

Oral presentation | 12 Organic Molecules and Bioelectronics : 12.3 Functional Materials and Novel Devices

📅 Thu. Sep 19, 2024 9:00 AM - 11:30 AM JST | Thu. Sep 19, 2024 12:00 AM - 2:30 AM UTC 🏛️ B6  
(Exhibition Hall B)

## [19a-B6-1~9] 12.3 Functional Materials and Novel Devices

Akito Masuhara(Yamagata Univ.)

9:00 AM - 9:15 AM JST | 12:00 AM - 12:15 AM UTC

[19a-B6-1]

Dry Annealing Effects of ZnO Layer for Electron Transport of Organic Photodetectors

○Yusaku Tagawa<sup>1</sup>, Takao Someya<sup>1</sup>, Tomoyuki Yokota<sup>1</sup> (1.The Univ. of Tokyo)

📌 Presentation by Applicant for JSAP Young Scientists Presentation Award

9:15 AM - 9:30 AM JST | 12:15 AM - 12:30 AM UTC

[19a-B6-2]

Development of removable-structure OPD with ultrathin elastomer substrate

○(M2)Kosei Sasaki<sup>1</sup>, Kento Yamagishi<sup>1</sup>, Takao Someya<sup>1</sup>, Tomoyuki Yokota<sup>1</sup> (1.Univ of Tokyo)

📌 Presentation by Applicant for JSAP Young Scientists Presentation Award

9:30 AM - 9:45 AM JST | 12:30 AM - 12:45 AM UTC

[19a-B6-3]

Fabrication of Electrically Switchable Wavelength-Selective Organic Photodetectors.

○(M1)Sachi Awakura<sup>1</sup>, Kosei Sasaki<sup>1</sup>, Takao Someya<sup>1</sup>, Tomoyuki Yokota<sup>1</sup> (1.Univ. of Tokyo)

📌 Presentation by Applicant for JSAP Young Scientists Presentation Award

9:45 AM - 10:00 AM JST | 12:45 AM - 1:00 AM UTC

[19a-B6-4]

Fabrication of a cell culture vessel with organic photodetectors for the measurement of flow rate

○Kosuke Hironaka<sup>1</sup>, Hiroki Kumon<sup>1</sup>, Wataru Akahori<sup>1</sup>, Hidenao Yamada<sup>1</sup>, Shigeo Hara<sup>1</sup>  
(1.Hamamatsu Photonics)

📌 Presentation by Applicant for JSAP Young Scientists Presentation Award

10:15 AM - 10:30 AM JST | 1:15 AM - 1:30 AM UTC

[19a-B6-5]

Fabrication of Charge-transfer complex-Perovskite nanocrystal composite films using one-step solution process

○Shusei Hattori<sup>1</sup>, Jun Matsui<sup>2</sup>, Hinako Ebe<sup>2</sup> (1.Yamagata Univ., 2.Yamagata Univ. Sci.)

📌 Presentation by Applicant for JSAP Young Scientists Presentation Award

10:30 AM - 10:45 AM JST | 1:30 AM - 1:45 AM UTC

[19a-B6-6]

Enhancing the Photostability of CsPbBr<sub>3</sub> Perovskite Quantum Dots through Substituent Space Control of Zwitterionic Ligands

○(B)Takuro Iizuka<sup>1</sup>, Yusaku Morikawa<sup>2</sup>, Takayuki Chiba<sup>3,6</sup>, Motofumi Kashiwagi<sup>4</sup>, Satoshi Asakura<sup>5</sup>, Akito Masuhara<sup>6,2</sup> (1.Fac. of Eng., Yamagata Univ., 2.Grad. Sch. of Sci. and Eng., Yamagata Univ., 3.Grad. Sch. of Org. Mat. Sci., Yamagata Univ., 4.Zeon. Corp., 5.Ise Chem. Corp., 6.FROM, Yamagata Univ.)

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[19a-B6-7]

## Application of photo-metamorphic polysiloxanes toward tactile presentation

○Satoru Ohisa<sup>1</sup>, Genichi Motomura<sup>1</sup>, Yoshihide Fujisaki<sup>1</sup>, Kei Hagiwara<sup>1</sup>, Satoshi Honda<sup>2</sup>  
(1.NHK STRL, 2.The Univ. of Tokyo)

---

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[19a-B6-8]

Distribution control of two self-propelled ion gels in two-chamber separated by a shutter

○Tatsuki Tanahashi<sup>1</sup>, Kazuaki Furukawa<sup>1</sup> (1.Meisei Univ)

---

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[19a-B6-9]

Structural observation of filamentous structures constituting calcium alginate hydrogel

