

最先端・次世代研究開発支援プログラム  
事後評価書

研究課題名	低コストで簡便なナノ Si 白色発光デバイスと高効率ナノ Si 太陽電池作製法の確立
研究機関・部局・職名	広島大学・自然科学研究支援開発センター・教授
氏名	齋藤 健一

**【研究目的】**

エネルギーの多極化と安定供給が不可欠となり、自然エネルギーの推進が世界中で求められている。震災後、これらの重要性が日々増加していることはいままでもない。経済産業省のエネルギー白書（2013）によると、国内の使用電力の 50%程が照明である。従って、照明の省電力化は消費電力の直接の低下につながり、持続可能社会の形成に大きく影響する。現在、発光体の主原料はレアアースである。レアアースの産出地域は中国やアフリカなど、一部の地域に限られる。従って、レアアース代替材料の研究・開発は、元素戦略的にも日本の安全保障上でも極めて重要である。一方、自然エネルギーの安定供給には、多数のメガソーラー施設が必要である。メガソーラーの普及には、太陽電池の電力（ワット）あたりの単価を下げる必要があり、そのためには、材料、製造法、運搬・設置など、全ての分野での低コスト化が不可欠である。本研究では、低コストで簡便なナノ Si 白色発光デバイスと高効率ナノ Si 太陽電池の作製を行う。以下の年次目的に沿って行う。

平成 22 年度 プロジェクト採択前の研究環境での LED と太陽電池の開発、ならびに次年度以降で用いる装置の機種選定を行う。

平成 23 年度 目的は以下の二つである。1) 塗布型の LED と太陽電池の作製法の完成、2) 作製した LED と太陽電池の評価法の立ち上げ。

平成 24 年度 目的は 1) 塗布型の LED（ナノ Si ハイブリッド LED）と太陽電池（ナノ Si ハイブリッド太陽電池）の作製法と評価法を確立すること、2) 作製した LED と太陽電池の性能をあげる作製条件を探すこと。

平成 25 年度 最終年度の目的は、ナノ Si ハイブリッド LED、ナノ Si ハイブリッド太陽電池の性能をあげるための作製条件を、時間の許す限り探すことである。

**【総合評価】**

	特に優れた成果が得られている
○	優れた成果が得られている
	一定の成果が得られている
	十分な成果が得られていない

<b>【所見】</b>
<b>① 総合所見</b>
<p>独自に開発した Si ナノ結晶をベースとする素子の作製過程で高精度の評価が行えるシステムを構築し、これらを用いた素子の作製法の確立により、世界最高レベルの発光強度を有する LED などが得られており、当初の目的に沿って順調に研究が進展した。研究成果も学術論文や国内外の学会で発表されている。また、特許申請も行われている。今後、素子の実用化を考えた場合の物性値の目標値を具体的に定め、その差を埋めるためにいかなる改良が必要かを考え、研究を進めることが望まれる。</p> <p>太陽電池は、既に数兆円の市場規模があり、LED も同様なレベルにまで市場規模が急拡大しつつある。このような大きなビジネスに関連した研究を行う場合、一つの研究グループで全てを担うことは難しい。事業戦略としては、資本力を含めて、連携すべき企業を十分に吟味する必要があると思われる。また、研究戦略としては、どの部分を先鋭化して、どのような特許を出すべきか、焦点を絞る必要がある。</p>

<b>② 目的の達成状況</b>
<p>・所期の目的が (<input checked="" type="checkbox"/> 全て達成された ・ <input type="checkbox"/> 一部達成された ・ <input type="checkbox"/> 達成されなかった)</p> <p>当初の計画どおりの研究が進んだ。EL 素子の発光効率、太陽電池の変換効率は、未だ目標値に達していないが、高いレベルまで到達しており、今後の性能向上が期待できる。なお、本研究課題の中心は、Si ナノ結晶を用いたデバイスの製造・評価であり、この部分は、非常に順調に進んだ。</p> <p>量子ドットサイズの均一化、高分子膜の薄膜化、量子ドット層の厚膜化が課題であるが、これらを達成するための方策が明確に示されており、今後の発展が期待できる。</p>

<b>③ 研究の成果</b>
<p>・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が (<input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない)</p> <p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が (<input type="checkbox"/> 創出された ・ <input checked="" type="checkbox"/> 創出されなかった)</p> <p>・当初の目的の他に得られた成果が (<input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない)</p> <p>光電気変換で重要な、短絡電流の上昇、開放電圧の増加、曲線因子の増加に関し、シリコンナノ量子ドットデバイスの構造と作成プロセスを総合的に評価しながら、改善を図る方策を実施しており、実際に従来に比べ高効率な光電気変換デバイスの構築に成功したことに、先進性、優位性が認められる。</p> <p>当初の目的の他に得られた成果としては、新たに始めた Si ナノワイヤアレイ型ハイブリッド太陽電池の開発が挙げられ、その将来性が示されている。</p>

#### ④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が  
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が  
(見込まれる ・ 見込まれない)

本プロジェクトでは、有機高分子と無機半導体ナノ構造体からなる次世代型ハイブリッドデバイスを作製し、多くの特長を有するナノ Si ハイブリッド LED とナノ Si ハイブリッド太陽電池を開発に成果をあげた。開発した製造法は、簡便な作製法(溶液の塗布・乾燥、真空フリー)、薄い(作製した全膜厚で1ミクロン以下)、軽く(ガラスフリーも視野)、大面積のデバイスの製造が可能な手法であり、製造(ロールツーロール)、運搬(軽い、フレキシブル)、設置(軽い、フレキシブル)のコスト削減につながり、エネルギー面でのグリーン・イノベーション推進へ大きな寄与が期待される。また、本研究で用いた材料である Si は無毒である。したがって、先行研究のハイブリッド LED やハイブリッド太陽電池でよく用いられるカドミウムの代替材料にもなり、環境低負荷、持続可能社会の形成という視点からも、グリーン・イノベーション推進への大きな寄与をすると期待できる。有機 LED が将来のイノベーションに繋がるのか、今のところ、予想することは難しいが、高分子をベースとした塗布型の LED が市場を形成するのであれば、本研究で成果のあった Si 量子ドットとの複合化は重要な技術となるであろう。

#### ⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われた ・ 行われなかった)

素子の作製法と評価法を完成させる研究計画は適切である。研究体制は大学院生を適宜最適なテーマに振り分けられた。毎月報告会が開かれ、研究の進捗状況や問題点を確認されているなど適切なマネジメントが行われた。助成金は、素子の作製と評価のための装置を中心に適切に使用された。指摘事項に対しては、界面の状態の配慮や他デバイス材料に対する優位性の定量的検討を行っており、適切に対応したと考えられる。