

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02810

研究課題名（和文）アモルファス有機薄膜の自発的配向分極現象の機構解明と応用

研究課題名（英文）Mechanisms and Applications of Spontaneous Orientation Polarization Phenomena in Amorphous Organic Thin Films

研究代表者

石井 久夫 (Ishii, Hisao)

千葉大学・先進科学センター・教授

研究者番号：60232237

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,100,000円

研究成果の概要（和文）：有機EL素子においては、単に製膜するだけで分子が配向して膜中に電荷の偏りが発生し、素子の特性を大きく左右することが知られているが、その機構はよくわかっていない。本研究では、我々が開発した製膜しながら同時に膜の表面電位を測定できる回転型ケルビン法装置で種々の分子の測定を行い、電荷の偏りに効く要因を探索した。また、製膜を一時停止して待ち時間を導入すると、電荷の偏りが時間とともに変化する現象を見出した。これを使うと、待ち時間を変えることで電荷の偏りが制御しうることも見出した。この手法は、有機EL素子の性能をさらに向上させることに活用できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スマートフォンや大型テレビなどに導入されている有機EL素子を更に長寿命、高効率化するには、素子の膜内に発生する電荷の偏りを制御する必要がある。本研究では、製膜に一時停止プロセスを導入することで、電荷の偏りを増減したり、キャンセルしたり、プラスマイナスを入れ替えるなどの処理ができることを明らかにした。この技術は、すぐにでも応用できるものであり、有機EL素子を更に高性能化することで、現在のIT社会に貢献するものである。

研究成果の概要（英文）：In organic light emitting diodes (OLEDs), it is known that simply forming a film causes molecular orientation and polarization in the film, which greatly affects the characteristics of the device. In this study, we have searched for the factors that cause the GSP by measuring various molecules with a rotating Kelvin method, which can simultaneously measure the surface potential of the film while depositing the film. We also found that the polarization changes with time when the film depositing process is paused and a waiting period is introduced. Using this phenomenon, we also found that the polarization can be controlled by changing the waiting time. This technique can be used to further improve the performance of OLED devices.

研究分野：有機半導体

キーワード：有機EL素子 巨大表面電位 自発配向分極 回転型ケルビン法 間欠蒸着

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

実用的な有機分子エレクトロニクスで広く活用されているアモルファス薄膜においては、実は分子配向はランダムではなく、単に真空蒸着するだけで極性分子が自発的に配向分極し、それにより界面に発生する分極電荷がキャリアの挙動や素子特性を大きく左右することがわかってきた。このような配向分極が生じると、膜に巨大な表面電位 (GSP) が生じるとともに、有機 EL 素子内の界面に分極電荷が発生する。電極近傍に発生した分極電荷はキャリア注入効率を左右し、有機・有機界面などの発光領域に発生した分極電荷は、励起子を失活させてしまうことが知られている。このため、有機 EL 素子の膜中で、場所ごと、機能に応じて、分極電荷の極性や量を制御することが望まれている。そのためには、この自発配向分極のメカニズムを解明する必要があるが、分極量の計測例が限られていたため、議論が進んでいなかった。効率よく、分極量を計測できる装置を開発し、多くの分子に対して分極量を計測することが強く望まれていた。

2. 研究の目的

本研究では、測定誤差につながる環境光の影響を完全に排除して、自発的配向分極量を多くの材料に対して精度良くかつ自動的に測定できる“回転型ケルビンプローブ (KP) 装置”を開発し、実測データ量を増やし、機械学習を用いた分極を誘起する要因の特定、量子化学計算に基づく分子間相互作用の理論的解析などの多角的なアプローチにより、自発的分極現象の起源を解明するとともに、分極の大きさと極性を制御する分子設計と蒸着プロセスを開発することをめざした。さらに、回転型 KP 装置の特性を活かし、パルス蒸着ビームを用いた新たな分子配向制御法の探索も行う。これらの制御技術を実際の素子に適用し、素子薄膜中の任意の場所に分極電荷を意のままに配置して、既存の素子の性能向上や、新しい動作機構の素子の開発へと展開させることを目指した。

3. 研究の方法

図 1 のような回転型 KP 装置を開発する。この装置では、2 枚羽根の回転する参照電極が、回転しながら周期的に試料基板上空をよぎる。参照電極と試料基板がなす平行平板コンデンサの容量は、両電極の重なった面積に比例するので、参照電極を回転させると交流電流 $i = (V_s - V_r)(dC/dt)$ が流れる。これを測定することで表面電位が計測できる。この場合、試料表面は常時覆われているわけではなく、測定動作を続けながら、蒸着も行うことができる。これを用いて多くの極性有機分子の自発分極量を決定する。得られたデータに関しては、機械学習を用いて自発配向分極がどのような分子の特性と結びついているかを調べる。

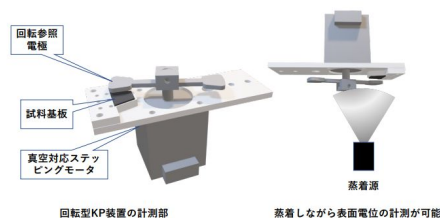


図 1 作成した回転型ケルビン法装置

4. 研究成果

(1) 回転型 KP 装置の整備と GSP データの蓄積

これまで開発を進めてきた回転型ケルビン法装置の電極接点、計測系などを見直して、5mV 程度の精度で表面電位を成膜と同時測定できるように整備した。その装置を用いて、有機 EL 材料を中心に GSP の測定を進めた。その結果、ある程度の数の GSP のデータが得られたが、詳細に実験を進めてみると蒸着速度に極めて敏感に GSP の値や極性が変化する材料系が存在することがわかってきた。当初、分子種に応じて固有の GSP 値が存在することを念頭に研究を進めてきたが、このように蒸着速度も重要なパラメータとなると、各分子間の GSP を比較する上で解析が難しくなった。このため結果として研究機関を 1 年延長して対応した。

(2) 分子間水素結合を有する有機薄膜の調査

並行して、分子間に異方性のある分子間力を導入することで GSP が誘起できるかも調べた。アデニンやチミンなどの DNA の核酸塩基分子や四角酸などの水素結合部位を有する分子の GSP をしらべた。その結果、膜厚をあつくしても双極子配向が維持され GSP が成長するもの、ほとんど

分極しないもの、電極にコンタクトした第1層のみ大きな電子シフトを有するものなどが見出された。水素結合をGSP増強に積極的に利用するにはまだ課題が多いが、電極の仕事関数修飾などには実用的に利用できるものも見出した。

(3) 間欠蒸着法の開発

(1)でみたようにGSPが成膜中の蒸着速度に強く依存する現象を研究する中で、蒸着を小刻みに繰り返した膜と一回の蒸着で同じ膜厚にした膜ではGSPがことなることに気がついた。このことは、小刻みな蒸着を繰り返した際の蒸着をしていない時間帯が鍵をにぎっていることを示唆している。そこで、蒸着中にシャッターを閉じて蒸着を一時停止した際のGSPの変化を回転ケルビン法装置で解析した。その結果、シャッターをとじたあと、図2(a)に示すように200秒程度でGSPが緩和していることを発見した。このようにシャッターの開閉を繰り返す蒸着法を“間欠蒸着法”と命名した。通常の連続蒸着では、蒸着源から膜表面に到達した分子が最適な配向状態に落ち着く前に、後から飛来する蒸着分子が被さってくる。このため十分な配向緩和が実現できていない。一方、蒸着を一時停止すると、他の分子に邪魔されることなく配向緩和が生じる。さらに、Alq3膜に関しては、図2(b)のように間欠蒸着を行うと連続蒸着とは逆極性のGSPが発生することも見出した。このことは、単に蒸着シャッターを開閉することで、GSPの大きさ、極性も制御でき、膜中にポテンシャルの山や谷を導入できることを意味している。また有機EL素子においては、GSPによる分極電荷を素子内の界面に応じて強めたり弱めたりすることが特性向上につながるということが知られているがそのような応用も間欠蒸着で可能となる。この手法に関しては、特許を出願した。

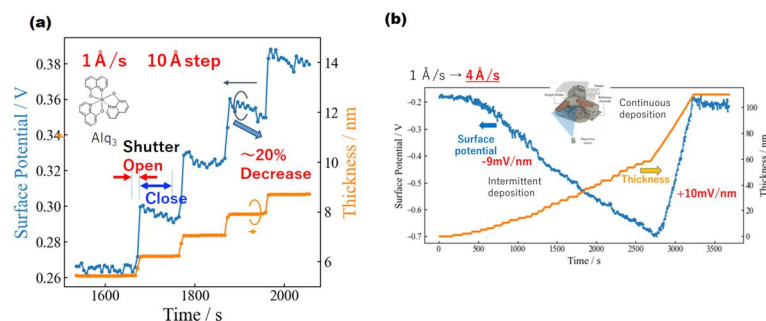


図2 (a) Alq3 薄膜の表面電位がシャッターの開閉にもなって変化の様子。(b) 間欠蒸着と連続蒸着を組み合わせると Alq3 薄膜の表面電位を V 字型に制御した例

(4) 機械学習による分極要因の探索

GSPの大きさが分子のどのような特性に関連しているかをしらべるために機械学習による回帰分析をおこなった。(1)で述べたように蒸着速度が無視できないパラメータであることがわかったが、分子構造の違いだけに基いて議論するため、通常のデバイス作成条件で作成した膜のGSP値を代表値とした。合計41個の分子に対してそのGSP slopeをデータとして用意して解析を行なった。機械学習用のデータセットの作成にはオープンソースのツールキットであるRDKitを使用し、分子構造を読み取ったのちDescriptors機能を用いて特徴量を出力した。機械学習にはPythonのオープンソース機械学習ライブラリであるScikit-Learnを用いた。サンプル数が少ないため、モデルの評価にはLeave-One-Out Cross Validation(LOOCV)を用いた。回帰分析手法としては最小二乗法(Ordinally Least Squar; OLS), Ridge, Lasso, Elastic-Netの4つの線形回帰手法を用いた。解析の結果、GSPの値を大きく左右する決定因子は見つからなかった、しかし、特にGSP Slopeへの寄与の大きいと考えられる分子物性値(特徴量)がMaxAbsEStateIndex, MaxEStateIndex, NumHeteroatoms, MinAbsEStateIndex, MinEStateIndexであることが分かった。現在、これらの要因が重要な物理的な意味合いの検討を続けている。

