

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-258263

(P2007-258263A)

(43) 公開日 平成19年10月4日(2007.10.4)

(51) Int. Cl.

H01L 51/42 (2006.01)

F I

H01L 31/04

D

テーマコード(参考)

5F051

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2006-77509 (P2006-77509)
 (22) 出願日 平成18年3月20日(2006.3.20)

(71) 出願人 000005016
 パイオニア株式会社
 東京都目黒区目黒1丁目4番1号
 (71) 出願人 506095559
 安達 千波矢
 北海道千歳市清流6-5-13
 (74) 代理人 100083839
 弁理士 石川 泰男
 (72) 発明者 寺尾 佑生
 埼玉県鶴ヶ島市富士見6-1-1 パイオ
 ニア株式会社総合研究所内
 (72) 発明者 安達 千波矢
 北海道千歳市清流6-5-13

Fターム(参考) 5F051 AA11 AA12 FA03 FA04 FA06

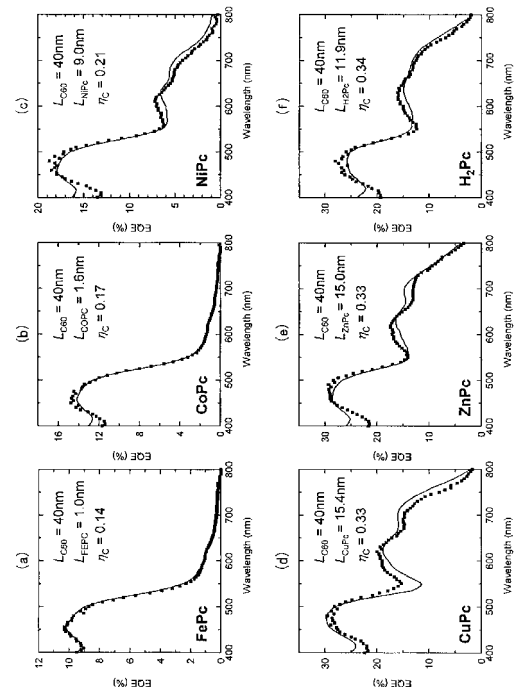
(54) 【発明の名称】 有機太陽電池

(57) 【要約】

【課題】 有機太陽電池の光電交換効率を向上すること。より具体的には、有機太陽電池を構成する有機電子供与体層の厚さが適当に設計されていることにより光電交換効率が良好な有機太陽電池を提供すること。

【解決手段】 少なくとも、有機電子供与体層と電子受容体層とから形成されるヘテロ接合を有する光電変換層と、この光電変換層を挟持する一対の電極とを備える有機太陽電池において、前記有機電子供与体層の厚さを、これを構成する有機電子供与体の励起子拡散長の2~5倍とする。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも、有機電子供与体層と電子受容体層とから形成されるヘテロ接合を有する光電変換層と、この光電変換層を挟持する一対の電極とを備える有機太陽電池であって、前記有機電子供与体層の厚さが、これを構成する有機電子供与体の励起子拡散長の2～5倍であることを特徴とする有機太陽電池。

【請求項 2】

前記有機電子供与体層を構成する有機電子供与体が金属フタロシアニンであることを特徴とする請求項 1 に記載の有機太陽電池。

【請求項 3】

前記電子受容体層を構成する電子受容体がフラレンであることを特徴とする請求項 2 に記載の有機太陽電池。

【請求項 4】

前記電子受容体層を構成する電子受容体がペリレンであることを特徴とする請求項 2 に記載の有機太陽電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機太陽電池に関する。

【背景技術】

【0002】

有機半導体を用いた太陽電池（有機太陽電池）は、多様性があること、毒性が低いこと、加工性・生産性が良好で大量生産によるコストダウンが可能であること、フレキシブル化が容易であり使用範囲が広いこと、などの優れた特長を有しており、現在開発が盛んに行われている。

