

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21605007

研究課題名（和文） 高度に結晶化した有機無機ナノ構造体の構築と太陽光発電用透明導電膜への展開

研究課題名（英文） Construction of highly crystallized organic/inorganic nanostructures and development as transparent conducting films for photovoltaics

研究代表者

佐川 尚 (SAGAWA TAKASHI)

京都大学・エネルギー理工学研究所・准教授

研究者番号：20225832

研究成果の概要（和文）：光電変換特性に優れたスズドープ酸化インジウム（ITO）フリー高性能太陽電池を組み立てるための新しい透明導電膜の設計とさらなる最適化を検討した。異種元素 Li がドープされた酸化亜鉛（ZnO）ナノロッドアレイからなる無機透明導電膜の作製と、ZnO 表面への低分子有機色素の単分子膜固定化、および導電性ポリマーであるポリ（3-ヘキシルチオフェン）P3HT と組合せたハイブリッド型有機太陽電池の組み立てと評価を実施した。その結果、Li ドープによる電流密度と開放電圧の増大による、変換効率の 1.5 倍の向上を確認し、分子配向のそろった単分子色素の導入による開放電圧の倍増と、近赤外領域のモル吸光係数が大きな色素の導入による電流密度の 4 倍増を達成した。ZnO のみならず、ポルフィリン/フラーレンあるいは P3HT または酸化チタンからなる一次元ナノアッセンブリー構築も行い、分散状態と対比して、一次元ナノ構造をとることによる高効率キャリアパス形成を実現した。

研究成果の概要（英文）：Materials design and optimization of novel transparent conducting film for construction of ITO-free and highly efficient photovoltaic cells have been performed. Preparation of inorganic transparent conducting film made of Li-doped zinc oxide (ZnO) nanorod arrays, single molecular fixation of low-molecular organic dyes on the surface of the ZnO, and assembly and evaluation of hybrid organic photovoltaics in the combination with conducting polymer of poly(3-hexylthiophene) (P3HT) have been investigated. It was confirmed that the Li-doping resulted 1.5 times improvement of power conversion efficiency (PCE) through the enhancement of the current density and the open circuit voltage. It was also found that introduction of the highly oriented single molecular layer brought doubled open circuit voltage and introduction of the dye with large molecular absorption coefficient in the near infrared region caused 4 times increment of the current density. Not only ZnO, but one-dimensional nanoassemblies composed of porphyrin/fullerene and P3HT or titanium oxide have also been designed and succeeded to form highly efficient carrier pass as compared with that of the dispersed state.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：時限

科研費の分科・細目：元素戦略

キーワード：太陽電池、高効率太陽光発電材料・素子、ナノ材料、超薄膜、有機分子デバイス、インジウム、酸化亜鉛、酸化チタン

### 1. 研究開始当初の背景

In は原料価格の高騰（2007年現在 700-800 米ドル/kg）、枯渇（最短で 2011 年という予測）を避けるために、リサイクルの動きも活発化しているが、別途、In 代替となり得る新しい素材の開拓が望まれている。とりわけ、Sn ドープ  $\text{In}_2\text{O}_3$  (ITO) 代替透明導電膜には、F（または Sb）ドープ  $\text{SnO}_2$  (FTO)、Al（または Ga）ドープ  $\text{ZnO}$  (AZO)、あるいは Nb（または Ta）ドープ  $\text{TiO}_2$  (NTO) が開発されてきた。FTO と NTO は ITO よりも高抵抗（0.5  $\text{m}\Omega\text{cm}$ ）であるものの、耐熱性や化学的安定性に優れている。一方、AZO は ITO と同じ抵抗率 0.2  $\text{m}\Omega\text{cm}$  であるが、化学的には、他の二つ（FTO と NTO）よりも不安定である。一方、透明性に関しては、スパッタ法などの成膜法により変化するものの、大まかには可視光透過率 60~80%程度である。このように抵抗率や透過率に関しては、ITO 代替透明導電膜開発はすでに確立しているように思えるが、フラットパネルディスプレイ（FPD）や太陽電池の各種デバイスへ適用するためには、表面の平滑性（粗さ）、バンドギャップ、屈折率（集光性、光閉じ込め効果）、機械的な柔軟さ、作製プロセスの簡便さなどが要求され、とくに高いキャリア密度（キャリア：電荷分離（または再結合）する前の励起した電子と正孔のペア）と、高いキャリア移動度の獲得が重要であるが、これらの課題は未だ解決されていない。

