

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04222

研究課題名(和文)有機半導体の占有・非占有ギャップ準位の直接計測と電気物性の解明

研究課題名(英文) Direct observation of gap states in organic semiconductors and elucidation of device properties

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) 11,400,000円

研究成果の概要(和文)：有機半導体のHOMO-LUMOギャップ内に存在する準位は、種々の有機エレクトロニクス素子の特性の鍵を握る重要な因子であるが、直接観測することができず、なんらかの素子動作モデルを仮定して電気特性から推測するしかできなかった。本研究では、我々が開発してきた高感度紫外光電子分光を改良し、1億分の1レベルの微弱なギャップ準位の観測に成功した。また、高感度吸収分光の結果と組み合わせて非占有ギャップ準位を大まかに評価することにも成功した。この他、太陽電池、摩擦帯電、有機EL、タンパク質などに関連した薄膜・界面の電子構造を高感度で測定し、デバイス特性と電子構造の関係を解明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

半導体を用いた様々なエレクトロニクスでは、トラップと呼ばれる電気の流れを止めてしまう準位が実際の素子特性を左右しています。有機ELなどに使われている有機半導体については、トラップの研究に限られていて、理解が進んでいませんでした。本研究では、そのようなトラップ準位を光電子分光で高感度に測定できるようにしました。1000分子に1個の感度を有する従来法に比べ、遥かに高い感度を実現することで、1億分子に1個程度の少ない密度のトラップも計測できるようになりました。このような手法を使うと有機半導体の特性の理解がすすみ、有機EL、有機太陽電池などの有機半導体を用いた素子研究を後押しすることができます。

研究成果の概要(英文)： The level existing in the HOMO-LUMO gap of organic semiconductors is an important factor that holds the key to the performance of various organic electronic devices, but it cannot be observed directly, and has been indirectly evaluated from electric properties on the basis of models.

In this study, we improved the high-sensitivity photoelectron spectroscopy; we have succeeded in observing weak gap levels at the detection level of 1/100 million. We also succeeded in roughly evaluating the unoccupied gap level in combination with the results of high-sensitivity absorption spectroscopy. In addition, the electronic structures of thin films and interfaces related to solar cells, triboelectrification, organic EL, proteins, etc. were measured with high sensitivity, and the relationship between device characteristics and electronic structure was clarified.

研究分野：有機半導体 光電子分光

キーワード：高感度光電子分光 ギャップ準位 状態密度 オペランド測定 有機エレクトロニクス 有機半導体

1. 研究開始当初の背景

有機ELテレビが市場に広がっていくなど、有機半導体を活用したエレクトロニクスが発展がめざましい。有機EL以外にも、有機太陽電池や有機トランジスタなどの素子の開発研究が盛んである。有機半導体のデバイスにおいては、無機半導体に比べると、基礎となるデバイス物理の解明が不十分であり、その理解に必要な電子構造の解明が強く求められてきた。有機半導体分子のHOMOやLUMOのバルクや界面における観測は広く行われるようになってきたが、HOMO-LUMOギャップ内に存在する、いわゆる”ギャップ内準位”に関しては、観測結果も少なく、未知な点が多い。シリコンなどの無機半導体においても、バンドギャップ内の準位がキャリアトラップとして機能するため、実用的なデバイス特性の理解・制御においては、図1のようなギャップ内準位も重要な研究ターゲットとなってきた。有機半導体においては、無機半導体に比べて構造乱れが大きく、もともとギャップ内準位が多く、実際の素子性能に大きく影響していることが指摘されてきたが、ギャップ内準位の電子構造研究はほとんど行われてこなかった。これは、電子構造研究の主要な手法である光電子分光の感度が不足していたことによる。10年前くらいから、感度を高めた高感度紫外光電子分光（US-UPS）が開発され、ppmレベルの測定が可能となってきたが、より高い感度、モデル薄膜・界面だけではなく素子自体の測定の実現が望まれてきた。また、光電子分光では測定できない空準位のギャップ準位についてもその測定が望まれていた。このような、ギャップ準位の詳細な電子構造が解明されれば、有機エレクトロニクス研究の強力なガイドとなることが期待されていた。

2. 研究の目的

有機半導体のHOMO-LUMOギャップ内に存在するギャップ準位は、種々の有機エレクトロニクス素子の特性の鍵を握る重要な因子であるが、直接観測することができず、なんらかの素子動作モデルを仮定して電気特性から推測するしかできなかった。最近、我々は、元来サブ%レベルの感度しかない光電子分光・光電子収量分光装置を高感度化して、ギャップ内占有準位の直接検出に成功した。本研究では、電気物性を議論するのに必要なサブppmレベルの超感度化を実現するとともに、可視吸収分光などと組み合わせることでギャップ内空準位もあわせて検出できる測定手法を開発する。さらに、開発した装置を用いて、種々の有機エレクトロニクス関連薄膜・界面の微弱準位を計測し、デバイス特性との関連の解明も目指した。

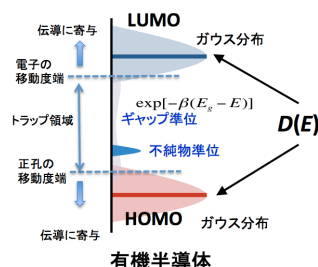


図1 有機半導体のギャップ内の状態密度

3. 研究の方法

【装置】図2に本研究で用いた装置の概略を示す。この装置を改造し、高感度光電子分光装置をさらにサブppmレベルまで高感度化することを目指した。我々が開発してきた励起光エネルギー（hv）掃引型低エネルギー高感度光電子分光では、hvを変化させて多数のスペクトルを測定する。このため、試料の状態密度を正しく推定するためには異なるhvのスペクトルを規格化する必要がある。そこで、分光光源の光量を正しく評価するための光量モニターを設置した。また、動作状態の素子における電子状態観測も試みるため、真空槽内で、トランジスタ動作させながら光電子を測定する機構（in-situ 電気測定用試料ホルダー）も開発した。

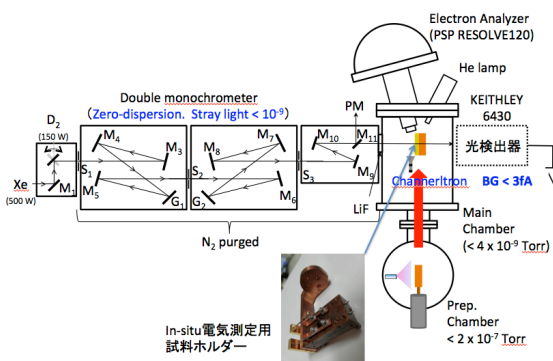


図2 高感度光電子分光装置の概略

【解析法】光電子放出強度は、3段階モデルによると、次のような式で表される。

$$Y_{\text{int}}(E_i, h\nu) \sim A |M_{if}|^2 D_i(E_f) D_f(E_i) X(E) T(E) / \omega\sigma$$