【0003】

ここで、一般的に有機太陽電池は、無機半導体を用いた太陽電池に比べて光電変換効率が劣るため、光電交換効率を向上すべく種々の開発がなされている（例えば、特許文献 1）。

【0004】

【特許文献 1】特開 2004 - 319705

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述の如く、有機太陽電池の光電交換効率を向上すべく種々の開発がなされているが、未だ実用化レベルに達するものは少ないのが現状である。本願発明者にあっても、有機太陽電池の光電交換効率を向上すべく研究を重ねた結果、有機太陽電池を構成する有機電子供与体層の厚さに着目するに至った。

【0006】

つまり、有機電子供与体層と電子受容体層とから形成されるヘテロ接合を有する光電変換層を備える有機太陽電池において、光電変換効率を向上させるためには、有機電子供与体層への光の吸収を最大化することが考えられ、これを実現するためには、当該有機電子供与体層の厚さをできるだけ厚くすることが必要となる。しかしながら、有機電子供与体層は抵抗が大きいため、光の吸収のみを考慮して層を厚く設計すると、電流が流れ難くなり素子特性が不良となる。逆に有機電子供与体層の電流の流れのみを考慮した場合、有機電子供与体層の厚さをできるだけ薄く設計することとなり、これでは光の吸収を充分に行うことができない。従って、有機電子供与体層への光の吸収と、当該層の電流の流れのみをもって有機電子供与体層の厚さを設計し有機太陽電池の光電交換効率を向上せしめることは難しい。

【0007】

10

20

30

40

50

また、有機太陽電池の性能を表すパラメータとしては、前述の光電交換効率の他、短絡電流値 (J_{sc})、開放電圧値 (V_{oc})、およびフィルファクター値などがあり、それぞれの値は、いずれも前記電子供与体層の厚さに依存していることが知られている。

【0008】

従って、これらの各パラメータの値から有機電子供与体層の最適な厚さを設計することも考えられるが、これらのパラメータの値は、別個独立して前記電子供与体層の厚さに依存しているためトレードオフの関係にあり、これらのパラメータの値のみから最適な有機電子供与体層の厚さを設計し、有機太陽電池の光電交換効率を向上せしめることも困難である。

【0009】

本願は、このような状況下においてなされたものであり、有機太陽電池の光電交換効率を向上することを主たる課題とし、より具体的には、有機太陽電池を構成する有機電子供与体層の厚さが適当に設計されていることにより光電交換効率が良い有機太陽電池を提供することを主たる課題とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するための請求項1の発明は、少なくとも、有機電子供与体層と電子受容体層とから形成されるヘテロ接合を有する光電変換層と、この光電変換層を挟持する一対の電極とを備える有機太陽電池であって、前記有機電子供与体層の厚さが、これを構成する有機電子供与体の励起子拡散長の2～5倍であることを特徴とする。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下に、本願の有機太陽電池について、図面を用いて具体的に説明する。

【0012】

図1は、本願の有機太陽電池の構成を説明するための概略断面図である。

【0013】

図1に示すように、本願の有機太陽電池10は、少なくとも、有機電子供与体層11と電子受容体層12とから形成されるヘテロ接合を有する光電変換層13と、この光電変換層13を挟持する一対の電極14, 15とを備えている。また、太陽電池10は通常、基板16上に形成されている。

30

【0014】

以下に本願の有機太陽電池10を構成毎に説明する。

【0015】

<基板>

基板16は、電極14を表面に保持することが可能であれば、材質や厚みには制限されない。そのため、基板16は板状でもフィルム状でもよく、材料としてはアルミニウム、ステンレスなどの金属や、合金類、ポリカーボネート、ポリエステルなどのプラスチックなどが使用できる。また、光透過性の材料として、ガラス、透明プラスチックなどが使用できる。ここで、本願において光透過性とは、有機太陽電池において使用される所定波長領域、例えば可視領域の光を高効率(80%以上)で透過させる性質を意味する。なお、光を陰極15側から入射する場合には、光透過性は必要ない。

