

課題番号	GRO73
------	-------

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実施状況報告書(平成25年度)

本様式の内容は一般に公表されません

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

### 1. 当該年度の研究目的

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ナノ Si 太陽電池の作製を行っている。最終的な目標は、製造法の確立にある。これらの目標を達成できるよう、年次ごとに分担し、研究を遂行している。

<<平成25年度>>  
 目的は以下の2つであった。  
 「ナノ Si 白色発光デバイス」： 24 年度までに左図の流れを構築した。この流れをもとに、白色発光ナノ Si と有機高分子を組み合わせた、ハイブリッドLEDを作製し、その発光強度の増加を図る。  
 「ナノSi太陽電池」： 24年度までに左図の流れを構築した。この流れをもとに、ナノSiと有機高分子を組み合わせたハイブリッド太陽電池を作製し、その変換効率の増加を図る。

### 2. 研究の実施状況

24年度までに上図(左:素子の作製, 右:素子の評価)を構築できた。最終年度の25年度では、より高度なハイブリッドLEDとハイブリッド太陽電池の作製・評価を行うために、24年度までの流れを再度見直し、改善すべき箇所、追加すべき箇所の検討を行った。その結果、9箇所の測定と行程を新たに導入し、合計24種におよぶ測定と行程で素子の作製と評価を定常的に行えるようになった(昨年度までの15種と比べ、広範かつ効果的に行えるようになった)。また、これら24種の中から、より効果的な手法・行程を選別し、「ナノSi白色発光デバイス」と「ナノSi太陽電池」の作製と評価を行った。25年度での研究で得られた主な成果は次ページの通り。

「ナノSi白色発光デバイス」:

- ・ITO透明電極付きガラス基板に、導電性高分子、白色発光するSi量子ドットを、それぞれ塗布・乾燥することで、ナノSi-LED(SiハイブリッドLED)を作製した。その結果、低電圧(6V程)で高強度の白色発光が観測された。
- ・開発したSiハイブリッドLED発光強度は先行していた同等の研究の同条件と比べ、350倍、電流密度は280倍高い値を示した。これらの成果は、Si量子ドットの表面修飾、ハイブリッド膜のモルフォロジー、ホール輸送層とSi量子ドット層の界面構造、各層のエネルギーマッチングなどが大きく作用した。
- ・開発したSiハイブリッドLEDの発光面積は2mm角である。この発光面積を、無機物を材料とした市販されている一般的なLED素子の発光面積(0.3mm角)と比較すると、40倍以上大きい。

「ナノSi太陽電池」:

- ・ナノSiと導電性高分子を用いた、3種類のハイブリッド太陽電池を作製した。
- ・ウエットプロセスでSiナノワイヤを作製した。このSiナノワイヤに導電性高分子溶液を塗布することで、最大で変換効率10%に及ぶプリンタブルなハイブリッド太陽電池を作製できた。
- ・1種類のハイブリッド太陽電池において、導電性高分子の塗布条件を変えることで、最大17%を超える変換効率を得られた。特に、短絡電流密度が大きく増加した。
- ・Siナノ粒子と導電性高分子のハイブリッド化により、キャリア密度とキャリア移動度において最大80倍の増加が観測された。この増加は、複数の分光測定、SPRing-8での微小入射角X線回折実験、複数の顕微鏡観測より、ナノSiの添加による導電性高分子の結晶化の増加と配向性向上と帰属された。