ここで、 Y_{int} は、光電子の内部収量、 A は定数、 M_{if} は始状態から終状態への遷移モーメント、 D_i, D_f は始状態、終状態の状態密度、 X は固体内部から表面へ光電子が移動する確率、 T は光電子

の表面透過率、 $\omega\sigma$ は光の吸収に相当する。これまで我々は単に光量で光電子放出強度を補正していたが、上式に照らして、終状態を固定すると、始状態の状態密度と遷移モーメントの積を特定することができることに注目した。具体的には、各 $h\nu$ で測定したスペクトルの特定の運動エネルギー E_k の光電子の強度を $h\nu$ の関数としてプロットする、一定終状態スペクトル (CFS) プロットをとって始状態の状態密度関数を推定した。また、電子エネルギー分析器を改良して、特定の E_k の強度信号を読み取り、 $h\nu$ を掃引しながら CFS 収量スペクトルを測定する装置改良も行った。

空準位のギャップ準位情報の抽出には、高感度光電子分光から得られた占有状態の DOS と、ケンブリッジ大学で測定した光偏向分光による高感度吸収分光の結果を組み合わせで行った。有機半導体試料の可視紫外吸収分光スペクトルは一般に占有準位の状態密度 $D_o(E)$ と空準位の状態密度 $D_u(E)$ を用いて

$$I(h\nu) \propto \int_0^{h\nu} \left| \langle \psi_f | r | \psi_i \rangle \right|^2 D_u(\varepsilon + h\nu) D_o(\varepsilon) d\varepsilon$$

のように表せる。ここでブラケットの部分は光イオン化確率に相当する。ギャップ内準位間の光学遷移確率は励起光エネルギーに対して大きな依存性は持たないと考えられるので、結局、光学吸収スペクトルは占有状態と非占有状態の結合状態密度で表される。HOMO-LUMO 遷移に対応するエネルギー領域では、エキシトンが生成されるため吸収強度は結合状態密度からずれるものの、エキシトンが発生しない低エネルギー状態では結合状態密度と見なすことができる。我々の高感度光電子分光測定から占有状態の状態密度 $D_o(\varepsilon)$ が求まるので、実測の吸収スペクトルを再現するような空状態密度 $D_u(\varepsilon)$ を求めれば良いことになる。具体的には畳み込み積分を逆に解く “deconvolution” を行うアルゴリズムを整備し、数値解析的にとくことを目指した。

以上のような手法を整備し、有機 EL 関連界面、摩擦帯電界面、タンパク質薄膜、ペロブスカイト薄膜、などに適用するとともに、トランジスタについてはオペランド測定も試みた。

4. 研究成果

(1) 高感度光電子分光の感度・定量性の向上

実験装置のノイズ対策、光源の安定化などの整備を進め、バックグラウンドノイズを下げたより一層の高感度化に成功した。図3は透明酸化物半導体として知られる非晶質インジウム・ガリウム・亜鉛酸化物 a-IGZO の高感度光電子分光測定の結果である。図3左には、通常の HeI 光源で測定したスペクトルに高感度光電子分光スペクトルを並べたものである。これに、CFS 解析を行った結果が図3右図である。価電子帯上端 (VBM) より低エネルギー側に裾を引くギャップ準位が明瞭に観測されている。価電子領域の信号強度より8桁低いレベルまで観測できており、PPB レベルの高感度検出に成功した。このような超高感度が得られれば $10^{13} \text{cm}^{-3} \text{eV}^{-1}$ レベルの状態密度を調べることが可能となり、広範なギャップ準位の観測が可能となる。

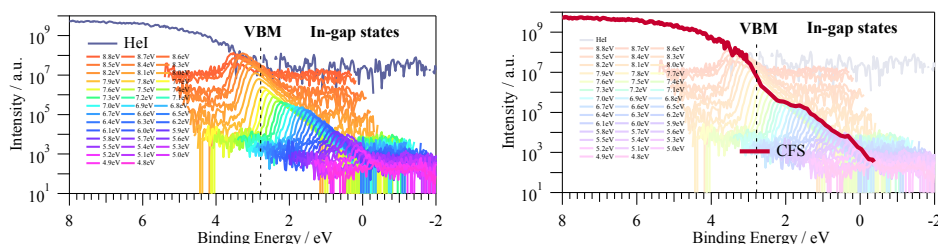


図3 a-IGZO 薄膜の高感度光電子分光スペクトル (左) とその CFS 解析結果 (右)

(2) CFS 収量分光測定のための装置改造

上記のように PPB に迫る感度を実現したが、複数の $h\nu$ のスペクトルを計測するには時間がかかるので、効率よく CFS 分布を得るために、CFS 収量を $h\nu$ を掃引しながら測定する装置改造も行った。電子エネルギー分析器からシグナルを分岐し、光電子収量分光 PYS 測定装置に接続して、簡便に CFS スキャンを行えるようにした。図4に CuPc 薄膜に対する結果を示す。1 eV より低エネルギー側にあらわれているギャップ準位領域では、CFS 収量分光で明瞭な S/N 比で測定できていることがわかる。今後この手法を用いれば、多くの有機半導体のギャップ準位分布を1時間以内

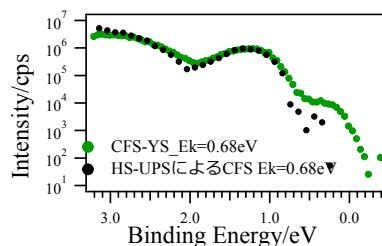


図4 CuPc 薄膜の高感度光電子分光スペクトル (●) の CFS 解析結果と CFS 収量スペクトル (●)

内に測定することが可能となった。

(3) 高感度吸収分光と高感度光電子分光の Deconvolution 解析

上述した a-IGZO に関して、Cambridge 大学のグループに依頼して、光熱偏向分光(PDS)により高感度吸収スペクトルを測定し、それと我々が測定した HS-UPS から求めた状態密度をもとに、空準位のギャップ準位の状態密度を deconvolution プログラムで求めた。その結果、伝導帯の直下に急峻な傾きの空テール準位を見積もることができた。

得られた結果は定性的には問題ないが、エネルギーの指数関数となる空テール準位の傾きは定量的に決定することはできなかった。これは、用いた試料が強い n 型であるため、空テール準位の存在域が狭すぎるためと考えられる。今後、p 型試料、真性試料などを試料にして同様の実験を行えば、定量的に空テール準位を決定できるものと予測しており、本プログラム終了後も継続する予定である。

