

自己評価報告書

平成 23 年 4 月 30 日現在

機関番号：13302

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2008～2012

課題番号：20108012

研究課題名（和文）高次 π 空間形成を利用した高性能有機デバイスの構築研究課題名（英文）Fabrication of high performance organic devices based on π -space formation

研究代表者

村田 英幸 (MURATA HIDEYUKI)

北陸先端科学技術大学院大学・マテリアルサイエンス研究科・教授

研究者番号：10345663

研究分野：化学

科研費の分科・細目：材料化学・機能材料、デバイス

キーワード：有機薄膜太陽電池、有機 EL 素子、光誘起誘電率変化

1. 研究計画の概要

本研究の目的は、ポルフィリン誘導体およびフラーレン誘導体の示す高次 π 空間構造を有機デバイスへと実際に導入し、高性能な有機デバイスを実現することにある。具体的には、膜厚 100nm の薄膜中で p 型材料と n 型材料が基板に対して垂直方向に段階的に相分離した濃度傾斜構造を形成する。得られた相分離構造を有機薄膜太陽電池の電荷分離層として導入し素子特性に及ぼす影響を評価する。本研究の研究過程は大きく 3 つのステージに分けられる。

第一に、有機電子デバイスで標準的に用いられている透明電極 (ITO) 表面上に、各種の有機分子を化学的に結合させることで ITO 電極の表面自由エネルギーを制御する。親水性や疎水性の制御および表面の永久双極子の大きさの違いによって有機薄膜中の相分離構造がどのような影響を与えるかを検証する。第二に表面修飾した ITO 表面が、有機デバイスに用いる有機薄膜中の相分離構造といったモルフォロジー変化に及ぼす影響を明らかにする。特に、各種ポルフィリン誘導体とフラーレン誘導体の π 電子相互作用を利用した高次構造の形成を薄膜中で実現することを試みる。

第三に、モルフォロジー制御した薄膜を有機薄膜太陽電池へと実際に応用し、電極界面制御が素子特性に及ぼす影響を明らかにする。本研究を通じて、領域内で提案された材料群の中から高効率な有機デバイスに最適な材料系を見出すことを目指す。

2. 研究の進捗状況

平成 22 年度までに、本研究で得られた主な成果は、以下の 3 点である。

(1) 有機薄膜太陽電池の安定性向上と開放電

圧制御 (2) エレクトロスピンニング法による高分子ナノファイバーの作製と評価 (3) 光誘起電荷分離物質を用いた光誘起誘電率変化の発現。具体的には、(1) の有機薄膜太陽電池に関して、自己組織化単分子膜 (SAMs) で表面処理を行った ITO 基板を用いたバルクヘテロ型太陽電池では SAMs の挿入によって素子の安定性が向上することを見出した。また、レジオレギュラリティの高い Poly(3-hexyl thiophene) (P3HT) とランダムな P3HT を混合したドナー材料に対して、アクセプター材料 (PCBM) を添加したバルクヘテロ型太陽電池では、ランダム P3HT の添加によって開放電圧が増加する事を見出した。(2) に関しては、エレクトロスピンニング法によって作製した共役系高分子を延伸配向する事によって、高度に配向した分子鎖が実現され導電率が 2 桁以上向上する事を見出した。また (3) に関しては、安定な電荷分離状態を形成するクマリン誘導体を PMMA マトリックス中に分散した薄膜に光照射を行う事で、誘電率が 2 倍に向上するという新しい現象を見出した。

3. 現在までの達成度

① 当初の計画以上に進展している。

(理由)

当初計画した研究 (1) の着実な進展に加え領域内の連携によって新たな研究成果 (2)、(3) が得られるなど期待以上の進展が得られた。事実中間評価においては、最も良い A+ の評価を頂いた。

