

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	On the photostability of polythiophene based organic solar cells
著者(和文)	青山嘉憲
Author(English)	Yoshinori Aoyama
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9496号, 授与年月日:2014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,近藤 道雄,長井 圭治,和田 裕之
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9496号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	物質科学創造	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学) Academic Degree Requested Doctor of
学生氏名： Student's Name	青山 嘉憲		指導教員 (主)： 吉田 郵司 教授 Academic Advisor(main)
			指導教員 (副)： 小田原 修 教授 Academic Advisor(sub)

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本研究は、ポリチオフェン系有機太陽電池の光安定性に着目し、ポリチオフェンの光酸化劣化とデバイス特性への相関解明、ポリチオフェンの光酸化劣化を引き起こす活性種の解明、光酸化劣化の知見を活かした高耐久性材料の開発等、有機太陽電池の劣化機構解明および高耐久性実現に向けた指針の確立を目指すものである。近年、急速なエネルギー変換効率の向上により注目されている高分子系有機太陽電池であるが、その耐久性への問題点が指摘されている。その劣化要因については、一部解明が試みられているが、まだ不十分であると言える。そこで、一般的な p 型半導体としてポリチオフェン誘導体、poly(3-hexylthiophene) (P3HT)を用い、その劣化要因の一つである光酸化劣化について、分子化学的にどのように化学構造変化が起き、また物理的にどのように導電性やデバイス発電特性に影響を及ぼすのか、P3HT の光酸化劣化の挙動に注目して調べた。本論は、以下の全 5 章で構成されている。第 1 章「Introduction」では、社会的背景と太陽電池研究の流れの中において、有機太陽電池の研究とその劣化機構解明に関する研究の位置付けを明確にすると共に、本研究における着眼点を述べている。第 2 章「Direct effect of partially photo-oxidized poly(3-hexylthiophene) on the device characteristics in BHJ solar cell」では、P3HT の材料劣化が太陽電池特性にどのように影響を及ぼすのかを調べた。予め光酸化させた有機発電層溶液(P3HT および[6,6]-Phenyl-C61-Butyric Acid Methyl Ester (PCBM)のクロロベンゼン溶液)を用いて製膜するという溶液酸化法を導入し、太陽電池特性とそれに対応する有機単膜の構造・物性を調べた。溶液中で光酸化した際に P3HT のごく部分的な分子切断が生じ、その結果生じた嵩高い低分子量酸化体が P3HT の結晶化を阻害することで、抵抗が増加し、相対的に直列抵抗を増加させ発電特性が低下することを明らかにした。第 3 章「Role of superoxide anions in the photooxidation of polythiophene derivatives」では、P3HT の光酸化劣化を引き起こす活性種と、それによる反応機構の解明に取り組んだ。チャンバーを用いてガス雰囲気制御しながら、P3HT 単膜に光照射を行い、複数の分析手法を用いて調べた。その結果、光励起した P3HT が酸素分子に電子供与することで生じるスーパーオキシドアニオン(O₂⁻)が、P3HT の側鎖α位のプロトンと反応することで P3HT のラジカル種を発生させ、その後の連鎖的酸化劣化を引き起こすことが明らかになった。第 4 章「Photo-induced oxidation of polythiophene derivatives: Dependence on side chain structure」においては、P3HT より光酸化劣化が起こりにくいポリチオフェン誘導体の開発を試みた。第 3 章で得られた反応機構に基づいて、ポリ-3-アルキルチオフェンの側鎖α位に水素が無いポリチオフェン誘導体を複数合成し、それぞれの単膜の光照射による耐久性を調べた。その結果、側鎖α位をエーテル構造にした場合に、耐久性の向上が認められることが明らかとなった。第 5 章「Summary and future guideline」においては、第 2 章、第 3 章、第 4 章の結果を総括し、これらの知見に基づいて、更なる劣化機構解明へのアプローチや、高効率かつ高耐久材料のための分子設計指針を述べることで本論文の結論としている。本論文を要約すると、有機薄膜太陽電池における高分子の劣化機構を解明することを目的として、光酸化における高分子の側鎖依存性を系統的に調べたこと、光酸化におけるスーパーオキシドアニオンの役割を調べ新しい仮説を提案し検証したこと、新しい試みとして溶液光酸化法により太陽電池の劣化機構の分子化学的現象解明に成功したこと、これらの知見が今後の応用展開である有機薄膜太陽電池の高耐久化に有用であることを学術的に明らかにしている。(1419 文字)

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：	物質科学創造	専攻
Department of		
学生氏名：	青山 嘉憲	
Student's Name		

申請学位(専攻分野)：	博士	(工学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員(主)：	吉田 郵司 教授	
Academic Advisor(main)		
指導教員(副)：	小田原 修 教授	
Academic Advisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)
Thesis Summary (approx.300 English Words)

Polymer solar cells (PSCs) have many potential advantages such as mechanical flexibility, portability, and low manufacturing costs. Recent studies on P3HT-based PSCs report a drastic improvement in the power conversion efficiency. However, it is also well known that a P3HT-based PSC degrades with long-term solar light irradiation. In order to improve on the poor long-term durability, a lot of investigation about photo-degradation of PSCs has been conducted. It is considered that the device degradation could be either reversible or irreversible. The reversible degradation was mainly caused by the accumulation of charge carriers at a trap site. On the other hand, during the irreversible photo-degradation of PSC, it is generally assumed that the photo-oxidation of the organic materials (P3HT, PCBM) affects the device performance deterioration. Photo-oxidation of the organic materials results in a decrease in absorbance as a result of photo-decomposition. However, the effect of initial photo-oxidation on device performance remains to be investigated. In this study, I focused on the photo-oxidation of polymer and tried to clarify the correlation between the initial photo-oxidation of the organic material and the photovoltaic performance of the PSC, photo-oxidation mechanism by photoactive species, and guidance of photostable polythiophene derivatives. Experimental results indicate that the fragments and oxides generated by the partial molecular scission of P3HT, which was triggered by the $[O_2]$, decrease P3HT crystal domain in P3HT/PCBM blend film, and this phenomenon relatively increases the resistance of organic layer and therefore results in a drop in device performance with series resistance increase. (248 words)

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).