40

【0016】

<電極>

本願の有機太陽電池10にあつては2枚の電極14, 15を必要とし、一方が陽極として作用し、他方が陰極として作用する。図1に示す有機太陽電池にあつては、基板15上に形成されている電極14が陽極として作用し、最上面に位置している電極15が陰極として作用している。

【0017】

陽極14は、陽極14と陰極15との間で発生した正孔を効率よく収集するための電極であり、仕事関数の大きい金属、合金、電気伝導性化合物、あるいはこれらの混合物から

50

なる電極材料を用いることが好ましく、特に仕事関数が4 eV以上のものを用いることが好ましい。このような電極材料としては、例えばITO（インジウム錫酸化物）、SnO₂、AZO、IZO、GZO等の導電性透明材料が挙げられる。陽極14は、例えばこれらの電極材料を基板16の表面に真空蒸着法、イオンプレーティング法、スパッタリング法等の方法で薄膜に形成することによって作製することができる。

【0018】

一方で、陰極15は、光電変換層13中に発生した電子を効率よく収集するための電極であり、仕事関数の小さい金属、合金、電気伝導性化合物及びこれらの混合物からなる電極材料で形成することが好ましく、特に仕事関数が5 eV以下のものを用いることが望ましい。このような陰極15の電極材料としては、Al、Ca等に代表される金属電極材料が挙げられる。陰極15は、例えばこれらの電極材料を用い、真空蒸着法やスパッタリング法等の方法により薄膜に形成することができる。

10

【0019】

<光電変換層>

本願の有機太陽電池10を構成する光電変換層13は、少なくとも、有機電子供与体層11と電子受容体層12とがヘテロ結合することにより構成されている。

【0020】

有機電子供与体層11を構成する有機電子供与体としては、共役系の広がった電子化合物で電荷キャリアが正孔であることと、空气中で安定なp型半導体特性を示す材料であれば、特に限定されるものではない。

20

【0021】

具体的には、チオフェンおよびその誘導体を骨格にもつオリゴマーやポリマー、フェニレンビニレンおよびその誘導体を骨格にもつオリゴマーやポリマー、チエニレンビニレンおよびその誘導体を骨格にもつオリゴマーやポリマー、ビニルカルバゾールおよびその誘導体を骨格にもつオリゴマーやポリマー、ピロールおよびその誘導体を骨格にもつオリゴマーやポリマー、アセチレンおよびその誘導体を骨格にもつオリゴマーやポリマー、イソチアナフェンおよびその誘導体を骨格にもつオリゴマーやポリマー、ヘプタジエンおよびその誘導体を骨格にもつオリゴマーやポリマーなどの高分子、無金属フタロシアニン、金属フタロシアニン類およびそれらの誘導体、ジアミン類、フェニルジアミン類およびそれらの誘導体、ペンタセンなどのアセン類およびその誘導体、ポルフィリン、テトラメチルポルフィリン、テトラフェニルポルフィリン、ジアゾテトラベンズポルフィリン、モノアゾテトラベンズポルフィリン、ジアゾテトラベンズポルフィリン、トリアゾテトラベンズポルフィリン、オクタエチルポルフィリン、オクタアルキルチオポルフィラジン、オクタアルキルアミノポルフィラジン、ヘミポルフィラジン、クロロフィルなどの無金属ポルフィリンや金属ポルフィリンおよびその誘導体、シアニン色素、メロシア、ベンゾキノン、ナフトキノンなどのキノン系色素などの低分子が利用され得る。金属フタロシアニンや金属ポルフィリンの中心金属としては、マグネシウム、亜鉛、銅、銀、アルミニウム、珪素、チタン、バナジウム、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、スズ、白金、鉛などの金属、金属酸化物、金属ハロゲン化物が用いられる。