【まとめ】以上のように、GSPを与える分子構造の要因を解明する方向に関しては、分子設計のヒントになる項目を見出したが、引き続き研究が必要な状況である。一方、種々のGSPを測定するなかで発見した間欠蒸着は単にシャッターを制御するだけで実行できる。有機ELの商品素子を作成する装置にも必ずシャッターが装備されており、広く実用に利用できる手法となりうる。また、シャッターを閉じたあとの分子配向の緩和プロセスは、双極子が自発的に配列する謎を解く重要な鍵となると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 田中 有弥, 栗原 啓輔, 阿部 直矢, 神宮 彩人, 村上 晃一, 森下 浩多, 鈴木 孝明, 山根 大輔, 石井 久夫	4. 巻 63
2. 論文標題 極性有機分子の自発的配向分極現象を利用したエレクトレット型振動発電素子の動作機構	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本画像学会誌	6. 最初と最後の頁 176-184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11370/isj.63.176	査読の有無 無
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 Ohara Masahiro, Hamada Hokuto, Matsuura Noritaka, Tanaka Yuya, Ishii Hisao	4. 巻 15
2. 論文標題 Impact of Intermittent Deposition on Spontaneous Orientation Polarization of Organic Amorphous Films Revealed by Rotary Kelvin Probe	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 57427 ~ 57433
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssami.3c12914	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Wang Wei-Chih, Nakano Kyohei, Tanaka Yuya, Kurihara Keisuke, Ishii Hisao, Adachi Kiyohiro, Hashizume Daisuke, Hsu Chain-Shu, Tajima Keisuke	4. 巻 11
2. 論文標題 Stable spontaneous orientation polarization by widening the optical band gap with 1,3,5,7-tetrakis(1-phenyl-1 <i>H</i> -benzo[<i>d</i>]imidazol-2-yl)adamantane	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 13039 ~ 13046
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3TC02724D	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 Yamane Daisuke, Kawashima Kosuke, Sugimoto Reiki, Li Ruichen, Kayaguchi Hideyuki, Kurihara Keisuke, Ishii Hisao, Tanaka Yuya	4. 巻 35
2. 論文標題 Observation of Surface Potential of Micropatterned Self-assembled Electrets for MEMS Vibrational Energy Harvesters	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 1985 ~ 1985
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18494/SAM4400	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 Wei-Chih Wang, Kyohei Nakano, Yuya Tanaka, Hisao Ishii, Chain-Shu Hsu, Keisuke Tajima	4. 巻 36
2. 論文標題 Stabilization of Spontaneous Orientation Polarization by Preventing Charge Injection from Electrodes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 161-166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Yamane Daisuke, Kayaguchi Hideyuki, Kawashima Kosuke, Ishii Hisao, Tanaka Yuya	4. 巻 119
2. 論文標題 MEMS post-processed self-assembled electret for vibratory energy harvesters	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 254102 ~ 254102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0072596	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 Ohara Masahiro, Watanabe Tatsuya, Tanaka Yuya, Ishii Hisao	4. 巻 218
2. 論文標題 Examination of Spontaneous Orientation Polarization in Wet Processed Tris(8-hydroxyquinolino)aluminum Film Measured by Rotary Kelvin Probe Method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 physica status solidi (a)	6. 最初と最後の頁 2000790 ~ 2000790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssa.202000790	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 TANAKA Yuya, TAZO Yuki, ISHII Hisao	4. 巻 E104.C
2. 論文標題 Enhanced Orientation of 1,3,5-Tris(1-Phenyl-1H-Benzimidazole-2-yl)Benzene by Light Irradiation during Its Deposition Evaluated by Displacement Current Measurement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Electronics	6. 最初と最後の頁 176 ~ 179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transele.20200MS0009	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 Yuya Tanaka, Noritaka Matsuura, and Hisao Ishii	4. 巻 34
2. 論文標題 Current Generation Mechanism in Self-assembled Electret-based Vibrational Energy Generators	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Ohara Masahiro, Watanabe Tatsuya, Tanaka Yuya, Ishii Hisao	4. 巻 -
2. 論文標題 Examination of Spontaneous Orientation Polarization in Wet Processed Tris(8-hydroxyquinolino)aluminum Film Measured by Rotary Kelvin Probe Method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 physica status solidi (a)	6. 最初と最後の頁 2000790 ~ 2000790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssa.202000790	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 TANAKA Yuya, TAZO Yuki, ISHII Hisao	4. 巻 -
2. 論文標題 Enhanced orientation of 1,3,5-tris(1-phenyl-1H-benzimidazole-2-yl)benzene by light irradiation during its deposition evaluated by displacement current measurement	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Electronics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transele.20200MS0009	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36件 (うち招待講演 14件 / うち国際学会 17件)

