

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05208

研究課題名（和文）補償電荷測定法による極性分子配向薄膜の光誘起脱分極機構の解明と長寿命化

研究課題名（英文）Enhanced photostability of surface potential generated by spontaneous orientation polarization

研究代表者

田中 有弥（Tanaka, Yuya）

群馬大学・大学院理工学府・准教授

研究者番号：90780065

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：エレクトレットとは半永久的に電荷，もしくは電気分極を有する絶縁体であり，振動発電素子やセンサをはじめ様々なデバイスに利用されているが，その作製には荷電処理が必要であった．この課題を解決するために，我々は自発的に配向する極性有機分子のエレクトレット応用を進めている．しかしながら極性有機分子からなる薄膜は光照射によって脱分極する．そこで本研究では薄膜と下地電極の間に絶縁層を挿入したサンプルを準備し，脱分極過程を調べた．その結果光安定性の高いサンプルの実現の実現に成功した．

研究成果の学術的意義や社会的意義

エレクトレットとは半永久的に電荷，もしくは電気分極を有する絶縁体であり，振動発電素子やセンサをはじめ様々なデバイスに利用されているが，その作製には荷電処理が必要であった．この課題を解決するために，我々は自発的に配向する極性有機分子のエレクトレット応用を進めている．結果として荷電処理を必要としない振動発電素子の実現できているが，その光に対する安定性は高くはなかった．本研究を通じて光安定性の高いサンプルを開発できるようになったので，振動発電素子の実用化が進むとともに，他のデバイスへの応用も広がることを期待できる．

研究成果の概要（英文）：An electret is an insulator that permanently retains electric charge or polarization and is used in various devices such as vibration energy harvesters and sensors. However, its fabrication requires a charging process. To address this issue, we are advancing the application of polar organic molecules that spontaneously orient as electrets. Nonetheless, thin films made of polar organic molecules depolarize upon light exposure. Therefore, in this study, we prepared samples with an insulating layer inserted between the thin film and the underlying electrode and investigated the depolarization process. As a result, we successfully achieved samples with high photostability.

研究分野：有機エレクトロニクス

キーワード：エレクトレット 自発配向分極 極性分子 脱分極 巨大表面電位 有機発光ダイオード 振動発電 エネルギーハーベスティング

1. 研究開始当初の背景

エレクトレットは半永久的に電荷、もしくは電気分極を有する絶縁体である。例えば図 1(a)に示すように、正に帯電したエレクトレットをコンデンサに挿入すると、上下電極に負電荷が誘起される。この状態で上部電極が変位するとコンデンサの静電容量が変化し、外部回路に電流が流れる。このエレクトレットコンデンサ構造はセンサやマイク、発電素子などで利用されており、エレクトレットは多種多様なデバイスの根幹を成す材料である[1]。しかしながらエレクトレットを作製するためには絶縁体に荷電処理を施す必要があり、エレクトレットデバイスの低コスト化は困難であった。この課題を解決するために、我々は有機発光ダイオード (Organic light-emitting diodes: (OLEDs)) 用の極性有機分子である tris-(8-hydroxyquinolinato)aluminium (Alq_3 , 図 1(b)) や 1,3,5-tris(1-phenyl-1H-benzimidazole-2-yl) benzene (TPBi, 図 1(c)) を利用した新しいエレクトレットの研究・開発を進めている[2]。これらの分子は基板面外方向に自発的に配向するため、図 1(d)に示すように分極電荷が膜の表面と裏面に形成される。この極性有機分子の自発的な配向現象は自発配向分極 (Spontaneous orientation polarization (SOP)) と呼ばれている[3-7]。例えばエレクトレットは振動発電素子 (Electret-based vibrational energy harvesters (E-VEHs)) に用いられているが、E-VEHs を実用化するためには高い表面電荷密度とその安定性が求められる[8-10]。既に極性分子薄膜の分極電荷密度 (σ_{op}) は従来エレクトレット材料同等の値を達成しており、これを利用して我々は Alq_3 や TPBi を用いることで荷電処理が不要な E-VEHs を実現している[2]。以下では SOP を示す極性有機分子を自己組織化エレクトレット (Self-assembled electret (SAE)) とよぶ。SAE はエレクトレットを備えた種々のデバイスの低コスト化を可能にする革新的な材料といえるが、 σ_{op} の安定性は高くはなく、そのままでは実用化が難しいという課題が残されている。

