

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	先進インピーダンス分光解析によるp-nヘテロ接合型有機薄膜太陽電池のキャリア挙動に関する研究
Title(English)	Study on Carrier Dynamics of p-n Heterojunction Organic Photovoltaic Cells by Advanced Impedance Analysis
著者(和文)	前田 竜志
Author(English)	Ryoji Maeda
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9828号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉田 郵司,小田原 修,細田 秀樹,吉本 護,舟窪 浩,和田 裕之
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9828号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		前田 竜志	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	吉田 郵司		教授		舟窪 浩	教授
	審査員	小田原 修		教授	審査員	和田 裕之	准教授
		細田 秀樹		教授			
		吉本 護		教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、Study on Carrier Dynamics of p-n Heterojunction Organic Photovoltaic Cells by Advanced Impedance Analysis（先進インピーダンス分光解析による p-n ヘテロ接合型有機薄膜太陽電池のキャリア挙動に関する研究）と題して英語で書かれ、全 5 章から構成されている。

第 1 章“General Introduction”では、次世代太陽電池として研究が進められている有機薄膜太陽電池の研究背景を、他の太陽電池と比較しながら述べている。更に、有機薄膜太陽電池の高効率化において最も重要な光照射による励起子生成、キャリア分離やキャリア輸送といった発電の素過程について説明している。その中で、未だ詳細が明らかになっていない有機半導体特有の界面におけるキャリア蓄積挙動や、太陽電池が実際に駆動している外部印加電圧の小さな領域における有機半導体のキャリア移動度評価の問題点を指摘し、インピーダンス分光法による容量成分の観点から解析するアプローチの有用性を示すことで、本研究の位置付けを明らかにしている。

第 2 章“Experimental”では、本研究で用いた p-n ヘテロ接合型有機薄膜太陽電池の主たる作製手法である真空蒸着の原理から実験方法の詳細まで説明している。また、インピーダンス測定手法や、解析に用いる各種伝達関数について説明している。特に本論文では、伝達関数のうち容量成分に着目したモジュラスプロット解析を、有機薄膜太陽電池の研究に初めて導入している。

第 3 章“Carrier Dynamics of p-n Heterojunction Organic Photovoltaic Cells Analyzed by a Novel Graphical Representation of Impedance Spectroscopy”では、外部印加電圧や構成する膜厚を変化させ、そのモジュラス解析を行うことで、p 型および n 型の各有機半導体から構成される薄膜層の界面においてエネルギー変換効率の低下要因となるキャリアの蓄積を誘発する内部電界の存在を明らかにした。また、新規の p 型有機半導体材料を開発し、モジュラス解析から、内部電界の減少が素子特性の向上につながったことを明らかにしている。

第 4 章“In-situ Measurement of Photoconductivity of Multilayered Organic Photovoltaic Cells”では、p-n ヘテロ接合型有機薄膜太陽電池の各層内に光照射により誘起されたキャリアの光伝導度の直接測定を行っている。光照射強度を変えて測定した周波数特性の解析より、2 つの緩和時間が異なる導電性が変化する成分が分離して確認され、それぞれ各薄膜層内に光照射により誘起されたキャリア由来の光伝導度変化であることを同定している。また、実際の有機薄膜太陽電池素子を用いて、光伝導度およびキャリア移動度の算出が可能であることを実験的に明らかにしている。

第 5 章“General Conclusion”では、第 3 章および第 4 章の研究を総括すると共に、それらを踏まえ本研究の目的である有機薄膜太陽電池の高性能化に向けてキャリア挙動の解析結果の観点から、エネルギー変換効率の律速要因について言及して、その改善に向けた研究開発の指針について提案を行っている。

本論文を要約すると、有機半導体が元来、自由キャリアを持たない絶縁体であることに着目して、インピーダンス分光法のうち容量成分によるモジュラス解析を適用し、p-n ヘテロ接合型有機薄膜太陽電池のキャリア挙動を調べている。その結果、各有機半導体から構成される薄膜層の界面には、エネルギー変換効率の低下要因となるキャリアの蓄積を誘発する内部電界が存在することを明らかにしている。次に、光照射時のキャリア挙動解析として、モジュラス解析による各薄膜層内に光照射により誘起されたキャリア由来の有機薄膜層の光伝導度の直接観測に初めて成功している。このことは、インピーダンス分光による解析が、有機薄膜太陽電池のデバイス物理の究明に有用であることを示している。以上の結果は、今後の有機薄膜太陽電池の高性能化に向けた応用展開において、工業上および工学上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。