そこで、伝導帯のバンド計算と逆光電子分光の結果から伝導帯の DOS を推定し、UPS から得た占有 DOS との convolution をとり、吸収スペクトルの再現を行った。図 5 のように、強度の定量性は無いが、指数関数テールを引く形が再現できている。ここで重要なのは、一般に吸収スペクトルの指数関数領域($\exp(h\nu/E_0)$)からアーバックエネルギー(E_0)を読み取って、その値を使って、ギャップ内のテール準位 (強度が指数関数で変化、 $\exp(E/E_0)$ の E_0 の代わりにするという議論が広く行われているが、今回の結果で明らかのように、 E_0 と E_0 が異なるという点であり、 E_0 を求めるには高感度光電子分光で実測することが不可欠となる。

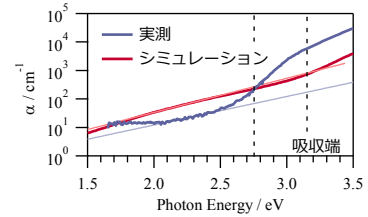


図 5 a-IGZO の PDS スペクトルと UPS から得られた DOS と空準位モデルとの Convolution の比較

(4) オペランド光電子収量分光

通常の光電子分光測定では試料がモデル薄膜に限定される。一方、実際の素子を理解するには素子構造でかつ動作状態での電子構造が重要となる。そこで、トランジスタ構造を用いて、素子内に電子を注入して、負イオンキャリアの光電子収量分光 (PYS) 測定を行った。動作状態におけるトランジスタ表面は不均一なポテンシャル分布を持つため、通常の光電子分光ではスペクトルが歪み正常な測定ができない。一方、PYS は表面の真空準位と占有準位のエネルギー差を測定するため、ポテンシャルが変動しても、エリアごとの真空準位と占有準位は平行にシフトするのでその差は変わらない。このためオペランド条件でも測定が可能となる。実際、 C_{60} を用いた n 型トランジスタとペンタセンを用いた p 型トランジスタでオペランド PYS 測定に成功した。図 6 にペンタセントランジスタに適応した結果を示す。電子注入した後にゲート電圧を下げると、2.6eV から立ち上がる光電子シグナルを観測できた。これは注入された負イオンからのシグナルと考えられ、立ち上がり 2.6eV はペンタセン負イオンの電子脱離エネルギー D に相当する。これまで、LUMO 準位に関しては逆光電子分光により、空準位として観測され、電子親和力 A が報告されてきた。実際のキャリア状態は中性分子の LUMO を占有した状態にあり、今回のオペランド測定のように電子を占有させた上でエネルギー準位を測定することが重要であり、 D と A の違いを検討することでキャリアの再配向エネルギーを実験的に決めることも可能となる。

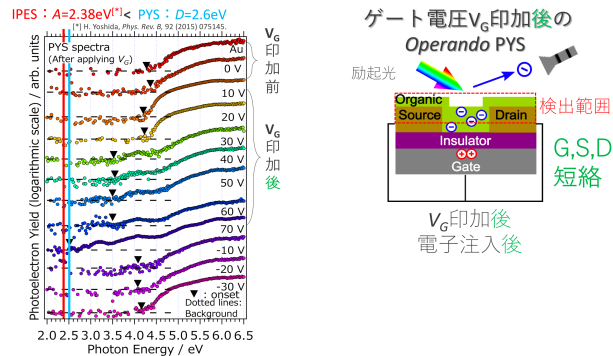


図 6 ペンタセントランジスタのオペランド PYS の結果 (左) と測定条件 (右)

(5) デバイス関連の機能性薄膜の高感度光電子分光

上記の研究の他、興味あるデバイス関連の薄膜・界面の高感度光電子分光の研究も進めた。以下に、個々の結果の概略を述べる。

・ペロブスカイト薄膜のギャップ準位観測

太陽電池に関連して注目されているペロブスカイト薄膜について、高感度光電子分光測定を行った。その結果、得られたギャップ準位の強度と素子特性との相関を明らかにした。MixAX の膜では、指数関数的に減衰するテール準位のみが観測されているが、 $CsPbBr_3$ の膜では 1 から -1

eV にかけて強いギャップ準位が存在することが明らかになった。この領域では $h\nu$ に応じて光電子放出強度が共鳴的に変化していることから、このギャップ準位の波動関数の波長が 1 nm 程度であることも推定できた。

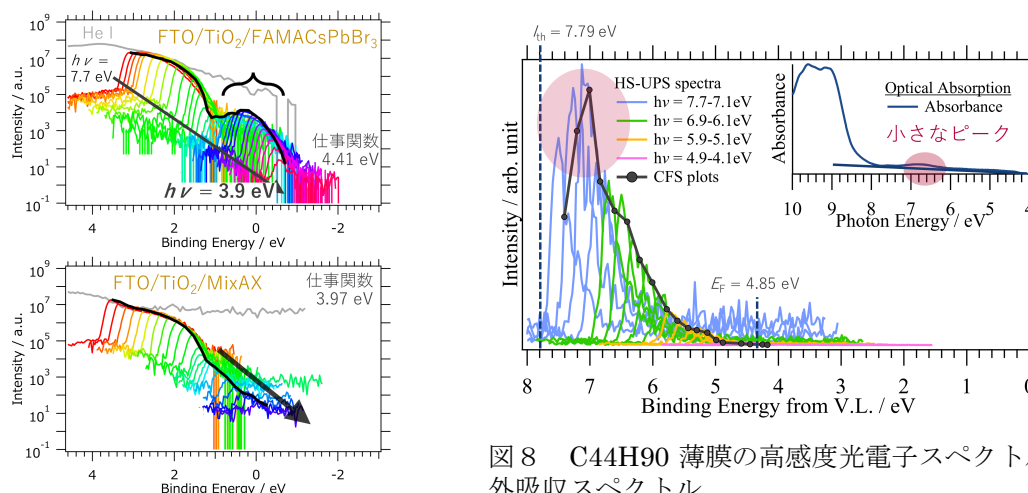


図 8 C44H90 薄膜の高感度光電子スペクトルと紫外吸収スペクトル

図 7 2 種類のペロブスカイト薄膜の高感度光電子スペクトル

・絶縁性高分子のギャップ内準位の観測

摩擦帯電現象は古くから知られる現象であるが、そのメカニズムは現在でも確定していない。複数のモデルが提案されているが、電子を受け渡しできる何らかのギャップ準位の存在を仮定するモデルが多いものの、ギャップ準位そのものに関しては未知な点が多く残されている。そこで、高感度光電子分光測定と紫外吸収分光測定を行い、ギャップ準位を調べた。図 8 に示すように、HOMO の閾値 7.79eV より浅い領域に裾を引くギャップ準位が明瞭に観測された。さらに、7eV 付近の構造は $h\nu$ に対して共鳴的に強度が変化する。紫外吸収スペクトルとの対応から、固体でのリウドベリ状態の可能性も考えられる。得られた状態密度を用いて帯電量を予測すると、実測の報告をよく説明できることがわかり、ギャップ準位を通じた電荷のやり取りが摩擦帯電メカニズムの鍵になっていると考えられる。

