

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2014年3月6日(06.03.2014)



(10) 国際公開番号  
WO 2014/034634 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01L 31/04 (2006.01) B82Y 30/00 (2011.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/072804
- (22) 国際出願日: 2013年8月27日(27.08.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2012-189338 2012年8月30日(30.08.2012) JP
- (71) 出願人: 日立造船株式会社(HITACHI ZOSEN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5598559 大阪府大阪市住之江区南港北1丁目7番89号 Osaka (JP). 国立大学法人京都大学(KYOTO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町36番地1 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 平岡 和志(HIRAOKA, Kazushi). 松田 一成(MATSUDA, Kazunari). 宮内 雄平(MIYAUCHI, Yuhei). 毛利 真一郎(MOURI, Shinichirou).
- (74) 代理人: 特許業務法人森本国際特許事務所(MORIMOTO INT'L PATENT OFFICE); 〒5500005 大阪

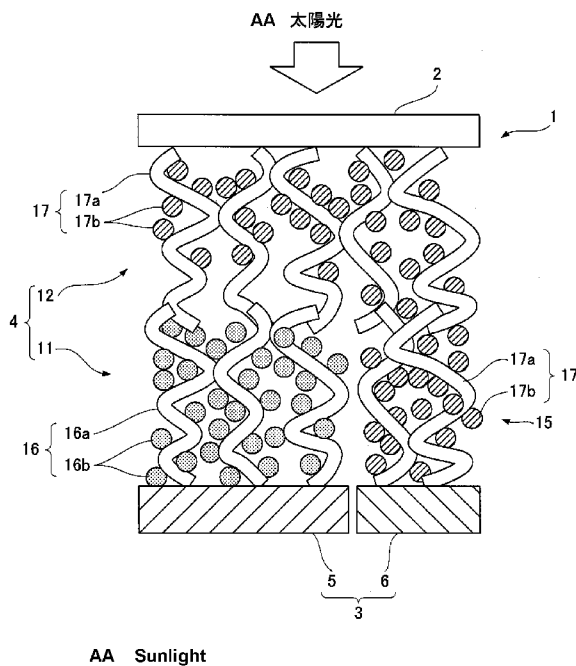
府大阪市西区西本町1丁目4番1号オリックス本町ビル4階 Osaka (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: SOLAR CELL

(54) 発明の名称: 太陽電池



(57) Abstract: The present invention is equipped with: a translucent member (2) disposed at the sunlight entry side; an electrode member (3) comprising a positive electrode (5) and negative electrode (6) disposed at the reverse side from the entry side of sunlight; and an electricity-generating layer (4) comprising a carbon nanotube group and disposed between the translucent member (2) and the electrode member (3). The electricity-generating layer (4) is configured from: a p-type first carbon nanotube layer (11) that is disposed at the electrode member (2) side and that conducts with the positive electrode (5); and an n-type second carbon nanotube layer (12) that is disposed at the translucent member (2) side and of which a portion conducts with the negative electrode (6) with a conductive member (15) therebetween.

(57) 要約: 太陽光の入射側に配置される透光性部材2と、太陽光の入射側とは反対側に配置されて正の電極部5及び負の電極部6からなる電極部材3と、これら透光性部材2と電極部材3との間に配置されると共にカーボンナノチューブ群よりなる発電層4とを具備し、上記発電層4を、電極部材2側に配置されると共に正の電極部5に導通されたp型の第1カーボンナノチューブ層11、及び透光性部材2側に配置されると共に一部が導電部材15を介して負の電極部6に導通されたn型の第2カーボンナノチューブ層12により構成したものの。

WO 2014/034634 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

**発明の名称**：太陽電池

### 技術分野

[0001] 本発明は、カーボンナノチューブを用いた太陽電池に関するものである。

### 背景技術

[0002] 従来、カーボンナノチューブ（CNT）を用いた太陽電池が提案されているが、この種の太陽電池においては、太陽光の入射方向には電極が必要とされている。したがって、太陽光の入射側に設けられる電極は、透明のものが用いられるか、または太陽光を通過させ得るように楕型電極が用いられていた（例えば、特許文献1参照）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-44511号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 従来のカーボンナノチューブを用いた太陽電池では、透明電極が用いられているため、抵抗値が高く電力損失が大きいとともに、電極材料が高価であるという問題がある。また、楕型電極の場合には、電極そのものに太陽光が遮蔽されるので、発電効率が低下するという問題がある。

[0005] そこで、本発明は、太陽光の入射側の電極を不要にし得るカーボンナノチューブを用いた太陽電池を提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するため、本発明の第1の太陽電池は、光の入射側に配置される透光性部材と、光の入射側とは反対側に配置される電極部材と、これら透光性部材と電極部材との間に配置されるとともにカーボンナノチューブ（群）よりなる発電層とを具備し、

上記電極部材を正の電極部と負の電極部とから構成し、

上記発電層を、

上記透光性部材側に配置されるとともに n 型カーボンナノチューブと p 型カーボンナノチューブとが混合されてなる混合カーボンナノチューブ層と、この混合カーボンナノチューブ層と正の電極部との間に配置される p 型カーボンナノチューブ層と、上記混合カーボンナノチューブ層と負の電極部との間に配置される n 型カーボンナノチューブ層とから構成したものである。

[0007] また、本発明の第 2 の太陽電池は、光の入射側に配置される透光性部材と、光の入射側とは反対側に配置される電極部材と、これら透光性部材と電極部材との間に配置されるとともにカーボンナノチューブ（群）よりなる発電層とを具備し、

上記電極部材を正の電極部と負の電極部とから構成し、

上記発電層を、

電極部材側に配置されるとともに一方の電極部に導通された p 型または n 型の第 1 カーボンナノチューブ層、および透光性部材側に配置されるとともに一部が他方の電極部に導通された n 型または p 型の第 2 カーボンナノチューブ層により構成したものである。

[0008] また、本発明の第 3 の太陽電池は、光の入射側に配置される透光性部材と、光の入射側とは反対側に配置される電極部材と、これら透光性部材と電極部材との間に配置されるとともにカーボンナノチューブ（群）よりなる発電層とを具備し、

上記電極部材を正の電極部と負の電極部とから構成し、

上記発電層を、

電極部材側に配置されるとともに一方の電極部に導通された p 型または n 型の第 1 カーボンナノチューブ層、および透光性部材側に配置された n 型または p 型の第 2 カーボンナノチューブ層により構成し、

さらに上記第 2 カーボンナノチューブ層と同一極性の電極部の表面に絶縁層を配置するとともに当該電極部と第 2 カーボンナノチューブ層とを電氣的に接続する導電部材を設けたものである。

[0009] また、本発明の第4の太陽電池は、上記第2または第3の太陽電池における発電層の第1カーボンナノチューブ層と第2カーボンナノチューブ層との間に、i型の第3カーボンナノチューブ層を、またはn型カーボンナノチューブおよびp型カーボンナノチューブが混在された第3カーボンナノチューブ層を配置したものである。

[0010] また、本発明の第5の太陽電池は、光の入射側に配置される透光性部材と、光の入射側とは反対側に配置されるとともに正の電極部および負の電極部からなる電極部材と、これら透光性部材と電極部材との間に配置されたカーボンナノチューブ層とから構成し、

上記カーボンナノチューブ層をp型にし、

上記正の電極部として、カーボンナノチューブと電気陰性度が略等しい金属を用いるとともに、

上記負の電極部として、カーボンナノチューブより電気陰性度が小さい金属を用いたものである。

[0011] また、本発明の第6の太陽電池は、上記第5の太陽電池におけるカーボンナノチューブと電気陰性度が略等しい金属として、Au, Cu, PdおよびPtのうちいずれかを用いたものである。

[0012] さらに、本発明の第7の太陽電池は、上記第5の太陽電池におけるカーボンナノチューブより電気陰性度が小さい金属として、Cs, Ba, Ca, K, Li, Mg, NaおよびRbのうちいずれかを用いたものである。

### 発明の効果

[0013] 上記各太陽電池の構成によると、正の電極部および負の電極部、つまり電極部材を発電層の一方の表面に配置したので、従来、必要とされた透明電極または櫛型電極などが不要となり、製造コストの低減化を図ることができる。

[0014] また、透明電極を必要としないので、その分、電力損失も少なくなるとともに、櫛型電極のように、電極そのものに太陽光が遮蔽されることがなく、したがって発電効率が低下するのを防止することができる。

## 図面の簡単な説明

- [0015] [図1]本発明の実施例1に係る太陽電池の概略構成を示す断面図である。
- [図2]本発明の実施例1に係る太陽電池の変形例の概略構成を示す断面図である。
- [図3]本発明の実施例2に係る太陽電池の概略構成を示す断面図である。
- [図4]本発明の実施例2に係る太陽電池の変形例の概略構成を示す断面図である。
- [図5]本発明の実施例3に係る太陽電池の概略構成を示す断面図である。
- [図6]本発明の実施例3に係る太陽電池の変形例の概略構成を示す断面図である。
- [図7]本発明の実施例4に係る太陽電池の概略構成を示す断面図である。
- [図8]本発明の実施例4に係る太陽電池の変形例の概略構成を示す断面図である。
- [図9]本発明の実施例5に係る太陽電池の概略構成を示す断面図である。
- [図10]本発明の実施例6に係る太陽電池の概略構成を示す断面図である。

## 発明を実施するための形態

- [0016] 以下、本発明の実施例に係るカーボンナノチューブを用いた太陽電池について説明する。
- [0017] この太陽電池は、主として、電極部材と透光性部材との間にカーボンナノチューブよりなる発電層が配置されたものであり、以下、複数の実施例について説明する。なお、以下の説明において、「カーボンナノチューブ」という語句には、「群」という意味も含むものであるが、「群」を強調する場合に「カーボンナノチューブ群」と呼ぶものとする。また、下記に示す各実施例での説明に用いた太陽電池に係る図面の番号に対応する特許請求の範囲に係る主要な請求項の番号を示すと以下ようになる。請求項1に係る太陽電池に対応するのは図10であり、請求項2に係る太陽電池に対応するのは図1および図2であり、請求項3に係る太陽電池に対応するのは図5および図6であり、請求項4に係る太陽電池に対応するのは図3、図4、図7および