3. 研究発表等

雑誌論文	(掲載済みー査読有り) 計6件
計6件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>Ken-ichi Saitow*</u>, Hidemi Suemori, and Hironori Tamamitsu, "Enhancement of fluorescence intensity by silicon particles and its size effect" <i>Chemical Communications</i> 50, 1137 - 1140 (2014).</li> <li>・Hironori Tamamitsu, <u>Ken-ichi Saitow*</u>, "Local enhancement effect in the photoluminescence intensity of Si quantum dots: single Medusa-type particles investigated by in situ microscope spectrometer" <i>Chemical Physics Letters</i> <b>591</b>, 37-42 (2014).</li> <li>・Takumi Kikasako and <u>Ken-ichi Saitow*</u>, "Si quantum dots with a high absorption coefficient: analysis based on both intensive and extensive variables", <i>Applied Physics Letters</i> <b>103</b>, 151912 (5page) (2013).</li> <li>・Hua Sun, Satoshi Miyazaki, Hironori Tamamitsu, and <u>Ken-ichi Saitow*</u>, "One-pot facile synthesis of concentrated Si nanoparticles solution" <i>Chemical Communications</i> <b>49</b>, 10302-10304 (2013).</li> <li>・Daisuke Kajiya and <u>Ken-ichi Saitow*</u>, "Investigation of attractive and repulsive interactions associated with ketones in supercritical CO<sub>2</sub>, based on Raman spectroscopy and theoretical calculations" <i>The Journal of Chemical Physics</i> <b>139</b>, 054509 (9page) (2013).</li> <li>・<u>Ken-ichi Saitow*</u> and Takuji Wakamiya, "130-fold Enhancement of TiO<sub>2</sub> Photocatalytic Activities by Ball Milling" <i>Applied Physics Letters</i> <b>103</b>, 031916 (5page) (2013).</li> </ul>