4. 今後の研究の推進方策

今後は濃度傾斜層の形成に関する研究を推進する。低分子系材料に関しては各種のポルフィリン誘導体およびフラーレン誘導体を

用いて高次 π 空間構造を薄膜中で構築する条件を探索する。実験としては、ポルフィリン誘導体およびフラーレン誘導体を真空蒸着する際に両者の蒸着比を連続的に変化させることによって濃度傾斜層を導入する。この層を、有機薄膜太陽電池の活性層として導入し素子特性に及ぼす影響を評価する。一方、高分子系材料の構造制御に関しては高分子の相分離を積極的に利用した組織構造形成を試みる。

5. 代表的な研究成果

(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 15 件)

- ① T. Matsushima, M. Takamori, Y. Miyashita, Y. Honma, T. Tanaka, H. Aihara, H. Murata, (High electron mobility layers of triazines for improving driving voltages, power conversion efficiencies, operational stability of organic light-emitting diodes) *Organic Electronics*, 11, 16-22 (2010) 査読有
- ② B. EL Basaty, Y. Miyauchi, G. Mizutani, T. Matsushima, H. Murata, (Optical second harmonic generation at heterojunction interfaces of a molybdenum trioxide layer and an organic layer) *Appl. Phys. Lett.* 97, 193302 (2010) 査読有
- ③ M. Campoy-Quiles, Y. Kanai, A. El-Basaty, H. Sakai, H. Murata, (Ternary mixing: A simple method to tailor the morphology of organic solar cells) *Organic Electronics*, 10, 1120-1132 (2009) 査読有
- ④ H. Sakai, K. Konno, H. Murata, (Control of threshold voltage of organic field-effect transistors by space charge Polarization), *Thin Solid Films*, 518, 510-513 (2009) 査読有
- ⑤ H. Sakai, H. Murata, M. Murakami K. Ohkubo, S. Fukuzumi, (Photoinduced change of dielectric permittivity in molecular doped polymer layer), *Appl. Phys. Lett.*, 95, 252901 (2009) 査読有
- ⑥ T. Hasobe, H. Oki, H. Murata, (Sonication-Assisted Supramolecular Nanorods of Meso-Diaryl-Substituted Porphyrins) *Chem. Comm.* 2008, 724-726 査読有

[学会発表] (計 66 件)

- ① D. T. Toan, S. Yajima, H. Sakai, M. Murakami, K. Ohkubo, S. Fukuzumi, H. Murata, (Photo Organic Field Effect Transistor based on Photoinduced Change of Dielectric Permittivity in Molecular Doped Polymer Gate Insulator) The Third International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies, 2010年6月23-25日、富山
- ② H. Murata, Yuya Ishii, Mariano Campoy-Quiles, and Heisuke Sakai, (Highly oriented MEH-PPV/polyethyleneoxide nanofibers fabricated by electrospinning method) (招待講演) The 1st Asian Conference on Organic electronics, 2009年9月3-4日、福岡
- ③ H. Sakai, K. Konno, and H. Murata, (Tuning the Threshold Voltage in Organic Field Effect Transistors by Space Charge Polarization of Gate Dielectrics), *Material Research Society 2009 Spring Meeting*, 2009年4月13-17日、San Francisco, USA
- ④ 渡辺寛樹、酒井平祐、村田英幸(熱処理中の電圧印加が有機薄膜太陽電池の素子特性に及ぼす効果) 第56回応用物理学関係連合講演会)、2009年3月30日-4月2日、茨木
- ⑤ H. Sakai, K. Konno and H. Murata, (Control of threshold voltage of organic field-effect transistors by space charge polarization) 8th International Conference on Nano-Molecular Electronics, 2008年12月16-18日、神戸

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 光照射によって誘電率が変化する膜およびそれを用いた電子デバイス

発明者: 村田英幸、酒井平祐、福住俊一、大久保敬、村上信一

権利者: 国立大学法人 北陸先端科学技術大学院大学、大阪大学

種類: 特許権

番号: 特願 2009-205923

出願年月日: 2009年9月7日

国内外の別: 国内