### 2. 研究の目的

透明導電膜 ITO 代替となり得る、ユビキタス元素 Zn（亜鉛）、Ti（チタン）あるいは C（炭素）を使用した結晶化度の高い一次元ナノ構造体からなる新しい透明導電膜の開発を行い、それを光電変換デバイスへ適用して太陽光発電の高性能化を実現することを目的とする。

### 3. 研究の方法

（2009 年度）水熱合成法と液相蒸着（Liquid Phase Deposition: LPD）法の改良により、酸化亜鉛  $\text{ZnO}$  ナノロッドからなる新規無機透明導電膜を製作する。また、ドナー成分としてのポルフィリンとアクセプター成分としてのフラーレン、または P3HT のみから構成される一次元ナノアセンブリーキャリアパ

スを設計し、有機材料の透明導電膜をつくる。

（2010 年度）前年度に作製した透明導電膜の導電性、透過率、キャリア密度、キャリア移動度の評価および太陽電池の組立てを実施する。とくにキャリア移動度と寿命を測定するための Photo-induced Charge Carrier Extraction in a Linearly Increasing Voltage (Photo-CELIV)法に改良を加えて確立する。

（2011 年度）LPD 法、ドーパント条件および一次元ナノアセンブリー設計の見直し（フィードバック）をする。

### 4. 研究成果

(1) 酢酸亜鉛をガラス基板にシーディングし、硝酸亜鉛を含むアルカリ溶液を加温すると、シードの上に酸化亜鉛  $\text{ZnO}$  ナノロッドが形成されることを明らかにした。さらに、硝酸亜鉛濃度と塩基性度および加温時の温度調整を詳細に検討した結果、ナノロッドの太さ（直径）とロッド長および充填密度が制御できることを見出した（図 1）。

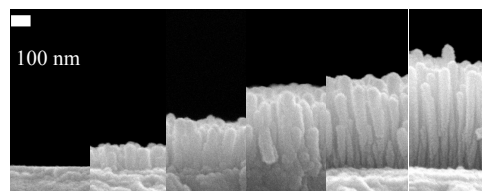


図 1 種々の長さの  $\text{ZnO}$  ナノロッドアレイ

(2) 異種元素 Li がドープされたナノロッドからなる新規無機透明導電膜を製作した。

(3) ルテニウムビピリジン錯体系色素、クマリン系色素、インドリン系色素、およびスクアリウム系色素を単分子状に  $\text{ZnO}$  ナノロッド表面に吸着させた新しい透明導電膜を作製した（図 2）。

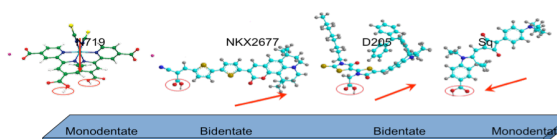


図 2  $\text{ZnO}$  表面への色素の固定化

(4) 結晶化度の高いC含有の有機薄膜として、のポルフィリン (p型) とフラーレン (n型) を組合せた種々のナノアッセムブリ構築を試み、これまでに、針状、ファイバー状、あるいはミセル状で、高度な分子配向性をもつ分子集合体の構築を実現した (図3)。

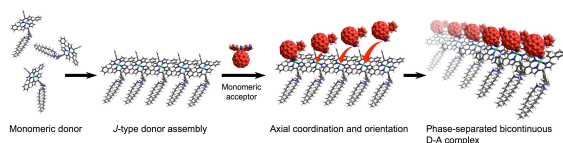


図3 ポルフィリン/フラーレンの一次元ナノアッセムブリ

(5)電界紡糸法により、ドナー性 (p型) で立体規則性 {regioregularity (rr)} の高いポリ (3-ヘキシルチオフェン) (rr-P3HT) からできたナノファイバー状マット構築に成功した。さらに、紡糸特性の高いポリビニルピロリドンとチタニウムテトライソプロポキシドを混合した原液の電界紡糸と、その後の水和と縮合、および焼成操作により、アナターゼ型酸化チタンのナノファイバーを作製することに成功した (図4)。