図8であり、請求項5に係る太陽電池は図9である。

### 実施例 1

- [0018] 本発明の実施例1に係る太陽電池を図面に基づき説明する。
- [0019] 図1に示すように、この太陽電池1は、太陽光の入射側に配置される窓部材としての透光性部材 ( $\text{SiO}_2$ 、ガラスなどの透明基板が用いられる) 2と、太陽光の入射側とは反対側(裏面側)に配置される電極部材3と、これら透光性部材2と電極部材3との間に配置されるとともに垂直配向性のカーボンナノチューブよりなる発電層4とから構成されている。
- [0020] 上記電極部材3は正の電極部5と負の電極部6とから構成されており、これら両電極部5, 6の材料としては、例えばAg, Au, Cu, In, Pdなどのうち、いずれかの金属が用いられる。
- [0021] 上記発電層4は、電極部材3側に配置されるとともに正の電極部5に導通されたp型の第1カーボンナノチューブ層11、および透光性部材2側に配置されるとともに一部が負の電極部6に導電部材15を介して導通されたn型の第2カーボンナノチューブ層12とから構成されている。上記導電部材15は、負の電極部6側に配置されるとともに、第2カーボンナノチューブ層12と同じn型のカーボンナノチューブにより構成されている。
- [0022] ところで、p型の第1カーボンナノチューブ層11を構成するp型カーボンナノチューブ16としては、p型ドーパント16bを垂直配向性のカーボンナノチューブ16aの表面に付着させて担持されたものが用いられる。
- [0023] 上記p型ドーパントとしては、化合物としてのF4TCNQ(フッ素化テトラシアノキノジメタン)若しくはカーボンナノチューブ16aより電気陰性度が大きい元素(例えば、Cl, F, Oなど)が用いられ、または酸としての $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ などが用いられる。なお、これらのドーパントは、粒状物または液状のものがカーボンナノチューブの表面に担持される。
- [0024] また、n型の第2カーボンナノチューブ層12を構成するn型カーボンナノチューブ17としては、n型ドーパント17bを垂直配向性のカーボンナ

ノチューブ17aの表面に付着させて担持されたものが用いられる。

[0025] さらに、上記導電部材15としては、上記第2カーボンナノチューブ層12と同じもの、すなわちn型ドーパント17bが垂直配向性のカーボンナノチューブ17aの表面に付着させて担持されてなるn型カーボンナノチューブ17が用いられる。

[0026] 上記各n型ドーパント17bとしては、カーボンナノチューブより電気陰性度が小さい金属、例えばBa, Ca, Cs, Fr, K, Li, Mg, Na, Rb, Srなどのうち、いずれかの金属が用いられる。

[0027] そして、太陽電池1を製造する場合、垂直配向性のカーボンナノチューブにより形成された層状のカーボンナノチューブ群の一方の表面に且つ正の電極部5および負の電極部6に対応する領域にドーピングを行う。具体的には、マスクを用いて、層状のカーボンナノチューブ群の表面にp型ドーパントおよびn型ドーパントを担持させて第1カーボンナノチューブ層11および導電部材15を形成する。

[0028] 次に、第1カーボンナノチューブ層11および導電部材15に対応する表面に金属材料を蒸着させて、金属電極としての正の電極部5および負の電極部6を形成する。これにより、第1カーボンナノチューブ層11および導電部材15の表面（裏面に相当）に電極部材（電極層ともいえる）3が形成されたことになる。

[0029] 次に、上記層状のカーボンナノチューブ群とは別に用意された垂直配向性のカーボンナノチューブにより形成された層状のカーボンナノチューブ群の全表面に、n型ドーパントを担持させて第2カーボンナノチューブ層12を形成する。

[0030] 次に、上記第1カーボンナノチューブ層11の電極部材3とは反対側の他方の表面に第2カーボンナノチューブ層12を載置し貼り合わせることにより、発電層4を形成する。

[0031] そして、この第2カーボンナノチューブ層12の表面に、窓部材である透光性部材2を載置すれば、基本構成としての太陽電池1が得られる。



- [0032] この太陽電池 1 において、p 型の第 1 カーボンナノチューブ層 1 1 と n 型の第 2 カーボンナノチューブ層 1 2 との p n 接合界面で電荷分離した電子は、導電部材 1 5 を介して負の電極部 6 に移動されて取り出される。一方、正孔については、p 型の第 1 カーボンナノチューブ層 1 1 を経て正の電極部 5 から取り出される。
- [0033] なお、p 型の第 1 カーボンナノチューブ層 1 1 と n 型の導電部材 1 5 との p n 接合界面でも正孔および電子が発生するが、それぞれ正の電極部 5 および負の電極部 6 から取り出される。
- [0034] 上記太陽電池 1 の構成によると、正の電極部 5 および負の電極部 6、つまり電極部材 3 を発電層 4 の一方の表面（裏面）に配置したので、従来、必要とされた透明電極または楕型電極などが不要となり、製造コストの低減化を図ることができる。
- [0035] また、透明電極を必要としないので、その分、電力損失も少なくなるとともに、楕型電極のように、電極そのものに太陽光が遮蔽されることがないので、発電効率が低下するのを防止することができる。
- [0036] なお、上述の説明では、ドーピングに際し、ドーパントをカーボンナノチューブの表面に担持させるようにしたが、ドーパントをカーボンナノチューブに内包（格子置換でもよい）させるようにしてもよい。内包させる方法としては、カーボンナノチューブにイオン注入する方法や、開口処理したカーボンナノチューブとドーパントを高真空中で保持し内包した後、開口部を閉じる方法などがある。
- [0037] また、上述の発電層 4 の形成に際し、2 つの層状のカーボンナノチューブ群を貼り合わせるようにしたが、例えば正の電極部 5 および負の電極部 6 の表面に、それぞれドーパントがドーピングされたカーボンナノチューブを塗布することにより、第 1 カーボンナノチューブ層 1 1 および導電部材 1 5 を形成し、そしてこの表面に、ドーパントがドーピングされたカーボンナノチューブを塗布することにより、第 2 カーボンナノチューブ層 1 2 を形成するようにしてもよい。

[0038] ところで、上述の実施例 1 に係る発電層 4 については、電極部材 3 側の第 1 カーボンナノチューブ層 1 1 を p 型にするとともに、透光性部材 2 側の第 2 カーボンナノチューブ層 1 2 および電極部材 3 側の導電部材 1 5 を n 型にしたが、図 2 に示すように、太陽電池 1 の発電層 4 として、電極部材 3 側の第 1 カーボンナノチューブ層 1 1 を n 型にするとともに、透光性部材 2 側の第 2 カーボンナノチューブ層 1 2 をおよび電極部材 3 側の導電部材 1 5 を p 型にしてもよい。勿論、この場合の導電部材 1 5 については、p 型ドーパント 1 6 b が垂直配向性のカーボンナノチューブ 1 6 a の表面に付着させて担持されてなる p 型カーボンナノチューブ 1 6 が用いられる。

## 実施例 2

[0039] 以下、本発明の実施例 2 に係る太陽電池を図面に基づき説明する。

[0040] 上記実施例 1 に係る太陽電池においては、発電層を、第 1 カーボンナノチューブ層と第 2 カーボンナノチューブ層とから構成したが、本実施例 2 に係る太陽電池の発電層は、第 1 カーボンナノチューブ層と第 2 カーボンナノチューブ層との間に、第 3 カーボンナノチューブ層を配置したものであり、そしてこの第 3 カーボンナノチューブ層として、真性半導体としての i 型カーボンナノチューブを用いたものと、n 型カーボンナノチューブおよび p 型カーボンナノチューブを混在（混合）したものとがある。なお、本実施例 2 では、この第 3 カーボンナノチューブ層以外の構成については、実施例 1 のものと同一であるため、同一の構成部材については、同一の部材番号を付してその説明を省略する。

(1) まず、i 型カーボンナノチューブを用いたものについて説明する。

[0041] 図 3 に示すように、太陽電池 1 の発電層 4 として、第 1 カーボンナノチューブ層 1 1 と第 2 カーボンナノチューブ層 1 2 との間に、真性半導体としての、つまりドーパントが添加されない i 型カーボンナノチューブ 1 8 よりなる i 型の第 3 カーボンナノチューブ層 1 3 が配置されたものである。

[0042] この太陽電池 1 の構成を概略的に説明すると、以下のようになる。

[0043] この太陽電池 1 は、光の入射側に配置される透光性部材 2 と、光の入射側

とは反対側に配置される電極部材 3 と、これら透光性部材 2 と電極部材 3 との間に配置されるとともにカーボンナノチューブよりなる発電層 4 とを具備し、

上記電極部材 3 を正の電極部 5 と負の電極部 6 とから構成し、

上記発電層 4 を、

電極部材 3 側に配置されるとともに正の電極部 5 に導通された p 型の第 1 カーボンナノチューブ層 1 1、透光性部材 2 側に配置された n 型の第 2 カーボンナノチューブ層 1 2、および上記第 1 カーボンナノチューブ層 1 1 と第 2 カーボンナノチューブ層 1 2 との間に配置された i 型の第 3 カーボンナノチューブ層 1 3 とから構成し、

さらに上記第 2 カーボンナノチューブ層 1 2 と同一極性である負の電極部 6 と第 2 カーボンナノチューブ層 1 2 とを電氣的に接続する p 型カーボンナノチューブ 1 6 からなる導電部材 1 5 を設けたものである。

[0044] この構成によると、上記実施例 1 に係る太陽電池の効果に加えて、さらに、i 型部分を設けたので、pn 接合とする場合よりも電位勾配が緩やかにしかもその範囲が長くなるため（pn 接合の場合、電位勾配が急峻で短い範囲しかない）、この短い範囲で吸収した光しか利用できない）、すなわち太陽光を吸収できる範囲が長くなるため、太陽光の持つエネルギーの変換効率の向上を図ることができる。

(2) 次に、n 型カーボンナノチューブと p 型カーボンナノチューブとが混在した変形例について説明する。

[0045] 図 4 に示すように、太陽電池 1 の発電層 4 として、第 1 カーボンナノチューブ層 1 1 と第 2 カーボンナノチューブ層 1 2 との間に、n 型カーボンナノチューブ群 1 7 と p 型カーボンナノチューブ群 1 6 とが混在されてなる第 3 カーボンナノチューブ層 1 4 が配置されたものである。

[0046] この太陽電池の概略的な構成を説明すると、以下のようになる。

[0047] この太陽電池 1 は、光の入射側に配置される透光性部材 2 と、光の入射側とは反対側に配置される電極部材 3 と、これら透光性部材 2 と電極部材 3 と

の間に配置されるとともにカーボンナノチューブよりなる発電層 4 とを具備し、

上記電極部材 3 を正の電極部 5 と負の電極部 6 とから構成し、

上記発電層 4 を、

電極部材 3 側に配置されるとともに負の電極部 6 に導通された n 型の第 1 カーボンナノチューブ層 1 1、透光性部材 2 側に配置された p 型の第 2 カーボンナノチューブ層 1 2、および上記第 1 カーボンナノチューブ層 1 1 と第 2 カーボンナノチューブ層 1 2 との間に配置された且つ n 型カーボンナノチューブ 1 7 および p 型カーボンナノチューブ 1 6 が混在されてなる第 3 カーボンナノチューブ層 1 4 とから構成し、

さらに上記第 2 カーボンナノチューブ層 1 2 と同一極性である正の電極部 5 と第 2 カーボンナノチューブ層 1 2 とを電氣的に接続する導電部材 1 5 を設けたものである。