・タンパク質の高感度光電子分光

近年、生体関連分子を用いたセンサーデバイスなどのいわゆるバイオデバイスも注目されている。その際、生体関連分子の HOMO やギャップ準位などの電子構造情報が重要となる。そこで、光応答するタンパク質であるロドプシンや基本的なタンパク質であるリゾチームなどのタンパク質の薄膜の高感度光電子測定を行った。通常のタンパク質薄膜は膜厚が均一な超薄膜を作成することが難しいため、通常的光電子分光では試料帯電が避けられず測定が難しい。われわれの手法では低エネルギーの $h\nu$ で測定するため、HOMO 領域しか励起しないこと、測定に必要な光電流が低いことなどから、問題なく測定ができる。ロドプシン薄膜においては、測定手法の感度が高いため、262 個のアミノ酸残基中に 1 個の反応中心分子 (レチナール) を持つような蛋白でも反応中心分子からのシグナルが検出できた。また、リゾチームについては、エネルギーの指数関数で状態密度が減衰するテール準位が観測された。これは一般の半導体と同様にタンパク質においても構造乱れによるテール準位が存在し、このようなトラップの存在を前提にデバイス動作を考えるべきであることを示している。

・有機エレクトロニクス関連界面の電子構造

ドイツのアウグスブルグ大学のグループと連携して、有機 EL 関連界面で、極性分子を電荷注入層にドーブすることで電荷注入特性が改善することを見出した。具体的には α -NPD に Alq₃ をわずかにドーブすることで正孔注入が改善した。そのメカニズムについて高感度光電子分光の結果も混じえて解明した。

・有機太陽電池の電子構造

ドイツのアウグスブルグ大学のグループと連携して、有機太陽電池系における膜の構造乱れとギャップ準位、素子特性との相関についても研究した。p 型材料として、結晶性の高い DIP とアモルファス性の DBP を使い、n 型として C₆₀ を選び、素子特性と電子構造との相関を調べ、膜のモルフォロジーが素子特性に大きな影響を与えることを実証した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Theresa Linderl, Thomas Zechel, Alexander Hofmann, Tomoya Sato, Kohei Shimizu, Hisao Ishii, and Wolfgang Bruetting	4. 巻 13
2. 論文標題 Crystalline versus Amorphous Donor-Acceptor Blends: Influence of Layer Morphology on the Charge-Transfer Density of States	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Applied	6. 最初と最後の頁 024061-1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.13.024061	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 Hofmann, AJL ; Zufle, S ; Shimizu, K ; Schmid, M ; Wessels, V ; Jager, L ; Altazin, S ; Ikegami, K ; Khan, MR ; Neher, D ; Ishii, H ; Ruhstaller, B ; Bruetting, W	4. 巻 12
2. 論文標題 Dipolar Doping of Organic Semiconductors to Enhance Carrier Injection	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PHYSICAL REVIEW APPLIED	6. 最初と最後の頁 064052-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.12.064052	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 Yuki YAMAGUCHI, Kohei SHIMIZU, Atsushi MATSUZAKI, Daisuke SAN0, Tomoya SATO, Yuya TANAKA, and Hisao ISHII	4. 巻 E102.C
2. 論文標題 Gap states of a polyethylene model oligomer observed by using high-sensitivity ultraviolet photoelectron spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Electronics	6. 最初と最後の頁 168-171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1587/transele.2018OMS0008	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, Takahiro MAKINO, Hisao ISHII	4. 巻 E102.C
2. 論文標題 Influence of polarity of polarization charge induced by spontaneous orientation of polar molecules on electron injection in organic semiconductor devices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Electronics	6. 最初と最後の頁 172-175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1587/transele.2018OMS0014	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 DAISUKE SAN0, ICHIRO IDE, TOMOKI AKIYAMA, YUYA TANAKA, YUKI SUDO, TAKESHI MURATA, AND HISAO ISHII	4. 巻 687
2. 論文標題 Application of High-Sensitivity UV photoemission Spectroscopy to Examine the Electronic Structure of Thermophilic Rhodopsin	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecular Crystals and Liquid Crystals	6. 最初と最後の頁 34 - 39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1080/15421406.2019.1648052	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 Yutaka Noguchi, Wolfgang Bruetting, and Hisao Ishii	4. 巻 58
2. 論文標題 Spontaneous orientation polarization in organic light-emitting diodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SF0801-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.7567/1347-4065/ab0de8	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 Shohei Tadano, Yasuo Nakayama, Hiroumi Kinjo, Hisao Ishii, and Peter Krueger	4. 巻 11
2. 論文標題 Obtaining the Highest Occupied Molecular Orbital Peak of Organic Matter from Photoelectron Yield Spectra	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Applied	6. 最初と最後の頁 054081-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.11.054081	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 Yuki YAMAGUCHI, Kohei SHIMIZU, Atsushi MATSUZAKI, Daisuke SAN0, Tomoya SATO, Yuya TANAKA, and Hisao ISHII	4. 巻 E102.C
2. 論文標題 Gap states of a polyethylene model oligomer observed by using high-sensitivity ultraviolet photoelectron spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Electronics	6. 最初と最後の頁 168-171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1587/transele.2018OMS0008	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, Takahiro MAKINO, Hisao ISHII	4. 巻 E102.C
2. 論文標題 Influence of polarity of polarization charge induced by spontaneous orientation of polar molecules on electron injection in organic semiconductor devices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Electronics	6. 最初と最後の頁 172-175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1587/transele.2018OMS0014	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, Keitaro Ikegami, Taichi Maruyama, Hiroumi Kinjo, Hisao Ishii	4. 巻 11
2. 論文標題 Direct observation of a charged state in C60-based field-effect transistor using operando photoelectron yield spectroscopy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 081601-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.7567/APEX.11.081601	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 K. Osada, K. Goushi, H. Kaji, C. Adachi, H. Ishii, Y. Noguchi	4. 巻 58
2. 論文標題 Observation of spontaneous orientation polarization in evaporated films of organic light-emitting diode materials	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ORGANIC ELECTRONICS,	6. 最初と最後の頁 313-317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.orgel.2018.04.026	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 Yasuo Nakayama, Yuta Mizuno, Masataka Hikasa, Masayuki Yamamoto, Masaharu Matsunami, Shinichiro Ideta, Kiyohisa Tanaka, Hisao Ishii, Nobuo Ueno	4. 巻 8
2. 論文標題 Single crystal pentacene valence band dispersion and its temperature dependence	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 125901264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1021/acs.jpcllett.7b00082	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 Yuta Mizuno, Masayuki Yamamoto, Hiroumi Kinjo, Kazuhiko Mase, Hisao Ishii, Koji K. Okudaira, Hiroyuki Yoshida, Yasuo Nakayama	4. 巻 648
2. 論文標題 Effects of the Ambient Exposure on the Electronic States of the Clean Surface of the Pentacene Single Crystal	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Molecular Crystals and Liquid Crystals	6. 最初と最後の頁 216-222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1080/15421406.2017.1302001	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 Koji Shimizu, Yuya Tanaka, Yutaka Noguchi and Hisao Ishii	4. 巻 924
2. 論文標題 Negative capacitance in an organic solar cell observed by displacement current measurement	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012012-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/924/1/012012	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 Tomoya Sato, Kaveenga Rasika Koswattage, Yasuo Nakayama, Hisao Ishii	4. 巻 110
2. 論文標題 Density of States Evaluation of an Insulating Polymer by High-Sensitivity Ultraviolet Photoemission Spectroscopy	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett. 11102 (2017)	6. 最初と最後の頁 111102-1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1063/1.4978529	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 Tomoya Sato, Hiroumi Kinjo, Junki Yamazaki and Hisao Ishii	4. 巻 10
2. 論文標題 1015 cm ⁻³ eV ⁻¹ level detection of density of states of a p-type polymer by h ⁻ -dependent high-sensitivity ultraviolet photoemission spectroscopy	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 11602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.7567/APEX.10.011602	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 Kohei Shimizu, Hirohiko Fukagawa, Katsuyuki Morii, Hiroumi Kinjo, Tomoya Sato and Hisao Ishii	4. 巻 2 (42)
2. 論文標題 Energy Level Alignment at Beq2/PEI/ITO Interfaces Studied by UV Photoemission Spectroscopy	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 MRS Advances Published Online	6. 最初と最後の頁 2261-2266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1557/adv.2017.134	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 Meng-Kai Lin, Yasuo Nakayama, Ying-Jie Zhuang, Chin-Yung Wang, Tun-Wen Pi, Theodoros A. Papadopoulos, T. -C. Chiang, Hisao Ishii, S.-J. Tang	4. 巻 95
2. 論文標題 Control of the dipole layer of polar organic molecules on metal surfaces via different charge-transfer channels	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 085425-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1103/PhysRevB.95.085425	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