様式19 別紙1

	(掲載済みー査読無し) 計0件 (未掲載) 計0件
会議発表 計22件	<p>専門家向け 計21件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Masanori Sakamoto, Hironori Tamamitsu, <u>Ken-ichi Saitow</u> “Fluorescence-intensity enhancement of dye molecules by Si wire array”, The 10th Nano Bio Info Chemistry Symposium, 広島, 2013年12月</li> <li>・ <u>Ken-ichi Saitow</u> and Masanori Sakamoto, “Fluorescence-Intensity Enhancement of Dye Molecules by Si Microarray”, 2013 MRS Fall Meeting, Boston, 2013年12月</li> <li>・ Takumi Kitasako, <u>Ken-ichi Saitow</u>, “Hybrid Photovoltaic Composed of Si-nanoparticles and P3HT: Concentration Dependence of Si-nanoparticles”, The 9th Nano Bio Info Chemistry Symposium, 広島, 2013年12月</li> <li>・ <u>Ken-ichi Saitow</u>, Satoshi Miyazaki, “Si Quantum Dot with Giant Absorption Coefficient: 40-fold Larger than Bulk Si Realized by Pulsed Laser Ablation in Liquids”, E-MRS 2013 Spring Meeting, Strasbourg, 2013年5月</li> <li>・ Yunzi Xin, Kazushi Nishio, <u>Ken-ichi Saitow</u>, “Giant Fluorescence-intensity Enhancement as 7000-fold: Medusa-type Silver Nanoparticle Investigated by a Single Particle Spectroscopy and FDTD Calculations”, E-MRS 2013 Spring Meeting, Strasbourg, 2013年5月</li> <li>・ Daisuke Kajiya, Shuhei Ozawa, and <u>Ken-ichi Saitow</u>, “Addition of Si-nanocrystals into P3HT Film Causes Giant Enhancements of Hole Mobility and Carrier Density: Concentration Dependence of Si-nanocrystals”, E-MRS 2013 Spring Meeting, Strasbourg, 2013年5月</li> <li>・ 齋藤健一, 「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 太陽電池製作法の確立」FIRST EXPO 2014 「科学技術が拓く2030年」へのシナリオ, 2014年3月 東京</li> <li>・ 徳田 一真, 勝手 貴礼, 加治屋 大介, 齋藤 健一, “Si ナノワイヤーアレイを用いた有機無機ハイブリッド太陽電池の作製”, 2013年日本化学会春期年会, 名古屋, 2014年3月</li> <li>・ 加治屋 大介, 小金澤 智之, 齋藤 健一, “ラビングで作製した P3HT 配向膜の電荷移動度の増加”, 2013年日本化学会春期年会, 名古屋, 2014年3月</li> <li>・ 北迫 拓史, 齋藤健一, “高い吸光係数を持つSi量子ドット:レーザーアブレーション法による生成” 2013年日本化学会中国四国支部大会, 広島, 2013年11月</li> <li>・ 坂本全教, 玉光弘典, 齋藤健一 “シリコンワイヤーアレイ構造による蛍光強度増強効果の検討”, 2013年日本化学会中国四国支部大会, 広島, 2013年11月</li> <li>・ 徳田一真, 勝手貴礼, 加治屋大介, 齋藤健一, “シリコンナノワイヤーアレイを用いたハイブリッド太陽電池の作製”, 2013年日本化学会中国四国支部大会, 広島, 2013年11月</li> <li>・ 今西正義, 加治屋大介, 齋藤健一, “超臨界 CO<sub>2</sub> 中におけるカルボニル化合物の振動ラマン測定とその理論的解析:溶質ー溶媒間引力エネルギーの置換基効果”, 2013年日本化学会中国四国支部大会, 広島, 2013年11月</li> <li>・ Yunzi Xin, Kazushi Nishio, <u>Ken-ichi Saitow</u>, “Hybrid LED developed by Si-Quantum-Dot/Polymer with Blue Emission: High Current Density and Optical Power Density”, 第74回応用物理学会秋季学術講演会, 京都, 2013年9月</li> <li>・ 坂本全教, 玉光弘典, 齋藤健一, “シリコンワイヤーアレイの作製とそれを用いた蛍光強度増強”, 第74回応用物理学会秋季学術講演会, 京都, 2013年9月</li> <li>・ 加治屋大介, 小澤周平, 齋藤健一, “ラビングによる P3HT 薄膜の配向とキャリア輸送: 面外方向の移動度の増加と分子構造の相関”, 第74回応用物理学会秋季学術講演会, 京都, 2013年9月</li> <li>・ 今西正義, 加治屋大介, 齋藤健一, “振動ラマン分光による超臨界 CO<sub>2</sub> 中の溶質ー溶媒間引力エネルギー: ケトンより2倍強い引力エネルギーをもたらすエステル”第7回分子科学討論会 京都, 2013年9月</li> <li>・ 加治屋大介, 齋藤健一, “共鳴ラマン分光法によるラビングしたポリチオフェン薄膜の配向評価” 第62回高分子討論会, 金沢, 2013年9月</li> <li>・ Yunzi Xin, Kazushi Nishio, and <u>Ken-ichi Saitow</u>, “第5回日本化学会新領域研究グループ「液相高密度エネルギーナノ反応場」研究会” 東京, 2013年8月</li> <li>・ 齋藤健一, “無機ナノ構造体の生成と利用:超臨界流体と液相でのレーザーアブレーション”第6回日本化学会新領域研究グループ「液相高密度エネルギーナノ反応場」研究会, 札幌, 2013年8月</li> <li>・ 齋藤健一, “安価な材料で作製した発光増強基板と電場増強基板” 広島大学新技術説明会, 札幌, 2013年5月</li> </ul>

