

Title	Studies on Interface Structures of Organic Thin Film Solar Cells for Improvement in Their Conversion Efficiency
Author(s)	大佐々, 崇宏
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/47317
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	おお さ き たか ひろ 大 佐 々 崇 宏
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 1 2 5 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学 位 論 文 名	Studies on Interface Structures of Organic Thin Film Solar Cells for Improvement in Their Conversion Efficiency (有機薄膜太陽電池の変換効率向上に向けた界面構造の研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 松村 道雄 (副査) 教 授 宮坂 博 教 授 冨田 博一

論 文 内 容 の 要 旨

有機薄膜太陽電池は、光電変換層を簡便な方法で作製できるため、低コスト太陽電池として期待されている。しかし、エネルギー変換効率は現在 5%程度に留まっているため、更なる高効率化が求められる。素子中には有機材料同士の間界面や、有機/電極界面など、複数の界面が含まれており、これらの界面で、電荷分離・電荷取り出しなど、動作機構の基礎を成す反応が起こっている。従って、これらの界面の機能を詳細に解明することにより、素子の高効率化に向けた本質的な指針が得られると期待される。本研究では、これらの界面機能の解明と、それをもとにした界面構造の改良について一連の研究を行った。

有機薄膜太陽電池は、ドナー性有機材料とアクセプター性有機材料の界面における光誘起電子移動反応を基本原理としており、最も単純にはこれらの材料を積層することで構成される。しかし、有機層内における励起子拡散距離が短い場合、単純積層構造においては、生成した励起子の一部しか電荷分離できないことが明らかになった。これを克服するため、ドナー材料とアクセプター材料を混合した、バルクヘテロ構造と呼ばれる構造について検討したところ、この場合は有機膜中に電荷輸送ルートを形成するため、非常に多量のアクセプター材料を添加する必要があることが、素子のインピーダンス解析より明らかになった。一方、アモルファス性ドナー材料と結晶性アクセプター材料を積層した素子において、適切な温度で有機層を加熱処理することにより、アモルファス材料が軟化し、結晶層に浸透することを見出した。これにより、電荷輸送ルートを予め備えた、新規なバルクヘテロ構造を構築することに成功した。

また、有機/電極界面の微細構造や、この界面における電子移動反応についても検討を行った。これより、有機薄膜太陽電池における光起電力の決定因子を明らかにした。また、金属電極を形成する際、金属の種類によっては有機層に侵入することがあり、その抑制によって素子特性が改善されることを明らかにした。

論文審査の結果の要旨

有機薄膜太陽電池は無機系太陽電池にない特徴を有していることから、さまざまな用途に用いられることが期待されているが、そのためにはエネルギー変換効率の向上が大きな課題となっている。原理的には、素子中に複数の界面が含まれており、これらの界面が太陽電池特性発現の原因となっている。本論文は、さまざまな手法で素子中の界面の構造と太陽電池特性の関係を検討するとともに、界面構造の改良による太陽電池特性の向上について行われた研究成果をまとめたもので、8章から構成されている。

第一章では、研究の背景および目的について詳述している。

第二章から第四章では、有機薄膜太陽電池の動作機構における界面の役割を論述している。これらを通じて、(i) 単純積層構造における光電流生成領域は有機/有機界面近傍に制限されていること、(ii) 有機薄膜太陽電池においては順バイアス下でも光電流が発生し、その生成機構は逆バイアス下と異なること、(iii) 光起電力の大きさは、有機膜がアモルファス膜である場合は電極間の仕事関数差に依存すること、などを明らかにしている。中でも、(ii) および (iii) は、本研究によって初めて明らかにされた知見である。

第五章と第六章では、界面構造の詳細な解明と、素子特性に与える影響について論述している。第五章では、電極金属の微粒子が有機層に侵入していることを明らかにするとともに、適切なバッファー層を導入することで侵入を抑制し、素子特性を向上させたことを報告している。第六章では、導電性ポリマーとフラーレン誘導体の混合膜から成るバルクヘテロ構造について、その微細構造をインピーダンス解析の結果から明らかにしている。

第七章では、新規界面構造の形成による、素子の高効率化について報告している。芳香族アミン化合物 (TPD) とフラーレン (C₆₀) から成る積層構造素子において、有機層を加熱処理することにより、これらの界面にバルクヘテロ構造が形成され、素子特性が大幅に改善されることを見出している。このようにして形成されたバルクヘテロ構造は、系内に電荷輸送ルートを予め備えている点で従来構造よりも有利であり、素子の更なる高効率化に向けた基盤技術となるものである。

以上のように、本研究は、有機薄膜太陽電池において界面が本質的な機能を担っており、その構造を改良することによって素子特性を大きく向上しうることを示している。その成果は有機薄膜太陽電池の特性を抜本的に改善させるとともに、他の有機薄膜素子を設計する上でも重要な指針となるものであり、博士 (工学) の学位論文として価値のあるものと認める。