○Minoru Aoyagi<sup>1</sup> (1.NIT)

---

## 有機光検出器の電子輸送層用 ZnO 膜のドライアニール効果

## Dry Annealing Effects of ZnO Layer for Electron Transport of Organic Photodetectors

東大工<sup>1</sup>, ○多川友作<sup>1</sup>, 染谷隆夫<sup>1</sup>, 横田知之<sup>1</sup>The University of Tokyo<sup>1</sup>

E-mail: tagawa@ntech.t.u-tokyo.ac.jp

有機光検出器 (OPD) は、その幅広い波長選択性、柔軟性、低コストプロセスの利点から有望視されている。OPD は一般に、陰極/電子輸送層 (ETL) /活性層/正孔輸送層 (HTL) /陽極の5層で構成される。ETL 及び HTL は、移動度の低い活性層のキャリア輸送効率向上・マイノリティキャリアのブロッキング・劣化の激しい活性層材料の安定性向上のために導入される。代表的な ETL 層として酸化亜鉛が多用されているのは、その優れた電子輸送特性に加えて、酢酸亜鉛二水和物を用いた溶液塗布プロセス (ゾルゲル法) で薄膜が作製できるためである。良質な酸化亜鉛の成膜には、一定湿度を有する環境が必要である[1]。一方、逆型構造 OPD において、ETL との界面を接続する活性層の塗布・乾燥プロセスは一般的に O<sub>2</sub> や H<sub>2</sub>O の低い環境下が好ましい。

そこで本研究では、酸化亜鉛薄膜のドライアニールによる OPD の特性向上とそのメカニズムの解明を目指す。典型的な近赤外(NIR)-OPD 構造として、ITO/ZnO/PMDPP3T:PC<sub>61</sub>BM/MoO<sub>3</sub>/Ag 構造を作製した (図 1)。パターニングされた ITO 基板を用い、100 W、10 秒の酸素プラズマを行った。酢酸亜鉛二水和物を 2-メトキシエタノールとアミノエタノールで溶解し、調湿ボックスを用いて室温かつ 50%RH の条件下で 5000 rpm、30 秒間スピコートした。調湿ボックス内にて 180°C で 30 分間アニールし、50°C まで冷却した後、試料をグローブボックス (GB) に移し、様々な温度で 10 分間乾燥させた。その後、PMDPP3T:PC<sub>61</sub>BM の混合溶液を GB 内で 300 rpm、120 秒間スピコートした。MoO<sub>3</sub>/Ag 層は、高真空チャンバー下で熱蒸着により成膜した。

OPD 特性を図 2 に示す。暗電流は GB 中でドライアニールなしの場合より -0.5 V で 3 倍低い。この OPD 特性はこれまで報告にあった高性能な NIR-OPD と遜色なく [2]、酸化亜鉛及びその活性層との界面水分子が特性に及ぼす影響を示唆する結果である。

【参考文献】 [1] H. Song, et al. *Applied Surface Science* **512**, 145660, 2020. [2] D. Zhu, et al. *Journal of Materials Chemistry C* **10**, 37, 13312-13323, 2022.

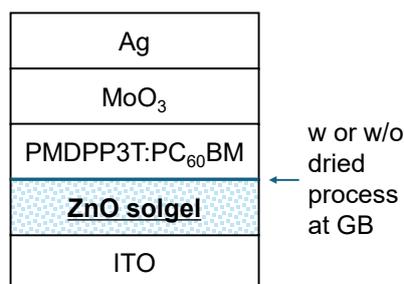


Fig.1 Structure of OPD.

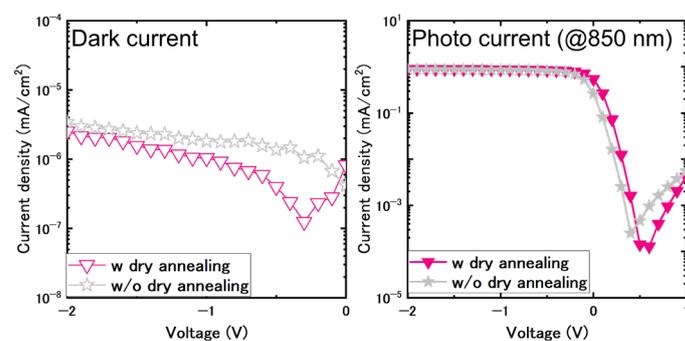


Fig.2 IV measurement of (left) dark and (right) photo circumstance.

