

# 論文内容要旨 (英文)

平成 23 年度入学 大学院博士後期課程

有機材料工学専攻

学生番号 11522206

氏 名 陳 果



論文題目 Squaraine-based organic photovoltaic cells: material design, synthesis, properties and device performance

(スクアリン色素を用いた有機薄膜太陽電池:分子設計、材料合成、物性及びデバイス特性)

Organic photovoltaics (OPVs) have attracted much attention because of their advantages of low processing cost and roll-to-roll processability for light-weight, large area and flexible solar cells. In the past decades, the research of OPV has achieved great development on both of material exploitation and device engineering. So far, over 10% of power conversion efficiency has been achieved from tandem OPV cells.

Squaraine (SQ) dyes have shown promising potential for OPV application due to their intense absorption with high absorption coefficients in visible and near-infrared (NIR) spectral regions. Several series of SQ dyes have been introduced into OPV cells as electron donors combined with fullerene derivatives, demonstrating efficient PV performance.

This thesis mainly focuses on the research of SQ-based OPVs, including molecule design, material synthesis and properties, as well as the device performance. The first chapter gives a brief overview of OPV, including the fundamentals of OPV technology and some published research works on SQ based OPVs. In chapter 2, a series of SQ dyes are designed and synthesized, and the material properties are also characterized. Then they are used as donor materials in OPV cells. The relationship of molecular structure-material properties-PV performance is found in order to improve the material design techniques. Chapter 3 focuses on the research work of SQ1 based OPV cells, including the optical and electrical analysis of SQ1 in a planar heterojunction OPV device and various device architectures for high-performance OPV cells. For chapter 4, J-aggregation of a SQ dye in OPV cells is investigated. The results display that J-aggregation of SQ molecules is benefit to higher efficiency in OPV cells. In Chapter 5, conclusions of the thesis, and also the outlook of the future research direction about SQ-based OPV cells are displayed.

Through these research approaches and results, four promising SQ dyes, several record efficiencies and some valuable findings in SQ-based OPV cells have been demonstrated.

(12pt シングルスペース 300 語程度)

# 学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成25年8月8日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 城戸 淳二

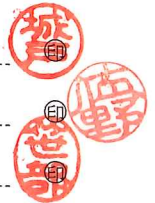
副査 佐野 健志

副査 笹部 久宏

副査 \_\_\_\_\_

副査 \_\_\_\_\_

副査 \_\_\_\_\_



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

## 記

### 1. 論文申請者

専攻名 有機材料工学専攻  
氏 名 陳 果

### 2. 論文題目（外国語の場合は、その和訳を併記する。）

スクアリン色素を用いた有機薄膜太陽電池：分子設計、材料合成、物性及びデバイス特性

### 3. 審査年月日

論文審査 平成25年7月25日 ～ 平成25年8月8日  
論文公聴会 平成25年8月8日  
場所 10号館 4F 大会議室  
最終試験 平成25年8月8日

### 4. 学位論文の審査及び最終試験の結果（「合格」・「不合格」で記入する。）

(1) 学位論文審査 合格  
(2) 最終試験 合格

### 5. 学位論文の審査結果の要旨（1,200字程度）

別紙のとおり

### 6. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

## 別 紙

専 攻 名	有機材料工学専攻	氏 名	陳 果
学位論文の審査結果の要旨			
<p>本論文は、スクアリン色素 (SQ) を用いた有機薄膜太陽電池の分子設計、材料合成、物性及びデバイス特性について実験検証、考察を行い、まとめたものである。低分子ドナー材料である SQ 誘導体を用いた世界最高水準の高性能デバイスを開発するだけでなく、効率的な塗布型デバイスへの展開も行っている。材料、デバイス構造、単電子素子などの多方面から様々な検証を行い、材料の化学構造とデバイス特性との関係を明らかにした有機エレクトロニクスの本質に迫る論文となっており、5つの章から構成されている。その内訳および審査結果について下記に示す。</p> <p>第 1 章では、有機薄膜太陽電池材料とデバイス、駆動原理の概要、これまで研究されてきた SQ 色素を用いた有機薄膜太陽電池の研究報告について述べ、現状と問題点を明らかにし、本研究を行う目的と意義を述べた。</p> <p>第 2 章では、四角酸とジアルキルアニリン誘導体の脱水縮合反応で得られる SQ 色素の化学構造と熱・後学物性、デバイス特性との関係性について述べた。またこの化合物をドナー材料として用いた有機薄膜太陽電池を作製し、作製した素子の評価を行った。その結果得られたデバイス特性から、高性能化に資する分子設計指針、デバイス設計指針を提示した。</p> <p>第 3 章では、合成した SQ 誘導体の中でも、ジイソブチル置換基を有する SQ1 をベースにした有機薄膜太陽電池に焦点をあてた。有機薄膜太陽電池の作製プロセスのひとつである真空蒸着プロセスを用いてバルクヘテロジャンクション型太陽電池を作製、世界最高水準である変換効率 6.0%以上を実現した結果を述べた。ついで、SQ1 色素を用いた有機薄膜太陽電池の発展として、真空蒸着プロセスより簡便でかつ作製コストが大幅に抑えることのできる塗布プロセスを用いたデバイスを作成し、その特性を検証した。</p> <p>第 4 章では、有機薄膜太陽電池に用いられる活性層中での SQ の凝集状態制御について述べた。分子の凝集状態を適切に制御することにより、太陽電池特性の向上を試みた。その結果、SQ が J 会合体を形成することにより有機薄膜太陽電池の特性が大きく向上することが示された。</p> <p>最終章である第 5 章では、第 1 章から第 4 章までを総括するとともに、他のグループから報告された研究内容と比較検証することにより、SQ 色素を用いた有機薄膜太陽電池の今後の展望を述べた。得られた結果は SQ 誘導体を用いた有機薄膜太陽電池研究のみならず、高性能有機薄膜太陽電池開発の基本的なガイドラインの提供、有機エレクトロニクス分野の進展の一助となることが十分期待された。</p> <p>本研究の成果は、7 編の英文論文誌に投稿を行い、厳正な査読後 5 編の掲載が決定した。先日には、論文 2 編を投稿し、審査中である。また、有機エレクトロニクスアジア国際学会招待講演を含む、3 編の国際学会発表を行った。成果公表についても極めて優れている。</p> <p>以上のことから、本論文は工学として学術的解明かつ実用的な貢献という観点からも寄与が大きく、博士(工学)の学位を授与するに十分であると判断され、合格と認める。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>最終試験では、低分子有機半導体材料を用いた高効率有機薄膜太陽電池の作成、材料設計指針、デバイス効率を向上させるための設計指針、固体薄膜の凝集状態制御、光・電子物性制御に関する質問などがあり、申請者はこれら質問に対し適切かつ具体的な説明を行い、自分の研究内容や周辺内容において十分に理解していることが示された。また、発表内容が独創的、具体的かつ本質的であり、さらに学術論文の業績が十分であることから、合格と認める。</p>			

※ ( ) 内の説明は、削除の上、記載願います。