30

【0022】

一方で、電子受容体層12を構成する電子供与体としては、本願では有機物であっても無機物であってもよく、電荷キャリアが電子であること、空气中で安定なn型半導体特性を示す材料であれば、特に限定されることはない。

40

【0023】

具体的には、有機電子受容体としては、ピリジンおよびその誘導体を骨格にもつオリゴマーやポリマー、キノリンおよびその誘導体を骨格にもつオリゴマーやポリマー、ベンゾフェナンスロリン類およびその誘導体によるラダーポリマー、シアノポリフェニレンビニレンなどの高分子、フッ素化無金属フタロシアニン、フッ素化金属フタロシアニン類およびその誘導体、ペリレンおよびその誘導体、ナフタレン誘導体、バソキュプロインおよびその誘導体などの低分子が利用され得る。また、無機電子受容体としては、修飾又は未修

50

飾のフラレン類、カーボンナノチューブ類などを挙げることができる。

【0024】

ここで、本願の有機太陽電池10にあっては、前記有機電子供与体層11の厚さXが、これを構成する有機電子供与体の励起子拡散長の2～5倍であることに特徴を有している。有機電子供与体層11の厚さXと、これを構成する有機電子供与体の励起子拡散長とをこのような関係とすることにより、つまり、有機電子供与体層11の厚さXをその励起子拡散長に基づき設計することにより、有機電子供与体層11の光の吸収量と電流の流れやすさの双方においてバランスが良い有機電子供与体層11とすることが可能となり、その結果として、光電交換効率に優れた有機太陽電池を提供することが可能となる。また、本願の有機太陽電池10にあっては、前記の通り、有機電子供与体層11の厚さXを、これを構成する有機電子供与体の励起子拡散長のみに基づき設定可能であるので、有機太陽電池の性能を表す種々のパラメータ（例えば、短絡電流値（ J_{sc} ）、開放電圧値（ V_{oc} ）、およびフィルファクター値など）を測定することなく、従って、有機太陽電池の設計が容易になる。

10

【0025】

図2は、本願における「有機電子供与体の励起子拡散長」を説明するための概念図である。

【0026】

図2に示すように、本願において、有機電子供与体の励起子拡散長とは、有機電子供与体層11に光を照射することにより、当該層11内に生じる励起子が再結合等によって失活するまでに移動する平均の距離（図2中の符号 L_p ）を意味する。

20

【0027】

この励起子拡散長 L_p は、以下の方法により算出することができる（図2参照）。

【0028】

（励起子拡散長 L_p の算出方法）

（1）光学干渉を考慮し、有機電子供与体層11内部の光学強度分布をマトリックス法にて計算する。

（2）励起子の移動は拡散方程式に従うものとする。

（3）電子受容体層12との界面に達した励起子は、確率 ϵ_D で電子と正孔に分離すると仮定する。

30

（4）電子受容体層12との界面近傍に蓄積している電子と正孔は、確率 R で再結合すると仮定する。

（5）電子受容体層12との界面から離れた電子と正孔は、全て電極に回収されると仮定する。

（6）前記（3）～（5）の仮定により、（取り出したキャリア数）＝ $(1 - R) \times \epsilon_D \times$ （界面に到達した励起子数）となり、 $(1 - R) \times \epsilon_D$ の値を補正項として纏めて ϵ_c とすれば、（取り出したキャリア数）＝ $\epsilon_c \times$ （界面に到達した励起子数）となる。

（7）有機電子供与体11へ照射する光の波長を変化させた場合の光電交換効率（EQE（%））を測定しておき、上記（1）～（6）の条件に基づき得られた算出式中の電子供与体層11の励起子拡散長 L_p 、電子受容体層12の励起子拡散長 L_n 、さらには前記補正項 ϵ_c のそれぞれをパラメータとして、前記測定した光電交換効率（EQE（%））と上記（1）～（6）の条件に基づき得られた算出式とが一致するように前記各パラメータの値を決定する。

