

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24年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

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高効率ナノ 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24年度>>
24年度の目的は以下2つであった。
「ナノ Si 白色発光デバイス」: 23年度までに、左図の流れを完成した。そして、本研究の基盤技術となる有機高分子を材料とした有機ELの作製と、その高効率化を行った。24年度は、有機EL研究で得たノウハウと白色発光ナノ Si を組み合わせてハイブリッドLEDを作製し、その発光強度の増加を図る。
「ナノ Si 太陽電池」: 23年度までに、左図の流れを完成し、本研究の基盤技術となる有機高分子を材料とした有機太陽電池の高変換効率化を行った。24年度は、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

上図の左(素子の作製)と右(素子の評価)の流れを23年度までの研究で確立させた結果、24年度から合計15種類の測定や行程を定常的に行えるようになった。そして、「ナノ Si 白色発光デバイス」と「ナノ Si 太陽電池」を作製のための条件探しと、高効率を生み出すメカニズムの研究を行った。

24年度での研究より得られた主な成果は、以下の通り。

「ナノSi白色発光デバイス」:

- ・白色発光するナノSiと高分子溶液にまぜて基板に塗布・乾燥し、プリンタブルなナノSi-LED (SiハイブリッドLED)を作製した。
- ・ハイブリッドLEDから、白色、青色、緑色の発光が観測された。
- ・既報の同等の研究の同条件と比べ、170倍大きい電流密度を示すLEDの開発に成功した。
- ・既報の同等の研究の同条件と比べ、発光強度は 300倍増加した。
- ・LEDの界面構造が、電流密度の増加に大きく影響した。
- ・成膜における溶媒と回転速度が、電流密度と発光強度に大きく影響した。

「ナノSi太陽電池」:

- ・ナノSiを高分子溶液にまぜて基板に塗布・乾燥し、プリンタブルなハイブリッド太陽電池を作製した。
- ・紫外、可視、近赤外の幅広い波長領域の光で発電し、変換効率は23年度より10倍程度増加した。
- ・ナノSiの表面状態とナノSiの濃度が、発電効率に大きく影響した。
- ・ハイブリッド化により、キャリア密度とキャリア移動度の大幅な増加が観測された。
- ・高分子の配向制御により、キャリア密度とキャリア移動度の大幅な増加が観測された。

「当該年度の目的以上の成果について」

- ・高感度EL発光量子収率装置を開発した。市販品では計測が困難である微弱な発光においても、高感度に量子効率を計測できるようになった。
- ・米国で開催された国際学会(MRS Fall meeting)での発表に反響があり、国際共同研究のきっかけが得られた。
- ・関連研究の受賞等があった(3件)。
- ・国内の研究会の発表がもとで、企業との共同研究のきっかけが得られた(4件)。
- ・走査型プローブ顕微鏡を導入し、ハイブリッド素子を構成するナノSiと高分子のモルフォロジーを観測できるようになった。また、表面清浄装置を導入し、電極表面を簡便にクリーニングできるようになり、さらに素子の効率も上昇した。

3. 研究発表等

雑誌論文 計 2 件	(掲載済み一査読有り) 計 2 件 <ul style="list-style-type: none"> ・Ken-ichi Saitow*, Yoshinori Okamoto, and Yohko F. Yano, “Fractal of Gold Nanoparticle Controlled by Ambient Dielectricity: Synthesis by Laser Ablation as a Function of Permittivity”, <i>The Journal of Physical Chemistry C</i> 116, 17252-17258 (2012). ・Shaoyu Wei, Ken-ichi Saitow*, “In situ Multipurpose Time-resolved Spectrometer for Monitoring Nanoparticle Generation in a High-pressure Fluid.”, <i>Review of Scientific Instruments</i> 83, 073110(8page) (2012). (掲載済み一査読無し) 計 0 件 (未掲載) 計 0 件
会議発表 計 18 件	専門家向け 計 17 件 <ul style="list-style-type: none"> ・ Shintaro Takahashi, Ken-ichi Saitow, “Visible-light active TiO₂ photocatalysis fabricated by mechanochemical method”, The 9th Nano Bio Info Chemistry Symposium, 広島, 2012 年 12 月 ・ Yunzi Xin, Ken-ichi Saitow, “Blue LED Developed by Si-Quantum-Dot/Polymer Hybrid Material: High Current Density and Optical Power Density”, The 9th Nano Bio Info Chemistry Symposium, 広島, 2012 年 12 月 ・ Takumi Kitasako, Ken-ichi Saitow, “Si quantum dot with large absorption coefficient: 40-times enhancement established by laser ablation synthesis”, The 9th Nano Bio Info

