

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 31 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24246009

研究課題名(和文) 高移動度液晶性半導体を用いた塗布型低分子バルクヘテロ接合有機太陽電池の開発

研究課題名(英文) Development of solution-processable small-molecule-based bulk hetero-junction organic solar cells utilizing liquid crystalline semiconductors demonstrating high carrier mobility

研究代表者

尾崎 雅則 (Ozaki, Masanori)

大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50204186

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、高移動度液晶性半導体を用いた塗布型バルクヘテロ接合薄膜太陽電池の開発を検討した。液晶性半導体の合成・精製手法を確立し、その分子配列構造、電子物性を明らかにすると共に、密度汎関数計算を用いた伝導機構の解明を行った。多成分材料による混合物の相図を明らかにし、混和性あるいは相分離特性を調べた。液晶性半導体を用いた印刷プロセスにより、バルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池を作製し、適切なマイクロ相分離構造となる条件を明らかにすると共に、高効率化を実現した。

研究成果の概要(英文)：In this study, solution-processable bulk hetero-junction (BHJ) thin-film solar cells utilizing liquid crystalline (LC) semiconductors with high carrier mobility have been studied. Efficient synthesis and effective purification of the LC semiconductors were found, and the molecular packing structures and electronic properties were clarified. The mechanism of the carrier transport was investigated by density functional theory. The phase diagrams of the multi-component blend materials were studied, and the appearance of miscibility or phase-separation was discussed. The BHJ solar cells with LC semiconductors were fabricated by printing process, and the optimized condition to obtain an appropriate microscale phase-separation structure was found, resulting in the high photo-conversion efficiency.

研究分野：有機エレクトロニクス

キーワード：有機薄膜太陽電池 有機半導体 液晶 フタロシアニン 単結晶構造解析

1. 研究開始当初の背景

有機エレクトロニクスの特徴の一つであるプリンタブル技術が注目されているが、太陽光発電においても、特別な前後処理を一切必要としないワンステップ印刷プロセスにより、非真空ロールトゥロールで大面積の高速生産が可能となれば、製造コストを大幅に抑えることが可能となる。しかも、軽量でフレキシブルな有機太陽電池モジュールの実現により、設置コストの大幅な低減と、建物の屋根の上に限らない多様な設置形態が可能となる。

しかし、上記の有機薄膜太陽電池の実現のためには、以下の課題がある。

(i)有機半導体として高いキャリア移動度を示す材料は、強い分子間相互作用による有効な電子重なりが不可欠であり、一般に溶媒に不溶である。つまり、安定で堅牢な低分子で、「単結晶並みに高い移動度」と「溶液からの塗布成膜性」の両立は不可能である。

(ii)高移動度材料は、不溶性のため、バルクヘテロ接合構造を塗布法により実現できない。しかも、形成される相分離構造は、制御できない。すなわち、「高効率化に不可欠なナノスケールで精緻に構造制御されたヘテロ接合構造の実現」と、「複雑なプロセスを一切必要としないワンステップ印刷プロセス」との両立は不可能である。

したがって、高キャリア移動度を示し、溶媒に可溶で、しかも、制御された分子配列構造が実現できる堅牢な低分子材料が不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では、以下の3項目について重点的に検討を行った。

- (1)我々が開発した高移動度液晶性フタロシアニンの構造と電子伝導機構を解明し、類似材料の設計・創成を行うことにより、「液晶性」を積極的に活用した分子設計指針の普遍性を検証する。
- (2)それにより、高キャリア移動度を示し、溶媒に可溶で、しかも、制御された分子配列構造が実現できる堅牢な低分子材料を開発する。
- (3)上記液晶性低分子有機半導体材料を用いて、構造・配列が精緻に制御された高効率化に適したミクロ相分離構造(バルクヘテロ構造)を有する塗布型有機薄膜太陽電池を開発する。