[0048] この構成によると、上記実施例 1 に係る太陽電池の効果に加えて、n 型カーボンナノチューブと p 型カーボンナノチューブとの混在部分が存在するため発電効率の向上が図られる。

[0049] なお、上記 (1) および (2) で説明した発電層 4 におけるカーボンナノチューブ群の極性を、それぞれ逆になるように配置してもよい。

[0050] 上記発電層 4 の製造方法については、実施例 1 で説明した製造方法において、電極部材 3 の表面に第 1 カーボンナノチューブ層 1 1 を形成した後、n 型カーボンナノチューブ群 1 7 と p 型カーボンナノチューブ群 1 6 とが混在されてなる第 3 カーボンナノチューブ層 1 4 を重ねて配置し、さらにこの第 3 カーボンナノチューブ層 1 4 の表面に p 型カーボンナノチューブ群 1 7 を重ねることにより、第 2 カーボンナノチューブ層 1 2 を形成することにより得られる。

### 実施例 3

[0051] 以下、本発明の実施例 3 に係る太陽電池を図面に基づき説明する。

[0052] 図 5 に示すように、この太陽電池 2 1 は、太陽光の入射側に配置される窓

部材としての透光性部材（ $\text{SiO}_2$ 、ガラスなどの透明基板が用いられる）22と、太陽光の入射側とは反対側（裏面側）に配置される電極部材23と、これら透光性部材22と電極部材23との間に配置されるとともにカーボンナノチューブよりなる発電層24とから構成されている。

[0053] 上記電極部材23は正の電極部25と負の電極部26とから構成されており、これら両電極部25、26の材料としては、例えばAg, Au, Cu, In, Pdのうち、いずれかの金属が用いられる。

[0054] 上記発電層24は、電極部材23側に配置されたn型の第1カーボンナノチューブ層31および透光性部材22側に配置されたp型の第2カーボンナノチューブ層32から構成されており、当然ながら、n型の第1カーボンナノチューブ層31は負の電極部26に電氣的に導通され、p型の第2カーボンナノチューブ層32は正の電極部25に電氣的に導通されている。

[0055] すなわち、負の電極部26は第1カーボンナノチューブ層31に直接に接触されるとともに、正の電極部25と第2カーボンナノチューブ層32とは、第1カーボンナノチューブ層31を挿通され且つ表面に絶縁処理が施された導電部材35を介して電氣的に導通されている。

[0056] この導電部材35は、正の電極部25の表面に所定間隔おきに立設されて当該電極部25と第2カーボンナノチューブ層32とを電氣的に接続するための複数の導電性の金属ピン（電極ピンともいえる）35aと、第1カーボンナノチューブ層31に対応する上記各金属ピン35aの外周面に形成された絶縁膜35bとから構成されている。勿論、金属ピン35aに形成される絶縁膜35bについては、第1カーボンナノチューブ層31の厚さよりも長くされており、当然ながら、金属ピン35aの先端は絶縁膜35bよりも突出されている。

[0057] また、正の電極部25と第1カーボンナノチューブ層31とが導通しないように、正の電極部25の表面には絶縁膜27が配置されている。

[0058] この構成により、両カーボンナノチューブ層31、32によるpn接合部（接合領域）は電極部材23の全面に亘って形成されることになる。なお、

このpn接合部は、p型カーボンナノチューブ36とn型カーボンナノチューブ37とが互いに重なり合うバルクヘテロ構造にしてもよい。

[0059] ところで、n型の第1カーボンナノチューブ層31を構成するn型カーボンナノチューブ37としては、垂直配向性のカーボンナノチューブ37aにn型ドーパント37bが内包されたものが用いられる。

[0060] このn型ドーパント37bとしては、カーボンナノチューブより電気陰性度が小さい金属、例えばBa, Ca, Cs, Fr, K, Li, Mg, Na, Rb, Srなどのうち、いずれかの金属が用いられる。

[0061] また、p型の第2カーボンナノチューブ層32を構成するp型カーボンナノチューブ36としては、垂直配向性のカーボンナノチューブ36aにp型ドーパント36bが内包されたものが用いられる。

[0062] このp型ドーパントとしては、化合物としてのF4TCNQ（フッ素化テトラシアノキノジメタン）若しくはカーボンナノチューブより電気陰性度が大きい元素（例えば、Cl, F, Oなど）が用いられ、または酸としてのHNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HClなどが用いられる。

[0063] なお、ドーパントをカーボンナノチューブに内包させる方法としては、カーボンナノチューブにイオン注入する方法や、開口処理したカーボンナノチューブとドーパントを高真空中で保持し内包した後、開口部を閉じる方法などがある。

[0064] そして、太陽電池21を製造する場合、垂直配向性のカーボンナノチューブ37aにn型ドーパント37bが内包されてなるn型カーボンナノチューブ群37と、同じく垂直配向性のカーボンナノチューブ36aにp型ドーパント36bが内包されてなるp型カーボンナノチューブ群36とを予め得ておく。

[0065] また、正の電極部25および負の電極部26を用意する。このとき、正の電極部25については、その表面に、外周面に絶縁膜35bが形成されるとともに先端部が絶縁膜35bから突出した（先端部が露出した）金属ピン35aが多数立設されたものを用意する。

- [0066] 次に、正の電極部 2 5 と負の電極部 2 6 とが並置されてなる電極部材 2 3 の表面に、n 型カーボンナノチューブ 3 7 を塗布して、n 型の第 1 カーボンナノチューブ層 3 1 を形成する。このとき、金属ピン 3 5 b の先端部は第 1 カーボンナノチューブ層 3 1 から上方に突出した状態にされている。
- [0067] 次に、この第 1 カーボンナノチューブ層 3 1 の表面に p 型カーボンナノチューブ 3 6 を重ねることにより、p 型の第 2 カーボンナノチューブ層 3 2 を形成する。
- [0068] したがって、この状態では、第 2 カーボンナノチューブ層 3 2 と正の電極部 2 5 とは導電部材 3 5 により互いに電氣的に導通されている。
- [0069] そして、最後に、窓部材である透光性部材 2 2 を載置すれば、基本構成としての太陽電池 2 1 が得られる。
- [0070] この太陽電池 2 1 において、n 型の第 1 カーボンナノチューブ層 3 1 と p 型の第 2 カーボンナノチューブ層 3 2 との p n 接合界面で電荷分離した電子は、第 1 カーボンナノチューブ層 3 1 を介して負の電極部 2 6 から取り出される。一方、正孔については、導電部材 3 5 を介して正の電極部 2 5 から取り出される。
- [0071] 上記太陽電池 2 1 の構成によると、上記実施例 1 と同様に、正の電極部 2 5 および負の電極部 2 6、つまり電極部材 2 3 を発電層 2 4 の一方の表面（裏面）に配置したので、従来、必要とされた透明電極または楕型電極などが不要となり、製造コストの低減化を図ることができる。
- [0072] また、透明電極を必要としないので、その分、電力損失も少なくなるとともに、楕型電極のように、電極そのものに太陽光が遮蔽されることがないので、発電効率が低下するのを防止することができる。
- [0073] さらに、第 1 カーボンナノチューブ層 3 1 と第 2 カーボンナノチューブ層 3 2 とを全面に亘って対向させるようにしたので、p n 接合面を広くすることができ、したがって発電効率が向上する。
- [0074] なお、上述の説明では、ドーピングに際し、ドーパントをカーボンナノチューブに内包させるようにしたが、ドーパントをカーボンナノチューブの表

面に付着させて担持させるようにしてもよい。

[0075] ところで、上述の実施例3に係る発電層24については、電極部材23側の第1カーボンナノチューブ層31をn型にするとともに、透光性部材22側の第2カーボンナノチューブ層32をp型にしたが、図6に示すように、太陽電池21の発電層24として、電極部材23側の第1カーボンナノチューブ層31をp型にするとともに、透光性部材22側の第2カーボンナノチューブ層32をn型にしてもよい。

#### 実施例 4

[0076] 以下、本発明の実施例4に係る太陽電池を図面に基づき説明する。

[0077] 上記実施例3に係る太陽電池においては、発電層を、第1カーボンナノチューブ層と第2カーボンナノチューブ層とから構成したが、本実施例4に係る太陽電池の発電層は、第1カーボンナノチューブ層と第2カーボンナノチューブ層との間に、第3カーボンナノチューブ層を配置したものであり、そしてこの第3カーボンナノチューブ層として、真性半導体としてのi型カーボンナノチューブを用いたものと、n型カーボンナノチューブおよびp型カーボンナノチューブを混在（混合）したものとがある。なお、本実施例4では、この第3カーボンナノチューブ層以外の構成については、実施例3のものと同一であるため、同一の構成部材については、同一の部材番号を付してその説明を省略する。

(1) まず、i型カーボンナノチューブを用いたものについて説明する。

[0078] 図7に示すように、太陽電池21の発電層24として、第1カーボンナノチューブ層31と第2カーボンナノチューブ層32との間に、真性半導体としての、つまりドーパントが添加されないi型カーボンナノチューブ38よりなるi型の第3カーボンナノチューブ層33が配置されたものである。当然ながら、導電部材35は当該第3カーボンナノチューブ層33を挿通して設けられる。

[0079] この太陽電池21の構成を概略的に説明すると、以下のようになる。

[0080] この太陽電池21は、光の入射側に配置される透光性部材22と、光の入



射側とは反対側に配置される電極部材 2 3 と、これら透光性部材 2 2 と電極部材 2 3 との間に配置されるとともにカーボンナノチューブよりなる発電層 2 4 とを具備し、

上記電極部材 2 3 を正の電極部 2 5 と負の電極部 2 6 とから構成し、

上記発電層 2 4 を、

電極部材 2 3 側に配置されるとともに負の電極部 2 6 に導通された n 型の第 1 カーボンナノチューブ層 3 1、透光性部材 2 2 側に配置された p 型の第 2 カーボンナノチューブ層 3 2、および上記第 1 カーボンナノチューブ層 3 1 と第 2 カーボンナノチューブ層 3 2 との間に配置された i 型の第 3 カーボンナノチューブ層 3 3 とから構成し、

さらに上記第 2 カーボンナノチューブ層 3 2 と同一極性である正の電極部 2 5 の表面に絶縁層 2 7 を配置するとともに当該正の電極部 2 5 と第 2 カーボンナノチューブ層 3 2 とを電氣的に接続する導電部材 3 5 を設けたものである。

[0081] この構成によると、上記実施例 3 に係る太陽電池の効果に加えて、さらに、i 型部分を設けたので、pn 接合とする場合よりも電位勾配が緩やかにしかもその範囲が長くなるため（pn 接合の場合、電位勾配が急峻で短い範囲しかない）、この短い範囲で吸収した光しか利用できない）、すなわち太陽光を吸収できる範囲が長くなるため、太陽光の持つエネルギーの変換効率の向上を図ることができる。

