

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Effect of chemical additives and electrode modification on carrier behavior in organic solar cells studied by using spectroscopic technique
著者(和文)	ALROUGYIbrahim Mohammed
Author(English)	Ibrahim Mohammed Alrougy
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12035号, 授与年月日:2021年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:間中 孝彰,中川 茂樹,山田 明,宮島 晋介,飯野 裕明,Shyam Sudhir Pandey
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12035号, Conferred date:2021/6/30, 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		Alrougy Ibrahim	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名	
	主査	間中 孝彰	教授	審査員	飯野 裕明	准教授	
	審査員	中川 茂樹	教授		Shyam S. Pandey	九州工業大 准教授	
		山田 明	教授				
		宮島 晋介	准教授				

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「Effect of chemical additives and electrode modification on carrier behavior in organic solar cells studied by using spectroscopic technique（分光学的手法による有機太陽電池における添加材および電極修飾のキャリア挙動に与える効果に関する研究）」と題し、英文6章より構成されている。

第1章「Overview」では、有機太陽電池について、これまで提案されている素子構造や材料を概観するとともに、発電機構の基本についてまとめている。特に、高い変換効率が期待できるバルクヘテロ型太陽電池について、その内部構造と発電機構を関連づけて説明し、実用化の課題となる変換効率の制限要因について述べている。電極界面の化学修飾やバルクヘテロ層への添加材導入が変換効率の向上に有効であるものの、効率向上のメカニズムについては理解が不足しており、従来の電気的手法に加え、光学的手法である電界誘起光第2次高調波発生(EFISHG)法を用いて、有機太陽電池中のキャリア挙動を直接的に評価・解析することで、界面修飾や添加材導入が効率向上に及ぼす要因を議論することが本研究の目的であると述べている。

第2章「Materials and experimental techniques」では、本研究で用いている材料や素子構造、測定手法についてまとめている。まず、有機太陽電池を構成する上で重要となるドナー材料とアクセプタ材料、および電極材料について説明するとともに、サンプル作製方法について詳述している。続いて、本研究で用いている電氣的測定方法について述べ、本研究の要となるEFISHG法について、測定原理を詳細に説明した上で、時間分解測定によって材料中のキャリア挙動が直接評価できることを述べている。

第3章「Spectroscopic study of EFISHG from PCPDTBT and PC₇₁BM thin films」では、高分子ドナー材料のPCPDTBTおよびアクセプタ材料であるPC₇₁BMのSHG特性について議論している。バルクヘテロ型太陽電池では、ドナー材料とアクセプタ材料がナノスケールで相分離した状態で混合しているが、電気的手法では2つの材料を区別することが困難であると述べている。その上で、分光学的手法であるEFISHGを用いることで、スペクトル的に分離が可能であると述べている。SHGの波長依存性と電圧依存性を測定し、波長1000 nmと1080 nmでドナー層およびアクセプタ層の情報を選択的に評価できると述べている。また、時間分解測定から電極充電および界面電荷蓄積の時定数について議論し、界面修飾や添加材を導入しない場合において、例えば順方向に1 Vの電圧印加条件下で、 1×10^{-8} C/cm²のホールが界面に蓄積することを、SHG測定から定量的に見積もることができると述べている。

第4章「Probing balanced carrier transport in PCPDTBT: PC₇₁BM BHJ films using 1,8-Diiodooctane (DIO) as an additive by using EFISHG」では、バルクヘテロ層への添加材として1,8-Diiodooctaneを選び、この添加剤の効果を議論している。添加材導入により、バルクヘテロ層の吸収スペクトルに変化がないものの、変換効率やIPCEに有意な向上が認められ、界面蓄積電荷および電荷蓄積の時定数がともに減少することを明らかにしている。これは、バルクヘテロ層の移動度増加が原因とし、添加材によるグレインサイズの減少と矛盾しないと述べている。

第5章「Investigation of Z907 additive effect on carrier transport in BHJ by EFISHG」では、色素増感太陽電池に用いられるZ907色素による電極表面の修飾効果について議論している。Z907を用いることで、素子の吸収スペクトルは変化せず、波長400 nmから900 nmの範囲において、全体的にIPCEの向上が認められると述べている。時間分解EFISHG測定からZ907でITO表面を修飾した素子において、ITO電極への電子の取り出しがスムーズになることが明らかになったと述べている。また、インピーダンス分光からも界面抵抗の低減が確認されたと述べている。

第6章「General conclusions」では、本研究で得られた知見を総括するとともに、界面修飾や添加材導入による変換効率向上以外の課題に対するEFISHG法の有効性についても検討し、また本論文で議論している界面修飾や添加材導入が、単純なバルクヘテロ型太陽電池だけでなく、特にタンデム型のような複雑な構造の素子において有効であると述べている。

以上を要するに、本論文はEFISHG法という独自の手法を用いて、バルクヘテロ型有機太陽電池におけるキャリア挙動を評価することで、界面修飾や添加材導入による効率向上の要因を明確化し、素子デザインに対する指針を与えるとともに、今後の性能向上に資する知見となるもので、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文が博士（工学）の学位論文として十分に価値があるものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。