

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 5 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K05399

研究課題名（和文）分光・電気伝導同時実時間観測による有機半導体薄膜光物性の解明

研究課題名（英文）Photophysical properties of organic semiconductor films studied by real-time observation of simultaneously detected optical and electrical signals

研究代表者

三浦 智明（MIURA, Tomoaki）

新潟大学・自然科学系・助教

研究者番号：80582204

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：次世代太陽電池などの材料として注目されている有機半導体薄膜について、光照射によって生じた電荷（電子および正孔）の数（数密度）および電場による動きやすさ（移動度）が時間変化する様子を観測する新手法を開発した。これにより、電子-正孔の再結合による消滅だけでなく、膜内で動きづらくなった「トラップキャリア」の生成過程を定量的に評価できるようになった。これを用いて、バルクヘテロ薄膜などの材料において、再結合やトラップ過程を支配する電荷の移動機構について詳細な研究を行った。さらに、実際の有機薄膜太陽電池素子を用いた測定も行い、生成した電荷が電極に取り出される過程についても詳細な知見を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において開発した新手法は、有機薄膜太陽電池の効率が低い要因である光生成電荷の再結合およびトラップ過程に関して、時間軸での定量的な議論が可能である点で、従来に例を見ないものである。時間分解分光と電気伝導測定は従来から個別に行われてきたが、各々実験条件が異なるため、些細な実験条件の違いが大きな差を生む薄膜素子において、直接的な結果の比較は難しかった。本研究において、これらを同一素子・同条件で行う全く新しい手法を開発したことにより、分光研究（物理化学）と素子性能評価（材料工学）の分野横断的研究が可能となった。これにより強力な材料開発期待され、学術的意義のみならず社会的意義の大きい研究といえる。

研究成果の概要（英文）：A new methodology has been developed for real-time observation of the number density and drift mobility of the carriers photogenerated in organic semiconductor films, which draw attention as materials as those for solar cells. This methodology enables quantitative evaluation of carrier extinction by electron-hole recombination as well as generation of so-called trap carriers, which have very small mobility. Using this methodology, detailed mechanism of carrier transport that governs recombination and trapping has been studied for films as the bulk-heterojunction films. Further, electrode collection of carriers in the solar cell devices have also been studied.

研究分野：物理化学

キーワード：有機半導体薄膜 再結合 移動度 過渡吸収 過渡光伝導 有機薄膜太陽電池

1. 研究開始当初の背景

有機半導体薄膜は簡便かつ安価に作製可能、柔軟、低環境負荷など優れた特性を示し、シリコンに代替する半導体材料として注目を集めている。特に活性層に有機半導体を用いた有機薄膜太陽電池は上記の利点に加え、可視光吸収能の点などから優れた特性が期待できる。しかし、太陽光変換効率は最大で 15.7%と市販のシリコン太陽電池の値(15~20%)に近づきつつあるものの、依然として低いことが問題となっている。

代表的な有機太陽電池材料であるポリチオフェン(ドナー, D) : フラーレン(アクセプター, A) バルクヘテロ(BH)薄膜において、高速分光による研究が多く行われている。光照射にともなう D-A 界面での電荷分離は非常に高速(フェムト~ピコ秒)かつ高収率であるにもかかわらず、マイクロ秒オーダーで電荷再結合起こるため効率が低くなっていると言われていた。一方で、電荷キャリアのドリフト移動度 μ が低いことも、薄膜素子の電氣的測定から指摘されている。これら分光研究(物理化学)と、素子性能評価(材料工学)は同じ物質系を扱っているにも関わらず、両分野間での有機的な知見の融合があまり進んでいない。この原因の一つとして、分光測定と電氣的測定では試料の作製条件が異なり、定量的に両者の測定データを比較することが難しいことが挙げられる。特に溶液プロセスで作製した薄膜の場合、移動度に大きな影響を与える微結晶核の生成が本質的に非線形な現象であるため、些細な成膜条件の違いが素子性能に大きな影響を与えることが多い。

