックスへの組み込み前のカーボンナノチューブは p ドープされていない。あるいは、ポリマーマトリックスがカーボンナノチューブの表面に p ドーパントを与える場合のいくつかの実施形態において、ポリマーマトリックスへの組み込み前のカーボンナノチューブは p ドーパントを有する。また、いくつかの実施形態において、ポリマーマトリックスに配置されたアルカリ金属等の化学種は、カーボンナノチューブの p ドーパントとして機能することができる。

【 0 0 3 3 】

いくつかの実施形態において、p 型層のカーボンナノパーティクルは、高いアスペクト比を有する。ここで言うアスペクト比とは、カーボンナノパーティクルの長さをカーボンナノパーティクルの直径又は幅で除算したものである。いくつかの実施形態において、p 型層のカーボンナノパーティクルは、約 1 ~ 約 1 0⁶ のアスペクト比を示す。いくつかの

10

20

30

40

50

実施形態において、カーボンナノパーティクルは、約10～約100,000のアスペクト比を示す。いくつかの実施形態において、カーボンナノパーティクルは、約10～約10,000、又は、約5～約10000のアスペクト比を有する。

【0034】

いくつかの実施形態において、カーボンナノチューブを含むp型層のカーボンナノパーティクルの長さは、約1nm～約5mm、又は、約10nm～約1mmである。いくつかの実施形態において、カーボンナノパーティクルの長さは、約50nm～約500μm、約100nm～約100μm、又は、約500nm～約10μmである。いくつかの実施形態において、カーボンナノパーティクルの長さは、約200μm～約500μmである。

10

【0035】

いくつかの実施形態において、p型層のカーボンナノパーティクルの直径は、約1nm～約100nmである。いくつかの実施形態において、カーボンナノパーティクルの直径は、約10nm～約80nm、又は、約20nm～約60nmである。いくつかの実施形態において、カーボンナノパーティクルの直径は、約100nmより大きいが、約1nm未満である。

【0036】

いくつかの実施形態において、カーボンナノチューブを含むp型層のカーボンナノパーティクルは、マット構成で設けられる。

【0037】

いくつかの実施形態において、p型層は、本願のカーボンナノパーティクルのうちの1種以上を、約0.1重量パーセント～約100重量パーセント含む。いくつかの実施形態において、p型層は、少なくとも約2重量パーセントのカーボンナノパーティクルを含む。いくつかの実施形態において、p型層は、少なくとも5重量パーセント又は少なくとも約10重量パーセントのカーボンナノパーティクルを含む。いくつかの実施形態において、p型層は、約2重量パーセント～約50重量パーセントのカーボンナノパーティクルを含む。いくつかの実施形態において、p型層は、約5重量パーセント～約30重量パーセントのカーボンナノパーティクルを含む。

20

【0038】

いくつかの実施形態において、本願のp型層のカーボンナノパーティクル充填量は、この層の所望のゼーベック係数に応じて選択することができる。図3は、本願のいくつかの実施形態に係るp型層のポリフッ化ビニリデン(PVDF)マトリックスのSWNT充填量の関数としてのゼーベック係数を示す。図3に示すように、SWNT充填量が5重量パーセントから100重量パーセントで、p型層について一定範囲のゼーベック係数が得られる。

30

【0039】

上述のように、いくつかの実施形態において、p型層は、さらに、カーボンナノパーティクルが配置されたポリマーマトリックスを有する。本発明の目的と矛盾しないポリマー材料であれば、いずれもポリマーマトリックスの生成に使用することができる。いくつかの実施形態において、ポリマーマトリックスは、ポリフッ化ビニル(PVF)、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、あるいは、これらの混合物又は共重合体を含むフッ素ポリマーからなるが、これらに限定されるものではない。いくつかの実施形態において、ポリマーマトリックスは、ポリアクリル酸(PAA)、ポリメチルアクリレート(PMA)、ポリメチルメタクリレート(PMMA)、あるいは、これらの混合物又は共重合体からなる。いくつかの実施形態において、ポリマーマトリックスは、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリブチレン、又は、これらの混合物又は共重合体等のポリオレフィンからなるが、これらに限定されるものではない。

40

【0040】

いくつかの実施形態において、ポリマーマトリックスは、1以上の共役ポリマーからなる。いくつかの実施形態において、共役ポリマーは、ポリ(3-ヘキシルチオフェン)(

50

P3HT)、ポリ(3-オクチルチエフェン)(P3OT)、ポリチオフェン(PTth)を含むチオフェンからなる。

【0041】

いくつかの実施形態において、ポリマーマトリックスは、1以上の半導体ポリマーからなる。いくつかの実施形態において、半導体ポリマーは、ポリ(フェニレンビニレン)、ポリ(p-フェニレンビニレン)(PPV)、それらの誘導体等、フェニレンビニレンを含む。いくつかの実施形態において、半導体ポリマーは、ポリフルオレン、ポリナフタレン、それらの誘導体からなることも可能である。いくつかの実施形態において、半導体ポリマーは、ポリ(2-ビニルピリジン)(P2VP)、ポリアミド、ポリ(N-ビニルカルバゾール)(PVCZ)、ポリピロール(PPy)、ポリアニリン(PAn)からなる。いくつかの実施形態において、半導体ポリマーは、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)-alt-4,7-(2,1,3-ベンゾチアジアゾール)](PCPDTBT)からなる。

10

【0042】

いくつかの実施形態において、p型層は、本発明の目的と矛盾しない所望の厚さであれば、いずれの厚さを有してもよい。いくつかの実施形態において、p型層の厚さは、少なくとも約10nm、又は、少なくとも約100nmである。いくつかの実施形態において、p型層の厚さは、少なくとも約500nm、又は、少なくとも約1 μ mである。いくつかの実施形態において、p型層の厚さは、少なくとも約5 μ m、又は、少なくとも約15 μ mである。いくつかの実施形態において、p型層の厚さは、約5nm~約50 μ mである。いくつかの実施形態において、p型層の厚さは、約50nm~約30 μ mである。いくつかの実施形態において、p型層の厚さは、約100nm~約20 μ mである。いくつかの実施形態において、p型層の厚さは、約10nm~約100nmである。

20

【0043】

いくつかの実施形態において、p型層は、本発明の目的と矛盾しない所望の長さであれば、いずれの長さを有してもよい。いくつかの実施形態において、p型層の長さは、少なくとも約1 μ m、又は、少なくとも約10 μ mである。いくつかの実施形態において、p型層の長さは、少なくとも約100 μ m、又は、少なくとも約500 μ mである。いくつかの実施形態において、p型層の長さは、少なくとも約1mm、又は、少なくとも約10mmである。いくつかの実施形態において、p型層の長さは、約1 μ m~約100mmである。いくつかの実施形態において、p型層の長さは、約10 μ m~約500mmである。

30

【0044】

いくつかの実施形態において、p型層のゼーベック係数は、290 $^{\circ}$ Kの温度にて少なくとも約5 μ V/Kである。いくつかの実施形態において、p型層のゼーベック係数は、290 $^{\circ}$ Kの温度にて少なくとも約10 μ V/Kである。いくつかの実施形態において、p型層のゼーベック係数は、290 $^{\circ}$ Kの温度にて少なくとも約15 μ V/K、又は、少なくとも約20 μ V/Kである。いくつかの実施形態において、p型層のゼーベック係数は、290 $^{\circ}$ Kの温度にて少なくとも約30 μ V/Kである。いくつかの実施形態において、p型層のゼーベック係数は、290 $^{\circ}$ Kの温度にて約5 μ V/K~約35 μ V/Kである。いくつかの実施形態において、p型層のゼーベック係数は、290 $^{\circ}$ Kの温度にて約10 μ V/K~約30 μ V/Kである。

40

【0045】

上述のように、いくつかの実施形態において、p型層のゼーベック係数は、カーボンナノパーティクルの同定情報と充填量に応じて変えることができる。いくつかの実施形態において、例えば、p型層のゼーベック係数は、p型層の単層カーボンナノチューブ充填量に反比例する。