	<p>Chemistry Symposium, 広島, 2012年12月</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Takumi Kitasako, <u>Ken-ichi Saitow</u>, “Si Quantum Dot with Giant Absorption Coefficient: 40-fold Larger than Bulk Si Realized by Pulsed Laser Ablation in Liquids”, MRS 2012 Fall Meeting, ボストン, 2012年11月 ・ Hironori Tamamitsu, Hidemi Suemori, <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”, , MRS 2012 Fall Meeting, ボストン, 2012年11月 ・ Daisuke Kajiya, Shuhei Ozawa, <u>Ken-ichi Saitow</u>, “Giant Increases of P3HT Hole Mobility and Carrier Density: Si-Nanocrystal/P3HT Hybrid Film Shows 50-Fold and 80-Fold Enhancements”, MRS 2012 Fall Meeting, ボストン, 2012年11月 ・ <u>K. Saitow</u>, H. Suemori, H. Tamamitsu, “Significant Fluorescence-intensity Enhancement by Silicon: Enhancement Effect Studied by a Single Particle Spectroscopy” MRS 2012 Fall Meeting, ボストン, 2012年11月 ・ H. Tamamitsu, H. Suemori, <u>K. Saitow</u>, “Experiment and FDTD calculation on significant fluorescence-intensity enhancement by Medusa-type noble metal nanostructure”, International Conference on The Nanostructure-Enhanced Photo-Energy Conversion (Yamada Conference LXVI), 東京, 2012年6月 ・ <u>K. Saitow</u>, H. Suemori, H. Tamamitsu, “Significant metal-enhanced fluorescence due to a single Medusa-nanoparticle prepared by pulsed laser ablation in supercritical fluid”, The 2nd Conference on Laser Ablation and Nanoparticle Generation in Liquids (ANGEL 2012) 2012年5月 Taormina(Italy) ・ 玉光弘典, 末盛秀美, <u>齋藤健一</u>, “増強度 7000 の蛍光強度増強の観測と FDTD 法による解析 -メデューサ型銀ナノ粒子による巨大な電場増強-”, 2012 年秋季 第 73 回応用物理学会学術講演会, 愛媛, 2012 年 9 月 ・ 加治屋大介, 小澤周平, <u>齋藤健一</u>, ”Si 微結晶の混合による P3HT 膜の移動度の増加“, 2012 年秋季 第 73 回応用物理学会学術講演会, 愛媛, 2012 年 9 月 ・ 加治屋大介, 小澤周平, <u>齋藤健一</u>, “T_g 付近での熱処理で発現した MEH-PPV 膜のキャリア移動度の増加” 第 61 回高分子討論会, 名古屋, 2012 年 9 月 ・ 北迫拓史, <u>齋藤健一</u>, “パルスレーザーアブレーション法により生成した Si 量子ドットの吸収スペクトルと吸光係数”, ナノ学会第 10 回大会, 大阪, 2012 年 6 月 ・ 高橋慎太郎, 若宮与二, <u>齋藤健一</u>, “メカノケミカル法による可視光応答 TiO₂ ナノ粒子の創製”, ナノ学会第 10 回大会, 大阪, 2012 年 6 月 ・ 孫 華, <u>齋藤 健一</u>, “Fabrication of silicon nanoparticle by ball milling method”, ナノ学会第 10 回大会, 大阪, 2012 年 6 月 ・ 玉光 弘典, 末盛 秀美, <u>齋藤 健一</u>, “メデューサ型金属ナノ構造体による巨大発光増強の測定と解析”, ナノ学会第 10 回大会, 大阪, 2012 年 6 月 ・ 宮崎聡, <u>齋藤健一</u>, “Si ナノ粒子を用いた有機/無機ハイブリッド太陽電池の研究”, 第 2 回 有機太陽電池ワークショップ, 石川, 2013 年 1 月 <p>一般向け 計 1 件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>齋藤健一</u>, “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—最先端・次世代研究開発支援プログラム」, 広島, 2012 年 11 月
<p>図書 計 0 件</p>	
<p>産業財産権 出願・取得状 況 計 1 件</p>	<p>(取得済み) 計 0 件</p> <p>(出願中) 計 1 件 発光増強基板及び発光素子 <u>齋藤健一</u>, 末盛秀美, 広島大学, 特願 2012-174848, 2012 年 8 月 7 日, 国内 出願番号: 特願 2012-174848</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<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 http://home.hiroshima-u.ac.jp/saitow/</p>