40

（8）上記（7）で決定された電子供与体層11の励起子拡散長 L_p を、本願が定義する励起子拡散長とする。

【0029】

上記励起子拡散長 L_p の算出方法を、具体例を用いて説明すると以下の通りである。

【0030】

例えば、有機電子供与体層11を構成する有機電子供与体として鉄フタロシアニンを用い、一方で電子受容体層12を構成する電子受容体としてフラレンを用いた場合におい

50

て、上記算出方法(1)~(6)に基づき計算を行い、次いで上記算出方法(7)に従い、得られた算出式と予め測定した光電交換効率(EQE(%))とが一致するように、鉄フタロシアニンからなる有機電子供与体層11の励起子拡散長 L_{FEPC} 、フラーレンからなる電子受容体層12の励起子拡散長 L_{C60} 、および補正項 c の値を決定した。

【0031】

その結果を図3(a)に示す。

【0032】

ここで、この具体例においては、フラーレンからなる電子受容体層12の励起子拡散長 L_{C60} については変数とせず、40nmに固定して、その他2つ(鉄フタロシアニンからなる有機電子供与体層11の励起子拡散長 L_{FEPC} および補正項 c)を変数とした。その結果、図3(a)に示すように、鉄フタロシアニンからなる有機電子供与体層11の励起子拡散長 L_{FEPC} を1.0nmとし、補正項 c を0.14とすると、算出式(図中のプロット)と光電交換効率(EQE(%))の測定値(図中の実線)が一致した。従って、この具体例における有機電子供与体層11の励起子拡散長 L_{FEPC} は1.0nmとなり、そうすると、有機電子供与体層11を構成する有機電子供与体として鉄フタロシアニンをを用い、一方電子受容体層12を構成する電子受容体としてフラーレンを用いた場合における本願の有機太陽電池にあつては、前記有機電子供与体層11の厚さは、2~5nmと設計させることとなる。この程度の厚さとすることにより、光の吸収量と電流の流れやすさの双方においてバランスが良い有機電子供与体層11とすることが可能となり、その結果として、光電交換効率に優れた有機太陽電池を提供することが可能となる。

10

20

【0033】

さらに別の具体例を示す。

【0034】

有機電子供与体層11を構成する有機電子供与体としてコバルトフタロシアニンをを用いた以外は、前記鉄フタロシアニンをを用いた場合と全く同様の手順により、コバルトフタロシアニンからなる有機電子供与体層11の励起子拡散長 L_{COPC} を算出した。

【0035】

その結果を図3(b)に示す。

【0036】

図3(b)に示すように、コバルトフタロシアニンからなる有機電子供与体層11の励起子拡散長 L_{FEPC} を1.6nmとし、補正項 c を0.17とすると、算出式(図中のプロット)と光電交換効率(EQE(%))の測定値(図中の実線)が一致した。従って、この具体例における有機電子供与体層11の励起子拡散長 L_{COPC} は1.6nmとなり、そうすると、有機電子供与体層11を構成する有機電子供与体としてコバルトフタロシアニンをを用い、一方電子受容体層12を構成する電子受容体としてフラーレンを用いた場合における本願の有機太陽電池にあつては、前記有機電子供与体層11の厚さは、1.6~8.0nmと設計させることとなる。

30

【0037】

上記と同様にして、有機電子供与体層11を構成する有機電子供与体として、ニッケルフタロシアニン、銅フタロシアニン、亜鉛フタロシアニン、および無金属フタロシアニンのそれぞれを用いて、それぞれの有機電子供与体層11の励起子拡散長 L_{NiPC} 、 L_{CuPC} 、 L_{ZnPC} 、 L_{H2PC} を算出した。

40

【0038】

その結果を図3(c)~(f)に示す。

【0039】

図3(c)に示すように、ニッケルフタロシアニンからなる有機電子供与体層11の励起子拡散長 L_{NiPC} を9.0nmとし、補正項 c を0.21とすると、算出式(図中のプロット)と光電交換効率(EQE(%))の測定値(図中の実線)が一致した。従って、この具体例における有機電子供与体層11の励起子拡散長 L_{NiPC} は9.0nmとなり、そうすると、有機電子供与体層11を構成する有機電子供与体としてニッケルフタロシアニ

50

ンを用い、一方電子受容体層 12 を構成する電子受容体としてフラーレンを用いた場合における本願の有機太陽電池にあつては、前記有機電子供与体層 11 の厚さは、18.0 ~ 45.0 nm と設計させることとなる。

【0040】

また、図 3 (d) に示すように、銅フタロシアニンからなる有機電子供与体層 11 の励起子拡散長 L_{CuPC} を 15.4 nm とし、補正項 c を 0.33 とすると、算出式 (図中のプロット) と光電交換効率 (EQE (%)) の測定値 (図中の実線) が一致した。従つて、この具体例における有機電子供与体層 11 の励起子拡散長 L_{CuPC} は 15.4 nm となり、そうすると、有機電子供与体層 11 を構成する有機電子供与体として銅フタロシアニンを用い、一方電子受容体層 12 を構成する電子受容体としてフラーレンを用いた場合における本願の有機太陽電池にあつては、前記有機電子供与体層 11 の厚さは、30.8 ~ 77.0 nm と設計させることとなる。

10

【0041】

また、図 3 (e) に示すように、亜鉛フタロシアニンからなる有機電子供与体層 11 の励起子拡散長 L_{ZnPC} を 15.0 nm とし、補正項 c を 0.33 とすると、算出式 (図中のプロット) と光電交換効率 (EQE (%)) の測定値 (図中の実線) が一致した。従つて、この具体例における有機電子供与体層 11 の励起子拡散長 L_{ZnPC} は 15.0 nm となり、そうすると、有機電子供与体層 11 を構成する有機電子供与体として亜鉛フタロシアニンを用い、一方電子受容体層 12 を構成する電子受容体としてフラーレンを用いた場合における本願の有機太陽電池にあつては、前記有機電子供与体層 11 の厚さは、30.0 ~ 75.0 nm と設計させることとなる。

20

【0042】

また、図 3 (f) に示すように、無金属フタロシアニンからなる有機電子供与体層 11 の励起子拡散長 L_{H2PC} を 11.9 nm とし、補正項 c を 0.34 とすると、算出式 (図中のプロット) と光電交換効率 (EQE (%)) の測定値 (図中の実線) が一致した。従つて、この具体例における有機電子供与体層 11 の励起子拡散長 L_{H2PC} は 11.9 nm となり、そうすると、有機電子供与体層 11 を構成する有機電子供与体として無金属フタロシアニンを用い、一方電子受容体層 12 を構成する電子受容体としてフラーレンを用いた場合における本願の有機太陽電池にあつては、前記有機電子供与体層 11 の厚さは、23.8 ~ 59.5 nm と設計させることとなる。

30

【0043】

ここで、本願発明の効果を別の具体例を挙げて説明する。

【0044】

陽極 14 として ITO、陰極 15 として銀を用い、さらに有機電子供与体層 11 を構成する有機電子供与体として前記銅フタロシアニンを用い、電子受容体層 12 を構成する電子受容体としてフラーレンを用いて、図 1 に示すような有機太陽電池 10 を実際に形成した。この際、陽極 14 の厚さを 110 nm、陰極 15 の厚さを 50 nm、さらに電子受容体層 12 の厚さを 30 nm に固定し、銅フタロシアニンからなる有機電子供与体層 11 の厚さのみを 5、10、20、40、60、80 nm に変化させて形成し、それぞれの有機太陽電池 10 について、光電交換効率、短絡電流値 (J_{sc})、開放電圧値 (V_{oc})、およびフィルファクター値を測定することにより、有機電子供与体層 11 の厚さの影響を調べた。

40

【0045】

その結果を図 4 に示す。

【0046】

図 4 から明らかなように、光電交換効率、短絡電流値 (J_{sc})、開放電圧値 (V_{oc})、およびフィルファクター値は全て、有機電子供与体層 11 の厚さの関数となっており、それぞれが別個独立した挙動を示すことが明らかになった。ここで、光電交換効率に注目すると、有機電子供与体層 11 の厚さが 30 ~ 70 nm の時に有機太陽電池の光電交換効率は最大値を示しており、この厚さは、前記有機電子供与体層 11 の励起子拡散長励

50

起子拡散長 L_{CuPC} から算出した値 (30.8 ~ 77.0 nm) とほぼ一致している。このことから、本願の有機太陽電池によれば、有機電子供与体層 11 の厚さをその励起子拡散長に基づき設計することにより、有機電子供与体層 11 の光の吸収量と電流の流れやすさの双方においてバランスが良い有機電子供与体層 11 とすることが可能となり、その結果として、光電交換効率に優れた有機太陽電池を提供することが可能となることが分かる。また、本願の有機太陽電池 10 においては、前記の通り、有機電子供与体層 11 の厚さを、これを構成する有機電子供与体の励起子拡散長のみに基づき設定可能であるので、有機太陽電池の性能を表す種々のパラメータ (例えば、短絡電流値 (J_{sc})、開放電圧値 (V_{oc})、およびフィルファクター値など) を測定することなく、従って、有機太陽電池の設計が容易になることが分かる。

10

【0047】

前記と同様の方法により、有機電子供与体層 11 を構成する有機電子供与体として前記ニッケルフタロシアニンを用いた場合についても確認してみた。

【0048】

その結果を図 5 に示す。

【0049】

前記と同様に光電交換効率に注目すると、有機電子供与体層 11 の厚さが 20 ~ 50 nm の時に有機太陽電池の光電交換効率は最大値を示しており、この厚さは、前記有機電子供与体層 11 の励起子拡散長 L_{NiPC} から算出した値 (18.0 ~ 45.0 nm) とほぼ一致しており、前記銅フタロシアニンの場合と同様のことが言える。

20

以上説明したように、本願の有機太陽電池においては、前記有機電子供与体層の厚さを、これを構成する有機電子供与体の励起子拡散長の 2 ~ 5 倍とすることにより、換言すれば、有機電子供与体層の厚さをその励起子拡散長に基づき設計することにより、有機電子供与体層の光の吸収量と電流の流れやすさの双方においてバランスが良い有機電子供与体層とすることが可能となり、その結果として、光電交換効率に優れた有機太陽電池を提供することが可能となる。

【0050】

また、本願の有機太陽電池においては、前記の通り、有機電子供与体層の厚さを、これを構成する有機電子供与体の励起子拡散長のみに基づき設定可能であるので、有機太陽電池の性能を表す種々のパラメータ (例えば、短絡電流値 (J_{sc})、開放電圧値 (V_{oc})、およびフィルファクター値など) を測定することなく、従って、有機太陽電池の設計が容易になる。

30

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図 1】本願の有機太陽電池の構成を説明するための概略断面図である。

【図 2】本願における有機電子供与体の励起子拡散長を説明するための概念図である。

【図 3】本願における有機電子供与体層の励起子拡散長を算出するために用いる図 (グラフ) である。

【図 4】本願の有機太陽電池における有機電子供与体 (銅フタロシアニン) 層の厚さと、光電交換効率、短絡電流値 (J_{sc})、開放電圧値 (V_{oc})、およびフィルファクター値との関係を示す図 (グラフ) である。

40

【図 5】本願の有機太陽電池における有機電子供与体 (ニッケルフタロシアニン) 層の厚さと、光電交換効率、短絡電流値 (J_{sc})、開放電圧値 (V_{oc})、およびフィルファクター値との関係を示す図 (グラフ) である。