1. 発表者名 石井 久夫
2. 発表標題 有機半導体のバルク・界面電子構造とデバイス物理の狭間で
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石井 久夫
2. 発表標題 分子系材料の電子構造研究を振り返って：測定屋のこだわりと M&BE 分科会
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hisao Ishii, M. Ohara, Noritaka Matsuura, Yuya Tanaka
2. 発表標題 Intermittent Deposition Technique to Control Spontaneous Orientation Polarization in Vacuum-Evaporated Organic Films Observed by Rotary Kelvin Probe Technique
3. 学会等名 The 14th Japan-China Joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Masahiro Ohara, Taiyo Inoue, Yuya Tanaka, Hisao Ishii
2. 発表標題 Intermittent Deposition Technique for tuning Spontaneous Orientation Polarization: Orientation Relaxation Observed by Rotary Kelvin Probe
3. 学会等名 16th European Conference on Molecular Electronics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井上 太陽, 大原 正裕, 岡田 壮史, 新井 信道, 石井 久夫
2. 発表標題 回転型ケルビンプローブによる有機半導体界面の電位分布測定：熱平衡モデルに基づくエネルギー準位接続シミュレーションの検証
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井上 太陽, 吉澤 雅弘, 大原 正裕, 田中 有弥, 石井 久夫
2. 発表標題 回転型ケルビンプローブによる水素結合を持つ極性分子蒸着薄膜の自発配向分極の観察
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大原 正裕, 井上 太陽, 田中 有弥, 石井 久夫
2. 発表標題 極性有機分子の配向緩和過程を利用した新規配向制御法の開発: 回転型Kelvin Probeによる配向形成の観測
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hisao Ishii
2. 発表標題 High-Sensitivity UV Photoemission Spectroscopy Using Low Energy Photon to Probe the Electronic Structures of Semiconductors, Insulators and Biomolecules
3. 学会等名 Pac Surf 2022. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuya Tanaka, Yuki Tazo, Shin Shinohara, Hideyuki Kayaguchi, Naoya Abe, Keisuke, Kurihara, Masahiro Ohara, Hisao Ishii
2. 発表標題 Spontaneous orientation of polar OLED materials: Its role and applications
3. 学会等名 SPIE Optics + Photonics 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hisao Ishii, Masahiro Ohara, Noritaka Matsuura, Yuya Tanaka
2. 発表標題 Spontaneous Orientation Polarization in Vacuum-Evaporated Films of Polar Organic Molecules Investigated by (Conventional and Rotary) Kelvin Probe
3. 学会等名 International Conference on Materials Science, Engineering and Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keisuke Kurihara, Hideyuki Kayaguchi, Masaya Kitaoka, Hisao Ishii, Yuya Tanaka
2. 発表標題 Effect of Light Irradiation on Giant Surface Potential of Polar Organic Molecules on Insulator Layer
3. 学会等名 13th International Conference on Nano-Molecular Electronics (ICNME 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hideyuki Kayaguchi, Keisuke Kurihara, Hisao Ishii, Yuya Tanaka
2. 発表標題 Effect of a crucible heating on the surface potential of 1,3,5-tris(1-phenyl-1H-benzimidazol-2-yl)benzene
3. 学会等名 13th International Conference on Nano-Molecular Electronics (ICNME 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 栗原 啓輔, 栢口 英之, 松浦 寛恭, 石井 久夫, 田中 有弥
2. 発表標題 絶縁層挿入による自己組織化エレクトレット型振動発電素子の光照射に対する安定性の向上
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大原 正裕, 田中 有弥, 石井 久夫
2. 発表標題 回転型Kelvin Probeを用いた極性有機分子膜における配向緩和のリアルタイム測定
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大原 正裕, 田中 有弥, 石井 久夫
2. 発表標題 極性有機分子膜における巨大表面電位の観測と制御 ~ 回転型ケルビンプローブによるリアルタイム測定法の開発 ~
3. 学会等名 有機エレクトロニクス研究会(OME)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大原 正裕, 田中 有弥, 石井 久夫
2. 発表標題 回転型Kelvin Probeによる有機太陽電池構造のバンドベンディングと表面光起電力のリアルタイム測定
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉本 滲貴, 川島 康介, 栢口 英之, 石井 久夫, 田中 有弥, 山根 大輔
2. 発表標題 自己組織化エレクトレットを用いたMEMS振動発電素子の検討
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuya Tanaka, Noritaka Matsuura, Hideyuki Kayaguchi, Yuki Tazo, Hisao Ishii
2. 発表標題 Enhanced stability of electret-based vibrational energy generators utilizing spontaneous orientation polarization of OLED materials
3. 学会等名 The 6th International TADF Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中有弥
2. 発表標題 荷電処理が一切不要なエレクトレット型振動発電素子：有機半導体材用の新しい応用展開
3. 学会等名 10th ECSYU Symposium -有機フロンティア材料チュートリアルセミナー- (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中有弥, 松浦寛恭, 石井久夫
2. 発表標題 自発配向する極性有機分子を利用したエレクトレット型振動発電素子の開発
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中有弥, 松浦 寛恭, 田雑 友貴, 栢口 英之, 石井 久夫
2. 発表標題 極性有機分子を利用したエレクトレット型振動発電素子の開発
3. 学会等名 日本機械学会2021年度年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuya Tanaka, Noritaka Matsuura, Yuki Tazo, Hieyuki Kayaguchi, Hisao Ishii
2. 発表標題 Enhanced stability against light irradiation in electret-based vibrational energy generators composed of OLED materials
3. 学会等名 13th Asian Conference on Organic Electronics 2021 (A-COE) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuya Tanaka, Noritaka Matsuura, Yuki Tazo, Hideyuki Kayaguchi, Hisao Ishii
2. 発表標題 Electret-based vibrational energy generator composed of polar molecules for OLED
3. 学会等名 International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiro Ohara, Yuya Tanaka, Hisao Ishii
2. 発表標題 Real-time Surface Potential Measurement during Evaporation of Alq3 Film Studied by Rotary Kelvin Probe
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS-9) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大原 正裕, 田中 有弥, 石井 久夫
2. 発表標題 回転型 Kelvin Probe装置による極性有機蒸着膜のリアルタイム表面電位測定
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	Hisao Ishii, Noritaka Matsuura, Hokuto Hamada, Masahiro Ohara, Shin Shinohara, Yuki Tazo, Yuya Tanaka
2. 発表標題	Control of Spontaneous Orientation Polarization for Organic Semiconductors by Changing Deposition Parameters
3. 学会等名	KJF-ICOME2021 (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Masahiro Ohara, Yuya Tanaka, Hisao Ishii
2. 発表標題	Evaluation of Giant Surface Potential during Evaporation of Alq3 Film studied by Rotary Kelvin Prob
3. 学会等名	KJF-ICOME2021 (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	瀧田 北斗, 松浦 寛恭, 大原 正裕, 田中 有弥, 石井 久夫
2. 発表標題	間欠蒸着法を用いたAlq3蒸着薄膜における自発的配向分極の極性制御"
3. 学会等名	第68回応用物理学会春季学術講演会, オンライン開催, 2021/3/16-19 (招待講演)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Noritaka Matsuura, Hokuto Hamada, Yuki Tazo, Masahiro Ohara, Yuya Tanaka and Hisao Ishii
2. 発表標題	Spontaneous Orientation Polarization of Amorphous Organic Semiconductor Films: Control of Polarization and Device Performance"
3. 学会等名	Interdisciplinary workshop on photonics and organic electronics (POE2020), Nov.21-23, 2020, Jinan, China (Hybride with online) (Invited) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Noritaka Matsuura, Hokuto Hamada, Yuki Tazo, Masahiro Ohara, Yuya Tanaka and Hisao Ishii
2. 発表標題	Spontaneous Orientation Polarization of OLED Materials: Control of Polarization and Device Performance
3. 学会等名	The 6th international conference on electronic materials and nanotechnology for green environment (ENGE2020), Nov.1-4, 2020, Jeju, Korea (Hybride with Online) (Invited) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	濱田 北斗, 松浦 寛恭, 大原 正裕, 田中 有弥, 石井 久夫
2. 発表標題	Alq3層の自発的配向分極の制御:間欠蒸着法による分極極性反転
3. 学会等名	有機EL討論会第31回例会 , オンライン開催
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Masahiro Ohara, Yuya Tanaka, Hisao Ishii
2. 発表標題	Measurement of Spontaneous Polarization of Wet-Processed Organic films by Rotary Kelvin Probe Method
3. 学会等名	The 6th International Conference on Electronic Materials and Nanotechnology for Green Environment (ENGE2020), Nov.1-4, 2020, Jeju, Korea (Hybride with Online) (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	田維 友貴, 田中 有弥, 石井 久夫
2. 発表標題	光照射成膜したTPBi層を有する有機ELモデル素子内の蓄積電荷量の評価"
3. 学会等名	第81回応用物理学会秋季学術講演会, オンライン開催, 2020/9/8-11
4. 発表年	2020年