様式19 別紙1

<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・広島大学学術講演会「NEXT 明日を拓く科学－最先端・次世代研究開発支援プログラム」, 2012年11月3日, 広島大学, 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。その際に, 作製したデバイスの回覧を行った。 ・最先端機器の見学会, 2012年7月12日, 広島大学, 広島県立安佐北高等学校の生徒ならびに教員, 16名。最先端機器の見学会を行い, ナノ物質科学研究の最前線を紹介した。 ・オープンキャンパスならびに日本化学会夢化学21, 2012年8月7日-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。 ・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, 2012年9月24日-25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い, ナノ物質科学研究の最前線を紹介した。 ・オレンブルグ大学副学長等のラボツアーにおける最先端機器の見学会, 2012年12月10日, 5名, 最先端機器の見学会を行い, 物質科学研究の最前線を紹介した。
<p>新聞・一般雑誌等掲載計0件</p>	
<p>その他</p>	

4. その他特記事項

- 1) 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 辛 韵子)が, 広島大学で開催された The 9th Nano Bio Info Chemistry Symposium において, Student Presentation Award を受賞した。発表題目は以下の通り。“Blue LED Developed by Si-Quantum-Dot/Polymer Hybrid Material: High Current Density and Optical Power Density “ 2011年12月11日。
- 2) 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, 米国ボストンで開催された2012 MRS Fall Meeting において, MRS Best Poster Award Nominee に選出された。発表題目は以下の通り。“Giant Increases of P3HT Hole Mobility and Carrier Density:Si-Nanocrystal/P3HT Hybrid Film Shows 50-Fold and 80-Fold Enhancements” 2011年11月。
- 3) 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1年 北迫拓史)が, 米国ボストンで開催された2012 MRS Fall Meeting において, MRS Best Poster Award Nominee に選出された。発表題目は以下の通り。“Si Quantum Dot with Giant Absorption Coefficient: 40-fold Larger than Bulk Si Realized by Pulsed Laser Ablation in Liquids” 2011年11月。

実施状況報告書(平成24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	96,880,000	19,500,000	5,620,000	0
間接経費	36,600,000	29,064,000	5,850,000	1,686,000	0
合計	158,600,000	125,944,000	25,350,000	7,306,000	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	11,060,706	19,500,000	0	30,560,706	30,367,882	192,824	0
間接経費	3,317,000	5,850,000	0	9,167,000	9,108,500	58,500	0
合計	14,377,706	25,350,000	0	39,727,706	39,476,382	251,324	0

3. 当該年度の執行額内訳 (単位:円)

	金額	備考
物品費	28,000,299	走査型プローブ顕微鏡, 実験試薬等
旅費	1,755,270	研究成果発表旅費(MRS FALL MEETING)等
謝金・人件費等	0	
その他	612,313	英文校正, 運搬費等
直接経費計	30,367,882	
間接経費計	9,108,500	
合計	39,476,382	

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
連続フロー型光学 測定用クライオス	OPTISTATCF	1	3,599,978	3,599,978	2012/4/10	広島大学
アクションスベクト ル測定装置	SM-100-30AC型	1	5,560,275	5,560,275	2012/4/17	広島大学
EASY-GTM 80CC タングステンカーバ	PREMIUM LINE P-7用	1	830,000	830,000	2012/10/11	広島大学
走査型プローブ顕 微鏡	(株)島津製作所 製	1	8,998,500	8,998,500	2012/10/24	広島大学
コンパクトND:YAG レーザー	INDI40-10-HT-W	1	3,195,990	3,195,990	2012/12/13	広島大学
UVオゾンクリー ナーPLUS	PC450	1	798,000	798,000	2013/1/17	広島大学
真空プラズマ装置	FEMTO SCIENCE 製 型式:CUTE-	1	1,390,200	1,390,200	2013/2/21	広島大学