【符号の説明】

【0052】

10 ... 有機太陽電池

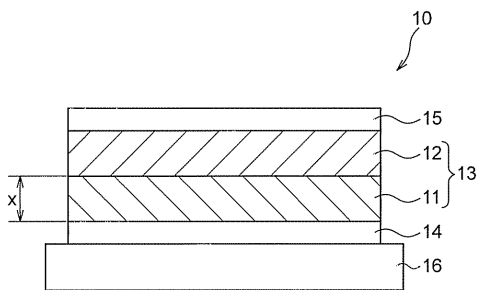
11 ... 有機電子供与体層

12 ... 電子受容体層

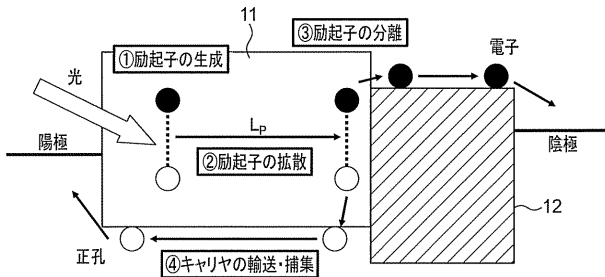
50

- 1 3 ... 光電変換層
- 1 4 ... 電極 (陽極)
- 1 5 ... 電極 (陰極)
- 1 6 ... 基板

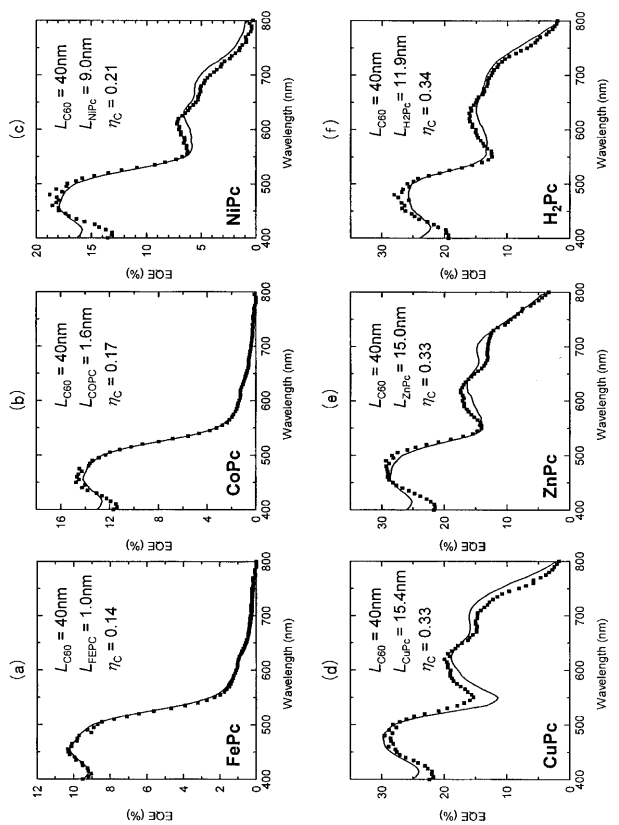
【 図 1 】



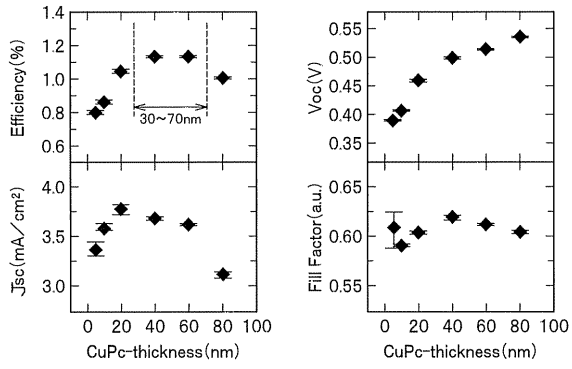
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