【0046】

本願の熱電装置は、少なくとも1層のp型層に加えて、複数のnドーパカーボンナノバ

50

ーティクルを有する少なくとも1層のn型層を備える。

【0047】

いくつかの実施形態において、nドープカーボンナノパーティクルは、フラーレン、カーボンナノチューブ、又は、それらの混合物からなる。いくつかの実施形態において、フラーレンは、1-(3-メトキシカルボニル)プロピル-1-フェニル(6,6)C₆₀(PCBM)からなる。いくつかの実施形態において、nドープカーボンナノチューブは、単層カーボンナノチューブ、多層カーボンナノチューブ、又は、それらの混合物からなる。

【0048】

いくつかの実施形態において、カーボンナノチューブを含むn型層のカーボンナノパーティクルは、マット構成で設けられる。

10

【0049】

いくつかの実施形態において、nドープ単層カーボンナノチューブ、及び/又は、nドープ多層カーボンナノチューブは、約0.1重量パーセント~約30重量パーセントの窒素を含む。いくつかの実施形態において、nドープ単層カーボンナノチューブ、及び/又は、nドープ多層カーボンナノチューブは、約5重量パーセント~約25重量パーセント、あるいは、約10重量パーセントから約20重量パーセントの窒素を含む。いくつかの実施形態において、nドープ単層カーボンナノチューブ、及び/又は、nドープ多層カーボンナノチューブは、約0.1重量パーセントの窒素を含む。いくつかの実施形態において、nドープ単層カーボンナノチューブ、及び/又は、nドープ多層カーボンナノチューブは、低酸素ナノチューブである。

20

【0050】

いくつかの実施形態において、n型ドーパントは、単層及び/又は多層カーボンナノチューブの格子に組み込まれる。いくつかの実施形態において、n型ドーパントは、単層及び/又は多層カーボンナノチューブの周辺環境により外部からカーボンナノチューブに与えられる。以下にさらに説明するように、いくつかの実施形態において、n型層のカーボンナノチューブは、ポリマーマトリックスに配置される。いくつかの実施形態において、ポリマーマトリックスは、カーボンナノチューブの表面にnドーパントを与えることができる。ポリマーマトリックスがカーボンナノチューブの表面にnドーパントを与える場合のいくつかの実施形態において、マトリックスへの組み込み前のカーボンナノチューブはnドープされていない。ポリマーマトリックスがカーボンナノチューブの表面にnドーパントを与える場合のいくつかの実施形態において、マトリックスへの組み込み前のカーボンナノチューブはnドープされている。

30

【0051】

いくつかの実施形態において、n型層のnドープカーボンナノパーティクルは、高いアスペクト比を有する。いくつかの実施形態において、n型層のnドープカーボンナノパーティクルは、約1~約10⁶のアスペクト比を示す。いくつかの実施形態において、nドープカーボンナノパーティクルは、約10~約100,000のアスペクト比を示す。いくつかの実施形態において、nドープカーボンナノパーティクルは、約10~約10,000、又は、約5~約1000のアスペクト比を有する。

40

【0052】

いくつかの実施形態において、カーボンナノチューブを含むn型層のカーボンナノパーティクルの長さは、約1nm~約5mm、又は、約10nm~約1mmである。いくつかの実施形態において、nドープカーボンナノパーティクルの長さは、約50nm~約500µm、約100nm~約100µm、又は、約500nm~約10µmである。いくつかの実施形態において、nドープカーボンナノパーティクルの長さは、約200pm~約500µmである。

【0053】

いくつかの実施形態において、n型層のカーボンナノパーティクルの直径は、約1nm~約100nmである。いくつかの実施形態において、nドープカーボンナノパーティク

50

ルの直径は、約10nm～約80nm、又は、約20nm～約60nmである。いくつかの実施形態において、nドープカーボンナノパーティクルの直径は、約100nmより大きいか、約1nm未満である。

【0054】

いくつかの実施形態において、n型層は、本願のnドープカーボンナノパーティクルのうち1種以上を、約0.1重量パーセント～約100重量パーセント含む。いくつかの実施形態において、n型層は、少なくとも約2重量パーセントのnドープカーボンナノパーティクルを含む。いくつかの実施形態において、n型層は、少なくとも5重量パーセント又は少なくとも約10重量パーセントのnドープカーボンナノパーティクルを含む。いくつかの実施形態において、n型層は、約2重量パーセント～約50重量パーセントのnドープカーボンナノパーティクルを含む。いくつかの実施形態において、n型層は、約5重量パーセント～約30重量パーセントのnドープカーボンナノパーティクルを含む。p型層と同様に、いくつかの実施形態において、n型層のナノパーティクル充填量は、この層の所望のゼーベック係数に応じて決定することができる。

10

【0055】

上述のように、いくつかの実施形態において、n型層は、nドープカーボンナノパーティクルが配置されたポリマーマトリックスをさらに有する。本発明の目的と矛盾しないポリマー材料であれば、いずれも、nドープカーボンナノパーティクルを受け入れるポリマーマトリックスの生成に使用することができる。いくつかの実施形態において、ポリマーマトリックスは、ポリフッ化ビニル(PVF)、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、あるいは、これらの混合物又は共重合体を含むフッ素ポリマーからなるが、これらに限定されるものではない。いくつかの実施形態において、ポリマーマトリックスは、ポリアクリル酸(PAA)、ポリメチルアクリレート(PMA)、ポリメチルメタクリレート(PMMA)、あるいは、これらの混合物又は共重合体からなる。いくつかの実施形態において、ポリマーマトリックスは、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリブチレン、又は、これらの混合物又は共重合体等のポリオレフィンからなるが、これらに限定されるものではない。

20

【0056】

いくつかの実施形態において、n型層のポリマーマトリックスは、1以上の共役ポリマーからなる。いくつかの実施形態において、共役ポリマーは、ポリ(3-ヘキシルチオフェン)(P3HT)、ポリ(3-オクチルチエフェン)(P3OT)、ポリチオフェン(PTh)を含むチオフェンからなる。

30

【0057】

いくつかの実施形態において、n型層のポリマーマトリックスは、1以上の半導体ポリマーからなる。いくつかの実施形態において、半導体ポリマーは、ポリ(フェニレンビニレン)、ポリ(p-フェニレンビニレン)(PPV)、それらの誘導体等、フェニレンビニレンを含む。いくつかの実施形態において、半導体ポリマーは、ポリフルオレン、ポリナフタレン、それらの誘導体からなることも可能である。いくつかの実施形態において、半導体ポリマーは、ポリ(2-ビニルピリジン)(P2VP)、ポリアミド、ポリ(N-ビニルカルバゾール)(PVCZ)、ポリピロール(PPy)、ポリアニリン(PAn)からなる。

40

【0058】

いくつかの実施形態において、n型層は、本発明の目的と矛盾しない所望の厚さであれば、いずれの厚さを有してもよい。いくつかの実施形態において、n型層の厚さは、少なくとも約1nmである。いくつかの実施形態において、n型層の厚さは、少なくとも約10nm、又は、少なくとも約100nmである。いくつかの実施形態において、n型層の厚さは、少なくとも約500nm、又は、少なくとも約1μmである。いくつかの実施形態において、n型層の厚さは、少なくとも約5μm、又は、少なくとも約15μmである。いくつかの実施形態において、n型層の厚さは、約5nm～約50μmである。いくつかの実施形態において、n型層の厚さは、約50nm～約30μmである。いくつかの実

50

施形態において、n型層の厚さは、約100nm～約20μmである。

【0059】

いくつかの実施形態において、n型層は、本発明の目的と矛盾しない所望の長さであれば、いずれの長さを有してもよい。いくつかの実施形態において、n型層の長さは、少なくとも約1μm、又は、少なくとも約10μmである。いくつかの実施形態において、n型層の長さは、少なくとも約100μm、又は、少なくとも約500μmである。いくつかの実施形態において、n型層の長さは、少なくとも約1mm、又は、少なくとも約10mmである。いくつかの実施形態において、n型層の長さは、約1μm～約100mmである。いくつかの実施形態において、n型層の長さは、約10μm～約500mmである。いくつかの実施形態において、n型層の長さは、隣接するp型層と同一又はほぼ同一の長さである。