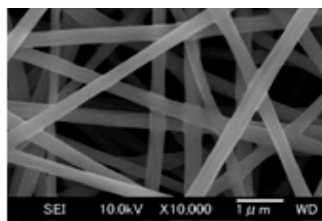


図4 酸化チタンナノファイバー

(6) 透過率、光電子分光スペクトル、表面ぬれ性、拡散反射赤外分光スペクトルなどを計測して薄膜の物性を評価した。作製した材料を用いたポリマーハイブリッドセルを組み立て、光電流および暗電流に関して電流-電圧特性を評価した。シングルダイオードモデルを適用した整流特性に関する検討や、光捕集特性 (分光感度特性)、あるいは仕事関数からのデバイス特性を評価した。また、光電変換セルとして組み立てた種々のデバイスに一定のバイアスを掛け、ある時間周期 (100マイクロ秒程度) でバイアスに載る電荷量を遅延時間の長短で変化させ、その電荷量の減衰を計測する Photo-CELIV 法に関して、遅延時間、光強度、バイアス電圧を可変して計測し、キャリア移動特性としての移動度や寿命を評価した。その結果、有機色素による ZnO の表面修飾は、界面ダイポール効果、空間電荷層の制御、界面エネルギー障壁の低減をもたらし、電荷移動の促進と界面におけるバンドベンディングが実現可能であることがわかった。また、ポルフィリン/フラーレンの

一次元ナノアッセムブリは、分散状態と比較して、著しく高効率のエネルギー移動 (ほぼ 100%) を可能とすることがわかった。一方、電界紡糸した P3HT や酸化チタンは、高効率のホールや電子のキャリアパスとして、セル特性の向上に大きく寄与することが判明した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 13 件)

- (1) 佐川 尚, ナノ構造酸化物を用いた有機薄膜太陽電池の高効率化, 表面技術, 査読無, 63 巻, 2012, 86-89
- (2) Surawut Chuangchote, Takashi Sagawa, Susumu Yoshikawa, Indium Tin Oxide Nanofibers and Their Applications for Dye-Sensitized Solar Cells, ECS Transactions, 査読有, 41 巻, 2011, 223-229, DOI: 10.1149/1.3629970
- (3) Pipat Ruankham, Lea Macaraig, Takashi Sagawa, Hiroyuki Nakazumi, Susumu Yoshikawa, Surface Modification of ZnO Nanorods with Small Organic Molecular Dyes for Polymer-Inorganic Hybrid Solar Cells, The Journal of Physical Chemistry C, 査読有, 115 巻, 2011, 23809-23816, DOI: 10.1021/jp204325y
- (4) Lea Macaraig, Takashi Sagawa, Susumu Yoshikawa, Self-Assembly Monolayer Molecules for the Improvement of the Anodic Interface in Bulk Heterojunction Solar Cells, Energy Procedia, 査読有, 9 巻, 2011, 283-291, DOI: 10.1016/j.egypro.2011.09.030
- (5) Pipat Ruankham, Takashi Sagawa, Hiroshi Sakaguchi, Susumu Yoshikawa, Vertically aligned ZnO nanorods doped with Li for polymer solar cell: Defect related photovoltaic properties, Journal of Materials Chemistry, 査読有, 21 巻, 2011, 9710-9715, DOI: 10.1039/c0jm04452k
- (6) 佐川 尚, 有機太陽電池の材料開発とデバイス設計, ケミカルエンジニアリング, 査読無, 56 巻, 2011, 38-42
- (7) Yueh-Tsung Tsai, Kensuke Goto, Osamu Yoshikawa, Shogo Mori, Takashi Sagawa, Susumu Yoshikawa, Charge Transporting Properties and Output Characteristics in Polythiophene:Fullerene Derivative Solar Cells, Japanese Journal of Applied Physics, 査読有, 50 巻, 2011, 01BC13/1-4, DOI:10.1143/JJAP.50.01BC13
- (8) Surawut Chuangchote, Pipat Ruankham, Takashi Sagawa, Susumu Yoshikawa,