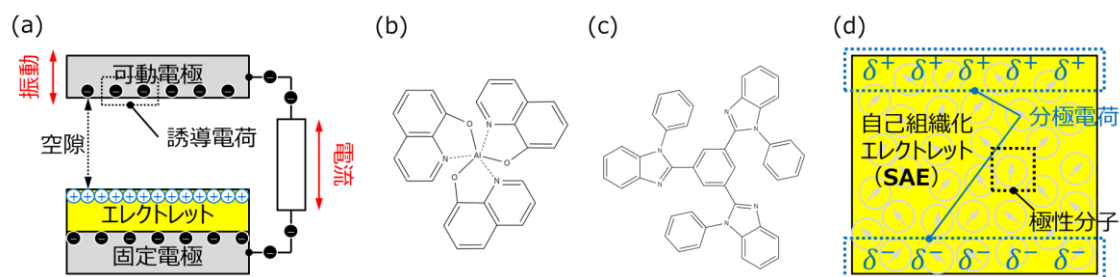


図 1(a) エレクトレットコンデンサ. (b), (c) Alq_3 と TPBi の分子構造, (d) 極性分子配向薄膜 (自己組織化エレクトレット).

2. 研究の目的

Alq_3 や TPBi 薄膜の表面電位 (V_{sp}) は SOP によって膜厚に比例して増加するが、発生した V_{sp} は光照射によって減衰する[2,7]。これは図 2(a)に示すように、SOP によって発生している正負の分極電荷が、電子、もしくはホールによって補償されていることを示唆している。これを光誘起脱分極とよぶ。この補償電荷は、図 2(b)に示すように電極からの電荷注入、もしくは光照射によって発生した励起子の乖離によって生成されると考えられているが、その切り分けはできておらず、光誘起脱分極のメカニズムは完全には解明されていない。そこで本研究ではこの補償電荷を精密に測定可能な評価システムを構築し、光誘起脱分極機構を解明するとともに、光に対して安定な SAE の実現を目的とした。

3. 研究の方法

実験では SAE として TPBi (図 1(c)) を使用し、基板として ITO, $\text{SiO}_2/\text{p}^+\text{-Si}$ の二種類を準備した。ITO から TPBi へ電荷は注入しうるが、後者では SiO_2 により電荷がブロックされるため電子注入を抑制できる。二種類の基板上に成膜した TPBi の V_{sp} 減衰波形を比較することで、電荷注入と励起子乖離のどちらが支配的な要因か特定することを目指した。 SiO_2 の膜厚は 300 nm とした。ITO, もしくは $\text{SiO}_2/\text{p}^+\text{-Si}$ 基板上に TPBi を真空蒸着によって成

膜した. サンプルの V_{sp} はケルビンプローブ (KP) (UHVKP020, KP Technology) を用いて高真空中で測定した. また KP の測定槽には石英ガラス製のビューポートが取り付けられており, 光照射しながら V_{sp} の測定を可能にした. 光源として Xe ランプ (MAX-350, 朝日分光) を使用した. この光源にはミラーモジュールが取り付けられており, 波長 (λ) 300~600 nm の光を出力することができる. TPBi の吸収スペクトルのピークはおよそ 300 nm であるため, これに合うバンドパスフィルタを介してサンプルに光を照射した. また TPBi の最高被占軌道 (HOMO) と最低空軌道 (LUMO) のエネルギー位置はそれぞれ 6.2 eV, 2.7 eV であり, 300 nm (4.1 eV) の光を照射しても外部光電効果 (外部への光電子放出) は生じないと予想できる.