(2) 次に、n 型カーボンナノチューブと p 型カーボンナノチューブとが混在した変形例について説明する。

[0082] 図 8 に示すように、太陽電池 2 1 の発電層 2 4 として、第 1 カーボンナノチューブ層 3 1 と第 2 カーボンナノチューブ層 3 2 との間に、n 型カーボンナノチューブ群 3 7 と p 型カーボンナノチューブ群 3 6 とが混在されてなる第 3 カーボンナノチューブ層 3 4 が配置されたものである。勿論、上記と同様に、導電部材 3 5 は当該第 3 カーボンナノチューブ層 3 4 を挿通して設けられる。

- [0083] この太陽電池の概略的な構成を説明すると、以下のようになる。
- [0084] この太陽電池 2 1 は、光の入射側に配置される透光性部材 2 2 と、光の入射側とは反対側に配置される電極部材 2 3 と、これら透光性部材 2 2 と電極部材 2 3 との間に配置されるとともにカーボンナノチューブよりなる発電層 2 4 とを具備し、
- 上記電極部材 2 3 を正の電極部 2 5 と負の電極部 2 6 とから構成し、
- 上記発電層 2 4 を、
- 電極部材 2 3 側に配置されるとともに負の電極部 2 6 に導通された n 型の第 1 カーボンナノチューブ層 3 1、透光性部材 2 2 側に配置された p 型の第 2 カーボンナノチューブ層 3 2、および上記第 1 カーボンナノチューブ層 3 1 と第 2 カーボンナノチューブ層 3 2 との間に配置された且つ n 型カーボンナノチューブ 3 7 および p 型カーボンナノチューブ 3 6 が混在されてなる第 3 カーボンナノチューブ層 3 4 とから構成し、
- さらに上記第 2 カーボンナノチューブ層 3 2 と同一極性である正の電極部 2 5 の表面に絶縁層 2 7 を配置するとともに当該正の電極部 2 5 と第 2 カーボンナノチューブ層 3 2 とを電氣的に接続する導電部材 3 5 を設けたものである。
- [0085] この構成によると、上記実施例 3 に係る太陽電池の効果に加えて、n 型カーボンナノチューブと p 型カーボンナノチューブとの混在部分が存在するため発電効率の向上が図られる。
- [0086] なお、上記 (1) および (2) で説明した発電層 2 4 については、透光性部材 2 2 側に p 型のカーボンナノチューブ層 3 2 を配置するとともに、電極部材 2 3 側に n 型のカーボンナノチューブ層 3 1 を配置したが、逆に、すなわち透光性部材 2 2 側に n 型のカーボンナノチューブ層を配置するとともに、電極部材 2 3 側に p 型のカーボンナノチューブ層を配置してもよい。
- [0087] 上記発電層 2 4 の製造方法については、実施例 3 で説明した製造方法において、電極部材 2 3 の表面に第 1 カーボンナノチューブ層 3 1 を形成した後、i 型カーボンナノチューブ群 3 8 よりなる第 3 カーボンナノチューブ層 3

3、またはn型カーボンナノチューブ群37とp型カーボンナノチューブ群36とが混在されてなる第3カーボンナノチューブ層34を重ねて配置し、さらにこの第3カーボンナノチューブ層34の表面にp型カーボンナノチューブ群36を重ねることにより、p型の第2カーボンナノチューブ層32を形成することにより得られる。

### 実施例 5

[0088] 以下、本発明の実施例5に係る太陽電池を図面に基づき説明する。

[0089] 図9に示すように、この太陽電池41は、太陽光の入射側に配置される窓部材としての透光性部材(SiO<sub>2</sub>、ガラスなどの透明基板が用いられる)42と、太陽光の入射側とは反対側(裏面側)に配置される電極部材43と、これら透光性部材42と電極部材43との間に配置されるとともにカーボンナノチューブよりなるカーボンナノチューブ層44とから構成されている。

[0090] 上記カーボンナノチューブ層44はp型にされており、このカーボンナノチューブ層44を構成するp型カーボンナノチューブ51としては、垂直配向性のカーボンナノチューブ51aにp型ドーパント51bが内包されたものが用いられる。

[0091] このp型ドーパントとしては、化合物としてのF4TCNQ(フッ素化テトラシアノキノジメタン)若しくはカーボンナノチューブ51aより電気陰性度が大きい元素(例えば、Cl, F, Oなど)が用いられ、または酸としてのHNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HClなどが用いられる。なお、内包させる方法としては、カーボンナノチューブにイオン注入する方法や、開口処理したカーボンナノチューブとドーパントを高真空中で保持し内包した後、開口部を閉じる方法などがある。

[0092] 上記電極部材43は正の電極部45と負の電極部46とから構成されている。

[0093] 正の電極部45の材料としては、カーボンナノチューブ51aと電気陰性度が略等しい金属、例えばAu, Cu, Pd, Ptなどのうち、いずれかの金属が用いられる。

- [0094] また、負の電極部46の材料としては、カーボンナノチューブ51aより電気陰性度が小さい金属、例えばCs, Ba, Ca, K, Li, Mg, Na、Rbなどのうち、いずれかの金属が用いられ、しかも、この負の電極部46には、上記カーボンナノチューブ層44を形成するカーボンナノチューブ51aの一部が混入されている。
- [0095] このように、負の電極部46の材料として、電気陰性度がカーボンナノチューブ51aよりも小さい金属を用いたので、カーボンナノチューブ層44の当該負の電極部46に混入しているカーボンナノチューブ51aがn型になり、したがってこの部分では、カーボンナノチューブ51a自身にpn接合が形成されたことになる。
- [0096] 上記太陽電池41において、p型のカーボンナノチューブ層44と負の電極部46に混入されたカーボンナノチューブ51aとの境界部分であるpn接合界面で電荷分離した電子は、負の電極部46から取り出され、一方、正孔については、カーボンナノチューブ層44を介して正の電極部45から取り出される。
- [0097] ここで、上記太陽電池41の製造方法について簡単に説明しておく。
- [0098] この太陽電池41を製造する場合、垂直配向性のカーボンナノチューブ51aにp型ドーパント51bが内包されてなるp型カーボンナノチューブ51を層状にしたものを予め得ておく。
- [0099] そして、この層状にされたp型カーボンナノチューブ群51の表面の一部に蒸着などにより正の電極部45を形成するとともに、残りの部分に蒸着などにより負の電極部46を形成する。この負の電極部46を形成する際に、p型カーボンナノチューブ群51の一部が混入するように形成される。このようにして、正の電極部45と負の電極部46とからなる電極部材43の表面にカーボンナノチューブ層44が形成される。
- [0100] 次に、このカーボンナノチューブ層44の電極部材43とは反対側の表面に窓部材である透光性部材42を載置すれば、基本構成としての太陽電池41が得られる。

- [0101] 上記太陽電池41の構成によると、上記実施例1と同様に、正の電極部45および負の電極部46、つまり電極部材43をカーボンナノチューブ層44の一方の表面（裏面）に配置したので、従来、必要とされた透明電極または楕型電極などが不要となり、製造コストの低減化を図ることができる。
- [0102] また、透明電極を必要としないので、その分、電力損失も少なくなるとともに、楕型電極のように、電極そのものに太陽光が遮蔽されることがないので、発電効率が低下するのを防止することができる。

## 実施例 6

- [0103] 本発明の実施例6に係る太陽電池を図面に基づき説明する。
- [0104] 図10に示すように、この太陽電池61は、太陽光の入射側に配置される窓部材としての透光性部材（ $\text{SiO}_2$ 、ガラスなどの透明基板が用いられる）62と、太陽光の入射側とは反対側（裏面側）に配置される電極部材63と、これら透光性部材62と電極部材63との間に配置されるとともに垂直配向性のカーボンナノチューブよりなる発電層64とから構成されている。
- [0105] 上記電極部材63は正の電極部65と負の電極部66とから構成されており、これら両電極部65、66の材料としては、例えばAg, Au, Cu, In, Pdなどのうち、いずれかの金属が用いられる。
- [0106] 上記発電層64は、透光性部材62側に配置されるとともにp型カーボンナノチューブ81とn型カーボンナノチューブ82とが混合されてなる混合カーボンナノチューブ層71と、この混合カーボンナノチューブ層71と電極部材63の正の電極部65との間に配置されるとともにp型カーボンナノチューブ76からなるp型カーボンナノチューブ層72と、上記混合カーボンナノチューブ層71と電極部材63の負の電極部66との間に配置されるとともにn型カーボンナノチューブ82からなるn型カーボンナノチューブ層73とから構成されている。
- [0107] 上記混合カーボンナノチューブ層71を構成するp型カーボンナノチューブ81としては、p型ドーパント81bを垂直配向性のカーボンナノチューブ81aに内包させたものが用いられる。

- [0108] このp型ドーパントとしては、化合物としてのF4TCNQ（フッ素化テトラシアノキノジメタン）若しくはカーボンナノチューブ81aより電気陰性度が大きい元素（例えば、Cl, F, Oなど）が用いられ、または酸としてのHNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HClなどが用いられる。
- [0109] また、n型カーボンナノチューブ82としては、n型ドーパント82bを垂直配向性のカーボンナノチューブ82aに内包させたものが用いられる。
- [0110] このn型ドーパント82bとしては、カーボンナノチューブより電気陰性度が小さい金属、例えばBa, Ca, Cs, Fr, K, Li, Mg, Na, Rb, Srなどのうち、いずれかの金属が用いられる。
- [0111] なお、内包させる方法としては、カーボンナノチューブにイオン注入する方法や、開口処理したカーボンナノチューブとドーパントを高真空中で保持し内包した後、開口部を閉じる方法などがある。
- [0112] さらに、上記p型カーボンナノチューブ層72を構成するp型カーボンナノチューブ76としては、p型ドーパント76bを垂直配向性のカーボンナノチューブ76aの表面に付着させて担持されたものが用いられる。
- [0113] このp型ドーパント76bとしては、化合物としてのF4TCNQ（フッ素化テトラシアノキノジメタン）若しくはカーボンナノチューブ76aより電気陰性度が大きい元素（例えば、Cl, F, Oなど）が用いられ、または酸としてのHNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HClなどが用いられる。なお、これらのドーパントは、粒状物または液状のものがカーボンナノチューブの表面に担持される。
- [0114] また、上記n型カーボンナノチューブ層73を構成するn型カーボンナノチューブ77としては、n型ドーパント77bを垂直配向性のカーボンナノチューブ77aの表面に付着させて担持されたものが用いられる。
- [0115] このn型ドーパント77bとしては、カーボンナノチューブより電気陰性度が小さい金属、例えばBa, Ca, Cs, Fr, K, Li, Mg, Na, Rb, Srなどのうち、いずれかの金属が用いられる。
- [0116] そして、太陽電池61を製造する場合、垂直配向性のカーボンナノチューブ