- Improvement of Power Conversion Efficiency in Organic Photovoltaics by Slow Cooling in Annealing Treatment, Applied Physics Express, 査読有, 3 巻, 2010, 122302/1-3, DOI: 10.1143/APEX.3.122302
- (9) Surawut Chuangchote, Michiyasu Fujita, Takashi Sagawa, Hiroshi Sakaguchi, Susumu Yoshikawa, Control of Self Organization of Conjugated Polymer Fibers, ACS Applied Materials & Interfaces, 査読有, 2 巻, 2010, 2995-2997, DOI: 10.1021/am1008198
- (10) Hirokuni Jintoku, Takashi Sagawa, Tsuyoshi Sawada, Makoto Takafuji, Hiroataka Ihara, Versatile Chiroptics of Peptide-Induced Assemblies of Metalloporphyrins, Organic & Biomolecular Chemistry, 査読有, 8 巻, 2010, 1344-1350, DOI: 10.1149/1.3211840
- (11) Patcharee Charoensirithavorn, Yuhei Ogomi, Takashi Sagawa, Shuzi Hayase, Susumu Yoshikawa, Improvement of Dye-Sensitized Solar Cell through TiCl<sub>4</sub> Treated TiO<sub>2</sub> Nanotube Arrays, Journal of the Electrochemical Society, 査読有, 157 巻, 2010, B354-B356, DOI: 10.1149/1.3280229
- (12) Patcharee Charoensirithavorn, Yuhei Ogomi, Takashi Sagawa, Shuzi Hayase, Susumu Yoshikawa, Effect of Heat-Treatment on Electron Transport Process in TiO<sub>2</sub> Nanotube Arrays Prepared Through Liquid Phase Deposition for Dye-Sensitized Solar Cells, Journal of the Electrochemical Society, 査読有, 156 巻, 2009, H803-H807, DOI: 10.1149/1.3211840
- (13) Thitima Rattavoravipa, Takashi Sagawa, Susumu Yoshikawa, Hybrid Bulk Heterojunction Solar Cells with Anatase Titanium Dioxide Nanotubes Arrays from Liquid Phase Deposition Using ZnO Template, ECS Transactions, 査読有, 16 巻, 2009, 11-15, DOI: 10.1149/1.3115517
- [学会発表] (計 43 件)
- (1) ルンカム ピパット, 佐川 尚, 吉川 暹, ポリ (3-ヘキシルチオフェン) / 酸化亜鉛ハイブリッド太陽電池のキャリア移動特性, 2012 年春季第 59 回応用物理学関係連合講演会, 平成 24 年 3 月 15 日-18 日, 早稲田大学
- (2) 佐川 尚, 有機太陽電池の材料設計と素子構造評価の基本的な考え方, 第 2 回 PHOENICS 国際シンポジウム (招待講演), 2012. 3. 5, 熊本大学
- (3) 佐川 尚, 有機薄膜太陽電池の高効率化と長寿命化を目指した材料開発とデバイス設計, 愛知県科学技術交流財団「 $\pi$ 共役系有機エレクトロニクス材料の開発・応用に関する研究会」・電気学会東海支部「有機電子デバイスの最適化を目指した学際的フォーラム」(招待講演), 2012. 2. 22, 名古屋大学
- (4) Takashi Sagawa, Future Power of Plastic Solar Cells for Zero-CO<sub>2</sub> Emission Society, EcoDesign, 30 November-02 December 2011, Kyoto
- (5) Pipat Ruankham, Lea Macaraig, Takashi Sagawa, Hiroyuki Nakazumi, Susumu Yoshikawa, Small Organic Molecular Dyes Modification onto ZnO Nanorods Surface for Polymer-Inorganic Hybrid Solar Cells, 2011 Materials Research Society (MRS) Fall Meeting, 28 November-02 December 2011, Boston, U.S.A.
- (6) Surawut Chuangchote, Takashi Sagawa, Hiroshi Sakaguchi, Susumu Yoshikawa, High Hole-Mobility Poly(3-hexylthiophene) Nanofibers Fabricated by Electrospinning for Nanostructured Solar Cells, 2011 Materials Research Society (MRS) Fall Meeting, 28 November-02 December 2011, Boston, U.S.A.
- (7) Jae-hyeong Lee, Takashi Sagawa, Susumu Yoshikawa, Optimization of Bulk Heterojunction for Highly Efficient Spray Coated Polymer Solar Cells, Taiwan Association for Coatings and Thin Films Technology (TACT 2011) International Thin Films Conference, 20-23 November 2011, Kenting, Taiwan
- (8) Surawut Chuangchote, Taro Sonobe, Takashi Sagawa, Susumu Yoshikawa, Electrospun TiO<sub>2</sub> Nanofibers Composed of Bundle of Aligned Nanofibrils: Fabrication, Structural and Photoelectronic Properties, Taiwan Association for Coatings and Thin Films Technology (TACT 2011) International Thin Films Conference, 20-23 November 2011, Kenting, Taiwan
- (9) 佐川 尚, 有機薄膜太陽電池の材料、デバイスの開発と高効率化技術, 情報機構セミナー(招待講演), 2011. 10. 21, タワーホール船堀 (東京)
- (10) Surawut Chuangchote, Takashi Sagawa, Susumu Yoshikawa, Indium Tin Oxide Nanofibers and Their Applications for Dye-Sensitized Solar Cells, 220th ECS Meeting and Electrochemical Energy Summit, 09-14 October 2011, Boston, U.S.A.
- (11) Lea Macaraig, Takashi Sagawa, Hiroshi

