

論文審査の結果の要旨

氏名 尾畑 直樹

本論文は五章から構成されており、有機太陽電池のモルフォロジーと性能との相関に関する研究について論じている。

第一章では、研究背景として、有機太陽電池におけるモルフォロジーに着目した過去の研究開発について調査した結果を述べている。ここで著者は、ヘテロ接合型やバルクヘテロ接合型素子において効率的な励起子解離、電荷移動、そして電荷輸送の重要性を述べつつ、それらを達成させるためには、電子ドナーやアクセプター材料の相分離においてナノ構造制御の重要性について述べてある。しかしながら、新規材料の導入や素子構成の改良だけでは素子開発指針として乏しく、構造形態のモルフォロジーに着目した網羅的な研究がこれまでなかった。そこで著者は3種の素子構成を例に挙げながら、適用したドナー、アクセプター材料および素子構成毎に異なるモルフォロジーに着目し、以下の章に述べるように、ドナー、アクセプター材料および素子構成とモルフォロジーとの関係を示し、モルフォロジーが素子性能に大きな影響を及ぼしていることを見いだした。

第二章では、長波長吸収材料のチタニルフタロシアニンを用いたヘテロ接合型素子で近赤外域の光吸収を特徴とする素子の開発について述べている。光電変換効率の向上を目指し、チタニルフタロシアニンとテトラベンゾポルフィリンとの2種類のドナーを組み合わせることで分光感度スペクトルは近赤外域までの広い範囲に分布していることがわかった。可視、近赤外の両方の光波長域を活用することで光電変換性能を向上させることを見いだした。著者は、アクセプター層の塗布成膜における溶媒暴露によりチタニルフタロシアニンの相転移を瞬時に誘発しモルフォロジー変化も伴うことについて言及しており、本手法は塗布型としてプロセス優位性があることを見いだした。

第三章では、素子性能に関与しない物質を用いてテトラベンゾポルフィリンのモルフォロジーを固定化して、エネルギー準位が異なるアクセプター材料のスクリーニング手法に

ついて述べている。著者は、このようにナノ構造制御されたヘテロ接合型素子において、使用されるアクセプターによってモルフォロジーが異なり、ドナーアクセプター界面においてアクセプターの密度が異なっており、高性能が得られた素子ではアクセプターの密度が高くなっている点を見出した。エネルギー準位だけではなく、アクセプターの結晶性におけるモルフォロジーの素子性能への影響も示唆され、これらの知見は新規アクセプター材料開発への指針として期待できる。

第四章では、素子劣化因子について酸化フラーレンを用いたバルクヘテロ接合型素子に述べてある。有機太陽電池に用いられる材料は酸素等により酸化されやすく、材料の酸化による素子の劣化が実用化検討における課題になっている。著者は、酸素下において太陽電池素子の性能劣化の因子となりうると仮定し、酸素存在下で合成した酸化フラーレンを用いて素子化することにより微量でも電子トラップになることがわかった。導入量をさらに増やすと理想的なモルフォロジーが崩れて素子性能低下につながった。これらの結果から、フラーレンの酸化は素子の劣化因子となりうることを実証した。酸素により酸化されないアクセプターの設計ができれば、酸素存在下でも劣化しにくい素子を提供できると示唆される。これらの知見は、素子の実用化検討においてモルフォロジーの影響を考える上で重要な結果である。

第五章は本研究の総括である。有機太陽電池のモルフォロジーと性能との相関に関する研究についてまとめている。

なお、本論文第二～四章は松尾豊博士および中村栄一博士、第二章は佐藤佳晴博士、第三章は佐藤佳晴博士、田中秀幸博士、小津彩子氏、肖作博士、第四章は田中秀幸博士、小津彩子氏、福田直也氏との共同研究であるが、研究計画および検討の主体は論文提出者であり、論文提出者の寄与が十分であると認められる。

以上のように、本論文は有機太陽電池のモルフォロジーと性能との相関を見だし、高性能の素子開発において重要な知見を与えるとともに、有機太陽電池の実用化においても重要な研究成果について述べたものである。したがって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。