10

【0060】

いくつかの実施形態において、n型層のゼーベック係数は、290°Kの温度にて少なくとも約-5μV/Kである。いくつかの実施形態において、n型層のゼーベック係数は、290°Kの温度にて少なくとも約-10μV/Kである。いくつかの実施形態において、n型層のゼーベック係数は、290°Kの温度にて少なくとも約-15μV/K、又は、少なくとも約-20μV/Kである。いくつかの実施形態において、n型層のゼーベック係数は、290°Kの温度にて少なくとも約-30μV/Kである。いくつかの実施形態において、n型層のゼーベック係数は、290°Kの温度にて約-5μV/K～約-35μV/Kである。いくつかの実施形態において、n型層のゼーベック係数は、290°Kの温度にて約-10μV/K～約-30μV/Kである。

20

【0061】

いくつかの実施形態において、n型層のゼーベック係数は、nドーブカーボンナノパーティクルの同定情報と充填量に応じて変えることができる。いくつかの実施形態において、例えば、n型層のゼーベック係数は、n型層のカーボンナノチューブ充填量に反比例する。

【0062】

本願の熱電装置のいくつかの実施形態において、pドーブ及びnドーブのカーボンナノチューブを含むカーボンナノパーティクルは、1以上の無機半導体ナノパーティクルで置換することができる。いくつかの実施形態において、無機半導体ナノパーティクルは、IⅤ族材料、IⅡⅤ族材料、IⅢⅤ族材料、あるいは、これらの組み合わせからなる。いくつかの実施形態において、無機半導体ナノパーティクルは、量子ドット及び/又はナノワイヤからなる。いくつかの実施形態において、無機半導体ナノパーティクルには、本願のp層及びn層のそれぞれに使用するpドーバント又はnドーバントが設けられる。

30

【0063】

いくつかの実施形態において、本願の熱電装置は、少なくとも1層のp型層と少なくとも1層のn型層との間に配置された絶縁層を備える。いくつかの実施形態において、絶縁層は電気絶縁性を有している。いくつかの実施形態において、絶縁層は電気絶縁性及び熱絶縁性を有している。いくつかの実施形態において、熱電装置は、複数のp型層とn型層との間に配置された複数の絶縁層を備える。いくつかの実施形態において、絶縁層により、本願の熱電装置のp型層とn型層との積層構成配置が可能になる。

40

【0064】

いくつかの実施形態において、絶縁層は1以上のポリマー材料からなる。本発明の目的と矛盾しないポリマー材料であれば、いずれも絶縁層の生成に使用することができる。いくつかの実施形態において、絶縁層は、ポリアクリル酸(PAA)、ポリメチルアクリレート(PMA)、ポリメチルメタクリレート(PMMA)、あるいは、これらの混合物又は共重合体からなる。いくつかの実施形態において、絶縁層は、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリブチレン、又は、これらの混合物又は共重合体等のポリオレフィンからなるが、これらに限定されるものではない。いくつかの実施形態において、絶縁層はPVDF

50

からなる。

【0065】

絶縁層は、本発明の目的と矛盾しない所望の厚さであれば、いずれの厚さを有してもよい。いくつかの実施形態において、絶縁層の厚さは、少なくとも約50nmである。いくつかの実施形態において、絶縁層の厚さは、少なくとも約75nm、又は、少なくとも約100nmである。いくつかの実施形態において、絶縁層の厚さは、少なくとも約500nm、又は、少なくとも約1 μ mである。いくつかの実施形態において、絶縁層の厚さは、少なくとも約5 μ m、又は、少なくとも約15 μ mである。いくつかの実施形態において、絶縁層の厚さは、約5nm~約50 μ mである。いくつかの実施形態において、絶縁層の厚さは、約50nm~約30 μ mである。いくつかの実施形態において、絶縁層の厚さは、約100nm~約20 μ mである。

10

【0066】

絶縁層は、本発明の目的と矛盾しない所望の長さであれば、いずれの長さを有してもよい。いくつかの実施形態において、絶縁層の長さは、絶縁層が挟まれるp型層及びn型層の長さとはほぼ一致する。いくつかの実施形態において、絶縁層の長さは、少なくとも約1 μ m、又は、少なくとも約10 μ mである。いくつかの実施形態において、絶縁層の長さは、少なくとも約100 μ m、又は、少なくとも約500 μ mである。いくつかの実施形態において、絶縁層の長さは、少なくとも約1mm、又は、少なくとも約10 μ mである。いくつかの実施形態において、絶縁層の長さは、約1 μ m~約100 μ mである。いくつかの実施形態において、絶縁層の長さは、約10 μ m~約500mmである。

20

【0067】

いくつかの実施形態において、本願の熱電装置は、複数のp型層と複数のn型層とを備える。いくつかの実施形態において、熱電装置は、本発明の目的に矛盾しない数であれば、いずれの数のp型層及びn型層を備えてもよい。いくつかの実施形態において、p型層とn型層とは交互に配置され、積層構成となり、絶縁層により隔離される。いくつかの実施形態において、熱電装置は、少なくとも3層のp型層と少なくとも3層のn型層とを備える。いくつかの実施形態において、熱電装置は、少なくとも5層のp型層と少なくとも5層のn型層とを備える。いくつかの実施形態において、熱電装置は、少なくとも10層のp型層と少なくとも10層のn型層とを備える。いくつかの実施形態において、熱電装置は、少なくとも15層のp型層と少なくとも15層のn型層とを備える。いくつかの実施形態において、熱電装置は、少なくとも100層のp型層と少なくとも100層のn型層とを備える。いくつかの実施形態において、熱電装置は、少なくとも1000層のp型層と少なくとも1000層のn型層とを備える。

30

【0068】

いくつかの実施形態において、1層以上のp型層と1層以上のn型層を備える本願の熱電装置はファブリック状である。いくつかの実施形態において、ファブリックは可撓性があることから、様々な表面形状及び/又は形態を有する種々の基板に熱電装置を適用することができる。例えば、いくつかの実施形態において、熱電装置は、曲面基板及び/又は非平面基板に適用される。

【0069】

いくつかの実施形態において、本願の構成を有する熱電装置のゼーベック係数は、290 $^{\circ}$ Kの温度にて少なくとも約25 μ V/Kである。いくつかの実施形態において、上述の熱電装置のゼーベック係数は、290 $^{\circ}$ Kの温度にて少なくとも約30 μ V/K、又は、少なくとも約50 μ V/Kである。いくつかの実施形態において、上述の熱電装置のゼーベック係数は、290 $^{\circ}$ Kの温度にて少なくとも約75 μ V/K、又は、少なくとも約100 μ V/Kである。いくつかの実施形態において、上述の熱電装置のゼーベック係数は、290 $^{\circ}$ Kの温度にて少なくとも約150 μ V/K、又は、少なくとも約175 μ V/Kである。いくつかの実施形態において、上述の熱電装置のゼーベック係数は、290 $^{\circ}$ Kの温度にて少なくとも約200 μ V/Kである。いくつかの実施形態において、上述の熱電装置ゼーベック係数は、290 $^{\circ}$ Kの温度にて約25 μ V/K~約250 μ V/K

40

50

である。いくつかの実施形態において、上述の熱電装置のゼーベック係数は、 290°K の温度にて約 $50\ \mu\text{V}/\text{K}$ ～約 $150\ \mu\text{V}/\text{K}$ である。

【0070】

いくつかの実施形態において、本願の熱電装置のZT値は少なくとも0.5である。いくつかの実施形態において、本願の熱電装置のZT値は、少なくとも0.7又は少なくとも0.8である。いくつかの実施形態において、本願の熱電装置のZT値は、少なくとも1又は少なくとも1.5である。いくつかの実施形態において、本願の熱電装置のZT値は、約0.5～約2、又は、約0.8～約1.5である。いくつかの実施形態において、本願の熱電装置のZT値は約1～約1.3である。いくつかの実施形態において、本願の熱電装置のZT値は約1～10である。