- Sakaguchi, Susumu Yoshikawa, Self-assembly Monolayer Molecules for the Improvement of the Anodic Interface in Bulk Heterojunction Solar Cells, 9th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (EMSES 2011), 25-28 May 2011, Chiang Rai, Thailand
- (12) Pipat Ruankham, Takashi Sagawa, Hiroshi Sakaguchi, Susumu Yoshikawa, Dye-modification of Zinc Oxide Nanorods for Hybrid Solar Cells Based on Poly(3-hexylthiophene), 9th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (EMSES 2011), 25-28 May 2011, Chiang Rai, Thailand
- (13) Jae-hyeong Lee, Takashi Sagawa, Hiroshi Sakaguchi, Susumu Yoshikawa, Efficiency Enhancement by an Additional Solvent Deposition in Spray Coated Polythiophene/Fullerene Bulk Heterojunction Solar Cells, 9th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (EMSES 2011), 25-28 May 2011, Chiang Rai, Thailand
- (14) 李 在衡, 佐川 尚, 坂口浩司, 吉川 暹, 種々のポリチオフェン/フラーレン薄膜の作成とセル特性評価, 第60回高分子学会年次大会, 平成23年5月25日-27日, 大阪国際会議場
- (15) Takashi Sagawa, Naoki Fujisawa, Susumu Yoshikawa, Control of Nanomorphology and Charge Transportation of Polymer Solar Cell by Thermal Annealing and Liquid Additive, 2011 Materials Research Society Spring Meeting, 25-29 April 2011, San Francisco, U.S.A.
- (16) Jae-hyeong Lee, Takashi Sagawa, Hiroshi Sakaguchi, Susumu Yoshikawa, Efficiency Enhancement by An Additional Solvent Deposition in Spray Coated OSCs, 2011 Materials Research Society Spring Meeting, 25-29 April 2011, San Francisco, U.S.A.
- (17) Surawut Chuangchote, Takashi Sagawa, Susumu Yoshikawa, Electrospun TiO<sub>2</sub> Nanofibers for Organic-inorganic Hybrid Photovoltaic Cells, 2011 Materials Research Society Spring Meeting, 25-29 April 2011, San Francisco, U.S.A.
- (18) 佐川 尚, 有機/無機一次元ナノ材料の設計と光・電子物性評価, 熊本大学・熊本県合同シンポジウム「有機エレクトロニクス」の近未来」(招待講演), 2011. 3. 7, 熊本大学工学部
- (19) 佐川 尚, 有機薄膜太陽電池の電極、ドナー/アクセプター材料の開発とデバイス設計およびキャリア輸送特性評価, 財団法人科学技術交流財団「有機半導体の基礎科学と有機太陽電池への応用に関する研究会」(招待講演), 2011. 1. 28, 分子科学研究所
- (20) Surawut Chuangchote, Michiyasu Fujita, Takashi Sagawa, Hiroshi Sakaguchi, Susumu Yoshikawa, Control of Self Organizing Properties of Polythiophene by Nanostructured Confinement, 2010 Materials Research Society Fall Meeting, 28 Nov-04 Dec 2010, Boston, U.S.A.
- (21) Takashi Sagawa, Susumu Yoshikawa, Conductive Network of Nanostructured Metal Oxides and/or Polymers for Organic Photovoltaics, 2010 Materials Research Society Fall Meeting, 28 Nov-04 Dec 2010, Boston, U.S.A.
- (22) Surawut Chuangchote, Michiyasu Fujita, Takashi Sagawa, Susumu Yoshikawa, Electrospun Polythiophene Nanofibers and Their Applications for Organic Solar Cells, 2010 Materials Research Society Fall Meeting, 28 Nov-04 Dec 2010, Boston, U.S.A.
- (23) Pipat Ruankham, Takashi Sagawa, Joachim H. G. Steinke, Hiroshi Sakaguchi, Susumu Yoshikawa, Improvement in Electrical Property of ZnO Nanorod via Li Incorporation and Its Photovoltaic Application, Electrochem 2010: Electrochemistry & Sustainability, 14-15 Sep 2010, Telford, UK
- (24) Michiyasu Fujita, Surawut Chuangchote, Susumu Yoshikawa, Hiroshi Sakaguchi, Joachim H. G. Steinke, Takashi Sagawa, Fabrication of Electrospun Poly(3-hexylthiophene) Nanofibers, Electrochem 2010: Electrochemistry & Sustainability, 14-15 Sep 2010, Telford, UK
- (25) 佐川 尚, 一次元有機/無機ナノ材料を用いた光電変換デバイスの開発, 日本学術振興会第142委員会C部会研究会(招待講演), 2010. 9. 3, 京都大学宇治キャンパス
- (26) 佐川 尚, 有機薄膜太陽電池の作製技術と評価方法, 応用物理学会・結晶工学分科会研究会「これからはじめる太陽電池-基礎から課題まで-」(招待講演), 2010. 7. 2, 京都テルサ 大会議室
- (27) Yueh-Tsung Tsai, Kensuke Goto, Osamu Yoshikawa, Shogo Mori, Tatsuya Fukushima, Hironori Kaji, Takashi Sagawa, Susumu Yoshikawa, Effect of the Thickness of Hole Transporting Layer and Active Layer in Polythiophene : Fullerene Solar Cells, The 3rd International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO

- 2010), 22-25 June 2010, Toyama International Conference Center, Toyama
- (28) Surawut Chuangchote, Pipat Ruankham, Takashi Sagawa, Susumu Yoshikawa, Improvement of Power Conversion Efficiency in Organic Photovoltaics by Slow Cooling in Annealing Treatment, The 3rd International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2010), 22-25 June 2010, Toyama International Conference Center, Toyama
- (29) 佐川 尚, 有機物を利用した太陽電池のナノ構造と特性, 日本学術振興会分子系の複合電子機能第181委員会研究開発専門委員会「ナノ物質量子相の科学」(招待講演), 平成22年4月23日-24日, 国際高等研究所
- (30) Surawut Chuangchote, Michiyasu Fujita, Takashi Sagawa, Susumu Yoshikawa, Poly(3-hexylthiophene) Nanofibers Fabricated by Electrospinning and Their Optical Properties, 2010 Materials Research Society Spring Meeting, 05-09 April 2010, San Francisco, U.S.A.
- (31) 佐川 尚, 吉川 暹, 高分子太陽電池のバルクヘテロ接合の設計と光電流特性, 日本化学会第90春季年会, 2010.3.26, 近畿大学本部キャンパス
- (32) 藤澤直樹, 吉川 整, 佐川 尚, 吉川 暹, 付加物を添加して成膜したポリマー/フラーレンバルクヘテロ接合太陽電池の電荷輸送特性評価, 2010年春季第57回応用物理学関係連合講演会, 2010.3.18, 東海大学 湘南キャンパス
- (33) 佐川 尚, 太陽電池の現状と有機太陽電池の可能性, 材料学会関西支部 第4回若手シンポジウム～環境を創造する材料科学～, 2009.12.4, アーブしが
- (34) 佐川 尚, 有機太陽電池の開発動向: 材料開発とデバイス設計および評価方法の検討, 平成21年度応用物理学会関西シンポジウム「材料・デバイスが拓く創エネルギー技術の新展開」応用物理学会関西支部, 2009.11.16, 株式会社 島津製作所 関西支社マルチホール
- (35) 佐川 尚, 有機薄膜太陽電池の高効率化に向けて～新しい素子構造の設計と材料開発, PV Japan 2009 アカデミアリレートーク, 2009.6.24, 幕張メッセ展示会場6ホール
- (36) Takashi Sagawa, Self-Organization of Organic Molecules on the Nanostructured Semiconducting Electrode for Organic Solar Cells, 4th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials (EAS4), 2009.6.5, International House,

Osaka

〔図書〕(計2件)

- (1) 佐川 尚, 情報機構, 有機デバイスおよび材料の耐久性向上および長寿命化に向けた最新技術資料集 (2011) 11
- (2) Takashi Sagawa, Makoto Takafuji, Hiroataka Ihara, American Scientific Publishers, Bottom-up Nanofabrication: Supramolecules, Self-assemblies, and Organic Films, Self-Assemblies II, Volume 4 (Chapter 2), (2009) 11

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

<http://kyouindb.iimc.kyoto-u.ac.jp/view/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

佐川 尚 (SAGAWA TAKASHI)

京都大学・エネルギー理工学研究所・准教授  
研究者番号: 20225832

(2)研究分担者

吉川 暹 (YOSHIKAWA SUSUMU)

京都大学・エネルギー理工学研究所・非常勤  
研究員  
研究者番号: 60324703

(3)連携研究者

該当者なし (—)

研究者番号: