

Title	高次 空間形成を利用した高性能有機デバイスの構築
Author(s)	村田, 英幸
Citation	科学研究費助成事業研究成果報告書: 1-6
Issue Date	2013-06-03
Type	Research Paper
Text version	publ isher
URL	http://hdl.handle.net/10119/11390
Rights	
Description	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，研究者番号：10345663，研究分野：有機エレクトロニクス，科研費の分科・細目：材料化学、機能材料・デバイス

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 3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

研究成果の概要（和文）： π 共役系分子（P3HT）と汎用高分子（ポリスチレン）の示す分子間相互作用に起因した相分離現象を用いて P3HT 薄膜にナノポーラス界面構造を自己組織的に形成させることに成功した。さらに P3HT 表面をラビング処理した後に PCBM 層をスピコート法で製膜した 2 層積層構造では太陽電池にとって理想的な濃度傾斜構造が誘起されることが分かった。これらを有機薄膜太陽電池の活性層に組み込むことで素子特性を大きく向上させることに成功した。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have developed a simple method based on self-organized phase segregation between two polymers, namely P3HT and polystyrene (PS), to produce nanoporous P3HT thin films. We also have found that rubbing the P3HT layer prior to PCBM deposition induces major morphological changes in the active layer and results in the formation of an ideal vertical donor-acceptor concentration gradient. The combination of these two major morphological changes leads to the fabrication of high performances solar cells which exhibit, to date, the record efficiencies for spin coated graded bilayers solar cells.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2009年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
2010年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
2011年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
2012年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
総計	24,200,000	7,260,000	31,460,000

研究分野：有機エレクトロニクス

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、エレクトロスピンニング、トランジスタ型不揮発性メモリ、濃度傾斜構造、エネルギー分散型 X 線分析

1. 研究開始当初の背景

世界規模で急激に拡大するエネルギー需要に対して、将来にわたって安定なエネルギー供給源を確保することは極めて重要な課題の一つである。特に、温暖化ガスを排出し

ないクリーンなエネルギーである太陽光発電に対する期待は極めて大きい。有機太陽電池の変換効率は、2012年5月時点で10.6%まで向上しており、アモルファスシリコン太陽電池に匹敵しつつある。有機太陽電池の効率

向上には、優れた活性層材料の開発に加えて励起子の生成から電荷の移動にいたる各素過程を円滑に実現させる有機薄膜中のモルフロジー制御が不可欠である。

有機薄膜太陽電池は、(1)光吸収による励起子生成、(2)励起子の拡散、(3)電荷分離界面における励起子の解離、(4)電極への電荷移動と電極での集電という過程を経て動作する。高効率の有機太陽電池を得るには、各素過程の効率を同時に高めた素子構造を実現することが必要となる。例えば、二層接合型素子の構造で励起子生成量を増加させるためには、膜厚を増加させて光吸収量を増やすことが考えられる。しかし、有機層内の励起子拡散長は数 10nm 程度と短いため、光照射電極側で発生した励起子は電荷分離の生じるドナー/アクセプター接合界面まで到達できず光電流の発生には寄与しない。むしろ膜厚増加による直列抵抗値 (R_s) が増加し、電荷移動が阻害されることで素子の変換効率は低下してしまう。

これに対して、ドナー材料とアクセプター材料を混合したバルクヘテロ接合型太陽電池では、励起子拡散長の制限は受け難くなり変換効率の大幅な向上がもたらされる。ドナー材料として共役系高分子 (P3HT)、アクセプター材料としてフルーレン誘導体 (PCBM) を用いたバルクヘテロ接合素子で約 6% の変換効率が報告されている。バルクヘテロ接合構造で高い変換効率が得られた理由として、接合界面の増加による電荷分離効率の向上に加えて P3HT/PCBM 混合薄膜を加熱処理する過程で P3HT と PCBM が自己組織的に相分離を起こしそれぞれの電極まで電荷の移動経路を確保したネットワーク構造を形成していることが明らかにされた。しかしながら、相互侵入型ネットワーク構造と連続的な電荷移動経路の形成を熱処理条件や溶媒への暴露といったプロセス条件だけで制御することは必ずしも容易ではない。また生成した電荷が電極へ移動する過程に関しては、ネットワーク構造よりも二層積層構造の方が好ましい。そこで本研究では、バルクヘテロ型太陽電池では実現困難な素子構造(図 1)を自己組織的に形成しうる手法を探索することとする。

2. 研究の目的

当該新学術領域研究では、以下の二つの研究戦略が提案されている。

- (1) 明確な目的と方向性を持ったストラテジック・リサーチ
- (2) 自立的な要素が多数集まる事で初めて起きる創発的研究。

第一の研究戦略に対しては研究背景で述べた理由から有機薄膜太陽電池をターゲットに選定した。ここでの具体的な研究目的は、

π 共役系分子の示す分子間相互作用を利用して形成した高次 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。一方、第二の研究戦略に関しては、領域内の他の研究グループとの連携を行うことで、領域内で初出されている新材料に関して新機能の発現やデバイスへの用途展開を目指す。具体的には以下の 3 つのテーマを設定した。

- ① 電荷分離分子の電気特性評価と光トランジスタメモリへの応用、
- ② 導電性高分子ナノファイバーの配向制御と移動度評価
- ③ 金ナノ微粒子-フタロシアニン水溶性インクの電気伝導性評価

3. 研究の方法

(1) ナノ界面構造を有する有機薄膜太陽電池
相溶性に乏しい二種類の高分子材料を混合した溶液スピコート法によって薄膜化すると特定の条件下で様々なナノ構造が自己組織的相分離によって形成されることを利用して P3HT 薄膜中にナノ構造の形成を試みる。

(2) 濃度傾斜構造を有する有機薄膜太陽電池
P3HT 表面をラビング処理した後に、PCBM 層をスピコートすることでドナー材料とアクセプター材料が基板に対して垂直方向に濃度傾斜構造を形成させる。さらにこの濃度傾斜構造を有機薄膜太陽電池の電荷分離層として導入し太陽電池の変換効率に与える影響を評価する。

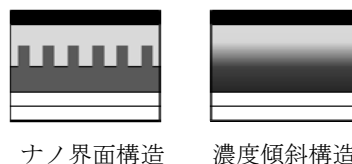


図 1 目的とする有機薄膜太陽電池の素子構造

(3) 創発的研究

領域内で合成された特徴のある材料を用いて各種の有機デバイスを作製・評価し、それぞれの材料に適した応用を探索する。評価対象としては、光トランジスタメモリ、エレクトロスピニング法を用いたナノファイバーの作製とデバイスへの応用、金ナノ微粒子-フタロシアニン水溶性インクの電気伝導性評価と有機薄膜太陽電池の電極としての評価などを行う。

4. 研究成果

本成果報告書では、研究の目的で述べた二つの戦略のうち(1)のストラテジック・リサーチに関して得られた研究成果を報告する。

(1) ナノ界面構造を有する有機薄膜太陽電池

P3HT とポリスチレン (PS) を混合した系を各種の溶媒に溶解してスピコート法によって薄膜化すると、特定の条件下で様々なナノ構造が自己組織的相分離によって形成されることが分かった。さらに P3HT にナノ構造を形成した後、PS のみを選択的に溶解する溶媒 (アセトン) によって取り除くことで、均一なポアサイズを有するナノポーラス構造の P3HT 薄膜を作製することに成功した。図に P3HT : PS ブレンド系ポリマーで作製した P3HT のナノ構造を示す。P3HT と PS の混合比やスピコート条件を変える事で、ポーラス構造や島状構造を作り分ける事も可能である。

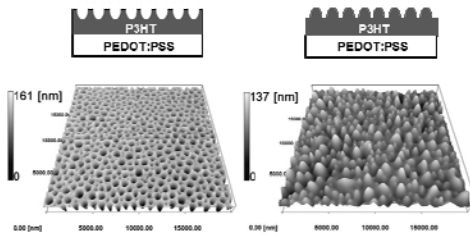


図2 P3HT : PS ブレンドポリマーの相分離を利用して作製したナノポーラス構造とナノアイランド構造を有する P3HT 薄膜の AFM 像 (20 μ m \times 20 μ m)

次にナノ構造 P3HT を電荷分離層に用いた太陽電池を作製し素子特性を評価した。サイズ制御した P3HT ナノポーラス薄膜を有する素子の評価結果を図3に示した。単純な二層接合素子の変換効率が 2.5%であったのに対して、ナノ構造 P3HT を導入した素子は 3.25%に向上した。興味深いことにこの素子では、空孔形成に伴って P3HT の吸収強度が約 74.5%程度に減少しているにもかかわらず、短絡電流値 (J_{sc}) にはほとんど変化が見られなかった。この結果は、ナノ構造の導入に伴う電荷分離効率の向上によって光吸収量の減少が補償されていることを示すものである。フィルファクター (FF) は二層接合構造よりも向上しており、電荷分離後の電荷の移動が促進されていることが分かった。

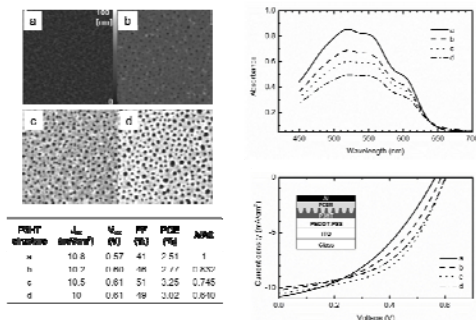
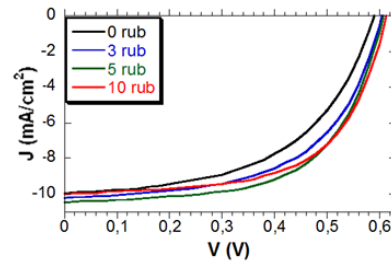


図3 サイズ制御されたナノポーラス P3HT 層の AFM 像 (10 μ m \times 10 μ m) と吸収スペクトル及びナノポーラス層を電荷分離層として用いた二層接合太陽電池の素子特性

(2) 濃度傾斜構造を有する有機薄膜太陽電池

P3HT 表面をラビング処理した後に n 型材料 (PCBM) をスピコートして作製した有機薄膜太陽電池ではラビング処理によって変換効率が向上することが分かった。図4に示したようにラビング回数を最適化した太陽電池では変換効率の平均値が 3.81% (最大変換効率 3.99%) を示し、同一の材料系 (P3HT : PCBM) を混合して形成したバルクヘテロ型太陽電池の変換効率 (2.44%) を大幅に超える素子特性が得られた。



Device type	J_{sc} (mA/cm ²)	V_{oc} (mV)	FF (%)	PCE (%)	R_s (Ω .cm ²)	R_{sh} (M Ω .cm ²)
0 rub	9.94	595	52.57	3.11	2.77	1.98
3 rubs	10.27	609	56.16	3.51	1.68	0.87
5 rubs	10.48	613	59.40	3.81	1.66	0.67
10 rubs	9.99	622	59.91	3.72	1.50	0.49

図4 ラビング処理して作製した有機薄膜太陽電池の素子特性

次にラビングによる素子特性の向上するメカニズムを明らかにするために評価後の太陽電池の活性層中の P3HT 濃度分布をエネルギー分散型 X 線分析 (EDS) によって評価した。その結果、ラビングによって薄膜内に最適な濃度傾斜構造が自己組織的に形成されることが分かった。小角 X 線回折法による解析の結果、P3HT 分子の配向性が Edge-on 構造から Face-on 構造へと変化したことも明らかとなった。

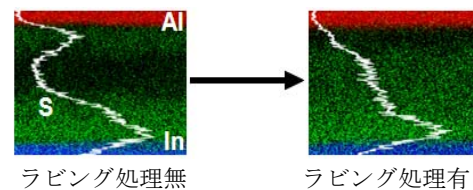


図5 膜厚方向に P3HT の濃度勾配を有する二層型有機薄膜太陽電池の EDS 分析結果

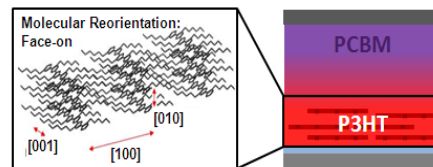


図6 微小角 X 線回折法 (GI-XRD) で明らかになったラビング処理によって誘起された P3HT 分子鎖の配向状態

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 31 件)

1. T. Matsushima, H. Murata, (Molecular orientation induced by high-speed substrate transfer during vacuum vapor deposition of organic films) *Organic Electronics*, 13, 222-229 (2012). 査読有
2. Y. Ishii, H. Murata, (True photoluminescence spectra revealed in electrospun light-emitting single nanofibers) *J. Mater. Chem.* 22, 4695-4703 (2012). 査読有
3. Y. Wang, T. Matsushima, H. Murata, A. Fleurence, Y. Yamada-Takamura, R. Friedlein (Molecular order, charge injection efficiency and the role of intramolecular polar bonds at organic/organic heterointerfaces), *Organic Electronics*, 13, 1853-1858 (2012). 査読有
4. T. Matsushima, H. Murata (Enhancement of hole injection and electroluminescence characteristics by a rubbing-induced lying orientation of alpha-sexithiophene), *J. Appl. Phys.* 112, 024503 (9 pages) (2012). 査読有
5. V. Vohra, G. Arrighetti, L. Barba, K. Higashimine, W. Porzio, H. Murata, (Enhanced Vertical Concentration Gradient in Rubbed P3HT:PCBM Graded Bilayer Solar Cells), *J. Phys. Chem. Lett.*, 3, 1820-1823 (2012). 査読有
6. Y. Sakurada, Y. Ota, H. Watanabe, H. Murata, K. Nishioka, (Evaluation of Organic Thin Film Solar Cells Using 3-Diode Equivalent Circuit Model with Inverted Diode), *Materials Science Forum*, 725, 179-182, (2012). 査読有
7. V. Vohra, M. Campoy-Quiles, M. Garriga, H. Murata, (Organic Solar Cells Based on Nanoporous P3HT Obtained from Self Assembled P3HT:PS Templates), *J. Mater. Chem.* 22, 20017-20025 (2012). 査読有
8. T. T. Dao, T. Matsushima, H. Murata (Highly stable fullerene memory transistors with an electron-trapping polymer), *Organic Electronics*, 13, 2709-2715 (2012). 査読有
9. M. Kanehara, J. Takeya, T. Uemura, H. Murata, K. Takimiya, H. Sekine, T. Teranishi, (Electroconductive σ -Junction Au Nanoparticles), *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 85, 957-961 (2012). 査読有
10. V. Vohra, K. Higashimine, T. Murakami, H. Murata, (Addition of Regiorandom P3HT to Solution Processed P3HT:PCBM Graded Bilayers to Tune the Vertical Concentration Gradient), *Appl. Phys. Lett.*, 101, 173301 (4 pages) (2012). 査読有
11. T. Matsushima, K. Shiomura, S. Naka, H. Murata (Optical, morphological, electrical & electroluminescence characteristics of organic semiconductor films prepared at various deposition rates) *Thin Solid Films*, 520, 2283-2288 (2011). 査読有
12. H. Yamamoto, J. Brooks, M. S. Weaver, J. J. Brown, T. Murakami, H. Murata (Improved initial drop in operational lifetime of blue phosphorescent organic light emitting device fabricated under ultra high vacuum condition) *Appl. Phys. Lett.*, 99, 033301 (3 pages) (2011). 査読有
13. V. Vohra, U. Giovanella, R. Tubino, H. Murata, C. Botta (Electroluminescence from Conjugated Polymer Electrospun Nanofibers in solution processable OLEDs) *ACS Nano*, 5, 5572-5578 (2011). 査読有
14. T. Matsushima, H. Murata (Enhanced charge-carrier injection caused by molecular orientation), *Appl. Phys. Lett.* 98, 253307 (3 pages) (2011). 査読有
15. Y. Ishii, H. Sakai, H. Murata (Fabrication of a submicron-channel organic field-effect transistor using a controllable electrospun single fiber as a shadow mask), *Nanotechnology*, 22, 205202-205207 (2011) 査読有.
16. T. Matsushima, G.-H. Jin, Y. Kanai, T. Yokota, S. Kitada, T. Kishi, H. Murata (Interfacial charge transfer and charge generation in organic electronic devices), *Organic Electronics*, 12, 520-528 (2011). 査読有
17. 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
18. T. Nishimura, A. Itabashi, A. Sasahara, H. Murata, T. Arai, M. Tomitori (Adsorption state of 4,4''-diamino-p-terphenyl through an amino group bound to Si(111)-7 \times 7 surface examined by X-ray photoelectron spectroscopy and scanning tunneling microscopy), *J. Phys. Chem. C*, 114, 11109-11114 (2010). 査読有
19. V. Ervithayasuporn, J. Abe, X. Wang, T. Matsushima, H. Murata, Y. Kawakami (Synthesis, characterization, and OLED application of oligo(p-phenylene ethynylene)s with polyhedral oligomeric silsesquioxanes (POSS) as pendant groups), *Tetrahedron*, 66, 9348-9355 (2010). 査読有

20. A. 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
21. 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
22. T. Matsushima, H. Murata, (Observation of space-charge-limited current due to charge generation at interface of molybdenum dioxide and organic layer), Appl. Phys. Lett., 95, 203306 (3 pages) (2009). 査読有
23. Y. Honda, T. Matsushima, H. Murata, (Enhanced performance of organic light-emitting diodes by inserting wide-energy-gap interlayer between hole-transport layer and light-emitting layer), Thin Solid Films, 518, 545-547 (2009) 査読有
24. K. Konno, H. Sakai, T. Matsushima, H. Murata, (An organic nonvolatile memory using space charge polarization of a gate dielectric), Thin Solid Films, 518, 534-536 (2009) 査読有
25. 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
26. Y. Ishii, H. Sakai, H. Murata, (Fabrication of submicron patterned electrodes using a single electrospun fiber as a shadow-mask), Thin Solid Films, 518, 647-650 (2009) 査読有
27. 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
28. J. J. Benson-Smith, J. Wilson, C. Dyer-Smith, K. Mouri, S. Yamaguchi, H. Murata, J. Nelson, (Long-lived exciplex formation and delayed exciton emission in bulk heterojunction blends of silole derivative and polyfluorene copolymer: The role of morphology on exciplex formation and charge separation), J. Phys. Chem. B, 113, 7794-7799 (2009). 査読有
29. H. Sakai, K. Konno, H. Murata, (Tuning of threshold voltage of organic field-effect transistors by space charge polarization), Appl. Phys. Lett., 94, 073304 (3 pages) (2009). 査読有
30. T. Nakayama, T. Matsushima, H. Murata (Immobilization of aromatic aldehyde molecules on indium tin oxide surface using acetalization reaction) Thin Solid Films, 518, 739-742 (2009). 査読有
31. Y. Kanai, T. Matsushima, H. Murata (Improvement of stability for organic solar cells by using molybdenum trioxide buffer layer) Thin Solid Films, 518, 537-540 (2009). 査読有
- [学会発表] (計 114 件)
1. N. T. Razali, V. Vohra, K. Higashimine, N. Otsuka and H. Murata, (Observation of Vertical Phase Segregation in Bulk Heterojunction Organic Solar Cells by Using Electron Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS)), 第 60 回 応用物理学会春季学術講演会、2013 年 3 月 27 日~30 日、神奈川
 2. V. Vohra, H. Murata, K. Higashimine, M. Campoy-Quiles, M. Garriga, W. Porzio, M. Arrighetti, L. Barba, (Graded Bilayer Organic Solar Cells: An opportunity to process P3HT independently of PCBM), The Sixth Advanced Materials and Nanotechnology Conference (AMN6), 2013 年 2 月 11 日-15 日 Auckland, New Zealand
 3. V. Vohra, K. Higashimine, H. Murata, (Tuning the Vertical Concentration Gradient in P3HT:PCBM Graded Bilayer Solar Cells by Adding Regiorandom P3HT) The 10th International Conference on Nano-molecular Electronics, 2012 年 12 月 12 日-14 日、兵庫
 4. V. Vohra, K. Higashimine, H. Murata, M. Campoy-Quiles, M. Garriga, G. Arrighetti, L. Barba, W. Porzio (Enhanced Efficiency of Graded Bilayer P3HT/PCBM Solar Cells by Morphological Control of Intermixed Layer) (招待講演) The 10th International Conference on Nano-molecular Electronics, 2012 年 12 月 12 日-14 日、兵庫
 5. Y. Ishii, H. Murata, M. Fukuda (True photoluminescence spectra revealed in electrospun light-emitting single nanofibers and their evaluation), Material Research Society 2012 Fall Meeting, 2012 年 11 月 25 日-30 日 Boston, USA
 6. H. Murata, (Enhanced Power Conversion Efficiency by Tuning the Vertical Concentration Gradient in P3HT:PCBM Bilayer Solar Cells) (招待講演), OIST International Symposium on Organic Electronics 2012 年 10 月 5 日 沖縄
 7. 村田英幸, 松島敏則, Varun Vohra (分子配向制御による有機薄膜太陽電池の性能向上) (招待講演)、有機・無機エレクトロニクスシンポジウム、2012 年 6 月 29 日、富山
 8. V. Vohra, M. Campoy-Quiles, M. Garriga, H.

- Murata (Enhancement of Photovoltaic Performances in Phase Separated Nanostructured Organic Devices), International Conference on Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials (NANOSMAT-USA), 2012年3月27日-30日、Florida, USA
9. H. Murata, (Enhanced carrier injection and stability of OLED due to molecular orientation at organic/organic interface) (招待講演) International Workshop on Organic Electronics 2011年8月30日、Seoul, Korea
 10. 村田英幸、矢島覚、今野広大、酒井平祐 (機能性ゲート絶縁層を用いた不揮発性有機メモリー) (招待講演) 第75回半導体・集積回路技術シンポジウム、2011年7月8日、東京
 11. H. Murata, J. Abe (Highly Efficient Polymer Light-Emitting Diodes Realized by Triplet-Triplet Annihilation) (招待講演) The 219th ECS Meeting, 2011年5月1日-6日 Montreal, Canada
 12. H. Murata, and J. Abe, (Highly Efficient Polymer Light-Emitting Diodes Using Polymer Blend Emission Layers) (招待講演) The 3rd Annual CNSI-JAIST Workshop 2011, 2011年1月13日-14日 Los Angeles, USA
 13. H. Murata, (Highly Oriented π -Conjugated Polymer Chains in Electrospun Nanofiber) (招待講演) International Symposium on Advanced Soft Materials, 2010年11月26日-27日、熊本
 14. H. Murata (Highly Efficient Polymer Light-Emitting Diodes realized by Triplet-Triplet Annihilation) (基調講演) The Asian Conference on Organic Electronics (A-COE 2010) & the Asian Symposium on Organic Materials for Electronics and Photonics (ASOMEPE 2010)、2010年11月3日-5日、Seoul, Korea
 15. H. Murata, J. Abe (Highly Efficient Polymer Light-Emitting Diodes Realized by Triplet annihilation) (招待講演) The 7th International Symposium on Advanced Materials in Asia-Pacific, JAIST International Symposium on Nano Technology 2010, 2010年9月30日-10月1日、石川
 16. 村田英幸 (空間電荷分極を利用した不揮発性有機メモリー) (招待講演) 電子情報通信学会 有機エレクトロニクス研究会 2010年7月12日、東京
 17. H. Murata, Y. Kinoshita, T. Matsushima, (Enhancing Open-Circuit Voltage in Organic Solar Cells by Interface Engineering) (招待講演) Material Research Society 2010 Spring Meeting, 2010年4月4日-10日、San

Francisco, USA

18. H. Murata (Highly Oriented MEH-PPV/Polyethyleneoxide Nanofibers Fabricated by Electrospinning Method) (招待講演) The 1st International Symposium on Emergence of Highly Elaborated π -space and its Function, 2009年12月18日-19日 Osaka
19. H. Murata (Impact of Interface Engineering on Device Performance in Organic Electronic Devices) (招待講演) Workshop on Molecular/Organic Devices including Electronic Devices, OPVs, and Sensors, 2009年9月22日-25日, Amritsar, India

[図書] (計2件)

1. 村田英幸、シーエムシー出版、「高次 π 空間の創発と機能開発」第3章10節 自己組織的高次 π 空間を利用した高効率有機薄膜太陽電池、2013年、pp.183-186
2. 村田英幸、グローバルネット、「有機EL技術体系」第1章 有機ELの基礎、2012年 pp.10-25

[産業財産権]

○出願状況 (計2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、村上元信

権利者: 国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学、国立大学法人大阪大学

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

名称: 光電変換装置を生産する方法、光電変換装置及び光電変換装置の製造装置

発明者: 村田英幸、松島敏則

権利者: 国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学

種類: 特許権

番号: 特願 2012-041906

出願年月日: 2012年2月28日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 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