

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |                                                                                                                                                                                                |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 題目(和文)            |                                                                                                                                                                                                |
| Title(English)    | The characterization and analysis of carrier behavior in organic solar cells by using Electric field induced optical second harmonic generation                                                |
| 著者(和文)            | 陳翔宇                                                                                                                                                                                            |
| Author(English)   | Xiangyu Chen                                                                                                                                                                                   |
| 出典(和文)            | 学位:博士(工学),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第9293号,<br>授与年月日:2013年9月25日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:岩本 光正,小長井 誠,山田 明,中川 茂樹,間中 孝彰,工藤 一浩                                                                    |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第9293号,<br>Conferred date:2013/9/25,<br>Degree Type:Course doctor,<br>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                                                                                                                                                                                        |

## 論文要旨

### THESIS SUMMARY

|                   |        |    |                           |           |             |
|-------------------|--------|----|---------------------------|-----------|-------------|
| 専攻:               | 電子物理工学 | 専攻 | 申請学位(専攻分野):               | 博士        | (工学)        |
| Department of     |        |    | Academic Degree Requested | Doctor of | Engineering |
| 学籍番号:             |        |    | 指導教員(主):                  |           | 岩本光正        |
| Student ID Number |        |    | Academic Advisor(main)    |           |             |
| 学生氏名:             | 陳翔宇    |    | 指導教員(副):                  |           |             |
| Student's Name    |        |    | Academic Advisor(sub)     |           |             |

#### 要旨(和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

##### 1. 基礎的な研究

研究の第一部分は有機電子材料の誘電体特性の研究です。有機層材料の誘電体の性質を考慮して、多層有機デバイス中におけるキャリア挙動を理論的に検討した。Maxwell-Wagner モデルに基づいて、有機薄膜の内部のキャリア緩和および界面キャリア蓄積を分析した。モデルでは、有機太陽電池の donor-acceptor 界面に Maxwell-Wagner 型電荷蓄積の存在を示した。これは他の研究者によく見落とされていました。また、緩和時間と蓄積された電荷密度の計算が実現しました。

理論研究の実験的なサポートを提供するために、私たちの研究室は電界誘導第二次高調波発生(EFISHG)の測定技術を開発しています。有機層内部の電界信号とレーザー信号を結合することによって、生成された第二高調波信号は内部電場の強さに比例します。したがって、この手法は有機デバイス内部の電界分布を直接の探査を実現できます。この手法を用いて、我々は Maxwell-Wagner 型界面キャリア蓄積の存在を証明した。さらに、高周波のレーザー信号を応用して、リアルタイムの状態の下で、電界の変化とキャリアの動きを観察できました。今まで、この技術が成功して有機トランジスタ、有機 EL、有機太陽電池の研究に適用されます。

このプロジェクト中に私の貢献は、この手法を有機太陽電池の分野に発展したことです。我々は試料を 45° の位置に移動します。したがって、厚さ方向の平均電界を観測できます。後で、この技術の特殊性に基づいて、私は太陽電池の研究のためにいくつかのユニークな実験を設計しました。このような外部抵抗、外部バイアスと外部照明など、様々な外部条件下のキャリアの挙動も同様の技術とモードによって研究した。そして、有機活性層内部の光誘起キャリアの挙動が明確に探査された。さらに、実験データと理論的な解析結果はよく一致した。これらの結果は、有機材料に誘電体性質の影響を実証しました。そこで、キャリア挙動の明確な物理的イメージを取得しました。

また、有機太陽電池の過渡過程で起こったいくつかの特殊な現象を研究しました。例えば、私たちは二層有機太陽電池の界面でアンバランスの放電プロセスを発見しました。照明による donor-acceptor の界面で充放電プロセスが非可逆です。照明が停止した後、充電プロセスは続けます。この発見は、IS 分析と Maxwell-Wagner のモデルに基づいて有機太陽電池の分析によって説明された。一方、界面充電プロセスは CuPc/C60 界面で起こったと伝導電流の方向が一致の間に印加される照明が donor-acceptor の界面の上に蓄積された電荷の極性を変更することができます。Maxwell-Wagner のモデル分析に基づく、光伝導性の変化が蓄積された電荷の極性の変更の理由であることを解明しました。

##### 2. 理論の応用

私たちの研究によって有機太陽電池の性能を向上させるために、異なる太陽電池の構造を作成していくつかの実験を設計しました。EFISHG 測定と Maxwell-Wagner のモデルを応用することによって、I-V 特性に光誘起キャリアの挙動の影響を解析した。まず、界面で蓄積された電荷が再結合電流を誘導する。結果的に光電流は、この再結合電流によって大量に消耗させます。同時に、この再結合電流の遅い減衰も太陽電池の fill-factor の悪化導きます。また、蓄積された電荷は効果的な Voc を減少させます。だから、解析結果によると、これらの界面電荷の蓄積が有機太陽電池の I-V 特性の悪化につながることを証明した。そして、有機太陽電池内部の電荷蓄積を低減するために 2 つの方法を提案した。BCP の励起子阻止層と CuPc の充電阻止層を採用して、界面の電荷蓄積を強く抑制された。有機太陽電池の IV 特性は、それに応じて改善されました。有機太陽電池の Maxwell-Wagner モデルは、この実験結果を説明できました。さらに、界面充電および誘電体特性の作用を明らかにした。

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 2 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 2 copies of 800 Words (English).

## 論文要旨

### THESIS SUMMARY

|                   |          |    |                           |                     |
|-------------------|----------|----|---------------------------|---------------------|
| 専攻:               | 電子物理工学   | 専攻 | 申請学位 (専攻分野):              | 博士                  |
| Department of     |          |    | Academic Degree Requested | Doctor of <i>工学</i> |
| 学籍番号:             | 10D75011 |    | 指導教員 (主):                 | 岩本光正                |
| Student ID Number |          |    | Academic Advisor(main)    |                     |
| 学生氏名:             | 陳翔宇      |    | 指導教員 (副):                 |                     |
| Student's Name    |          |    | Academic Advisor(sub)     |                     |

#### 要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words )

My Ph. D research is related to analysis and characterization of the carrier behavior in organic solar cell (OSCs) with taking into account the dielectric nature of the active organic layer. On the basis of the Maxwell-Wagner model we theoretically analyzed the presence of the Maxwell-Wagner type interfacial charging at the donor-acceptor interface of the OSCs. The theoretical analysis of the carrier behavior was confirmed by using electric field induced optical second harmonic generation (EFISHG) measurement. Firstly, we demonstrated the capability of EFISHG for the application in the field of OSCs. After that, we proved the presence of charge accumulation at the each interface of OSCs and the detailed variation principle of these charge accumulations were characterized. By realizing the particularity of this technique, I have specially designed several experiments for its application in the OSCs field. We studied the carrier behaviors under various external conditions, such as external resistances, external biases and photo illumination, by using EFISHG coupled with Maxwell-Wagner model. Hence, the photo induced carrier behavior inside the organic active layer was clearly probed by EFISHG measurement and the experimental data were in good agreement with the theoretical analysis. These results successfully demonstrate the influences of dielectric nature to the organic devices. Finally, we will show that these accumulated charges can significantly degrade the performance of OSCs. Both open-circuit voltage, short-circuit current and fill-factor can be all influenced by this Maxwell-Wagner Type interfacial charging. Hence, we offer several methods to suppress this interfacial charging and OSCs performance can be improved accordingly. Modeling the prepared OSCs as Maxwell-Wagner effect elements accounted for our experimental results, and the possible methods for improving the performance of OSCs has been concluded.

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 2 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 2 copies of 800 Words (English).