〔学会発表〕 計71件 (うち招待講演 17件 / うち国際学会 33件)

1. 発表者名 Taichi Maruyama, Keitaro Ikegami, Hiroumi Kinjo, Yuya Tanaka and Hisao Ishii
2. 発表標題 Operando- Photoelectron Yield Spectroscopy of Organic Field Effect Transistors to Investigate Negative Carrier States
3. 学会等名 The 7th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中澤 遼太郎, 松崎 厚志, 清水 康平, 但野 将平, 東海林 弘, 川嶋 絵美, Mojtaba Abdi Jalebi, Sam Stranks, Peter Krueger, 田中 有弥, 石井 久夫
2. 発表標題 高感度紫外光電子分光と光熱偏向分光によるa-IGZO薄膜のギャップ内準位の評価
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会, 上智大学 四谷キャンパス, 2020/3/12-15
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Maruyama, K. Ikegami, H. Kinjo, Y. Tanaka and H. Ishii
2. 発表標題 Negative Carrier State of Organic Semiconductors Investigated by Operando- Photoelectron Yield Spectroscopy
3. 学会等名 The 5th Korea-Japan joint symposium on organic electronics, 2019 KPS Spring Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hisao Ishii, K. Shimizu, A. Matsuzaki, D. Sano, I. Ide, T. Maruyama, Y. Yamaguchi, T. Kikuchi, S. Kimata, Y. Tanaka
2. 発表標題 High-Sensitivity UV Photoemission Spectroscopy of Organic Films, Interfaces, and Devices: As a Tool to Probe Traps, Carriers, and Excited States
3. 学会等名 2019 Collaborative Conference on Materials Research (CCMR) Gyeonggi Goyang/Seoul, South Korea (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hisao Ishii
2. 発表標題 High-Sensitivity Photoemission Spectroscopy of Organic and Inorganic Materials
3. 学会等名 Symposium on Organic and Inorganic Hybrid Perovskites: Beyond Solar-Cell Application, June 5th 2019, Kyung Hee University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丸山 泰一, 池上 慶太郎, 田中 有弥, 石井 久夫
2. 発表標題 有機トランジスタのOperando 光電子収量分光法によるキャリアの直接観測
3. 学会等名 2019年日本表面真空学会学術講演会, つくば国際会議場, 2019/10/28-30
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井手一郎, Jerry Fereiro, Mordechai Sheves, Israel Pecht, David Cahen, 石井久夫
2. 発表標題 高感度紫外光電子分光法を用いた金属タンパク質薄膜の電子構造観測
3. 学会等名 2019年日本表面真空学会学術講演会, つくば国際会議場, 2019/10/28-30
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ichiro Ide, Jerry Fereiro, Mordechai Sheves, Israel Pecht, David Cahen, Hisao Ishii
2. 発表標題 Electronic structure of Metalloprotein Films Observed by High-Sensitivity Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy
3. 学会等名 13rd Japan-China Joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena, Shanghai, China 2019/10/20-23 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 雄生, 清水康平, 佐野 大輔, 松崎 厚志, 田中 有弥, 上野 那美, 森澤 勇介, 石井 久夫
2. 発表標題 高感度光電子分光による長鎖アルカン薄膜の分子間空隙にトラップされた電子の直接観測
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ, タワーホール船堀, 2019/10/15-17
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丸山 泰一, 池上 慶太郎, 田中 有弥, 石井 久夫
2. 発表標題 有機トランジスタのOperando 光電子収量分光法による電荷注入状態の直接観測
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ, タワーホール船堀, 2019/10/15-17
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井手一郎, Jerry Fereiro, Mordechai Sheves, Israel Pecht, David Cahen, 石井久夫
2. 発表標題 高感度紫外光電子分光法を用いた金属タンパク質薄膜の電子構造観測
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ, タワーホール船堀, 2019/10/15-17
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水 康平, Igal Levine, Arava Zohar, Michael Kulbak, Antoine Kahn, Gary Hodes, David Cahen, 石井 久夫
2. 発表標題 波長掃引型高感度光電子分光によるペロブスカイト単結晶の電子構造観察
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学 札幌キャンパス, 2019/9/18-21
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木全 俊輔, 清水 康平, 松崎 厚志, 丸山 泰一, 西 寿朗, 富谷 茂隆, 石井 久夫, 田中 有弥
2. 発表標題 高感度紫外光電子分光による酸素暴露したC60薄膜のギャップ内準位の観測
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学 札幌キャンパス, 2019/9/18-21
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 雄生, 清水康平, 佐野 大輔, 松崎 厚志, 田中 有弥, 上野 那美, 森澤 勇介, 石井 久夫
2. 発表標題 波長掃引型低エネルギー高感度光電子分光と深紫外吸収分光による ポリエチレンモデル化合物薄膜のギャップ内準位の観測
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学 札幌キャンパス, 2019/9/18-21
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木 樹, 鈴木 泰隆, 阿部 岳文, 鶴岡 薫, 桑名 保宏, 大内 靖弘, 出村 誠也, 山口雄生, 石井 久夫, 野口 裕, 横山 大輔
2. 発表標題 フッ素系樹脂を有する超低屈折率正孔輸送層における導電機構の解明
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学 札幌キャンパス, 2019/9/18-21
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Arava Zohar, Igal Levine, Kohei Shimizu, Michael Kulbak, Hisao Ishii, Gary Hodes, David Cahen
2. 発表標題 Direct Evidence for In-Gap States in Bromide Perovskites and Their Effects on Devices
3. 学会等名 2019 MRS Spring Meeting, Phoenix, AZ, USA, 2019/4/22-26 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Alexander Hofmann, Vivien Wessels, Simon Zueffle, Stephane Altazin, Kohei Shimizu, Beat Ruhstaller, Hisao Ishii, and Wolfgang Bruetting
2. 発表標題 Dipolar doping of organic semiconductors to enhance carrier injection"
3. 学会等名 DPG Spring Meeting, Regensburg, Germany, 2019/3/31-4/5 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石井久夫, 木全俊輔, 井手一郎, 丸山泰一, 山口雄生, 松崎厚志, 清水康平, 田中有弥
2. 発表標題 波長掃引型低エネルギー高感度光電子スペクトルの解釈(3): 金属と有機試料のちがいを
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会, 上智大学 四谷キャンパス, 2020/3/12-15
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井 久夫、木全 俊輔、濱田 北斗、菊池 武文、井手 一郎、佐野 大輔、丸山 泰一、山口 雄生、松崎 厚志、清水 康平、田中 有弥
2. 発表標題 波長掃引型低エネルギー高感度光電子スペクトルの解釈 (1)
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 長田 航平、石井 久夫、野口 裕
2. 発表標題 有機共蒸着膜における巨大表面電位
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 T. Maruyama, K. Ikegami, H. Kinjo, Y. Tanaka and H. Ishii
2. 発表標題 Electronic Structures of Occupied LUMO states in Organic Films and Devices Studied by Photoemission-Related Techniques: Direct Observation of Negative Carrier States
3. 学会等名 The 10th Asian Conference on Organic Electronics (A-COE2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Ishii
2. 発表標題 Photoelectron Spectroscopic Studies of Organic Semiconductor Films and Interfaces: Progress for 30 Years with the Growth of Organic Devices
3. 学会等名 The 8th TOYOTA RIKEN International Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井 久夫
2. 発表標題 電子構造と電気特性からみた有機EL素子における分極電荷の役割
3. 学会等名 第4回材料相模セミナー(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Maruyama , K. Ikegami , Y. Yamaguchi , K. Shimizu , A. Matsuzaki , D. Sano , Y. Tanaka , Hisao Ishii
2. 発表標題 Electronic structures of organic transistors and their model interfaces studied by high-sensitivity photoemission techniques