様式19 別紙1

	<p>一般向け 計1件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 齋藤健一, “ナノ物質を塗って作る LED と太陽電池” 広島大学学術講演会「NEXT 明日を拓く科学ー最先端・次世代研究開発支援プログラム」, 広島, 2014年3月</li> </ul>
図書 計0件	
産業財産権 出願・取得状況 計0件	<p>(取得済み) 計0件</p> <p>(出願中) 計0件</p>
Webページ (URL)	<p>広島大学大学院理学研究科(化学専攻)光機能化学研究室 <a href="http://home.hiroshima-u.ac.jp/saitow/">http://home.hiroshima-u.ac.jp/saitow/</a></p>
国民との科学・技術対話 の実施状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 広島大学学術講演会「NEXT 明日を拓く科学ー最先端・次世代研究開発支援プログラム」, 2014年3月7日, 広島大学(東広島キャンパス・ライブラリーホール), 一般市民50名程度, “ナノ物質を塗って作る LED と太陽電池” の講演を行った。</li> <li>・ オープンキャンパスならびに日本化学会夢化学21, 2013年8月7-8日, 広島大学, 高校生ならびに一般市民, 約150名, 最先端機器見学, 演示実験, 研究室見学を行った。</li> <li>・ スーパーサイエンスハイスクール事業による最先端機器の見学会, 2013年9月18-19日, 広島大学, 鳥取県立鳥取東高校の生徒ならびに教員, 20名, 最先端機器の見学会を行った。</li> </ul>
新聞・一般雑誌等掲載 計3件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ニュースリリース(広島大学) 簡便な方法で、従来の130倍高性能な光触媒の開発に成功! ~安価で高性能な光触媒作製技術の普及に期待~ <a href="http://www.hiroshima-u.ac.jp/top/koho_press/press/h2501-12/p_s81klj.html">http://www.hiroshima-u.ac.jp/top/koho_press/press/h2501-12/p_s81klj.html</a></li> <li>・ 受賞:日本化学会第94回春期年会(2014) 優秀講演賞(学術) ラビングで作製したP3HT 配向膜の電荷移動度の増加(広島大 N-BARD)加治屋 大介 <a href="http://www.csj.jp/nenkai/94haru/data/vol67-06_award.pdf">http://www.csj.jp/nenkai/94haru/data/vol67-06_award.pdf</a></li> <li>・ 受賞:The 10th Nano Bio Info Chemistry Symposium The Best Student Presentation Award Masanori Sakamoto, “Fluorescence-intensity enhancement of dye molecules by Si wire array” <a href="http://www.nabit.hiroshima-u.ac.jp/kagaku-sympo/2013/award.html">http://www.nabit.hiroshima-u.ac.jp/kagaku-sympo/2013/award.html</a></li> </ul>
その他	

4. その他特記事項

- 1) 当研究室の助教(広島大学自然科学研究支援開発センター 低温・機器分析部門 加治屋大介 博士)が, 名古屋で開催された日本化学会第94回春期年会において, 優秀講演賞(学術)を授与された。この賞は, 受賞年の4月1日時点で満36歳に達していない審査希望者に「優秀講演賞(学術)」を日本化学会会長名で表彰・授与される。今後の一層の研究活動発展の可能性を有すると期待されるものに対して贈呈され, 195件の中から39件が選考された。発表題目は以下の通り。「ラビングで作製したP3HT 配向膜の電荷移動度の増加」2014年3月
- 2) 当研究室の大学院生(広島大学大学院理学研究科化学専攻博士課程前期2年 坂本全教)が, 広島大学で開催された The 10th Nano Bio Info Chemistry Symposium において, The Best Student Presentation Award を受賞した。この賞は, 発表内容, プレゼンテーション, 質疑応答などにおいて, 最も優れた講演を行った学生に授与される。講演者発表題目は以下の通り。“Fluorescence-intensity enhancement of dye molecules by Si wire array “ 2013年12月

実施状況報告書(平成25年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されず

1. 助成金の受領状況(累計) (単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	122,000,000	116,380,000	5,620,000	0	0
間接経費	36,600,000	34,914,000	1,686,000	0	0
合計	158,600,000	151,294,000	7,306,000	0	0

2. 当該年度の収支状況 (単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	192,824	5,620,000	0	5,812,824	5,812,824	0	0
間接経費	58,500	1,686,000	0	1,744,500	1,744,500	0	0
合計	251,324	7,306,000	0	7,557,324	7,557,324	0	0

3. 当該年度の執行額内訳 (単位:円)

	金額	備考
物品費	2,585,804	ドライ真空ポンプ、特注ファイバー等
旅費	1,758,900	2013 MRS FALL MEETINGに出席等
謝金・人件費等	0	
その他	1,468,120	走査電子顕微鏡総合整備費等
直接経費計	5,812,824	
間接経費計	1,744,500	
合計	7,557,324	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
				0		
				0		
				0		