3. 研究の方法

以下に具体的な研究方法を示す。

(A)液晶性を有する高移動度材料の配列構造および伝導機構の解明

A- : 分光的手法を用いた電子状態・伝導機構の解明

高移動度材料 C6PcH₂ の電子状態、伝導機構を、イオン化ポテンシャル精密測定、CW および時間分解変調分光手法、時間分解光電流測

定を通して、解明する。

A- : MD 計算による構造・伝導機構解明

分子動力学計算(MD シミュレーション)により、高移動度を示す分子配列実現の条件を検討する。さらに、その分子パッキング状態における電子伝導機構の解明を行う。

A- : C6PcH₂ の構造解明と類似材料の探索

C6PcH₂ の分子配列構造を X 線回折測定、偏光顕微鏡観察を通じて明らかにし、高移動度実現のメカニズムを明らかにする。

A- : カラミティック液晶材料の探索

共連結ドナー・アクセプター構造の実現を目指して、キュービック相を示すカラミティック分子の探索を行う。特に、電子性伝導が期待される骨格構造を有する分子設計を MD シミュレーションをもとに実施する。

(B)多成分液晶の混和性と相分離特性を活用した物性制御と新規機能探索

B- : 混和性による電子状態制御

無金属、含金属フタロシアニン液晶を多成分混合し、カラムごとに電子状態の異なる機能分担型カラム構造の実現を目指し、その DSC、X 線回折による相転移挙動解析、イオン化ポテンシャル測定、分光的手法による電子状態の解析を行う。

B- : 混和性による感度波長範囲拡大

で調整した混合液晶の分光測定、キャリア移動度測定を通して、フォトキャリア生成感度波長の拡大効果を検証する。

B- : 相分離制御材料の設計と合成

フタロシアニン、フラーレンの側鎖の一部をフッ素置換して、親水/疎水相互作用の制御により、エキシトン拡散長に対して最適なサイズの制御された相分離構造を実現できるドナー/アクセプター分子の設計、合成をおこなう。

B- : 相分離制御構造の構築と電池特性

で合成した分子を用いて、ドナー/アクセプターバルクヘテロ接合構造太陽電池を試作し、相分離サイズの最適化と量子効率の増大を目指す。

(C)フタロシアニン(Pc)ベースバルクヘテロ構造の構築と最適化

C- : 界面制御による FF 改善

LiF、MoO₃ のバッファー層の最適化、電極金属の蒸着条件(蒸着形態、装置構成、基板温度など)の最適化、基板表面の平坦性・表面状態などの検討などにより、フィルファクター(FF)の改善をおこなう。さらに、ドナー・アクセプター材料の表面エネルギー制御のための界面活性剤の添加、熱安定性の高い含金属フタロシアニンの有効性の検証も行う。

C- : モルフォロジー制御による J_{sc} 改善

フタロシアニン誘導体とフラーレン誘導体と PCBM との組み合わせで、バルクヘテロ構造作製条件を変えたときの太陽電池特性測定ならびに TEM、XRD などを用いた膜の構造解析を行い、ミクロ相分離形成機構の解明を行う。