3. 学会等名 The 9th International Conference On Technological Advances Of Thin Films and Surface Coatings (ThinFilms2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松崎 厚志, 東海林 弘、石井 久夫
2. 発表標題 h 依存型高感度紫外光電子分光法を用いて直接観察された酸化物薄膜のギャップ準位
3. 学会等名 第28回日本MRS年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kohei Shimizu, Yuki Yamaguchi, Junki Yamazaki, Tomoya Sato, Hiroumi Kinjo, Hisao Ishii
2. 発表標題 Shallow States " of Organic Films Observed by h -Dependent High-Sensitivity Photoemission
3. 学会等名 9th Workshop on Advanced Spectroscopy of Organic Materials for Electronic Applications (ASOMEA-IX) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清水 康平, 山口 雄生, 丸山 泰一, 井手 一郎, 東海林 弘, 石井 久夫
2. 発表標題 高感度光電子分光で観察したキャリア生成層HAT-CNの電子構造"
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐野 大輔, 武田祐希, 秋山友希, 金原加苗, 村田武士, 須藤雄気, 石井久夫
2. 発表標題 Electronic structure of a film with TR observed by technique using photoelectron emission 2: Comparison with RxR
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井手 一郎, 佐野 大輔, 丸山 慎太郎, 田中 有弥, 村田 武士, 石井 久夫
2. 発表標題 Gap states of lysozyme thin film observed by high-sensitivity UV photoelectron spectroscopy
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山口 雄生, 清水 康平, 松崎 厚志, 佐野 大輔, 佐藤 友哉, 石井 久夫
2. 発表標題 摩擦帯電メカニズムの解明に向けたポリエチレンモデル化合物のギャップ内準位の観測
3. 学会等名 第42回静電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuya Tanaka, Koki Serizawa, Hokuto Hamada, Kavindra Maduwantha, Kaveenga Rasika Koswattage, Hisao Ishi
2. 発表標題 Impact of UV/ozone treatment for PEDOT:PSS film on charge accumulation in organic light-emitting diodes investigated by displacement current measurement
3. 学会等名 19th International Workshop on Inorganic and Organic Electroluminescence & 2018 International Conference on the Science and Technology of Emissive Displays and Lighting (EL 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Taichi Maruyama, Keitaro Ikegami, Yuya Tanaka, Hisao Ishii
2. 発表標題 Electronic structure of pentacene field effect transistor observed by using high-sensitivity photoemission and operant-spectroscopic technique
3. 学会等名 2018 KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Sano, Ichiro Ide, Tomoki Akiyama, Yuki Takeda, Yuya Tanaka, Takeshi Murata, Yuki Sudo, and Hisao Ishii
2. 発表標題 High-Sensitivity UV Photoemission-Related Spectroscopies of Biomolecules
3. 学会等名 2018 KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 芹澤 洸希, 新藤 駿太, 田中 有弥, 石井 久夫
2. 発表標題 変位電流評価法で調べたPEDOT:PSSバッファ層へのUVオゾン処理効果の起源
3. 学会等名 「有機EL討論会」第26回例会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Ishii, K. Shimizu, K. Ikegami, A. Matsuzaki, T. Maruyama, Y. Yamaguchi, D. Sano, I. Ide, and Y. Tanaka
2. 発表標題 High-Sensitivity Photoemission-Related Spectroscopy Using Deep UV Light for Organic Films and Devices
3. 学会等名 International Conference on Advancing Molecular Spectroscopy (ICAMS) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Yamaguchi, Kohei Shimizu, Atsushi Matsuzaki, Daisuke Sano, Yuya Tanaka, Hisao Ishii
2. 発表標題 Gap states of a polyethylene model oligomer observed by using high-sensitivity ultraviolet photoelectron spectroscopy"
3. 学会等名 10th International Symposium on Organic Molecular Electronics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Makino, H. Kinjo, Y. Tanaka, and H. Ishii
2. 発表標題 Impact of orientation polarization on electron injection in OLED studied by negative ion photoemission spectroscopy and displacement current measurement
3. 学会等名 10th International Symposium on Organic Molecular Electronics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松崎厚志, 佐藤友哉, 東海林弘, 石井久夫
2. 発表標題 励起波長依存型高感度紫外光電子分光法によるa-IGZO薄膜のギャップ内準位の直接観測
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐野 大輔, 松崎 厚志, 武田祐希, 村田 武士, 須藤 雄気, 石井 久夫
2. 発表標題 高感度紫外光電子分光を用いた光受容タンパク質サーモフィリックロドプシンの電子構造 の直接観測
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山口 雄生, 清水 康平, 松崎 厚志, 佐野 大輔, 佐藤 友哉, 石井 久夫
2. 発表標題 摩擦帯電メカニズムの解明に向けた絶縁性高分子材料の電子構造の観測：ポリエチレンモデル化合物の高感度光電子分光
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Sato, K. Shimizu, K. Ikegami, A. Matsuzaki, T. Maruyama, Y. Yamaguchi, H. Kinjo, Y. Tanaka, H. Ishii
2. 発表標題 High-Sensitivity Photoemission-Related Techniques for Organic Films and Interfaces: Bridging Electronic Structures and Practical Device Properties
3. 学会等名 International Conference on Advanced Materials and Devices (ICAMD 2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hisao Ishii
2. 発表標題 Electronic Structures of Organic Semiconductor Devices Studied by Techniques Using Photoelectron Emission
3. 学会等名 The 67th conference of Japan Society of Coordination Chemistry Symposium S4: New Aspects of Photofunctional Interfaces Based on Coordination Chemistry (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Sato, J. Yamazaki, K. Shimizu, K. Ikegami, A. Matsuzaki, H. Kinjo, Y. Tanaka, Hisao Ishii
2. 発表標題 Electronic Structures of Organic Films and Interfaces Studied by High-Sensitivity Photoemission Technique
3. 学会等名 the International union of materials research society-International conference of advanced materials (IUMRS-ICAM) 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤友哉、清水康平、池上慶太郎、松崎厚志、田中有弥、石井久夫
2. 発表標題 高感度光電子分光による有機材料薄膜・界面の微弱準位の計測
3. 学会等名 M&BE 新分野開拓研究会 2017「有機・バイオエレクトロニクスにおける先端計測技術の進展」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 池上 慶太郎、金城 拓海、佐藤 友哉、田中 有弥、石井 久夫
2. 発表標題 超高感度光電子収量分光法による有機トランジスタ構造に注入された負イオン状態の直接観測
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keitaro Ikegami, Taichi Maruyama, Hiroumi Kinjo, Tomoya Sato, Yuya Tanaka, and Hisao Ishii
2. 発表標題 Direct observation of carrier state in organic transistors by negative ion photoelectron yield spectroscopy
3. 学会等名 International Conference on Advanced Materials and Devices (ICAMD 2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名	Alexander Hofmann, Lars Jaeger, Simon Zuefle, Stephane Altazin, Martin Neukom, Kohei Shimizu, Atsushi Matsuzaki, Beat Ruhstaller, Hisao Ishii, Wolfgang Bruetting
2. 発表標題	Controlling Charge Injection and Transport in Organic Electronic Devices by Dipolar Doping
3. 学会等名	2017 MRS Fall Meeting
4. 発表年	2017年