10

【0071】

他の側面において、光起電コンポーネントと熱電コンポーネントとを備える光熱装置について説明する。熱電コンポーネントは、少なくとも1層のn型層に結合されてpn接合を形成する少なくとも1層のp型層と、少なくとも部分的にp型層とn型層との間に配置される絶縁層とを備える。p型層は複数のカーボンナノパーティクルを有し、n型層は複数のnドープカーボンナノパーティクルを有する。いくつかの実施形態において、熱電コンポーネントは、複数のn型層に結合されて複数のpn接合を形成する複数のp型層と、少なくとも部分的にp型層とn型層との間に配置される絶縁層とを備える。

【0072】

図4は、本願の一実施形態に係る光熱装置を示す。図4に示す光熱装置(400)は、熱電コンポーネント(402)に結合された光起電コンポーネント(401)を備える。熱電コンポーネントは、熱電装置について本願で説明する構成のいずれを有してもよい。

20

【0073】

さらに、光起電コンポーネントは、放射線透過性の第1の電極(404)と、少なくとも1層の感光層(405)と、励起子阻止層(406)と、第2の放射線透過性の電極(407)とを備える。光熱装置のいくつかの実施形態において、熱電コンポーネントに隣接する光起電コンポーネントの電極は、放射線透過性がない。

【0074】

いくつかの実施形態によれば、放射線透過性の第1の電極及び第2の電極は、放射線透過性の導電性酸化物からなる。

30

【0075】

いくつかの実施形態において、放射線透過性の導電性酸化物は、酸化インジウムスズ(ITO)、酸化ガリウムインジウムスズ(GITO)、酸化亜鉛インジウムスズ(ZITO)により構成することができる。いくつかの実施形態において、放射線透過性の第1及び第2の電極は、ポリアナリン(PANI)やその化学的関連物質等の放射線透過性ポリマー材料により構成することができる。いくつかの実施形態において、放射線透過性の第1及び第2の電極はZnO:Alからなる。

【0076】

いくつかの実施形態において、3,4-ポリエチレンジオキシチオフエン(PEDOT)が、第1及び/又は第2の電極のための好適な放射線透過性ポリマー材料となりうる。いくつかの実施形態において、放射線透過性の第1及び/又は第2の電極は、少なくとも部分的に可視電磁放射線を透過させることが可能な厚さのカーボンナノチューブ層を有してもよい。

40

【0077】

一実施形態において、放射線透過性の第1及び/又は第2の電極は、ナノパーティクルフェーズをポリマーフェーズに分散させた複合材料により構成することができる。一実施形態において、ナノパーティクルフェーズは、カーボンナノチューブ、フラーレン、又は、これらの混合物により構成されてもよい。さらに他の実施形態において、放射線透過性の第1及び/又は第2の電極は、少なくとも部分的に可視電磁放射線を透過させることが可能な厚さの金属層を有してもよい。いくつかの実施形態において、金属層は元素的純金

50

属又は合金により構成することができる。放射線透過性の第1の電極として使用するのに好適な金属は、仕事関数が高い金属である。

【0078】

いくつかの実施形態において、放射線透過性の第1及び/又は第2の電極の厚さは、約10nm~約1 μ mとすることができる。いくつかの実施形態において、放射線透過性の第1及び/又は第2の電極の厚さは、約100nm~約900nmとすることができる。また、他の実施形態において、放射線透過性の第1及び/又は第2の電極の厚さは、約200nm~約800nmとすることができる。さらに他の実施形態において、放射線透過性の第1及び/又は第2の電極の厚さは、約1 μ mより厚くすることができる。

【0079】

いくつかの実施形態において、放射線透過性の第1及び第2の電極は、それぞれ独立して構成される。いくつかの実施形態において、放射線透過性の第1及び第2の電極は、互いに関連して構成される。

【0080】

いくつかの実施形態において、光起電コンポーネントの少なくとも1層の感光層は、有機組成を有する。いくつかの実施形態において、感光有機層の厚さは、約30nm~約1 μ mである。他の実施形態において、感光有機層の厚さは、約80nm~約800nmである。さらに他の実施形態において、感光有機層の厚さは、約100nm~約300nmである。

【0081】

本願の実施形態によれば、感光有機層は、電磁放射線を吸収して励起子を生成し、その励起子が電子とホールに分離する、少なくとも1つの感光性領域を備える。いくつかの実施形態において、感光性領域はポリマーにより構成することができる。一実施形態において、感光有機層の感光性領域として使用するのに好適なポリマーは、ポリ(3-ヘキシルチオフェン)(P3HT)、ポリ(3-オクチルチエフェン)(P3OT)、ポリチオフェン(PTH)を含むチオフェン等の共役ポリマーにより構成することができる。

【0082】

いくつかの実施形態において、感光有機層の感光性領域として使用するのに好適なポリマーは、半導体ポリマーとすることができる。一実施形態において、半導体ポリマーは、ポリ(フェニレンビニレン)、ポリ(p-フェニレンビニレン)(PPV)、それらの誘導体等、フェニレンビニレンを含む。他の実施形態において、半導体ポリマーは、ポリフルオレン、ポリナフタレン、それらの誘導体とすることも可能である。さらに他の実施形態において、感光有機層の感光性領域として使用する半導体ポリマーは、ポリ(2-ビニルピリジン)(P2VP)、ポリアミド、ポリ(N-ビニルカルバゾール)(PVCZ)、ポリピロール(PPy)、ポリアニリン(PAn)により構成することができる。

【0083】

いくつかの実施形態によれば、感光性領域は、小分子により構成することができる。一実施形態において、感光有機層の感光性領域に使用するのに好適な小分子は、クマリン6、クマリン30、クマリン102、クマリン110、クマリン153、クマリン480Dとすることができる。他の実施形態において、小分子は、メロシアニン540とすることができる。さらに他の実施形態において、小分子は、9,10-ジヒドロベンゾ[a]ピレン-7(8H)-オン、7-メチルベンゾ[a]ピレン、ピレン、ベンゾ[e]ピレン、3,4-ジヒドロキシ-3-シクロブテン-1,2-ジオン、1,3-ビス[4-(ジメチルアミノ)フェニル]-2,4-ジヒドロキシシクロブテンジイリウムジヒドロオキサイドとすることができる。

【0084】

いくつかの実施形態において、励起子の分離は、隣接するドナー材料とアクセプター材料との間に形成される有機層中のヘテロ接合において促進される。本願のいくつかの実施形態において、有機層は、ドナー材料とアクセプター材料との間に形成される少なくとも1つのバルクヘテロ接合を備える。他の実施形態において、有機層は、ドナー材料とアク

10

20

30

40

50

セプター材料との間に形成される複数のバルクヘテロ接合を備える。

【0085】

有機材料に関して、ドナー及びアクセプターという用語は、接触する2つの異なる材料の最高被占軌道(HOMO)及び最低空軌道(LUMO)のエネルギーレベルの相対位置を示す。これは、無機材料についての同じ用語の使用法とは異なり、無機材料の場合、ドナー及びアクセプターは、無機n型層及びp型層をそれぞれ生成するのに使用されうるドーパントの種類を示す。有機材料の場合、他の材料と接触している一材料のLUMOエネルギーレベルの方が低ければ、その一材料はアクセプターである。そうでなければ、その材料はドナーである。外部バイアスがない場合、ドナーとアクセプターとの接合における電子がアクセプター材料に移動し、ホールがドナー材料に移動することが、エネルギー的に好ましい。

10

【0086】

本願のいくつかの実施形態によれば、感光有機層の感光性領域はポリマー複合材料からなる。一実施形態において、ポリマー複合材料は、ポリマーフェーズに分散されたナノパーティクルフェーズである。感光性領域のポリマーフェーズを生成するのに好適なポリマーは、ポリ(3-ヘキシルチオフェン)(P3HT)、ポリ(3-オクチルチエフェン)(P3OT)を含むチオフェン等の共役ポリマーとすることができる。