1. 発表者名 濱田 北斗, 松浦 寛恭, 田中 有弥, 石井 久夫
2. 発表標題 Alq3蒸着薄膜における自発的配向分極の極性制御
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会, オンライン開催, 2020/9/8-11
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuki Tazo, Yuya Tanaka, Hisao Ishii
2. 発表標題 Increase of accumulation charge in TPBi-based bilayer device by irradiating light during deposition"
3. 学会等名 11th International Symposium on Organic Molecular Electronics, オンライン開催, 2020/8/6-8 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松浦 寛恭, 石井 久夫, 田中 有弥
2. 発表標題 分子配向制御による自己組織化エレクトレット型振動発電素子の高出力化
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会, オンライン開催, 2020/9/8-11
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 石井久夫、大原正裕	4. 発行年 2024年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 12
3. 書名 有機半導体の開発と最新動向 第20章	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 成膜装置及び成膜方法	発明者 石井久夫、大原正裕	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2024-026660	出願年 2024年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

http://ishii-lab.in.coocan.jp/pukiwiki/ "石井 久夫"のWEBページ http://ishii-lab.in.coocan.jp/pukiwiki/
--

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 分担者	田中 有弥 (Tanaka Yuya) (90780065)	群馬大学・大学院理工学府・准教授 (12301)	

	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	大原 正裕 (Ohara Masahiro)		

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		
ドイツ	Augsburg University		