使用した KP はプローブの駆動部と電流の測定部が分離しており, 後者にソースメジャーユニット (SMU) を接続して電流測定も可能である. SMU として微小電流が計測可能な Keithley 社製の Model 6430 を用いた.

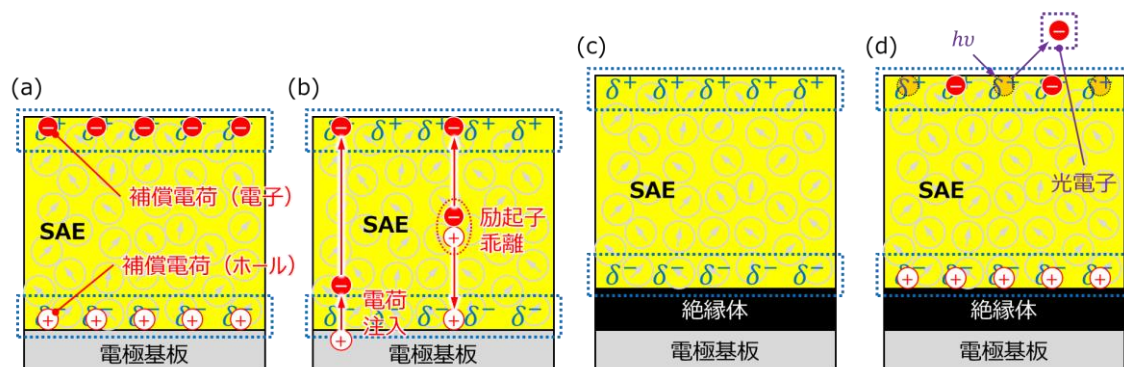


図 2(a) 光照射によって表面電位が消失した SAE 薄膜. SOP による分極電荷が電子とホールによって打ち消されている. (b) 電荷注入, もしくは励起子乖離による光誘起脱分極. (c) 電極基板上に絶縁体を挿入した SAE. (d) 光照射による光電子放出.

4. 研究成果

ITO 基板上と $\text{SiO}_2/\text{p}^+\text{-Si}$ 基板上に TPBi を 30 nm 成膜し, $\lambda = 300$ nm の光を照射しながら KP 測定を行った. その結果を図 3(a)に示す. 縦軸は初期値で規格化した V_{sp} であり, 横軸は光照射時間である. 基板が ITO であるサンプルでは, 先行研究同様に照射開始から 30 分程度で V_{sp} はほぼ消失した[2,6]. それに対し $\text{SiO}_2/\text{p}^+\text{-Si}$ 基板を用いたサンプルでは, 照射開始直後は急速に減衰するものの, 30 分以降は緩やかにしか減衰せず, 初期値の 40%付近ではほぼ飽和した. さらに長時間測定を行った結果が図 3(b)である. 非常に興味深いことに, $\text{SiO}_2/\text{p}^+\text{-Si}$ 基板のサンプルの V_{sp} は照射開始から 2 時間程度で上昇に転じて, 12 時間程度で初期値まで戻り, その後も上昇し続けた. 以上の結果からこの V_{sp} の増加は SiO_2 の挿入に起因していると考えられるが, 図 2(b)の電荷注入, もしくは励起子乖離モデルで説明することはできない.

この起源を探るため, $\text{SiO}_2/\text{p}^+\text{-Si}$ 基板上に TPBi を 200 nm 成膜したサンプルを準備し, 膜厚が 30 nm であるサンプルと V_{sp} の変化を比較した. その結果が図 3(c)である. 前述のように膜厚が 30 nm の場合は 2 時間程度から V_{sp} は上昇し続ける. それに対して TPBi が 200 nm のサンプルにおいては V_{sp} は上昇せず, 光照射開始直後に急激に減衰したのち, 6 V 程度で飽和している. この結果から絶縁性基板を使用したとしても, 減衰後の V_{sp} は必ずしも上昇するわけではないことがわかった.