【0087】

いくつかの実施形態において、ポリマー複合材料のポリマーフェーズに分散されたナノパーティクルフェーズは、少なくとも1つのカーボンナノパーティクルを有する。カーボンナノパーティクルは、フラレン、カーボンナノチューブ、又は、それらの混合物からなる。一実施形態において、ナノパーティクルフェーズに使用するのに好適なフラレンは、1-(3-メトキシカルボニル)プロピル-1-フェニル(6,6)C₆₀(PCBM)とすることができる。いくつかの実施形態において、ナノパーティクルフェーズに使用するカーボンナノチューブは、単層ナノチューブ、多層ナノチューブ、又は、それらの混合物とすることができる。

20

【0088】

本願のいくつかの実施形態において、ポリマー複合材料におけるポリマーとナノパーティクルの比率は、約1:10~約1:0.1である。いくつかの実施形態において、ポリマー複合材料におけるポリマーとナノパーティクルの比率は、約1:4~約1:0.4である。いくつかの実施形態において、ポリマー複合材料におけるポリマーとナノパーティクルの比率は、約1:2~約1:0.6である。例えば、一実施形態において、ポリ(3-ヘキシルチオフェン)とPCBMの比率は、約1:1~約1:0.4である。

30

【0089】

さらに他の実施形態において、ポリマーフェーズに分散されたナノパーティクルフェーズは、少なくとも1つのナノウィスカーからなる。ここで言うナノウィスカーとは、複数のカーボンナノパーティクルから形成される結晶性カーボンナノパーティクルのことである。いくつかの実施形態において、ナノウィスカーは、ポリマー複合材料からなる感光有機層をアニール処理することにより生成することができる。いくつかの実施形態によれば、ナノウィスカーの形成が可能なカーボンナノパーティクルは、単層カーボンナノチューブ、多層カーボンナノチューブ、フラレンにより構成することができる。一実施形態において、ナノウィスカーは結晶性PCBMからなる。いくつかの実施形態において、感光有機層のアニール処理により、ポリマーフェーズにおけるナノパーティクルフェーズの分散がさらに大きくなる。

40

【0090】

ポリマーフェーズとナノパーティクルフェーズとを有する感光性領域の実施形態において、ポリマーフェーズはドナー材料として機能し、ナノパーティクルフェーズはアクセプター材料として機能することにより、励起子をホールと電子に分離するためのヘテロ接合を形成する。ナノパーティクルをポリマーフェーズ全体に分散させる実施形態において、有機層の感光性領域は複数のバルクヘテロ接合を有する。いくつかの実施形態において、

50

感光有機層の感光性領域におけるドナー材料は、ポルフィリン、フタロシアニン、それらの誘導体を含む有機金属化合物とすることができる。さらに他の実施形態において、感光有機層の感光性領域におけるアクセプター材料は、ペリレン、ナフタレン、それらの混合物とすることができる。

【0091】

いくつかの実施形態において、光起電コンポーネントの少なくとも1層の感光層は、無機組成を有する。いくつかの実施形態において、本願の感光無機層は種々の組成を有することができる。いくつかの実施形態において、本願の光起電コンポーネントの感光無機層は、IV族半導体材料、II/V族半導体材料(CdTe等)、III/V族半導体材料、あるいは、それらの組み合わせ又は混合物からなる無機組成を有する。いくつかの実施形態において、感光無機層は、IV族、II/V族、又は、III/V族の二元、三元、四元系からなる。いくつかの実施形態において、感光無機層は、セレン化銅インジウムガリウム(CIGS)等のI/III/V材料からなる。いくつかの実施形態において、感光無機層は多結晶シリコン(Si)からなる。いくつかの実施形態において、感光無機層は、微結晶、ナノ結晶、及び/又は、プロト結晶シリコンからなる。いくつかの実施形態において、感光無機層は、多結晶硫化銅亜鉛スズ(CZTS)からなる。いくつかの実施形態において、感光無機層は、微結晶、ナノ結晶、及び/又は、プロト結晶CZTSからなる。いくつかの実施形態において、CZTSは Cu_2ZnSnS_4 からなる。いくつかの実施形態において、CZTSはさらにセレン(Se)を有する。いくつかの実施形態において、CZTSはさらにガリウム(Ga)を有する。

10

20

【0092】

いくつかの実施形態において、本願の光起電コンポーネントの感光無機層は、アモルファス材料からなる。いくつかの実施形態において、少なくとも1層の感光無機層は、アモルファスシリコン(a-Si)からなる。いくつかの実施形態において、感光無機層のアモルファスシリコンは、パッシベーション処理が施されていないか、ほとんど施されていない。いくつかの実施形態において、感光無機層のアモルファスシリコンには、水素によるパッシベーション処理が行われる(a-Si:H)。いくつかの実施形態において、感光無機層のアモルファスシリコンは、ハロゲンによるパッシベーション処理が行われず、ハロゲン以外でのパッシベーション処理が行われる。例えば、いくつかの実施形態において、感光無機層のアモルファスシリコンは、Si:Fを全く含まないか、ほとんど全く含まない。あるいは、いくつかの実施形態において、感光無機層のアモルファスシリコンには、フッ素パッシベーション処理が行われる(a-Si:F)。

30

【0093】

いくつかの実施形態において、ドーピングにより本願の感光無機層に1以上のヘテロ接合を形成することができる。例えば、いくつかの実施形態において、感光無機層のうちのある領域にpドーピングでドーピングを行い、その感光無機層の別の領域にnドーピングでドーピングを行い、ヘテロ接合を形成する。いくつかの実施形態において、感光無機層の材料が本質的にp型である場合、感光無機層のある領域にnドーピングでドーピングを行って、ヘテロ接合を形成することができる。感光無機層の材料が本質的にn型である場合のいくつかの実施形態において、感光無機層のある領域にpドーピングでドーピングを行って、ヘテロ接合を形成することができる。

40

【0094】

いくつかの実施形態において、本願のドーピングを行うのに好適な感光無機層の無機材料は、いずれも、感光層において1以上のヘテロ接合を形成するようにドーピングが行われる。例えば、いくつかの実施形態において、水素パッシベーション処理が施されたアモルファスシリコンに、p型及び/又はn型のドーピングでドーピングを行い、1以上のヘテロ接合を形成する。さらに、いくつかの実施形態において、上述の感光無機層のIV族、III/V族、及び/又は、II/V族の半導体材料に、p型及び/又はn型のドーピングでドーピングを行い、1以上のヘテロ接合を形成することができる。

【0095】

50

いくつかの実施形態において、本願の光起電コンポーネントは、n型領域と、真性領域と、p型領域とを有する少なくとも1層の感光無機層を備える。いくつかの実施形態において、n型領域はnドープ無機半導体からなる。いくつかの実施形態において、p型領域はpドープ無機半導体からなる。いくつかの実施形態において、真性領域はドープされていない無機半導体からなる。

【0096】

いくつかの実施形態において、本願の光起電コンポーネントは多接合構成を有する。いくつかの実施形態において、光起電コンポーネントは複数の感光無機層を有し、各層がn型領域と真性領域とp型領域とを有する。いくつかの実施形態において、光起電コンポーネントが2層の感光無機層を有し、各層がn型領域と真性領域とp型領域とを有することにより、二重接合デバイスを構成する。いくつかの実施形態において、光起電コンポーネントが3層の感光無機層を有し、各層がn型領域と真性領域とp型領域とを有することにより、三重接合デバイスを構成する。各層がn型領域と真性領域とp型領域とを有する複数の感光無機層を備えるいくつかの実施形態において、複数の無機層が互いに隣接し、無機層間に1以上のヘテロ接合が形成されるようにする。例えば、いくつかの実施形態において、光起電コンポーネントは、第1のn型領域と第1の真性領域と第1のp型領域とを有する第1の感光無機層と、第2のn型領域と第2の真性領域と第2のp型領域とを有する第2の感光無機層とを備え、第1のp型領域が第2のn型領域に隣接するか、第1のn型領域が第2のp型領域に隣接する。いくつかの実施形態において、本願の光電装置は単一接合デバイスからなる。当該分野の技術者には既知のことであるが、いくつかの実施形態において、本願の多接合デバイスの構成において第1、第2及び/又は第3の感光無機層の間にトンネル接合を配置することができる。