1. 発表者名	池上 慶太郎、丸山 泰一、金城 拓海、佐藤 友哉、田中 有弥、石井 久夫
2. 発表標題	有機トランジスタ構造の負イオン光電子収量分光によるキャリア状態の直接観測"
3. 学会等名	第7回CSJ化学フェスタ2017
4. 発表年	2017年

1. 発表者名	清水康平, 佐藤友哉, 田中有弥, 石井久夫
2. 発表標題	高感度光電子分光とKelvin法による逆構造有機EL素子における電子注入改善機構の解明
3. 学会等名	第7回CSJ化学フェスタ2017
4. 発表年	2017年

1. 発表者名	松崎厚志, 佐藤友哉, 東海林弘, 石井 久夫
2. 発表標題	高感度紫外光電子分光法による透明導電性薄膜の電子構造観測
3. 学会等名	第7回CSJ化学フェスタ2017
4. 発表年	2017年

1. 発表者名 佐野 大輔, 松崎 厚志, 武田祐希, 宮内 拓也, 村田 武士, 須藤 雄気, 石井 久夫
2. 発表標題 超高感度紫外光電子分光を用いた生体分子サーモフィリックロドプシンの電子構造の観測
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hisao Ishii, Hiroumi Kinjo, Takahiro Makino, Hyunsoo Lim, Tomoya Sato, Yuya Tanaka, Yutaka Noguchi
2. 発表標題 Impact of Orientation Polarization in OLEDs Studied by Displacement Current Measurement and High-Sensitivity Photoemission
3. 学会等名 9th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE9) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐野 大輔, 松崎 厚志, 武田祐希, 宮内 拓也, 村田 武士, 須藤 雄気, 石井 久夫
2. 発表標題 光電子放出を用いたサーモフィリックロドプシン膜の電子構造の観測
3. 学会等名 第55回日本生物物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kohei Shimizu, Hirohiko Fukagawa, Katsuyuki Morii, Hiroumi Kinjo, Tomoya Sato, Hisao Ishii
2. 発表標題 Electronic Structure at Beq2/PEI/ITO Model Interfaces in Inverted OLED Devices Studied by High-Sensitivity Photoemission Spectroscopy
3. 学会等名 14th European Conference on Molecular Electronics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keitaro Ikegami, Hiroumi Kinjo, Tomoya Sato, Yuya Tanaka, and Hisao Ishii
2. 発表標題 Direct Observation of Negative Carriers Injected into a Transistor Structure Observed by High-Sensitivity Photoelectron Yield Spectroscopy
3. 学会等名 IUMRS-ICAM2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Atsushi Matsuzaki, Tomoya Sato, Hiroshi Tokairin, Hisao Ishii
2. 発表標題 Direct Observation of Gap States in Oxide Thin Films by h ^ν -Dependent High-Sensitivity UV Photoemission Spectroscopy
3. 学会等名 29th International Conference on Defects in Semiconductors(ICDS-29) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tomoya Sato, Junki Yamazaki, Kohei Shimizu, Atsushi Matsuzaki, Keitaro Ikegami, Yuya Tanaka, and Hisao Ishii
2. 発表標題 Gap States of Organic Films Observed by h ^ν -Dependent High-Sensitivity UV Photoemission Spectroscopy
3. 学会等名 29th International Conference on Defects in Semiconductors(ICDS-29) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kohei Shimizu, Junki Yamazaki, Hirohiko Fukagawa, Katsuyuki Morii, Hiroumi Kinjo, Tomoya Sato, Hisao Ishii
2. 発表標題 Electronic Structure of OLED Host Materials Studied by High-Sensitivity Photoemission Spectroscopy: Photoemission from Shallow State above Fermi Level"
3. 学会等名 9th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 池上 慶太郎、金城 拓海、佐藤 友哉、田中 有弥、石井 久夫
2. 発表標題 オペランド光電子収量分光法による有機トランジスタ構造における負のキャリア状態の直接観測
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 池上 慶太郎、金城 拓海、佐藤 友哉、田中 有弥、石井 久夫
2. 発表標題 オペランド光電子収量分光法による有機トランジスタ構造における負のキャリア状態の直接観測
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 J. Yamazaki, T. Sato, K. Shimizu, H. Kinjo, Y. Ozawa, Y. Tanaka, H. Ishii
2. 発表標題 Anion States in Organic Film and Device Studied by High Sensitivity UPS and PYS
3. 学会等名 International Workshop on Organic Semiconductors: Charge transport, Doping and Electronic States (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤友哉, Kaveenga Rasika Koswattage, 中山泰生, 石井久夫
2. 発表標題 励起波長依存型高感度紫外光電子分光による絶縁性高分子膜のギャップ内準位を含む状態密度の直接評価
3. 学会等名 平成29年度第18回静電気学会春期講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 J. Yamazaki, T. Sato, K. Shimizu, H. Kinjo, Y. Ozawa, Y. Tanaka, and H. Ishii