2. 研究の目的

パルス光を用いた過渡光電流 Δi 測定は薄膜素子のキャリア失活過程に対する時間軸での情報を与える有用な方法である。しかし、 Δi が電荷の総数密度(Δn)と平均移動度(μ_{ave})の積に比例することから、信号の減衰が再結合による Δn の減少に起因するのか、トラップによる μ_{ave} の減少に起因するのかを別けて議論することは困難である。また、移動度が非常に小さいトラップキャリアを観測することはできない。一方で過渡吸収 ΔA を始めとした分光信号は Δn に定量的に比例するため、再結合過程の速度論的評価が可能である。しかし、有機薄膜は分子間相互作用が弱いため、トラップキャリアと移動性キャリアを分光学的に区別することは通常不可能である。

そこで本研究では、同一薄膜素子における ΔA と Δi を同一実験条件において実時間観測することにより、 Δn と μ_{ave} の時間変化を定量する Simultaneous Optical and Electrical Detection (SOED)法を開発した(図 1)。これにより再結合およびトラップキャリア生成を実時間で評価した。さらに、有機薄膜太陽電池素子においても同様の測定を行い、電極による電荷収集に関わるキャリアの動力学も明らかにした。

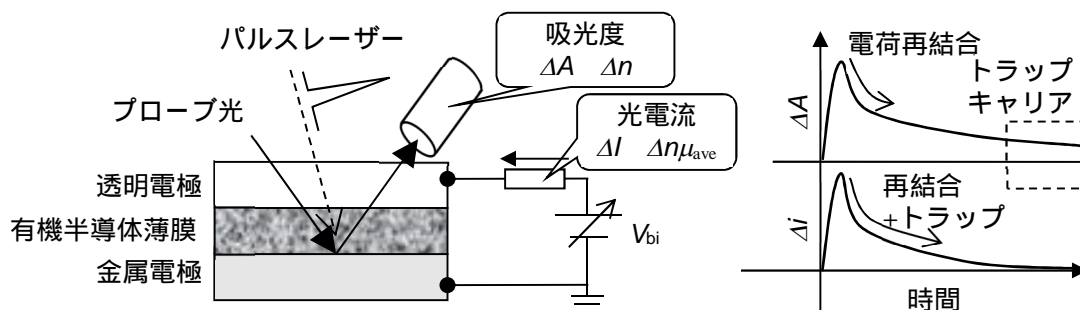


図 1. SOED 法の概念図 (太陽電池素子の場合)

3. 研究の方法

電極間距離 5 μm の楕形金電極基板上に、溶液塗布法(スピコートまたはドロップキャスト)を用いて有機薄膜を製膜した。励起光として波長 532 nm のナノ秒パルスレーザーを、プローブ光として Xe ランプの定常光を用い、バンドパスフィルターを用いて特定波長の透過光信号から過渡光吸収(ΔA)を計測した。電極に定電圧を印加し、シャント抵抗(50 Ω)または高速電流増幅器を用いて励起光照射による過渡光電流(Δi)を同時計測した。この測定法では電極間距離が大きいため、 ΔA 、 Δi の減衰過程に対する電極収集の効果は無視できる。

膜厚 100 nm 程度のバルクヘテロジャンクション活性層を持つ有機太陽電池素子は定法に従って作成した。太陽電池素子の測定では、単色半導体レーザーの定常光をプローブ光として用いた。素子の透明電極側からプローブ光を入射し、金属電極により反射されたプローブ光を検出することで ΔA を計測した(図 1)。 Δi は短絡条件および逆バイアス印可状態でシャント抵抗により検出した。

試料温度は自作の窒素ガス流通システムにより、 ± 0.2 K 程度の精度で制御した。磁場効果測定では電磁石により定常磁場を印可した。

4. 研究成果

I. P3HT:PCBM 薄膜における再結合およびトラップ過程【Miura, T. et al. *J. Phys. Chem. C* 2021】

代表的な BH 薄膜である regioregular poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl) (P3HT, D) : phenyl-C₆₁-butyric-acid-methyl ester (PCBM, A)スピコート薄膜について、楕型金電極基板を用いた測定を行

った。 ΔA (観測波長 990 nm)と Δi は室温において同様の減衰を示した(図 2a および b)。減衰速度は顕著に励起光強度に依存したことから、主に二分子的再結合に支配されていると結論できる。 ΔA は温度低下に伴って初期強度が増加するとともに、減衰速度が遅くなった。電荷分離収率が非常に高いことから、どちらも二分子再結合が低温で遅くなったことによると考えられる。一方 Δi は温度低下とともに初期強度が小さくなったことから、平均移動度 μ_{ave} が顕著に小さくなったことが分かる。153 K ではマイクロ秒を超える長寿命成分が ΔA 信号にのみ観測された。これはトラップキャリアによるものと帰属できる。

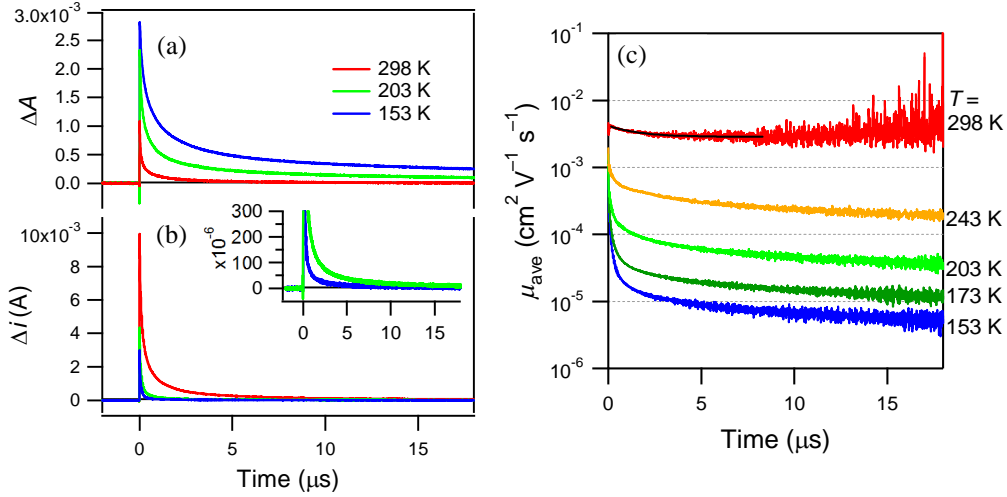


図 2. 櫛型金電極基板を用いた P3HT:PCBM 薄膜の過渡吸収(a)-過渡光電流(b)同時検出信号、および平均移動度(c)の時間変化および温度依存性

$$\Delta A(t) = \sigma' l \Delta n(t) \quad (\sigma': \text{吸光係数}, l: \text{光路長}) \quad (1)$$

$$\Delta i(t) = S q E \mu(t) \Delta n(t) \quad (S: \text{電極断面積}, q: \text{電荷量}, E: \text{電場}) \quad (2)$$

より、両信号の割り算により Δn を消去すると μ_{ave} の時間変化

$$\mu_{ave}(t) = \frac{\sigma' l}{S q E} \frac{\Delta i(t)}{\Delta A(t)} \quad (3)$$

を計算できる。図 2c に μ_{ave} の時間変化および温度依存性を示す。まず、どの時刻においても低温ほど μ_{ave} が小さく、有機半導体薄膜において一般的に見られる熱活性化ドリフト移動が支配的であることが分かる。また、 μ_{ave} は遅い時刻ほど小さくなったが、これは非平衡状態にある光生成キャリアが拡散およびドリフト移動に伴って低エネルギーサイトへトラップされてゆく様子を示している。このことは、移動度の時間分解アレニウス解析で求まる活性化エネルギーが時刻とともに増大する(100 ns において 94 meV、15 μ s において 162 meV)ことから理解できる。このような分散的キャリア移動は従来理論によって説明可能であり、得られた移動度や活性化エネルギーの値も既報値(ばらつきがある)とよく一致している。実験的に μ_{ave} の時間変化が得られることを実証した点で前例がなく、SOED 法の妥当性、有用性を示している。

II. P3HT:PCBM 太陽電池素子における電荷キャリア動力学

Al | P3HT:PCBM (膜厚 $d \approx 100$ nm) | PEDOT:PSS | ITO 積層構造を持つ太陽電池素子を作製した(疑似太陽光変換効率 1.1%程度)。図 1 に示す反射分光型過渡吸収装置を開発し SOED 測定を行った。図 3a および b に室温における ΔA (観測波長 820 nm)および Δi 信号の時間変化およびバイアス電圧 V_{bi} 依存性を両対数表示で示す。

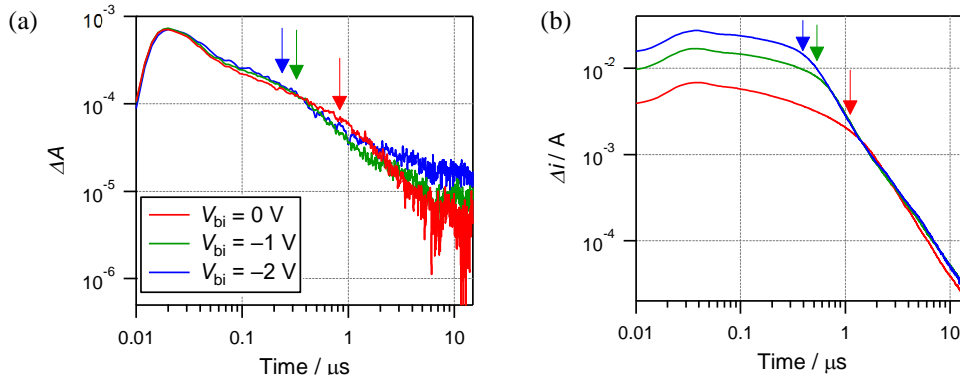


図 3. P3HT:PCBM 太陽電池素子の過渡吸収(a)-過渡光電流(b)同時検出信号の時間変化およびバイアス電圧依存性。矢印はトランジットタイムを示す。

速い時刻(<1 μs)において ΔA 信号の電場依存性は小さいことから、 Δn の時間変化に対する電極収集の影響は小さく、冪乗減衰は主に再結合によるものと考えられる。 Δi は逆バイアス電圧の増大とともに大きくなったが、式(2)から電場(太陽電池の場合、実効電場 $E_{\text{eff}} = |V_{\text{eff}}|/d$, V_{eff} は内蔵電圧 $\sim -0.4\text{ V}$ と V_{bi} の和)に比例するため当然といえる。しかし、早い時刻の冪乗減衰は電場依存性が小さく、やはり再結合による Δn の減衰が支配的であることがわかる。これらの挙動は前節の測定結果とよく一致している。

一方で、 ΔA , Δi ともに 1 μs 付近で冪乗指数の変化が観測された。このような現象について、薄膜素子の表面励起による Δi 測定(Time of flight 法)を用いた多くの先行研究がある。冪乗指数が変化した時刻は transit time (t_{tr})と呼ばれ、膜内の可動性キャリアがドリフト移動し、電極により収集された時刻を示す。産総研との共同理論研究(Seki, K. et al., *J. Chem. Phys.* 2023)から、今回のような均一励起が可能な薄膜においても同様の解釈は成り立つことが示された。 Δi , ΔA 信号ともに t_{tr} は逆バイアス電圧増大とともに短くなったことから、 ΔA 信号においても Δi 同様、電極収集の効果が観測されたと考えられる。このような分光測定による実時間観測の例はおそらく本研究が初報告である。 Δi および ΔA から得られた t_{tr} の値に大きな違いはなかったため、電極界面に到達した可動性キャリアは、界面に長時間とどまることはなく、電極へと収集されるものと考えられる。