ブにより形成された層状のカーボンナノチューブ群の一方の表面に且つ正の電極部 6 5 および負の電極部 6 6 に対応する領域にドーピングを行う。具体的には、マスクを用いて、層状のカーボンナノチューブ群の表面に p 型ドーパントおよび n 型ドーパントを担持させて p 型カーボンナノチューブ層 7 2 および n 型カーボンナノチューブ層 7 3 を形成する。

[0117] 次に、p 型カーボンナノチューブ層 7 2 および n 型カーボンナノチューブ層 7 3 に対応する表面に金属材料を蒸着させて、金属電極としての正の電極部 6 5 および負の電極部 6 6 を形成する。これにより、電極部材（電極層ともいえる）6 3 が形成されたことになる。

[0118] 次に、上記カーボンナノチューブ層 7 2, 7 3 の電極部材 3 とは反対側の表面に、p 型カーボンナノチューブ 8 1 と n 型カーボンナノチューブ 8 2 とが混合されたものを塗布して、混合カーボンナノチューブ層 7 1 を形成し、発電層 6 4 を形成する。

[0119] そして、この混合カーボンナノチューブ層 7 1 の表面に、窓部材である透光性部材 6 2 を載置すれば、基本構成としての太陽電池 6 1 が得られる。

[0120] この太陽電池 6 1 において、混合カーボンナノチューブ層 7 1 における p 型カーボンナノチューブ 8 1 と n 型カーボンナノチューブ 8 2 との p n 接合界面で電荷分離した電子は、n 型カーボンナノチューブ層 7 3 を介して負の電極部 6 6 に移動されて取り出される。一方、正孔については、p 型カーボンナノチューブ層 7 2 を経て正の電極部 6 5 から取り出される。

[0121] 上記太陽電池 6 1 の構成によると、正の電極部 6 5 および負の電極部 6 6、つまり電極部材 6 3 を発電層 6 4 の一方の表面（裏面）に配置したので、従来、必要とされた透明電極または櫛型電極などが不要となり、製造コストの低減化を図ることができる。

[0122] また、透明電極を必要としないので、その分、電力損失も少なくなるとともに、櫛型電極のように、電極そのものに太陽光が遮蔽されることがないので、発電効率が低下するのを防止することができる。

[0123] なお、上述の説明では、p 型カーボンナノチューブ層 7 2 および n 型カー

ボンナノチューブ層 7 3 の形成に際し、ドーパントをカーボンナノチューブの表面に担持させるようにしたが、混合カーボンナノチューブ層 7 1 の場合と同様に、ドーパントをカーボンナノチューブに内包（格子置換でもよい）させるようにしてもよい。また、混合カーボンナノチューブ層 7 1 についても、ドーパントをカーボンナノチューブの表面に担持させるようにしてもよい。



## 請求の範囲

- [請求項1] 光の入射側に配置される透光性部材と、光の入射側とは反対側に配置される電極部材と、これら透光性部材と電極部材との間に配置されるとともにカーボンナノチューブよりなる発電層とを具備し、  
上記電極部材を正の電極部と負の電極部とから構成し、  
上記発電層を、  
上記透光性部材側に配置されるとともにn型カーボンナノチューブとp型カーボンナノチューブとが混合されてなる混合カーボンナノチューブ層と、この混合カーボンナノチューブ層と正の電極部との間に配置されるp型カーボンナノチューブ層と、上記混合カーボンナノチューブ層と負の電極部との間に配置されるn型カーボンナノチューブ層とから構成したことを特徴とする太陽電池。
- [請求項2] 光の入射側に配置される透光性部材と、光の入射側とは反対側に配置される電極部材と、これら透光性部材と電極部材との間に配置されるとともにカーボンナノチューブよりなる発電層とを具備し、  
上記電極部材を正の電極部と負の電極部とから構成し、  
上記発電層を、  
電極部材側に配置されるとともに一方の電極部に導通されたp型またはn型の第1カーボンナノチューブ層、および透光性部材側に配置されるとともに一部が他方の電極部に導通されたn型またはp型の第2カーボンナノチューブ層により構成したことを特徴とする太陽電池。
- [請求項3] 光の入射側に配置される透光性部材と、光の入射側とは反対側に配置される電極部材と、これら透光性部材と電極部材との間に配置されるとともにカーボンナノチューブよりなる発電層とを具備し、  
上記電極部材を正の電極部と負の電極部とから構成し、  
上記発電層を、  
電極部材側に配置されるとともに一方の電極部に導通されたp型ま

たは n 型の第 1 カーボンナノチューブ層、および透光性部材側に配置された n 型または p 型の第 2 カーボンナノチューブ層により構成し、  
さらに上記第 2 カーボンナノチューブ層と同一極性の電極部の表面に絶縁層を配置するとともに当該電極部と第 2 カーボンナノチューブ層とを電氣的に接続する導電部材を設けたことを特徴とする太陽電池。

[請求項4] 第 1 カーボンナノチューブ層と第 2 カーボンナノチューブ層との間に、i 型の第 3 カーボンナノチューブ層を、または n 型カーボンナノチューブおよび p 型カーボンナノチューブが混在された第 3 カーボンナノチューブ層を配置したことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の太陽電池。

[請求項5] 光の入射側に配置される透光性部材と、光の入射側とは反対側に配置されるとともに正の電極部および負の電極部からなる電極部材と、これら透光性部材と電極部材との間に配置されたカーボンナノチューブ層とから構成し、

上記カーボンナノチューブ層を p 型にし、

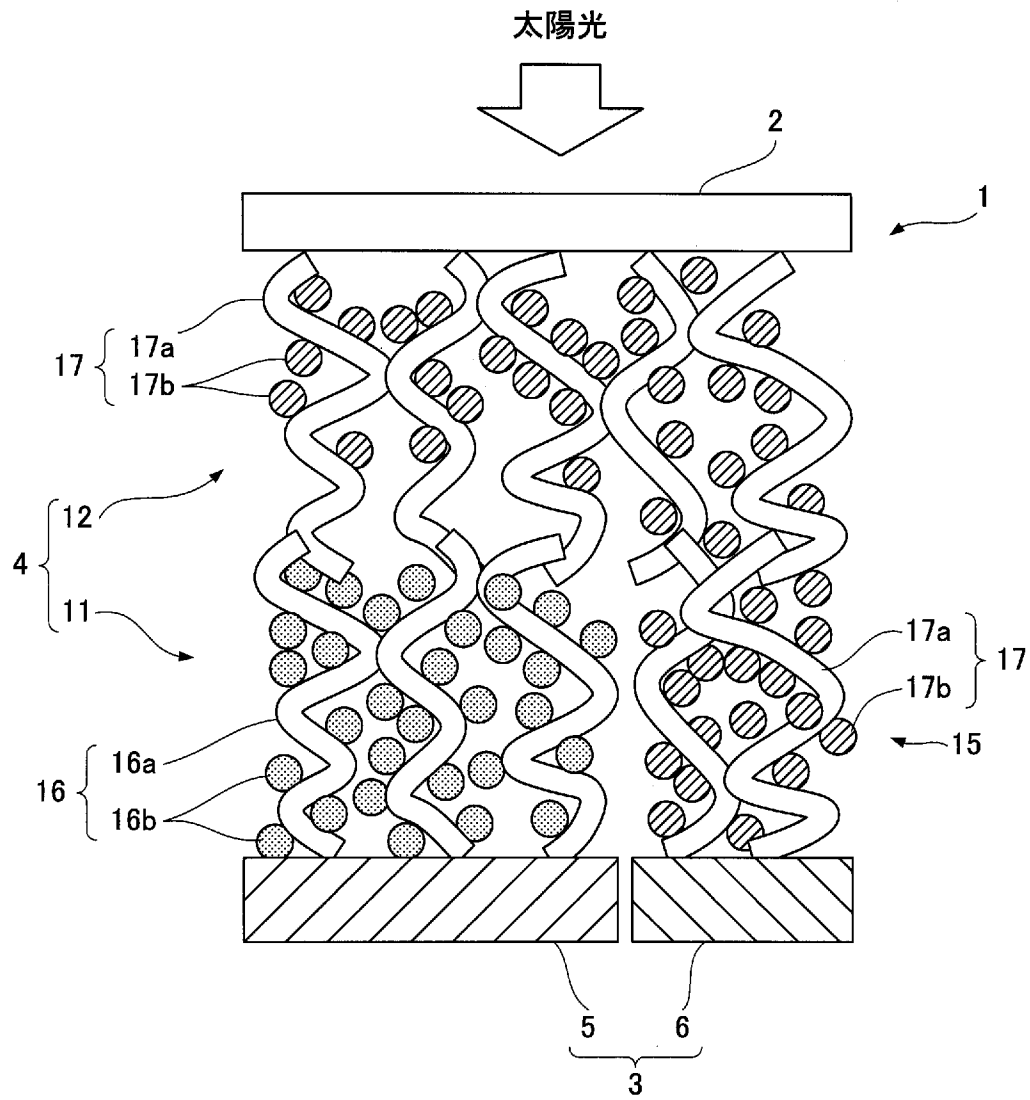
上記正の電極部として、カーボンナノチューブと電気陰性度が略等しい金属を用いるとともに、

上記負の電極部として、カーボンナノチューブより電気陰性度が小さい金属を用いたことを特徴とする太陽電池。

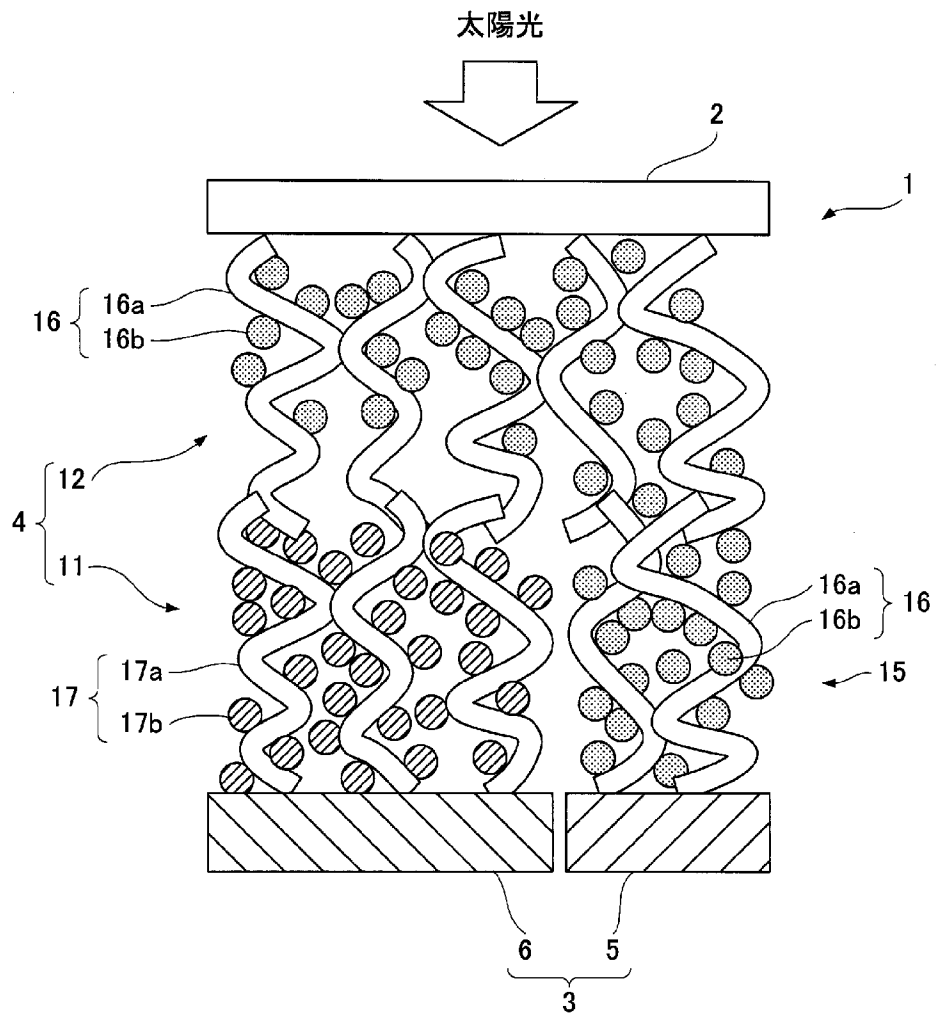
[請求項6] カーボンナノチューブと電気陰性度が略等しい金属として、Au, Cu, Pd および Pt のうちいずれかを用いたことを特徴とする請求項 5 に記載の太陽電池。

[請求項7] カーボンナノチューブより電気陰性度が小さい金属として、Cs, Ba, Ca, K, Li, Mg, Na および Rb のうちいずれかを用いたことを特徴とする請求項 5 に記載の太陽電池。

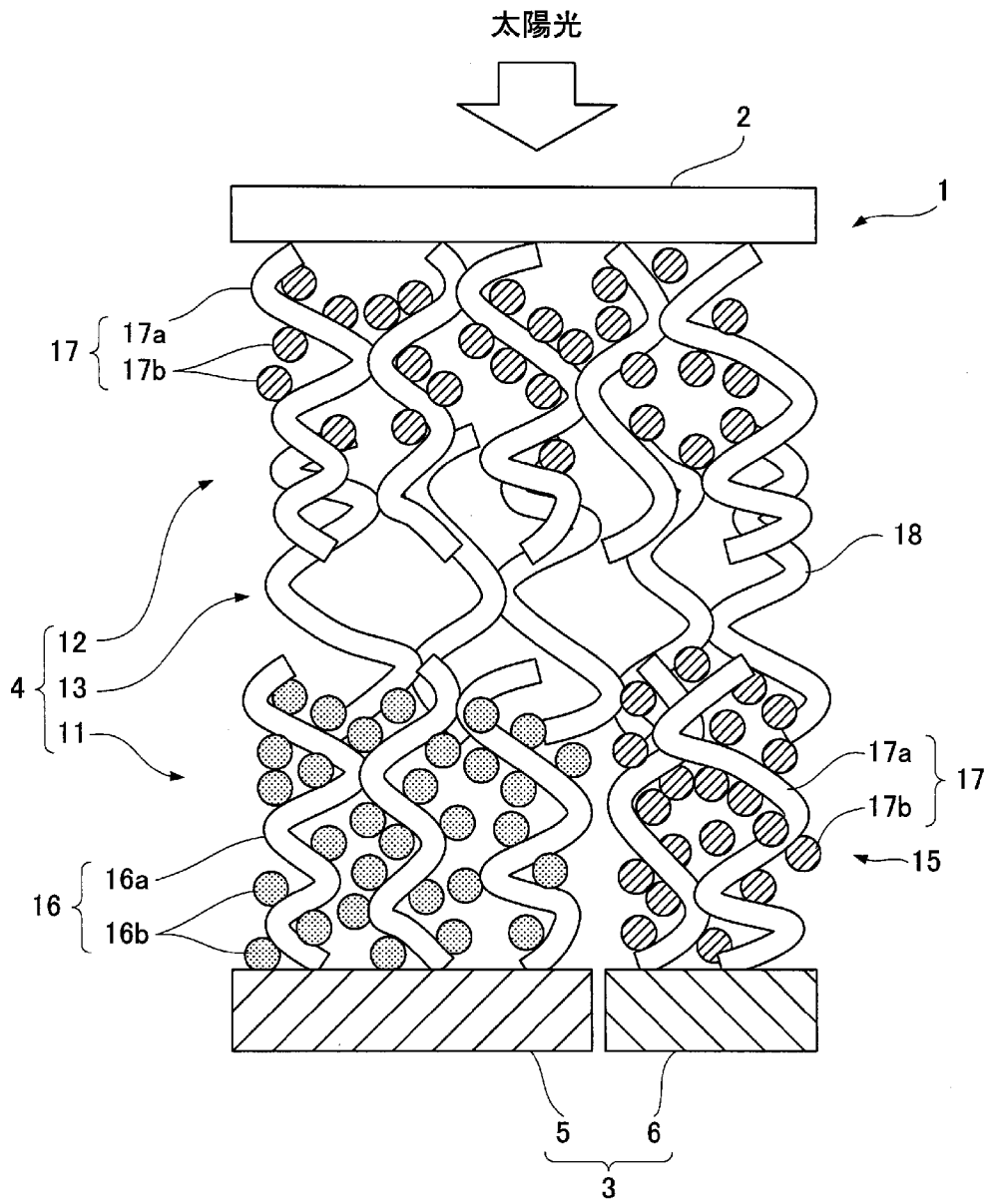
[図1]



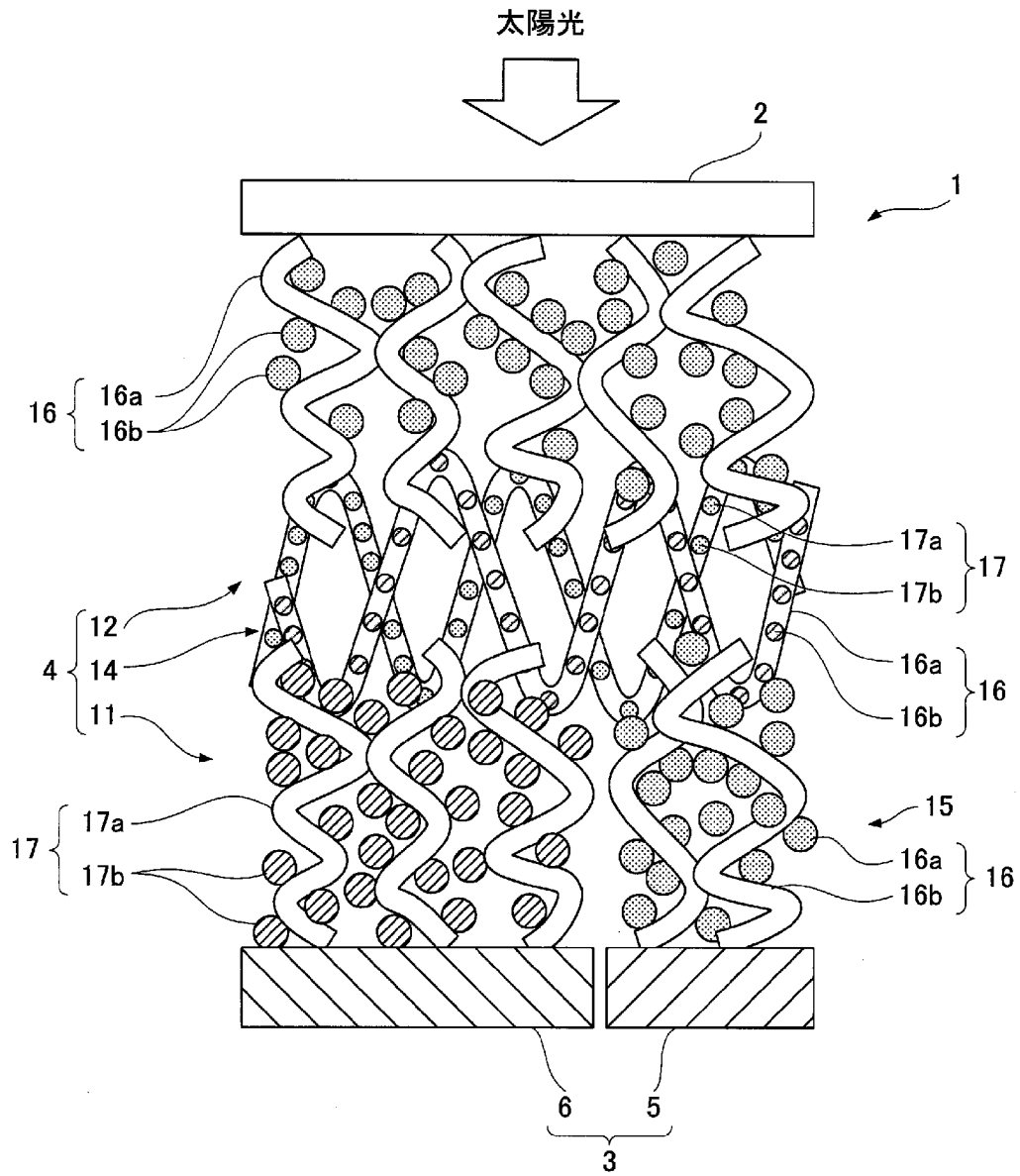
[図2]



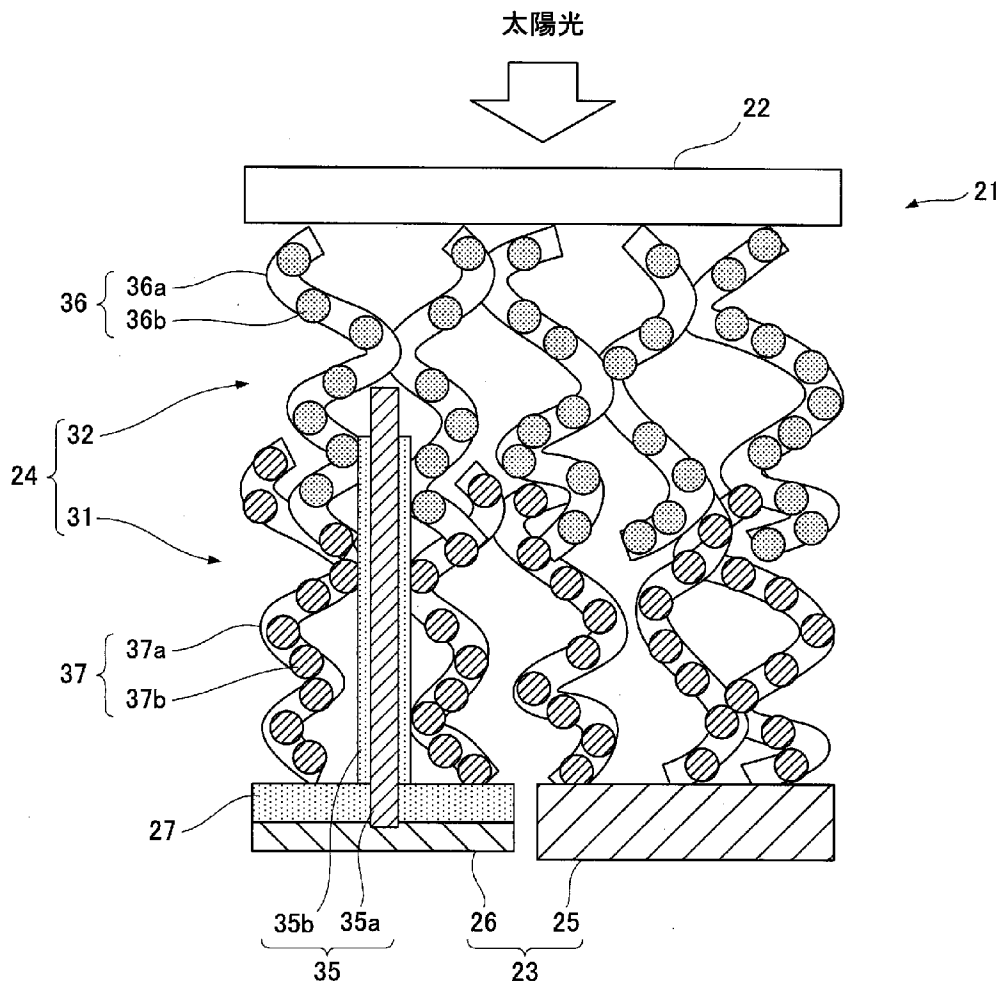
[図3]



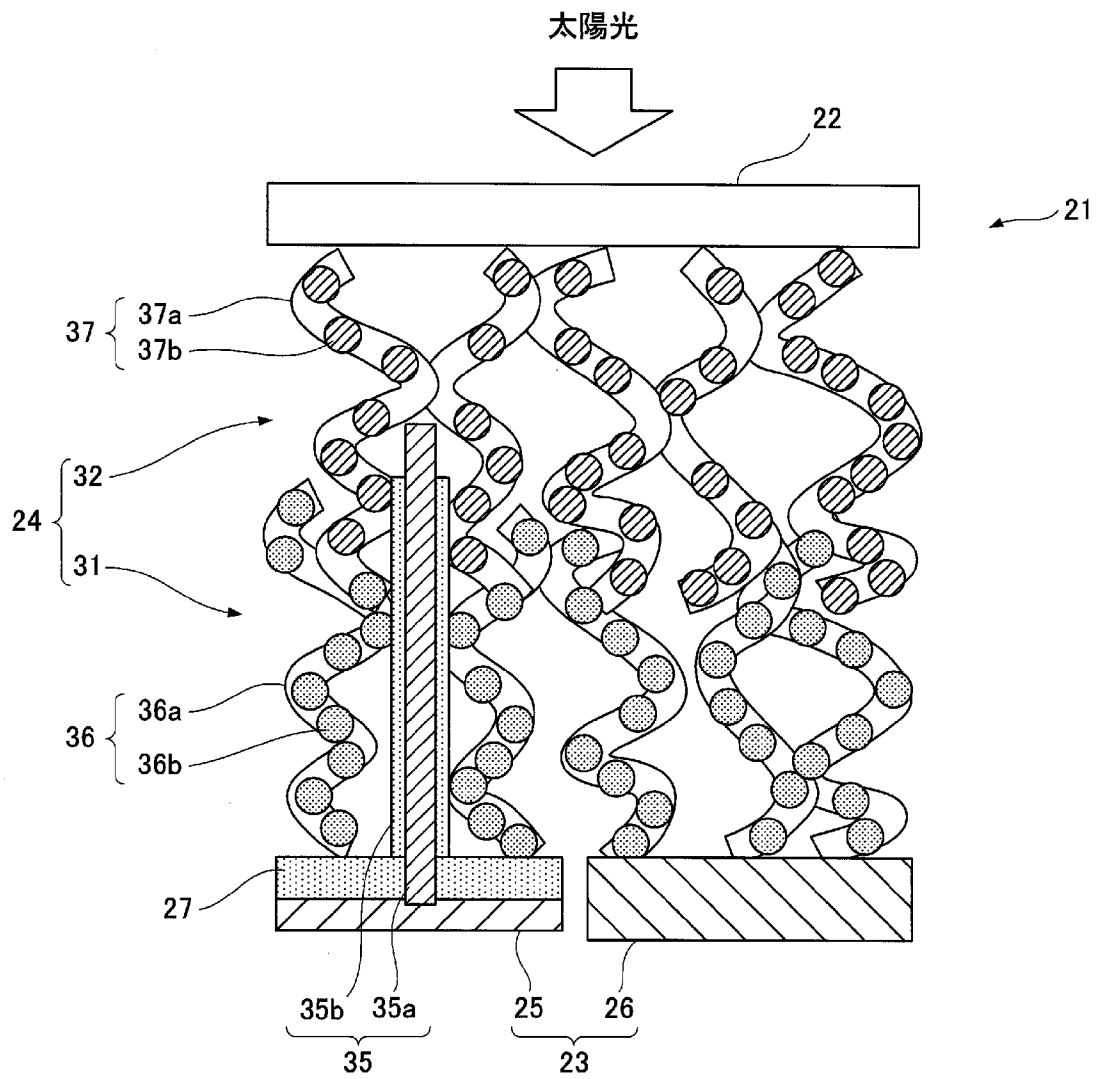
[図4]



[図5]

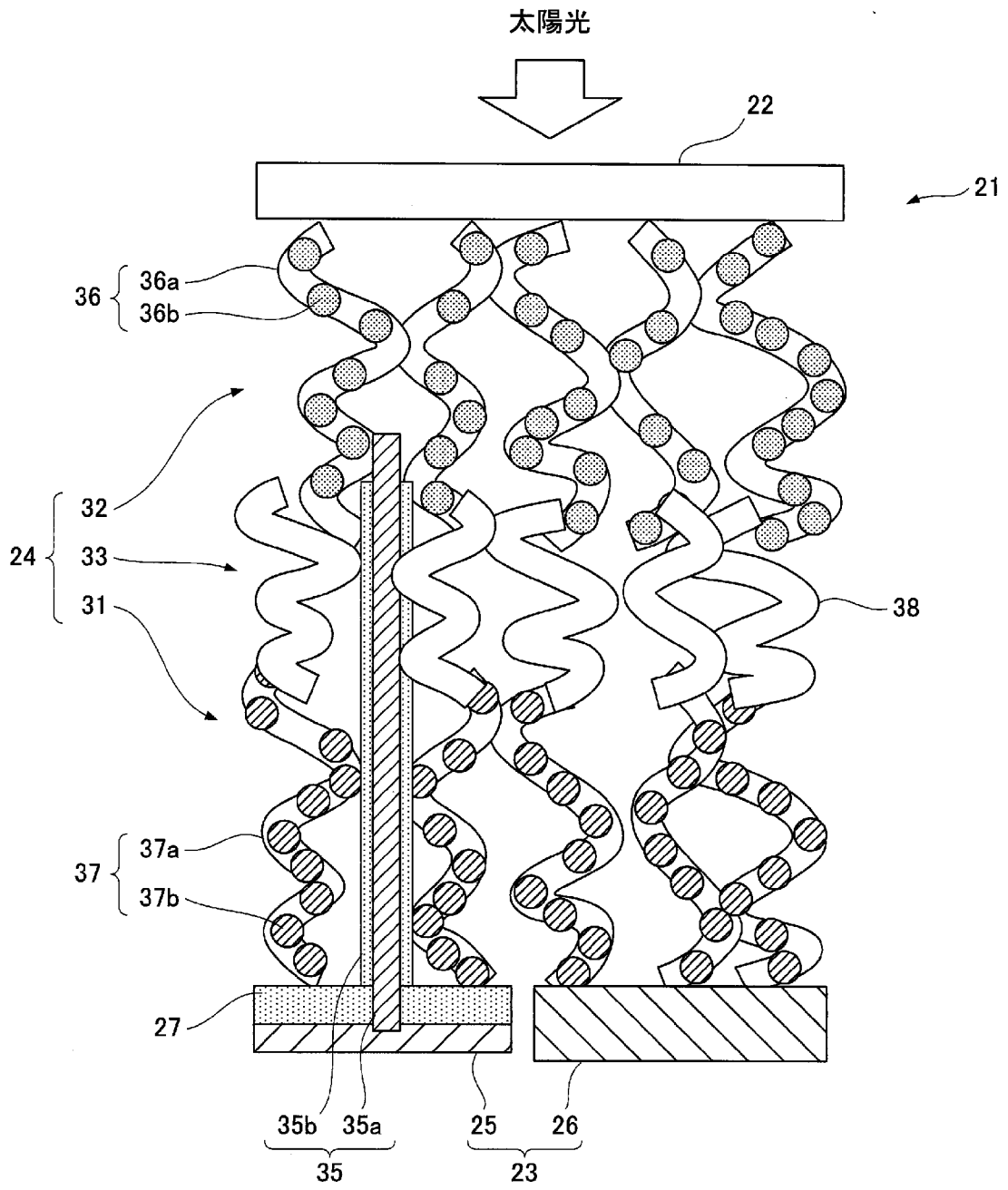


[図6]