$\text{SiO}_2/\text{p}^+\text{-Si}$ 基板を用いたサンプルでは, 上記のように膜厚により V_{sp} の減衰波形は異なるものの, 長時間光照射しても V_{sp} は消失しない. 光照射後の値はどちらも正の値を示していることから, サンプル中の負電荷は正電荷より少ないことを示している. この電荷の偏りの起源を明らかにするために, サンプルホルダー ($\text{p}^+\text{-Si}$ 電極と同電位) に SMU を接続し, また KP のプローブを電氣的に短絡した状態で光照射を行い, その際に流れる電流を計測した. その結果を図 3(d)に示す. SiO_2 層を挿入しているにもかかわらず, -17 pA 程度程度の電流が 20 時間以上にもわたり流れ続けていることがわかる. この結果は図 2(d)のように TPBi から電子が放出されていることを示唆している. ただし前述のように, 300 nm の光では TPBi の HOMO にある電子を外部に取り出すことはできない. 光照射中の TPBi の

LUMO 準位には、図 2(a)のように正の分極電荷の補償電荷として電子が安定的に存在している。そのため図 3(d)の電流は TPBi の LUMO にいる電子の放出に起因していると考えられる (図 2(d))。実際に光照射による補償電子の放出は既に報告されており[11]、本研究でも同様の現象が生じたと考えられる。

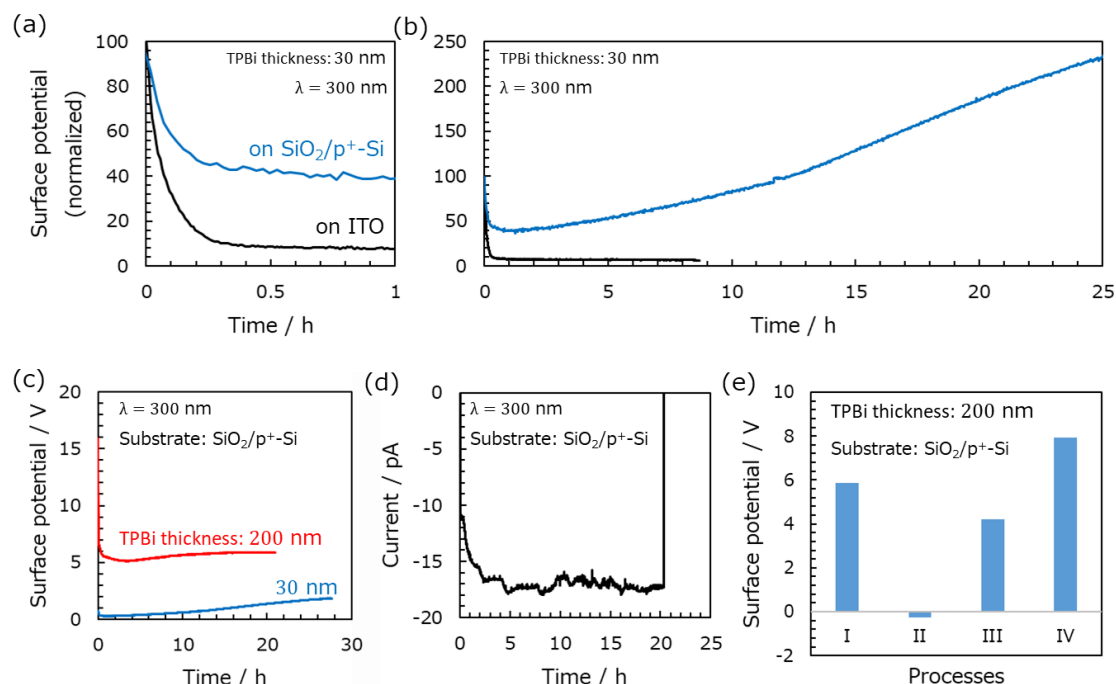


図 3 表面電位の時間変化：基板依存性の(a)短時間測定と(b)長時間測定，(c)膜厚依存性，(d) 光照射時のサンプル電流，(e) プロセス I~IV 後の表面電位測定結果。

では実際に図 3(d)で 20 時間光照射しながら電流を計測したサンプルの V_{sp} は、光照射しながら KP を行ったサンプルの値と一致するのだろうか。前者をプロセス II，後者をプロセス I とし、結果をまとめたものが図 3(e)である。プロセス I では図 3(c)からもわかるように V_{sp} は約 6 V となっているが、プロセス II ではほぼ 0 V となり V_{sp} は一致しなかった。ここで実際の KP 測定時には ± 7 V、周波数 53 Hz の矩形波電圧が印加されていることに着目し、光照射しながら矩形波電圧印加処理を 20 時間行った。この処理が図 3(e)のプロセス III である。矩形波電圧を印加することで、処理後の電位が 4 V 程度となった。また矩形波電圧を ± 10 V とすると (プロセス IV)，処理後の電位は 8 V 程度まで上昇した。以上の結果は、光照射によって表面電位が減衰しないサンプルを作製するためには、外部電圧の印加が必要であることが分かった。

参考文献

- [1] G.H. Sessler, *Electrets Third Edition (Electrostatic Applications)*, 1998).
- [2] Y. Tanaka, N. Matsuura, and H. Ishii, "Self-Assembled Electret for Vibration-Based Power Generator," *Sci. Rep.* 10(1), 6648 (2020).
- [3] Y. Noguchi, Y. Tanaka, H. Ishii, and W. Brütting, "Understanding spontaneous orientation polarization of amorphous organic semiconducting films and its application to devices," *Synth. Met.* 288, 117101 (2022).
- A. Hofmann, M. Schmid, and W. Brütting, "The many facets of molecular orientation in organic optoelectronics," *Adv. Opt. Mater.* 9(21), 2101004 (2021).
- [4] Y. Noguchi, W. Brütting, and H
- [5] . Ishii, "Spontaneous orientation polarization in organic light-emitting diodes," *Jpn. J. Appl. Phys.* 58(SF), SF0801 (2019).
- [6] Y. Noguchi, Y. Miyazaki, Y. Tanaka, N. Sato, Y. Nakayama, T.D. Schmidt, W. Brütting, and H. Ishii, "Charge accumulation at organic semiconductor interfaces due to a permanent dipole moment and its orientational order in bilayer devices," *J. Appl. Phys.* 111(11), 114508 (2012).
- [7] E. Ito, Y. Washizu, N. Hayashi, H. Ishii, N. Matsuie, K. Tsuboi, Y. Ouchi, Y. Harima,

- K. Yamashita, and K. Seki, "Spontaneous buildup of giant surface potential by vacuum deposition of Alq₃ and its removal by visible light irradiation," *J. Appl. Phys.* 92(12), 7306-7310 (2002).
- [8] K. Kashiwagi, K. Okano, T. Miyajima, Y. Sera, N. Tanabe, Y. Morizawa, and Y. Suzuki, "Nano-cluster-enhanced high-performance perfluoro-polymer electrets for energy harvesting," *J. Micromech. Microeng.* 21(12), 125016 (2011).
- [9] Y. Suzuki, "Recent progress in MEMS electret generator for energy harvesting," *IEEJ Trans. Electr. Electron. Eng.* 6(2), 101-111 (2011).
- [10] Y. Suzuki, D. Miki, M. Edamoto, and M. Honzumi, "A MEMS electret generator with electrostatic levitation for vibration-driven energy-harvesting applications," *J. Micromech. Microeng.* 20(10), 104002 (2010).
- [11] H. Kinjo, H. Lim, T. Sato, Y. Noguchi, Y. Nakayama, and H. Ishii, "Significant relaxation of residual negative carrier in polar Alq₃ film directly detected by high-sensitivity photoemission," *Appl. Phys. Express* 9(2), 021601 (2016).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 2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 Tanaka Yuya, Tazo Yuki, Ishii Hisao	4. 巻 53
2. 論文標題 28 3: <i>Invited Paper:</i> Enhanced Current Efficiency and Accumulation Charge in Model OLEDs by Light Irradiation During Deposition of Polar Molecule	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 SID Symposium Digest of Technical Papers	6. 最初と最後の頁 330 ~ 333
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/sdtp.15487	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 Noguchi Yutaka, Tanaka Yuya, Ishii Hisao, Br?tting Wolfgang	4. 巻 288
2. 論文標題 Understanding spontaneous orientation polarization of amorphous organic semiconducting films and its application to devices	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Synthetic Metals	6. 最初と最後の頁 117101 ~ 117101
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.synthmet.2022.117101	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 Tanaka Yuya, Matsuura Noritaka, Ishii Hisao	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 1859 ~ 1859
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18494/SAM3860	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 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 Yuya Tanaka, Noritaka Matsuura, 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 1~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18494/SAM3860	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 -