10

20

【0097】

いくつかの実施形態において、光起電コンポーネントは、複数の感光有機層を備える。

【0098】

光起電コンポーネントに複数の感光層が存在する場合のいくつかの実施形態において、これら感光層の吸収プロファイルは重複しないか、ほとんど重複しない。光起電コンポーネントに複数の感光層が存在する場合のいくつかの実施形態において、感光層の吸収プロファイルは少なくとも部分的に重複する。いくつかの実施形態において、光起電コンポーネントに複数の感光層を用いて、太陽光スペクトルのうちの1以上の領域を捉えることができる。

30

【0099】

いくつかの実施形態において、光起電コンポーネントの励起子阻止層(EBL)は、解離界面付近の領域に光生成された励起子を閉じ込め、感光層と電子との界面での寄生励起子のクエンチングを防ぐように作用することができる。また、EBLは、励起子の拡散経路を制限するだけでなく、電極形成の際に導入される物質への拡散バリアとしても作用することができる。いくつかの実施形態において、EBLは、光起電装置を動作不能にしまうおそれのあるピンホールや短絡の欠陥を埋めるのに十分な厚さを有することができる。

40

【0100】

本願のいくつかの実施形態において、EBLはポリマー複合材料により構成することができる。一実施形態において、EBLは、3,4-ポリエチレンジオキシチオフエン:ポリスチレンスルホン酸(PEDOT: PSS)に分散されたカーボンナノパーティクルからなる。他の実施形態において、EBLは、ポリ(塩化ビニリデン)及びその共重合体に分散されたカーボンナノパーティクルからなる。PEDOT: PSSやポリ(塩化ビニリデン)を含むポリマーフェーズに分散されたカーボンナノパーティクルは、単層ナノチューブ、多層ナノチューブ、フラーレン、又は、それらの混合物により構成することができる。さらに他の実施形態において、EBLは、電子の通過を阻止するとともにホールの移動を可能にするような仕事関数エネルギーを有するポリマーであれば、いずれのものでもよい。

50

【0101】

いくつかの実施形態において、EBLは、感光性組立体における放射線透過性の第1の電極と有機感光層とのあいだに配置されてもよい。例えば、光電装置が複数の感光有機層を備える場合のいくつかの実施形態において、EBLを感光有機層間に配置することができる。

【0102】

いくつかの実施形態において、光起電コンポーネントは、1以上のアップコンバータ及び/又はダウンコンバータを備える。当該分野の技術者が理解しているように、アップコンバータは、材料に吸収される電磁放射線のエネルギーよりも大きいエネルギーの電磁放射を行って、励起状態を生成することが可能な材料である。いくつかの実施形態で使用するのに好適なアップコンバータは、赤外線を吸収するとともに、上述の光起電コンポーネントの感光有機層により吸収可能な波長の可視光線を放出する。

10

【0103】

いくつかの実施形態において、アップコンバータは、少なくとも1つのランタニド系元素からなる材料を含むことができる。いくつかの実施形態において、アップコンバータの材料は、少なくとも1つのランタニド系元素からなるナノパーティクルにより構成することができる。上述のいくつかの実施形態によるアップコンバータの材料として使用するのに好適なランタニド系元素は、エルビウム、イッテルビウム、ホルミウム、又は、それらの混合物からなる。いくつかの実施形態において、アップコンバータの材料は、エルビウム、イッテルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、又は、それらの混合物のイオンをドーブした金属酸化物及び金属硫化物からなる。他の実施形態において、光ファイバに直接、エルビウム、イッテルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、又は、それらの混合物のイオンをドーブしてもよい。

20

【0104】

他の実施形態において、アップコンバータの材料は、有機化学種により構成することができる。有機アップコンバータ材料は、 H_2C_6N や4-ジアルキルアミノ-1,8-ナフタルイミドのほか、1,8-ナフタルイミド誘導体や、多分岐ナフタルイミド誘導体TPA-NA1、TPA-NA2、TPA-NA3等の化合物であってもよい。また、有機アップコンバータ材料は、4-(ジメチルアミノ)シナモニトリル(シス及びトランス)、トランス-4-[4-(ジメチルアミノ)スチリル]-1-メチルピリジニウムヨウ化物、4-[4-(ジメチルアミノ)スチリル]ピリジン、4-(ジエチルアミノ)ベンズアルデヒドジフェニルヒドラゾン、トランス-4-[4-(ジメチルアミノ)スチリル]-1-p-トルエンスルホン酸メチルピリジニウム、2-[エチル[4-[2-(4-ニトロフェニル)エチル]フェニル]アミノ]エタノール、4-ジメチルアミノ-4'-ニトロスチルベン、ディスパースオレンジ25、ディスパースオレンジ3、ディスパースレッド1であってもよい。

30

【0105】

さらに他の実施形態において、アップコンバータの材料は、量子ドットにより構成されてもよい。いくつかの実施形態によれば、量子ドットは、セレン化カドミウム(CdSe)、テルル化カドミウム(CdTe)、セレン化亜鉛(ZnSe)等のIII/V及びIII/VI半導体材料とすることができる。また、アップコンバータの材料は、量子ドットのコアシェル構造により構成することもできる。

40

【0106】

上述の材料のほか、いくつかの実施形態において、クロム等の遷移金属からなるアップコンバータ材料も考えられる。

【0107】

いくつかの実施形態において、光起電コンポーネントは、米国特許出願番号12/298,942及び12/298,936に記載されるものと一致する構成を有する。これらの文献はすべて、本願で参照することより援用する。

【0108】

50

再び図4を参照して、光熱装置(400)は、さらに、光起電コンポーネント(401)と熱電コンポーネント(402)との間に配置されたストークスシフト層(403)を備える。いくつかの実施形態において、ストークスシフト層は、熱電コンポーネントの隣接面に伝達する熱エネルギーを生成することが可能な1以上のストークスシフト化学種を有する。いくつかの実施形態において、ストークスシフト化学種は、光起電コンポーネント(401)を通過した電磁放射線を吸収する。さらに、いくつかの実施形態において、1以上のストークスシフト化学種により放出される放射線は、光起電コンポーネント(401)により吸収される。

【0109】

本発明の目的と矛盾しないストークスシフト材料であれば、いずれもストークスシフト層への組み込みに使用することができる。いくつかの実施形態において、ストークスシフト材料は、吸収及び放出プロファイルに応じて選択される。いくつかの実施形態において、ストークスシフト材料の吸収プロファイルは、光起電コンポーネントの感光層の吸収プロファイルと重複しない。いくつかの実施形態において、ストークスシフト材料の吸収プロファイルは、光起電コンポーネントの感光層の吸収プロファイルと少なくとも部分的に重複する。また、いくつかの実施形態において、ストークスシフト材料は、光起電コンポーネントの感光層の吸収プロファイルと少なくとも部分的に重複する放出プロファイルを有する。

10

【0110】

いくつかの実施形態において、ストークスシフト材料は、電磁スペクトルの近紫外線領域の放射線を吸収することが可能である。例えば、いくつかの実施形態において、ストークスシフト材料は、約300nm~約400nmの波長の放射線を吸収する。

20

【0111】

いくつかの実施形態において、ストークスシフト材料は染料からなる。本発明の目的と矛盾しない染料であれば、いずれも使用することができる。例えば、いくつかの実施形態において、染料としては、クマリン、クマリン誘導体、ピレン、ピレン誘導体のうちの1以上からなる。いくつかの実施形態において、ストークスシフト材料は、紫外線光励起可能な蛍光物質からなる。いくつかの実施形態で使用するのに好適な染料の非限定的な例として、メトキシクマリン、ダンシル染料、ピレン、AlexaFluor350、アミノメチルクマリンアセテート(AMCA)、マリーナブルー染料、ダボキシル染料、ジアルキルアミノクマリン、Bimane染料、ヒドロキシクマリン、カスケードブルー染料、パシフィックオレンジ染料、AlexaFluor405、カスケードイエロー染料、パシフィックブルー染料、PyMPO、AlexaFluor430がある。