ΔA および Δi 信号から得られた t_{tr} を用いて、以下の式から可動性キャリアのトランジット移動度 μ_{tr} を計算できる。

$$\mu_{\text{tr}} = \frac{d}{t_{\text{tr}} E_{\text{eff}}} \quad (4)$$

また、式(3)により μ_{ave} の時間変化も計算できる(図 4)。 μ_{ave} は $\sim 1\ \mu\text{s}$ ($\approx t_{\text{tr}}$)以降に減衰が観測された。これは可動性キャリアが電極により収集されたことにより、より移動度の低いキャリアが残存したためであると考えられる。また、 t_{tr} より速い時刻の μ_{ave} は μ_{tr} に近い値となったが、若干小さい値となった。ここから、電極収集より早い時刻では可動性キャリアの分率が比較的大きいものの低移動性のキャリアは存在し、これが平均移動度を下げていると考えられる。

μ_{ave} の値は前節の楕円形金電極素子と比べて太陽電池素子では 1 桁以上小さくなった。この原因として、活性層と電極および正孔輸送層の界面で起こる現象、あるいは空間電荷制限電流の影響等が考えられ、今後詳細な検討を行う予定である。本研究において開発した SOED 法により、同一太陽電池素子において可動性キャリアと低移動性キャリアの移動度を別けて定量できることが明らかとなり、本手法が素子状態でのキャリア損失機構を定量的に評価する上で極めて強力な手法となることが示された。

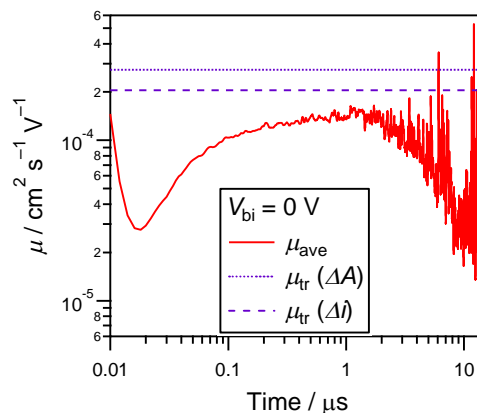


図 4. P3HT:PCBM 太陽電池において得られた平均移動度の時間変化およびトランジット移動度。

III. 高感度磁場効果測定に向けた装置の改良

SOED 法を用いて有機半導体薄膜内に生じた電子正孔対のスピンド力学を詳細に検討するために、磁場効果の測定を行った。磁場依存性の高感度測定のための定法として、磁場を単純掃引するのではなく、0 磁場での測定を随時挟んで経時変化の影響を差し引く方法が用いられる。しかし、通常の直流電源を用いた磁場制御には 10 数秒程度の時間がかかるため、この間照射光をシャッターで遮って素子の劣化を抑えていたが、この時間のばらつきによる感度低下の問題があった。

そこで、大きなインダクタンスを持つ電磁石を比較的高速に励磁できる 4 象限バイポーラ電源を導入し、磁場制御の待ち時間を 10 秒程度に固定できるような改善を行った。これにより、1% 程度の小さな磁場効果を感度よく測定できるようになった。また、通常電源による励磁の場合、磁場制御時間の磁場依存性とプローブ近赤外光による素子の加熱効果により、電気伝導信号の磁場効果にアーティファクトが乗ることが分かった。ここから、磁場制御時間の固定のみならず、適切なフィルターによる近赤外光の除去や、精密な温度コントロールを行うことも重要であることが分かった。本装置を用いて、有機半導体薄膜のスピントロニック制御に向けた研究を継続中である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Shoji Yoshiaki, Ikabata Yasuhiro, Ryzhii Ivan, Ayub Rabia, El Bakouri Ouissam, Sato Taiga, Wang Qi, Miura Tomoaki, Karunathilaka Buddhika S. B., Tsuchiya Youichi, Adachi Chihaya, Ottosson Henrik, Nakai Hiromi, Ikoma Tadaaki, Fukushima Takanori	4. 巻 60
2. 論文標題 An Element Substituted Cyclobutadiene Exhibiting High Energy Blue Phosphorescence	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 21817 ~ 21823
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202106490	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Miura Tomoaki, Akiyama Ryoya, Kobayashi So, Ikoma Tadaaki	4. 巻 125
2. 論文標題 Realtime Observation of Carrier Trapping and Recombination in a Bulk Heterojunction Film by Simultaneous Optical and Electrical Detection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 22668 ~ 22673
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.1c06879	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ochiai Hikari, Miura Tomoaki, Ikoma Tadaaki, Minoura Mao, Nakano Haruyuki, Matano Yoshihiro	4. 巻 95
2. 論文標題 Copper(II) Complexes of 10,20-Diaryl-5,15-diazaporphyrin: Alternative Synthesis, Excited State Dynamics, and Substituent Effect on the $\langle \sup>1</sup>0</sub>2</sub>-Generation Efficiency$	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 427 ~ 432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20220002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Oka Yoshimi, Miura Tomoaki, Ikoma Tadaaki	4. 巻 125
2. 論文標題 Photogenerated Radical Pair between Flavin and a Tryptophan-Containing Transmembrane-Type Peptide in a Large Unilamellar Vesicle	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry B	6. 最初と最後の頁 4057 ~ 4066
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.1c01231	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Omomo Satoshi, Fukuda Ryosuke, Miura Tomoaki, Murakami Tatsuya, Ikoma Tadaaki, Matano Yoshihiro	4. 巻 84
2. 論文標題 Effects of the Peripheral Substituents, Central Metal, and Solvent on the Photochemical and Photophysical Properties of 5,15 Diazaporphyrins	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ChemPlusChem	6. 最初と最後の頁 740 ~ 745
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.201900087	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Miura Tomoaki	4. 巻 118
2. 論文標題 Studies on coherent and incoherent spin dynamics that control the magnetic field effect on photogenerated radical pairs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Molecular Physics	6. 最初と最後の頁 e1643510
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00268976.2019.1643510	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shoji Ryota, Miura Tomoaki, Ikoma Tadaaki	4. 巻 75
2. 論文標題 An impact of higher fullerene on charge recombination in organic solar cell studied by magnetoconductance	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Electronics	6. 最初と最後の頁 105383 ~ 105383
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.orgel.2019.105383	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Miura Tomoaki, Miyaji Kio, Horikoshi Takafumi, Suzuki Shuichi, Kozaki Masatoshi, Okada Keiji, Ikoma Tadaaki	4. 巻 151
2. 論文標題 Spin-dependent electron transfer dynamics in a platinum-complex?donor?acceptor triad studied by transient-absorption detected magnetic field effect	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 234306 ~ 234306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5127940	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ohmi Takuya, Miura Tomoaki, Shigematsu Kei, Koegeel Alexandra A., Newell Brian S., Neilson James R., Ikoma Tadaaki, Azuma Masaki, Yamamoto Takafumi	4. 巻 24
2. 論文標題 Temperature-induced structural transition in an organic/inorganic hybrid layered perovskite (MA) ₂ PbI ₂ Br(SCN) ₂	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 5428 ~ 5434
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CE00733A	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Seki Kazuhiko, Muramatsu Naoya, Miura Tomoaki, Ikoma Tadaaki	4. 巻 158
2. 論文標題 Transient photocurrent and optical absorption of disordered thin-film semiconductors: In-depth injection and nonlinear response	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 114704 ~ 114704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0143683	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 三浦 智明、生駒 忠昭
2. 発表標題 分光-電気伝導同時計測を用いた有機半導体薄膜 キャリアダイナミクスの解明
3. 学会等名 第24回ESRフォーラム研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoaki Miura, So Kobayashi, Mariko Yatsushiro, and Tadaaki Ikoma
2. 発表標題 Magnetic Field Effects on Organic Photovoltaic Thin Films as Studied by Simultaneous Optical-Electrical Transient Measurement
3. 学会等名 Joint Conference of 22nd International Society of Magnetic Resonance Conference, 9th Asia-Pacific NMR Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村松 直哉、三浦 智明、生駒 忠昭
2. 発表標題 過渡吸収・光電流同時測定による有機薄膜太陽電池におけるキャリア輸送過程の研究
3. 学会等名 光化学討論会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八代 真理子、三浦 智明、生駒 忠昭
2. 発表標題 色素ドーブ光導電性高分子薄膜における正孔ダイナミクスの温度依存性
3. 学会等名 光化学討論会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦 智明、山田 瑛葉、八代 真理子、生駒 忠昭
2. 発表標題 分光-電気伝導同時実時間観測による色素ドーブ導電性高分子の光伝導機構解明
3. 学会等名 2020年web光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村松 直哉、三浦 智明、生駒 忠昭
2. 発表標題 過渡吸収・過渡光電流同時測定による有機薄膜太陽電池におけるキャリア移動度の研究
3. 学会等名 2020年web光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林 奏、三浦 智明、生駒 忠昭
2. 発表標題 磁気光吸収・磁気光電流同時測定法によるP3HT:PC61BM薄膜におけるキャリア対ダイナミクスの観測
3. 学会等名 電子スピンサイエンス学会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoaki Miura, Ryoya Akiyama, Akiha Yamada, Sou Kobayashi, and Tadaaki Ikoma
2. 発表標題 Charge Career and Spin Dynamics in Organic Semiconductor Thin Films Studied by Simultaneous Measurement of Transient Optical Absorption and Photocurrent Signals
3. 学会等名 16th International Symposium on Spin and Magnetic Field Effects in Chemistry and Related Phenomena (Spin Chemistry Meeting 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoaki Miura, Ryoya Akiyama, Akiha Yamada, So Kobayashi, Naoya Muramatsu, and Tadaaki Ikoma
2. 発表標題 Simultaneous Measurement of Transient Photocurrent and Optical Absorption of Organic Semiconductor Thin Films
3. 学会等名 第58回電子スピンサイエンス学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三浦智明
2. 発表標題 可視近赤外過渡吸収 - 過渡光電流同時観測法を用いた有機半導体薄膜の光キャリア動力学研究
3. 学会等名 光化学協会 光化学応用講座2019 「時間分解分光の新展開：原理から先端応用まで」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林奏、三浦智明、生駒忠昭
2. 発表標題 移動度の実時間観測による P3HT:PCBM 薄膜のキャリアダイナミクスの研究
3. 学会等名 第 58 回電子スピンサイエンス学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田瑛葉、三浦智明、生駒忠昭
2. 発表標題 Perylene diimide をドーブした Poly(N-vinylcarbazole)薄膜における光伝導に対する磁場効果
3. 学会等名 第 58 回電子スピンサイエンス学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoaki Miura, Sou Kobayashi, Naoya Muramatsu, Mariko Yatsushiro, Tadaaki Ikoma
2. 発表標題 Carrier and Spin Dynamics in Organic Photovoltaic Thin Films Studied by Simultaneous Optical and Electrical Detection
3. 学会等名 17th International Symposium on Spin and Magnetic Field Effects in Chemistry and Related Phenomena (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 八代真理子、三浦智明、生駒忠昭
2. 発表標題 色素ドーブ光導電性高分子薄膜における正孔ダイナミクスの解明
3. 学会等名 第 61 回電子スピンサイエンス学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦智明、小林奏、生駒忠昭
2. 発表標題 SOED法を用いた有機半導体薄膜の磁場効果研究
3. 学会等名 第 61 回電子スピンサイエンス学会年会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	生駒 忠昭 (Ikoma Tadaaki)	新潟大学・理学部・教授 (13101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------