[学会発表] 計27件(うち招待講演 12件/うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Yuya Tanaka
2. 発表標題 Smart electret composed of polar organic molecules for vibrational energy harvesters
3. 学会等名 The 17th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered & Molecular Systems (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuya Tanaka, Yuki Tazo, Hisao Ishii
2. 発表標題 Enhanced current efficiency and accumulation charge in model OLEDs by light irradiation during deposition of polar molecule
3. 学会等名 SID's Display Week 2022 (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中有弥
2. 発表標題 光照射成膜によるOLEDモデル素子の電流効率の向上と蓄積電荷の増加
3. 学会等名 情報ディスプレイ研究会(招待講演)
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 (招待講演) (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 絶縁体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 阿部直矢, 篠原真, 石井久夫, 田中有弥
2. 発表標題 微小正弦波重畳型変位電流評価法によるAlq3MIS型素子の電子注入・輸送過程の評価
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 Yuya Tanaka
2. 発表標題 Self-assembled electret utilizing spontaneous orientation polarization for vibrational energy generator
3. 学会等名 Virtual symposium on Static-Tribo-Electricity of Powder (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shin Shinohara, Naoya Abe, Hisao Ishii, Yuya Tanaka
2. 発表標題 Impact of deposition rate of alq3 on charge behaviors and device properties in organic light-emitting diodes
3. 学会等名 13th International Conference on Nano-Molecular Electronics (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 (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 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuya Tanaka, Hideyuki Kayaguchi, Keisuke Kurihara, Hisao Ishii
2. 発表標題 Relationship between output current and surface potential in self-assembled electret-based vibrational energy harvester
3. 学会等名 The 21st International Conference on Micro and Nanotechnology for Power Generation and Energy Conversion Applications (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kosuke Kawashima, Reiki Sugimoto, Ruichen Li, Hideyuki Kayaguchi, Keisuke Kurihara, Hisao Ishii, Yuya Tanaka, Daisuke Yamane
2. 発表標題 Direct measurement of the surface potential of micropatterned self-assembled electrets for mems vibrational energy harvesters
3. 学会等名 The 21st International Conference on Micro and Nanotechnology for Power Generation and Energy Conversion Applications (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中有弥
2. 発表標題 極性有機分子をエレクトレットとして使用した振動発電素子：分子配向制御によるデバイスの高出力化
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 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 山本 星斗, 江草 俊, 石井 久夫, 田中 有弥
2. 発表標題 変位電流評価法による電池用材料の電気特性評価
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 Hoshito Yamanoto, Yuya Tanaka, Tatsuhiro Kambayashi, Takeaki Yajima, Hisao Ishii
2. 発表標題 Accumulation, Depletion, Inversion Processes in Metal/Insulator/p-Si Device Evaluated by Displacement Current Measurement
3. 学会等名 Material Research Meeting 2021 (MRM 2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本 星斗、江草 俊、石井 久夫、田中 有弥
2. 発表標題 変位電流評価法による全固体電池モデル素子の電気物性評価
3. 学会等名 第62回電池討論会
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)
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 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 Probe
3. 学会等名 KJF-ICOME2021
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究室のWEBページ https://sites.google.com/gunma-u.ac.jp/yuya-tanaka

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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------