30

【0112】

いくつかの実施形態において、ストークスシフト材料は蛍光体からなる、本発明の目的と矛盾しない蛍光体であれば、いずれを使用してもよい。例えば、いくつかの実施形態において、蛍光体は、ハロリン酸塩蛍光体と三リン酸のうちの1以上からなる。いくつかの実施形態で使用するのに好適な蛍光体の非限定的な例として、 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl})$; Sb^{3+} 、 Mn^{2+} ; $\text{Eu}:\text{Y}_2\text{O}_3$; Tb^{3+} 、 Ce^{3+} ; LaPO_4 がある。いくつかの実施形態において、蛍光体は蛍光体粒子からなる。いくつかの実施形態において、蛍光体粒子は流体中に懸濁させることができる。

40

【0113】

他の側面において、熱電装置の製造方法を説明する。いくつかの実施形態において、熱電装置の製造方法は、複数のカーボンナノパーティクルを有する少なくとも1層のp型層を設け、複数のnドープカーボンナノパーティクルを有する少なくとも1層のn型層を設け、p型層とn型層との間に絶縁層を配置し、p型層とn型層とを結合してpn接合を形成する。いくつかの実施形態において、複数のp型層及びn型層を設け、互いに結合して、複数のpn接合を形成する。いくつかの実施形態において、(複数の)p型層と(複数の)n型層との間に(複数の)絶縁層を配置する。さらに、熱電装置の製造方法のいくつかの実施形態において、p型層とn型層とは積層構成である。いくつかの実施形態におい

50

て、金属接触部により p 層と n 層とを結合して、p n 接合を形成する。例えば、いくつかの実施形態において、金属接触部より 1 層の p 層を 1 層の n 層に結合して、熱電装置の p n 接合を形成する。

【0114】

他の側面において、光熱装置の製造方法について説明する。いくつかの実施形態において、光熱装置の製造方法は、光起電コンポーネントを設け、熱電コンポーネントを設け、光起電コンポーネントと熱電コンポーネントとを結合する。熱電コンポーネントは、少なくとも 1 層の n 型層に結合されて p n 接合を形成する少なくとも 1 層の p 型層と、少なくとも部分的に p 型層と n 型層との間に配置される絶縁層とを備え、p 型層は複数のカーボンナノパーティクルを有し、n 型層は複数の n ドープカーボンナノパーティクルを有する。いくつかの実施形態において、熱電コンポーネントは、上述のように、複数の n 型層に結合された複数の p n 接合を形成する複数の p 型層を備える。

10

【0115】

いくつかの実施形態において、光熱装置の製造方法は、さらに、光起電コンポーネントと熱電コンポーネントとの間にストークスシフト層を配置する。

【0116】

他の側面において、電磁エネルギーの電気エネルギーへの変換方法について説明する。いくつかの実施形態において、電磁エネルギーの電気エネルギーへの変換方法は、光起電コンポーネントと、光起電コンポーネントに結合された熱電コンポーネントとを備える装置を設ける。熱電コンポーネントは、少なくとも 1 層の n 型層に結合されて p n 接合を形成する少なくとも 1 層の p 型層と、少なくとも部分的に p 型層と n 型層との間に配置される絶縁層とを備え、p 型層は複数のカーボンナノパーティクルを有し、n 型層は複数の n ドープカーボンナノパーティクルを有する。また、変換方法は、光起電コンポーネントにより電磁放射線を吸収して光電流を生成し、熱電コンポーネントの一面を加熱して熱電コンポーネント全体に電圧を誘導する。

20

【0117】

いくつかの実施形態において、熱電コンポーネントの一面を加熱する工程では、光起電コンポーネントで発生した熱を熱電コンポーネントの一面に移動させる。また、いくつかの実施形態において、熱電コンポーネントの一面を加熱する工程では、光起電コンポーネントと熱電コンポーネントとの間にストークスシフト層を設け、電磁放射線をストークスシフト層により吸収して熱及び電磁放射線を生成し、生成した熱を熱電コンポーネントの一面に移動させる。いくつかの実施形態において、ストークスシフト層により生成した電磁放射線を光起電コンポーネントに伝達して、光電流の生成を行う。

30

【0118】

これらの実施形態及び他の実施形態について、以下の非限定的な実施例によりさらに説明する。

【実施例 1】

【0119】

(熱電装置)

35 mg の単層カーボンナノチューブ (SWNT) を設け、それに 17.5 ml のジメチルアクリルアミド (DMA) を添加して、第 1 の p 型層を形成した。得られた混合物に高エネルギー超音波処理を 1 時間行った。そして、全固形分で混合物の 20 重量パーセントを SWNT にする量のポリフッ化ビニリデン (PVDF) を、混合物に添加した。得られた SWNT / PVDF / DMA 混合物に高エネルギー超音波処理を 1 時間行った。

40

【0120】

75 mm x 45 mm の寸法のスライドガラスをメタノールでクリーニングし、90 ° のホットプレート上に配置した。SWNT / PVDF / DMA 混合物をスライドガラス上に均等に注ぎ、DMA を蒸発させた。乾燥後の SWNT / PVDF 膜をオープンに入れ、100 ° で 12 時間、アニール処理を行った。その後、スライドガラスをオープンから取り出し、SWNT / PVDF 膜にメタノールを注いだ。スライドガラスから SWNT / PV

50

D F 膜を慎重に取り外し、脱イオン水で洗浄し、乾燥させた。

【 0 1 2 1 】

上述の手順で第 2 の p 型層を形成した。さらに、上述の手順で n 型層を形成した。ここで、n ドープカーボンナノチューブが DMA 及び P V D F と組み合わせる点が上述と異なる。

【 0 1 2 2 】

以下の手順で 2 層の絶縁層を形成した。DMA 0 . 0 2 5 m l に対してポリプロピレンパウダー 1 m g の割合で、6 0 0 m g のポリプロピレン (P P) を DMA に添加した。P P パウダーが DMA に溶解するまで、得られた混合物に超音波処理を行った。7 5 m m x 4 5 m m の寸法のスライドガラスをメタノールでクリーニングし、9 0 ° のホットプレート上に配置した。P P / DMA 混合物をスライドガラス上に均等に注ぎ、DMA を蒸発させた。得られた P P 膜にメタノールを注ぎ、スライドガラスから P P 膜を慎重に取り外した。

10

【 0 1 2 3 】

その後、2 層の p 型層と、n 型層と、2 層の絶縁層とを結合して、図 5 に示すような熱電装置を形成した。得られた熱電装置は、装置の種々の構成部分を例示するために図 5 では広げた状態である。

【 0 1 2 4 】

以上、本発明の種々の目的を達成するように、本発明の種々の実施形態について説明した。これらの実施形態は、本発明の原理を例示するものにすぎない。本発明の主旨を逸脱することなく多くの変更や適応が行えることは、当該分野の技術者にとって容易に明らかであろう。