2. 発表標題 High-Sensitivity Photoemission Spectroscopy of OLED-related Films: Photoemission from Shallow States above Fermi Level
3. 学会等名 The 4th Workshop on Physics in Organic Optoelectronics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Ishii
2. 発表標題 Bulk and Interfacial Electronic Structures of Organic Semiconductors Studied by Photoemission-Related Techniques: Energy Level Alignment, Gap States, and Carrier States
3. 学会等名 The 12th International Conference on nano-Molecular Electronics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Sato, J. Yamazaki, Y. Ozawa, Y. Tanaka and H. Ishii
2. 発表標題 h ⁻ -Dependent High-Sensitivity Photoemission Spectroscopy to Probe Density-of-States of Organic Films
3. 学会等名 The 8th Workshop on Advanced Spectroscopy of Organic Materials for Electronic Applications (ASOMEA-VIII) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 石井 久夫, 金城 拓海, 佐藤 友哉
2. 発表標題 高感度紫外光電子分光による有機半導体のバルク・界面電子構造評価
3. 学会等名 第77回応用物理学会秋季学術講演会 シンポジウム「ナノ界面現象と評価技術の現状と課題」(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Kinjo, T. Sato, Y. Noguchi, Y. Nakayama, and H. Ishii
2. 発表標題 Weak structural order in OLED films Studied by Displacement Current Measurement and High-Sensitivity Photoemission Spectroscopy: Energetic Stabilization of Anion States due to Orientation Polarization
3. 学会等名 2016 MRS Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kohei Shimizu, Hirohiko Fukagawa, Katsuyuki Morii, Hiroumi Kinjo, Tomoya Sato, Hisao Ishii
2. 発表標題 High-Sensitivity Photoemission of Beq2/PEI/ITO Model Interfaces of Inverted Organic Light-Emitting Diode
3. 学会等名 2016 MRS Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 J. Yamazaki, T. Sato, Y. Tanaka, H. Ishii
2. 発表標題 High-Sensitivity UV Photoemission of intrinsic and doped OLED films
3. 学会等名 12th International Conference on Nano-Molecular Electronics (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山崎 純暉, 佐藤 友哉, 田中 有弥, 石井 久夫
2. 発表標題 高感度光電子分光によるCBP薄膜の電子構造観察
3. 学会等名 「有機EL討論会」第23回例会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Ishii, T. Sato, K. Shimizu, J. Yamazaki, H. Kinjo, Y. Tanaka
2. 発表標題 Film and Interface Electronic Structures of Organic Semiconductors Studied by High-Sensitivity UV Photoemission Spectroscopy
3. 学会等名 12th Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Hisao Ishii (The surface science society of Japan (ed.))	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 853
3. 書名 Compendium of Surface and Interface Analysis, chap.75 "Photoelectron Yield Spectroscopy"	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 酸化物半導体膜のギャップ内準位における電子状態密度の測定方法および測定装置	発明者 東海林弘、石井久夫、松崎厚志、佐藤友哉	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017 - 146741	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
研究分担者	KRUEGER PETER (Krueger Peter) (30706362)	千葉大学・大学院工学研究院・教授 (12501)	
研究分担者	田中 有弥 (Tanaka Yuya) (90780065)	千葉大学・先進科学センター・助教 (12501)	

6. 研究組織（つづき）

	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	ブリュッティング ボルフガング (Bruetting Wolfgang)	アウグスブルグ大学・Institute for physics・Professor	
研究協力者	ホフマン アレクサンダー (Hofmann Alexander)	アウグスブルグ大学・Institute for physics・PhD student	
研究協力者	リンドール テレサ (Linderl Theresa)	アウグスブルグ大学・Institute for physics・PhD student	
研究協力者	ストラックス サム (Stranks Sam)	ケンブリッジ大学・Cavendish Lab・Professor	
研究協力者	ジャレビ アビディ (Jalebi Mojtaba Abdi)	ケンブリッジ大学・Cavendish Lab・Posdoc	
研究協力者	清水 康平 (Shimizu Kohei)	千葉大学・大学院融合理工学府・学振特別研究員	