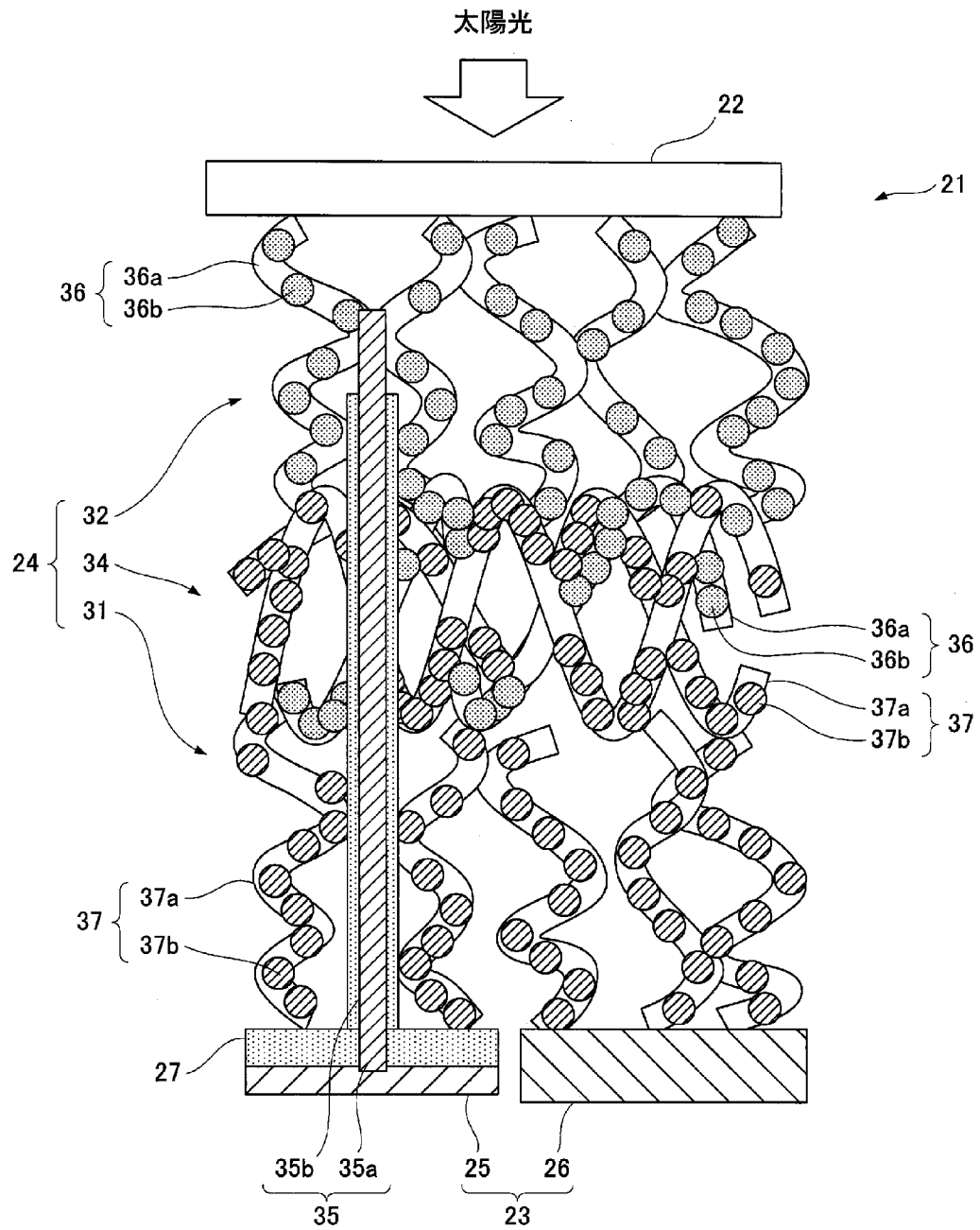




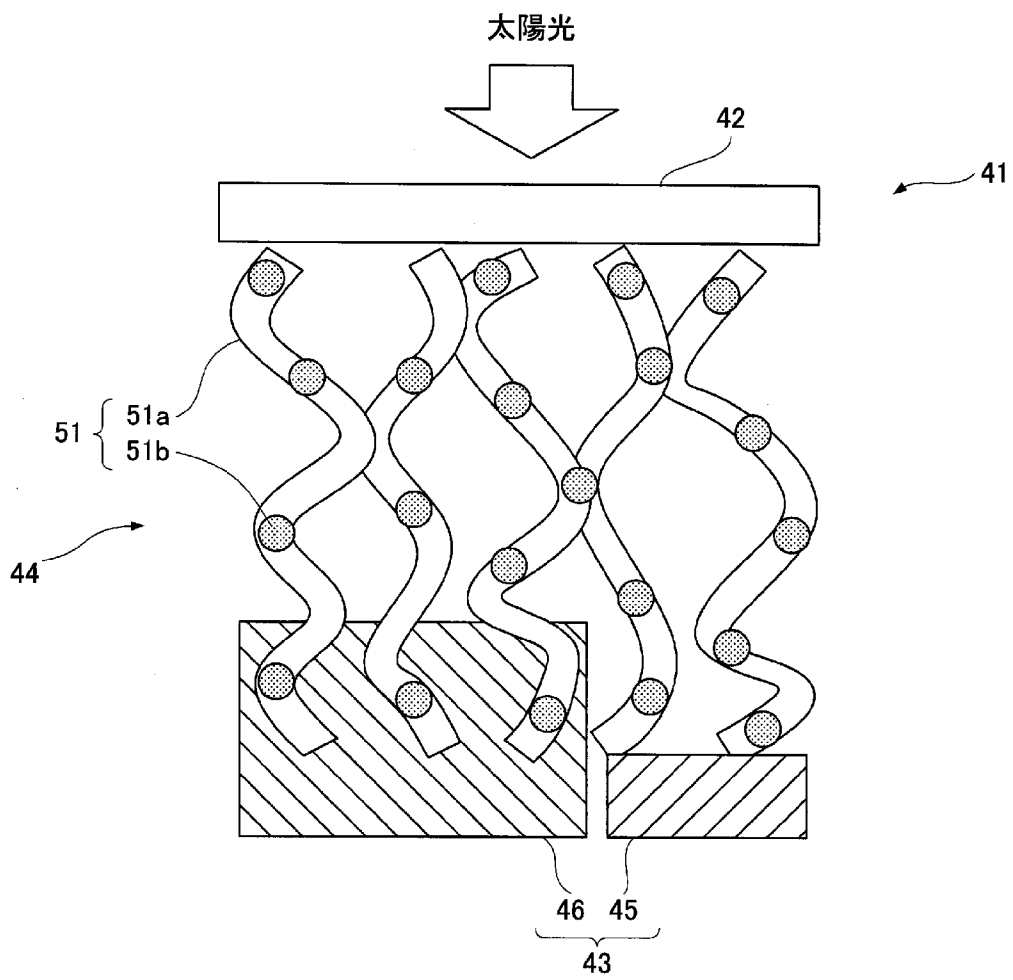
[図7]



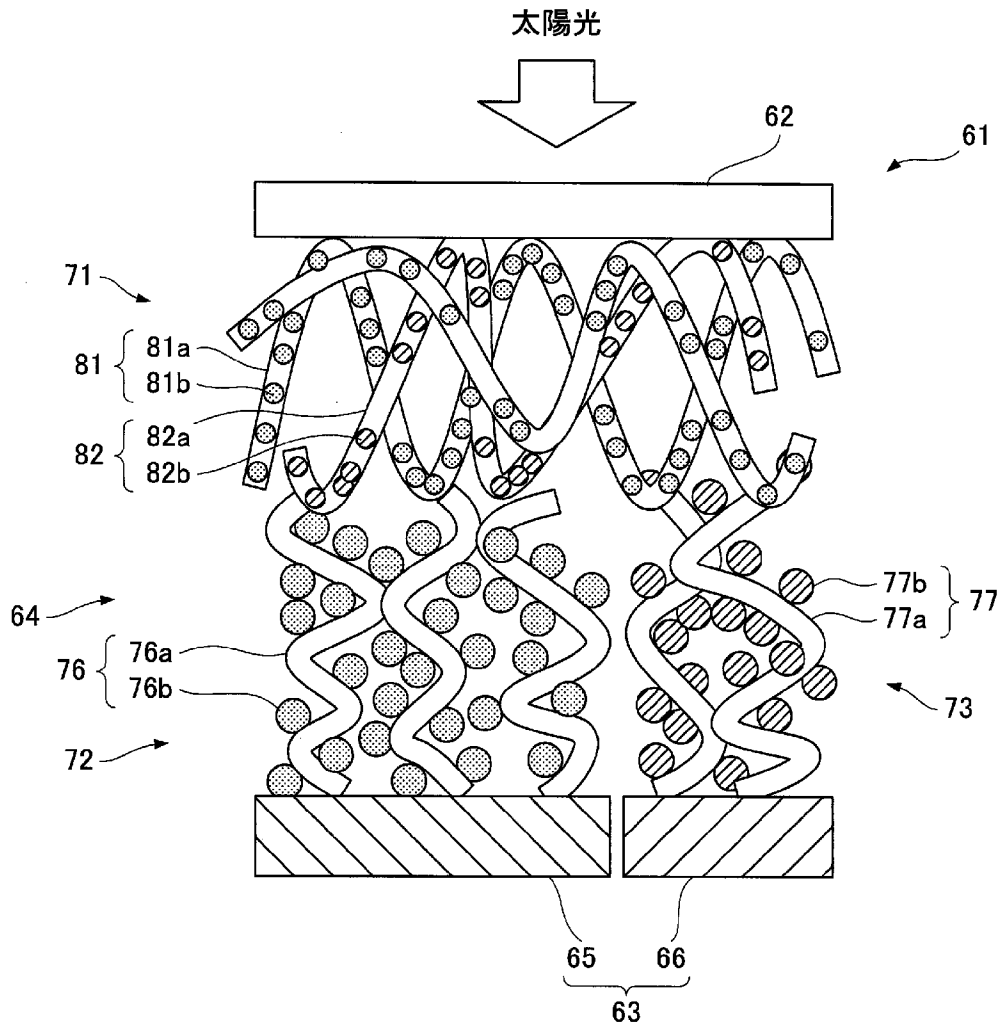
[図8]



[図9]



[図10]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/072804

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L31/04(2006.01)i, B82Y30/00(2011.01)i

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)

H01L31/04, B82Y30/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-44511 A (Hitachi Zosen Corp.), 03 March 2011 (03.03.2011), entire text; all drawings & US 2012/0145230 A1 & WO 2011/021454 A1 & CN 102473752 A & KR 10-2012-0041694 A	1-7
A	JP 2006-237204 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 07 September 2006 (07.09.2006), entire text; all drawings & US 2006/0186502 A1 & US 2011/0162695 A1	1-7
A	JP 2007-115806 A (Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.), 10 May 2007 (10.05.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

 Further documents are listed in the continuation of Box C. 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

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
30 September, 2013 (30.09.13)Date of mailing of the international search report  
08 October, 2013 (08.10.13)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2013/072804

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-114316 A (Toyota Motor Corp.), 20 May 2010 (20.05.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01L31/04(2006.01)i, B82Y30/00(2011.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01L31/04, B82Y30/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2013年 日本国実用新案登録公報 1996-2013年 日本国登録実用新案公報 1994-2013年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-44511 A（日立造船株式会社）2011.03.03, 全文、全図 & US 2012/0145230 A1 & WO 2011/021454 A1 & CN 102473752 A & KR 10-2012-0041694 A	1-7
A	JP 2006-237204 A（富士ゼロックス株式会社）2006.09.07, 全文、全図 & US 2006/0186502 A1 & US 2011/0162695 A1	1-7
A	JP 2007-115806 A（住友金属鉱山株式会社）2007.05.10, 全文、全図（ファミリーなし）	1-7
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	30.09.2013	国際調査報告の発送日
		08.10.2013
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 道祖土 新吾 電話番号 03-3581-1101 内線 3255	2K 9814

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-114316 A (トヨタ自動車株式会社) 2010.05.20, 全文、全 図 (ファミリーなし)	1-7