20

【 図 1 】

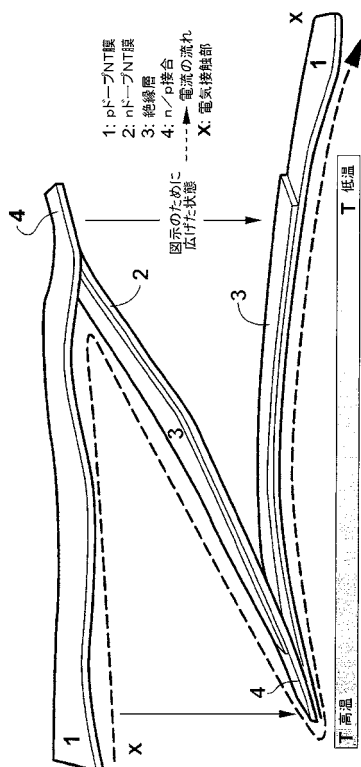


Fig. 1

【 図 2 】

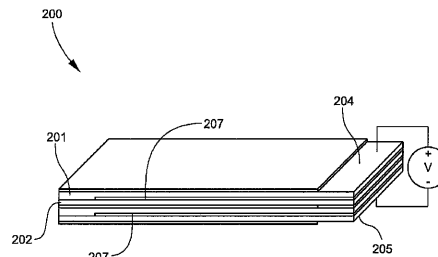


Fig. 2

【 図 3 】

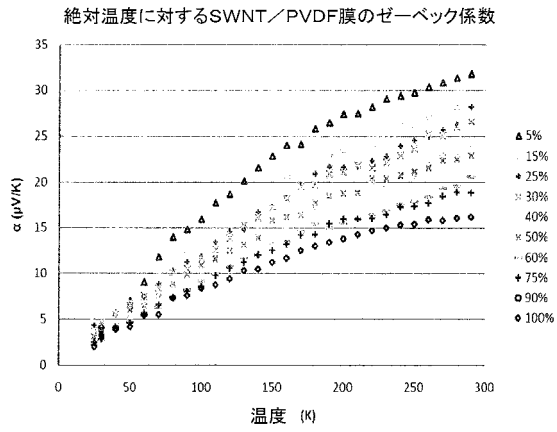


Fig. 3

【 図 4 】

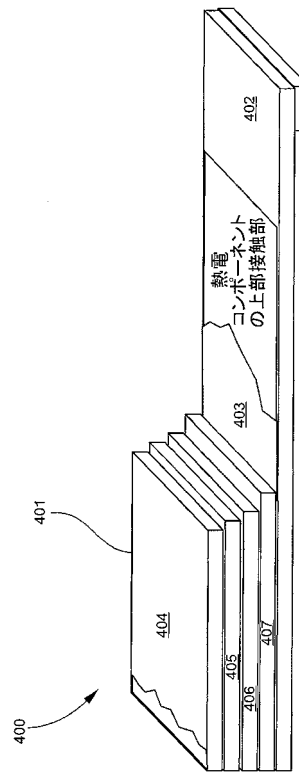


Fig. 4

【 図 5 】

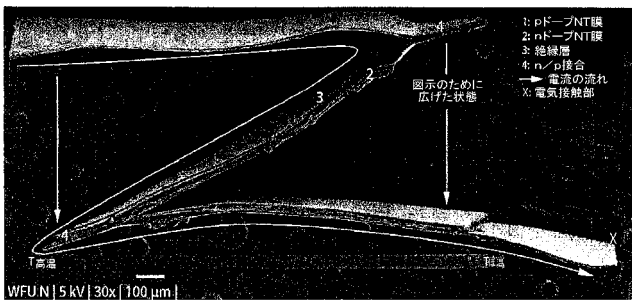


Fig. 5

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2011/056740

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV.	H01L35/22 H01L31/058 H01L35/26 H01L35/32	C01B31/02
ADD.		
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)		
H01L C01B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 4 199755 A (MURATA MANUFACTURING CO) 20 July 1992 (1992-07-20) abstract; figures 1-4	1-3,6, 9-25 4,5,7,8, 27
Y A	----- WO 2005/098981 A1 (UNIV CALIFONRIA [US]; ZHAN GUODONG [US]; KUNTZ JOSHUA D [US]; MUKHERJE) 20 October 2005 (2005-10-20) paragraph [0011] - paragraph [0012] paragraph [0024]	1-3,6 4,5,7,8, 27
Y A	----- US 2010/116308 A1 (HAYASHI SACHIKO [JP] ET AL) 13 May 2010 (2010-05-13) paragraph [0051] - paragraph [0069]; figure 1 paragraph [0083] - paragraph [0089]; figure 2	1-3,6, 9-25 4,5,7,8, 27
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/>	Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input checked="" type="checkbox"/> 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		"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date		"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
"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)		"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
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
25 May 2012		19/11/2012
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2011/056740**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:

see additional 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 an 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.:
- 1-25, 27

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/US2011/056740

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DASAROYONG KIM ET AL: "Improved Thermoelectric Behavior of Nanotube-Filled Polymer Composites with Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) Poly(styrenesulfonate)", ACS NANO, vol. 4, no. 1, 26 January 2010 (2010-01-26), pages 513-523, XP055028192, ISSN: 1936-0851, DOI: 10.1021/nn9013577 the whole document -----	9-25
Y	WO 2009/150690 A1 (UNI DEGLI STUDI DL SALERNO [IT]; NEITZERT HEINRICH CHRISTOPH [IT]; SOR) 17 December 2009 (2009-12-17) page 4, line 9 - line 15 -----	9-25
A	US 2009/044848 A1 (LASHMORE DAVID S [US] ET AL) 19 February 2009 (2009-02-19) the whole document -----	1-25,27
A	US 2002/158342 A1 (TUOMINEN MARK [US] ET AL) 31 October 2002 (2002-10-31) paragraph [0108] - paragraph [0110]; figure 9 -----	1-25,27

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2011/056740

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 4199755	A	20-07-1992	NONE	

WO 2005098981	A1	20-10-2005	NONE	

US 2010116308	A1	13-05-2010	CN 101681977 A	24-03-2010
			JP 4983920 B2	25-07-2012
			US 2010116308 A1	13-05-2010
			WO 2009001691 A1	31-12-2008

WO 2009150690	A1	17-12-2009	EP 2285888 A1	23-02-2011
			WO 2009150690 A1	17-12-2009

US 2009044848	A1	19-02-2009	AU 2008286842 A1	19-02-2009
			CA 2696013 A1	19-02-2009
			EP 2179453 A1	28-04-2010
			JP 2010537410 A	02-12-2010
			US 2009044848 A1	19-02-2009
			WO 2009023776 A1	19-02-2009

US 2002158342	A1	31-10-2002	CA 2451882 A1	19-09-2002
			EP 1374310 A2	02-01-2004
			JP 2004527905 A	09-09-2004
			US 2002158342 A1	31-10-2002
			US 2007200477 A1	30-08-2007
			WO 02073699 A2	19-09-2002

International Application No. PCT/ US2011/ 056740

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-25, 27

A thermoelectric apparatus comprising:
at least one p-type layer coupled to at least one n-type layer to provide a pn junction; and
an insulating layer at least partially disposed between the p-type layer and the n-type layer, the p-type layer comprising a plurality of carbon nanoparticles and the n-type layer comprising a plurality of n-doped carbon nanoparticles.

2. claim: 26

A thermoelectric apparatus comprising:
at least one p-type layer coupled to at least one n-type layer to provide a pn junction; and
an insulating layer at least partially disposed between the p-type layer and the n-type layer, the p-type layer comprising a plurality of carbon nanoparticles and the n-type layer comprising a plurality of n-doped carbon nanoparticles, wherein the carbon nanoparticles of the p-type layer are substituted with p-doped inorganic nanoparticles and the n-doped carbon nanoparticles of the n-type layer are substituted with n-doped inorganic nanoparticles.

3. claims: 28-38

A photo-thermal apparatus comprising: a photovoltaic component and a thermoelectric component, the thermoelectric component comprising: at least one p-type layer coupled to at least one n-type layer to provide a pn junction; and an insulating layer at least partially disposed between the p-type layer and the n-type layer, the p-type layer comprising a plurality of carbon nanoparticles and the n-type layer comprising a plurality of n-doped carbon nanoparticles.

フロントページの続き

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
H 0 2 N 11/00 (2006.01) H 0 2 N 11/00 A

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, T
 J, TM), EP(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, R
 O, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, H
 U, 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

(72) 発明者 キャロル、 デビッド エル .
 アメリカ合衆国 2 7 1 0 4 ノースカロライナ州 ウィンストン - セーラム ローレル ビュー
 ドライブ 5 1 7 3