4. 研究成果

4-1. 研究の主な成果

- (1) 液晶性フタロシアニン C6PcH₂ 及び同族列体の合成ルートと精製法の改良を検討し、高純度材料の合成法を確立すると共に、コアに金属をもつ材料を含む同族列フタロシアニンを合成した。また、C6PcH₂ の類縁体 C6BTAPH₂ とその同族列体の合成における収率改善と反応のスケールアップの手法を確立した。電子物性評価から電子状態を、熱物性評価から相系列を明らかにするとともに、液晶相の熱安定性と薄膜中における結晶構造について明らかにした。その他、サブフタロシアニン誘導体、新規アクセプタ性材料の合成手法を確立した。
- (2) 種々の液晶性半導体材料の単結晶成長条件を見出し、単結晶構造解析を行うことで、構造多形の存在と選択的な結晶成長条件を明らかにした。単結晶構造解析の結果より、薄膜中における結晶構造の同定に成功した。同コア骨格であるが、配向状態は置換基などに強く依存し、同一物質においても構造多形が存在することを見出した。
- (3) TOF 法によるキャリア移動度の評価を行い、C6PcH₂ の同族列体のキャリア移動度とその温度依存性を測定し、何れも高移動度を示すことを明らかにした。従来の TOF 法に加え、photo-CELIV 法を導入し、スピコート薄膜におけるキャリア移動度の評価に成功した。また、液晶性フタロシアニン薄膜中の励起子拡散長を蛍光消光法により求めた。
- (4) 液晶性半導体材料の高速ホール移動度について、ホッピング伝導を仮定した密度汎関数計算を行い、カラム内隣接ダイマー間の相対配置と再配向エネルギーとの相関性を明らかにした。シミュレーション結果より、液晶相、結晶相におけるホール移動度の再現に成功し、カラム中の隣接分子間のトランスファー積分の分散幅との相関性を明らかにした。
- (5) C6PcH₂ の同族列体間において混和性が確認された。混合系のキャリア移動度は混合直後では単一組成物それぞれよりも低下するが、繰り返しの加熱・冷却による液体カラムナール液晶相転移の操作によってキャリア移動度は元の単一組成物のレベルに回復することを見出した。
- (6) C6PcH₂ を用いた太陽電池の太陽電池特性における活性層膜厚依存性、活性層薄膜作製における塗布用溶媒依存性を調べ、溶媒蒸気圧と膜質の相関性を明らかにした。スピコート溶液に添加剤を導入することにより、ミクロ相分離構造を変化させ、太陽電池の変換効率を 3.1% から 4.2% に向上させた。その他、液晶性フタロシアニンの置換基長依存性、高分子ドナー添加効果、アニール効果、有機系陰極バッファ層導入効果を明らかにした。
- (7) C₇₀PCBM など各種フラーレン誘導体との

バルクヘテロ構造を作製し、0.97 V の起電力を達成した。

- (8) 非液晶性のフタロシアニン C5PcH₂ を用いた太陽電池素子の作製において最適化を行い、液晶性のフタロシアニン C6PcH₂ を用いた場合と特性の違いと混和性について明らかにした。混和性を示す C5PcH₂ と C6PcH₂ の混合系と PCBM とのバルクヘテロ構造について検討した結果、混合系の相図において共融点が存在し、共融点付近で最高の効率を示すことが明らかとなった。
- (9) C6BTAPH₂ 系は C6PcH₂ と類似の電子状態をとるが、QバンドとBバンドの吸収バランスがとれ、添加剤の導入によりキャリア輸送に適切な結晶形に変化する結果が示唆され、さらに励起子拡散長に相当する結晶子が形成することから、5.3% の高い光電変換効率を示した。
- (10) 混合ドナー材料は、その混合状態において混和性を示し、励起子拡散長に相当するサイズの結晶子を形成し、混合条件により光電変換効率が改善されることが明らかになった。
- (11) タンデム構造の導入による効率改善、活性層作製におけるバーコート法導入による素子大面積化、液晶の特性を生かしたガラスサンドイッチセル型素子の提案と試作を行うと共に、ペロブスカイト太陽電池の正孔輸送層として C5PcH₂ を導入し、11.5% の変換効率を達成した。

4-2. 成果の位置づけとインパクト

液晶を有機半導体、有機 EL 等に应用する試みは古くからあり、我々をはじめ多くのグループが検討してきた。ところが、従来は、「液晶能」のなかで、分子の一樣配向能を利用したものがほとんどであり、液晶の高次な秩序を電子デバイスに活用した例は皆無である。

分子の一樣配向特性は、「液晶能」のほんのごく一部の性質を利用しただけであり、生態系が液晶類似の分子相互作用、配向秩序性から成り立っていることからわかるように、「液晶能」の積極的な活用は、ナノスケールで精緻に制御された構造デバイスを構築する新しいアプローチである。

さらに、液晶は優れた「混和性」を持ち、分子パッキングを損なうことなく、異なる複数の分子を混合し新たな特性を調整することができる。この新しい材料探索手法を電子デバイス材料に適用する試みは、我々のオリジナルな提案であり、低コストの高機能電子デバイスが実現できる。

4-3. 当初予期していない新たな知見

薄膜中に高度に分子配向させる手法を本研究において探索したところ、従来の塗布プロセス技術をさらに発展させることにより、単結晶薄膜の作製に成功した。以下にその手法を述べる。

- (1) ワイヤバーを用いたバーコート法において製膜条件を最適化することにより、薄膜中に分子性結晶が一軸成長することが明らかとなった。
- (2) 結晶多形の存在を明らかにすると共に、スピンコート法などの等方的な既存の手法で薄膜を作製後、溶媒蒸気処理を施すことにより、薄膜内で結晶形の変化を伴った結晶成長に成功した。また、あらかじめ結晶核が形成されるようなプロセス手法を見出した。
- (3) 過冷却液晶状態においては、準安定な状態となるが、外部から熱刺激を与えることにより、薄膜中で結晶成長を開始させることに成功した。熱刺激の手法を工夫することにより、一軸結晶成長に成功した。

4 - 4 . 今後の展望

有機半導体材料は、意図的に材料設計を施せば、液晶としての性質を持たせることができ、製膜過程で直接液晶としての形態をとらなくても自己組織能が有効に作用することが期待される。今後液晶能を積極的に生かした薄膜作製を行うことにより、特徴的な電子物性の発現が期待されるため、従来の半導体とは違った意味合いで、重要な材料であることは間違いない。それゆえ、液晶性有機半導体は、今後の有機薄膜電子デバイスの有望な基盤材料であるのはもちろんのこと、キャリア輸送機構の解明により、新たな分子設計指針や、高度な電子デバイスの開発について寄与するものと考えられる。その研究開発が発展することにより、低コスト、高パフォーマンスはもちろんのこと、有機材料の特徴を生かした新概念の電子デバイスの創出を期待したい。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計29件)

A. Fujii, S. Nakano, H. Fukui, T. Saito, M. Ohmori, Y. Shimizu and M. Ozaki, “Ambipolar Carrier Mobility in Binary Blend Thin Film of Non-Peripheral Alkylphthalocyanines”, J. Phys. Conf. Ser., 査読有, 704 (2016) 012006 (DOI: 10.1088/1742-6596/704/1/012006)

M. Ohmori, C. Nakano, T. Higashi, T. Miyano, N. Tohnai, A. Fujii and M. Ozaki, “Single Crystal Growth and X-ray Structure Analysis of Non-Peripheral Octahexyl Phthalocyanine”, J. Cryst. Growth, 査読有, 445 (2016) 9-14 (DOI: 10.1016/j.jcrysgro.2016.04.005)

M. Ohmori, T. Higashi, A. Fujii and M. Ozaki, “Molecular Packing Structure of Mesogenic Octa-Hexyl Substituted Phthalocyanine Thin Film by X-ray Diffraction Analysis”, J. Nanosci. Nanotechnol., 査読有, 16 (2016) 3318-3321 (DOI: 10.1166/jnn.2016.12288)

Q. D. Dao, A. Fujii and M. Ozaki, “Fabrication of tandem solar cells with all-solution processed multilayer structure using non-peripherally substituted octahexyl tetrabenzotriazaporphyrins”, Jpn. J. Appl. Phys., 査読有, 55 (2016) 03DB01 (DOI: 10.7567/JJAP.55.03DB01)

Q. D. Dao, T. Uno, M. Ohmori, K. Watanabe, H. Itani, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, “Effects of thermal-annealing and processing-additive treatment on crystallization-induced phase separation in organic solar cells utilizing octapentyl tetrabenzotriazaporphyrins”, J. Phys. D: Appl. Phys., 査読有, 48 (2015) 385103 (DOI: 10.1088/0022-3727/48/38/385103)

Q. D. Dao, L. Sosa-Vargas, T. Higashi, M. Ohmori, H. Itani, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, “Efficiency enhancement in solution processed small-molecule based organic solar cells utilizing various phthalocyanine-tetrabenzoporphyry hybrid macrocycles”, Organic Electronics, 査読有, 23 (2015) 44-52 (DOI: 10.1016/j.orgel.2015.04.009)

G. D. R. Banoukepa, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, “1,3,5-Tri(phenyl-2-benzimidazole)-benzene Cathode Buffer Layer Thickness Dependence in Solution-Processable Organic Solar Cell Based on 1,4,8,11,15,18,22,25-Octahexylphthalocyanine”, Jpn. J. Appl. Phys., 査読有, 54 (2015) 04DK11 (DOI: 10.7567/JJAP.54.04DK11)

Q.-D. Dao, K. Watanabe, H. Itani, L. Sosa-Vargas, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, “Octahexyltetrabenzotriazaporphyrin: A Discotic Liquidcrystalline Donor for High-performance Small-molecule Solar Cells”, Chem. Lett., 査読有, 43 (2014) 1761-1763 (DOI: 10.1246/cl.140685)

H. Fukui, S. Nakano, T. Uno, Q.-D. Dao, T. Saito, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, “Miscibility in Binary Blends of Non-Peripheral Alkylphthalocyanines and Their Application for Bulk-Heterojunction Solar Cells”, Organic Electronics, 査読有, 15 (2014) 1189-1196 (DOI: 10.1016/j.orgel.2014.03.025)

G. D. R. Banoukepa, T. Masuda, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, “Thermal Annealing Effects on Non-Peripheral Octahexylphthalocyanine Doped Polymer Bulk Heterojunction Solar Cells”, Jpn. J. Appl. Phys., 査読有, 53 (2014) 05FZ06 (DOI: 10.7567/JJAP.53.05FZ06)

Q.-D. Dao, T. Kumada, H. Fukui, M. Ohmori, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, “Blend Ratio Dependence of Photovoltaic Properties in Octahexylphthalocyanine-based Small

Molecule Solar Cell”, Jpn. J. Appl. Phys., 査読有, 53 (2014) 05FZ05 (DOI: 10.7567/JJAP.53.05FZ05)

M. Ohmori, H. Fukui, Q.-D. Dao, T. Kumada, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, “Annealing Effect in Bulk Heterojunction Organic Solar Cells Utilizing Liquid Crystalline Phthalocyanine”, Jpn. J. Appl. Phys., 査読有, 53 (2014) 05FZ02 (DOI: 10.7567/JJAP.53.05FZ02)

T. Hori, A. Semba, S. Lee, H. Kubo, A. Fujii and M. Ozaki, “Active Layer Analysis of Interpenetrating Heterojunction Organic Thin-Film Solar Cells by X-Ray Photoelectron Spectroscopy”, Thin Solid Films, 査読有, 554 (2014) 222-225 (DOI: 10.1016/j.tsf.2013.06.073)

Q.-D. Dao, T. Saito, S. Nakano, H. Fukui, T. Kamikado, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, “Alkyl Substituent Length Dependence of Octaalkylphthalocyanine Bulk Heterojunction Solar Cells”, Appl. Phys. Express, 査読有, 6 (2013) 122301 (DOI: 10.7567/APEX.6.122301)

Q.-D. Dao, T. Hori, K. Fukumura, T. Masuda, T. Kamikado, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, “Effects of Processing Additives on Nanoscale Phase Separation, Crystallization and Photovoltaic Performance of Solar Cells Based on Mesogenic Phthalocyanine”, Organic Electronics, 査読有, 14 (2013) 2628-2634 (DOI: 10.1016/j.orgel.2013.05.041)

K. Fukumura, T. Masuda, T. Hori, D. Q. Duy, T. Kamikado, H. Yoshida, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, “Solvent Effects on Solution-Processable Bulk Heterojunction Organic Solar Cells Utilizing 1,4,8,11,15,18,22,25-Octahexylphthalocyanine”, Jpn. J. Appl. Phys., 査読有, 52 (2013) 05DB02 (DOI: 10.7567/JJAP.52.05DB02)

Q. D. Dao, T. Hori, T. Masuda, K. Fukumura, T. Kamikado, F. Nekelson, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, “Mechanism of Degradation and Improvement of Stability on Mesogenic - Phthalocyanine - Based Bulk Heterojunction Solar Cell”, Jpn. J. Appl. Phys., 査読有, 52 (2013) 012301 (DOI: 10.7567/JJAP.52.012301)

Q. D. Dao, T. Hori, K. Fukumura, T. Masuda, T. Kamikado, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, “Efficiency Enhancement in Mesogenic-Phthalocyanine-Based Solar Cells with Processing Additives”, Appl. Phys. Lett., 査読有, 101 (2012) 263301 (DOI: 10.1063/1.4773519)

T. Hori, Y. Miyake, T. Masuda, T. Hayashi, K. Fukumura, H. Yoshida, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, “Dependence of alkyl-substituents length for bulk

heterojunction solar cells utilizing 1,4,8,11,15,18,22,25-octaalkylphthalocyanine”, Journal of Photonics for Energy, 査読有, 2 (2012) 021004-1-7 (DOI: 10.1117/1.JPE.2.021004)

他、10件

〔学会発表〕(計73件)

大森雅志、宇野貴志、中野知佳、藤井彰彦、尾崎雅則、「微小角入射広角 X 線散乱による液晶性フタロシアニン配向薄膜の結晶構造解析」、2016年第63回応用物理学関係連合講演会(2016/3/22)東京工業大学大岡山キャンパス

藤井彰彦、Dao Quang-Duy、Sosa-Vargas Lydia、清水洋、尾崎雅則、「テトラベンゾトリアザポルフィリン誘導体の基本特性と太陽電池応用」、第25回日本 MRS 年次大会(2015/12/9)横浜市開港記念会館

大森雅志、中野知佳、東卓也、藤内謙光、藤井彰彦、尾崎雅則、「Non-Peripheral 型ヘキシルフタロシアニン薄膜の分子パッキング構造と単結晶の多形構造解析」、電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会(2015/10/23)大阪大学中之島センター

尾崎雅則、Dao Quang-Duy、大森雅志、東卓也、藤井彰彦、「液晶性有機半導体の高次構造制御と太陽電池」、第64回高分子討論会(2015/9/17)東北大学川内キャンパス

大森雅志、中野知佳、東卓也、藤内謙光、藤井彰彦、尾崎雅則、「Non-peripheral 位にヘキシル基を有するフタロシアニン誘導体の単結晶作製と X 線構造解析」、2015年第76回応用物理学学会学術講演会(2015/9/16)名古屋国際会議場

Q. D. Dao, L. Sosa-Vargas, K. Watanabe, M. Ohmori, H. Itani, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, "Efficiency enhancement of phthalocyanine based solution processable organic solar cell by controlling numbers of aza links at meso-position", 12th International Symposium on Functional π -Electron Systems (F π -12) (2015/7/22) Seattle, USA

Q. D. Dao, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, "Small molecule tandem solar cell using all-solution process" 8th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE8) (2015/6/23) Tower Hall Funabori, Tokyo, Japan

大森雅志、東卓也、藤井彰彦、尾崎雅則、「アルキル鎖長の異なる液晶性フタロシアニンの薄膜 X 線構造解析」、2015年第62回応用物理学関係連合講演会(2015/3/11-14)東海大学湘南キャンパス

尾崎雅則、藤井彰彦、米谷慎・清水洋、「フタロシアニン系液晶性有機半導体と

太陽電池応用、電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会 (2015/1/21-22) 自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンター

M. Ohmori, T. Higashi, A. Fujii and M. Ozaki, "Study on Molecular Packing Structure of Mesogenic Octa-Hexyl Substituted Phthalocyanine Thin Film by X-ray Diffraction Analysis", The 11th International Conference on Nano-Molecular Electronics (ICNME 2014) (2014/12/18) Kobe International Conference Center, Kobe, Hyogo, Japan

大森雅志、藤井彰彦、清水洋、尾崎雅則、「液晶性フタロシアニン薄膜の結晶構造における置換基種依存性」、2014年第75回応用物理学会学術講演会 (2014/9/17-9/20) 北海道大学

A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, "Charge Transport Properties of Non-Peripheral Alkyl-Substituted Phthalocyanines and Their Application for Solution-Processable Bulk-Heterojunction Solar Cells" (Invited), International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP-8) (2014/6/24) Istanbul Lütfi Kırdar Convention and Exhibition Centre, Istanbul, Turkey

M. Ozaki, H. Fukui, S. Nakano, T. Saito, S. Ikehara, M. Ohmori, Q. D. Dao, T. Kamikado, M. Yoneya, Y. Shimizu, and A. Fujii, "Performance Optimization of Solution Processable Solar Cell based on Binary Blends of Liquid-Crystalline Phthalocyanine", 25th International Liquid Crystal Conference (2014/7/1) Trinity College, Dublin, Ireland

尾崎雅則、吉田浩之、清水洋、米谷 慎、藤井彰彦、「液晶性を生かした有機半導体と塗布型有機薄膜太陽電池」、2013年第74回応用物理学会学術講演会 (2013/9/18) 同志社大学京田辺キャンパス

H. Fukui, M. Ohmori, T. Kumada, T. Saito, S. Nakano, Q.-D. Dao, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, "Organic Thin-Film Solar Cells Utilizing Mixed Liquid-Crystalline Alkyl-Phthalocyanine", 2013 JSAP-MRS Joint Symposia (2013/9/16) Doshisha University, Kyoto, Japan

A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, "Solution-Processable Bulk-Heterojunction Solar Cells Utilizing Discotic Liquid Crystalline Phthalocyanine", The 15th Asian Chemical Congress (2013/8/21) Resorts World Sentosa, Singapore

M. Ozaki, T. Hori, D. Q. Duy, T. Masuda, K. Fukumura, F. Nekelson, T. Kamikado, M. Yoneya, Y. Shimizu and A. Fujii, "Solution-processable Bulk-heterojunction Solar Cell Based on Liquid Crystalline

Phthalocyanine", 2012 MRS Fall Meeting (2012/11/27) Hynes Convention Center, Boston, USA

Q. D. Dao, T. Hori, T. Masuda, K. Fukumura, T. Hayashi, T. Kamikado, H. Yoshida, A. Fujii, Y. Shimizu and M. Ozaki, "High efficient solution processable bulk heterojunction solar cells based on mesogenic phthalocyanine", The 6th International Workshop on Advanced Materials Science and Nanotechnology (IWAMSN2012) (2012/11/1) Ha Long City, Vietnam

A. Fujii, T. Hori, Q. D. Dao, T. Masuda, K. Fukumura, T. Hayashi, H. Yoshida, F. Nekelson, Y. Shimizu and M. Ozaki, "Solution-Processable Bulk Hetero-Junction Solar Cells Utilizing Discotic Liquid Crystalline Phthalocyanine" International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2012 (ICSM2012) (2012/7/10) The Hyatt Regency Atlanta, Atlanta, GA, USA

他、54件

〔図書〕(計 1件)

尾崎雅則、藤井彰彦、清水洋、「液晶性フタロシアニンをを用いた有機薄膜太陽電池」、有機薄膜太陽電池の研究最前線、シーエムシー出版、2012年7月

〔産業財産権〕

出願状況(計 1件)

発明者：清水洋、ソーサーヴァルガス リディア、ネケルソン ファビアン、尾崎雅則、藤井彰彦

出願の名称：フタロシアニン化合物及び有機半導体材料

工業所有権の種類・番号：特願 2013-230240

出願人：産業技術総合研究所、大阪大学

出願年月日：平成 25 年 11 月 6 日

取得状況(計 0件)

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

尾崎雅則 (OZAKI, Masanori)

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：50204186

(2) 研究分担者

藤井彰彦 (FUJII, Akihiko)

大阪大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：80304020

吉田浩之 (YOSHIDA, Hiroyuki)

大阪大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：80550045