## 極薄ゴム基板を用いた着脱可能な構造を有する有機光検出器の開発 Development of removable-structure OPD with ultrathin elastomer substrate

東大院<sup>1</sup>, ○(M2)佐々木 光生<sup>1</sup>, 山岸 健人<sup>1</sup>, 染谷 隆夫<sup>1</sup>, 横田 知之<sup>1</sup>

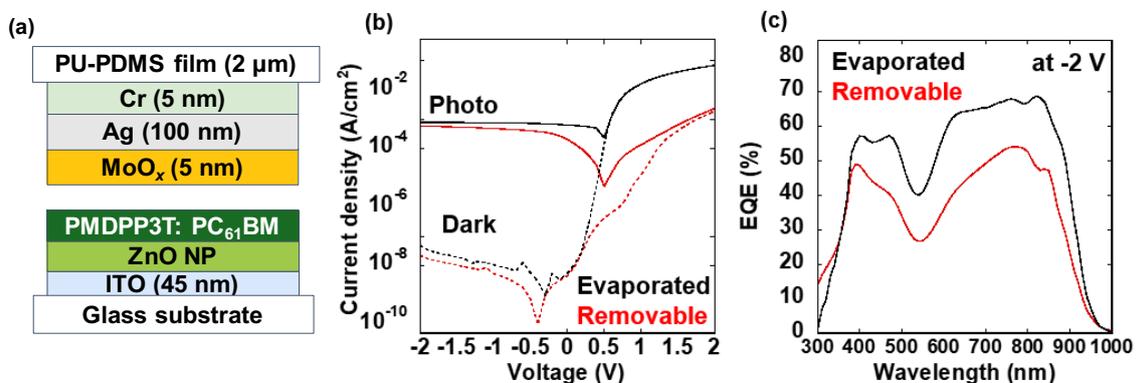
°Kosei Sasaki<sup>1</sup>, Kento Yamagishi<sup>1</sup>, Takao Someya<sup>1</sup>, Tomoyuki Yokota<sup>1</sup>

E-mail: [sasaki-kosei0130@g.ecc.u-tokyo.ac.jp](mailto:sasaki-kosei0130@g.ecc.u-tokyo.ac.jp)

近年、有機フォトディテクタ(OPD)の劣化メカニズムを評価することができる構造として、着脱可能な構造を有する OPD が注目を集めている<sup>[1,2]</sup>。着脱可能な電極を用いた OPD は、基板上に透明電極、電子輸送層、活性層が形成された下部電極シートと、ゴム基板上に電極、ホール輸送層が形成された上部電極シートから構成されている。この 2 枚のシートを分子間力によって接触させることで OPD として動作が可能となり、さらに有機半導体層にダメージを与えずに上部電極シートを取り外すことが可能である。これまでに、我々のグループではデバイスの動作後に上部電極シートを取り外すことで、光照射や大気中での活性層の劣化を直接かつ連続的に観察することに成功した<sup>[1,2]</sup>。一方で、従来の蒸着型デバイスと新構造の OPD の性能には乖離があった。本研究では、上部電極基板としてポリウレタン(PU)を埋め込んだ厚み 2  $\mu\text{m}$  の極薄ゴム基板を用いた着脱可能な構造を有する OPD を作製することで、デバイス特性の改善を行った。

図 1a に今回開発した着脱可能な構造を有する OPD のデバイス構造を示す。本研究では、近赤外光に感度ピークを持つ PMDPP3T と PC<sub>61</sub>BM のバルクヘテロ構造を活性層として用いた。図 1b に着脱可能な OPD の  $J$ - $V$  特性を示す。-2 V における光電流密度は  $5.9 \times 10^{-4} \text{ A/cm}^2$  であった(蒸着型:  $7.9 \times 10^{-4} \text{ A/cm}^2$ )、暗電流密度は、-2 V において  $2.2 \times 10^{-8} \text{ A/cm}^2$  であった(蒸着型:  $6.9 \times 10^{-8} \text{ A/cm}^2$ )。また EQE に関しては-2 V の印加時に 850 nm で 47%を達成した(蒸着型: 64%)。

[1]島ノ江 他、第 68 回応用物理学会春季学術講演会 [2]佐々木 他、第 84 回応用物理学会秋季学術講演会



(a)Device Structure of the removable structure OPD (b)J-V characteristics (c)EQE

## 異なる波長域光を選択的に検出可能な有機光検出器の作製

## Fabrication of Electrically Switchable Wavelength-Selective Organic Photodetectors

東大工<sup>1</sup>, <sup>○</sup>(M1)粟倉 幸<sup>1</sup>, (M2)佐々木 光生<sup>1</sup>, 染谷 隆夫<sup>1</sup>, 横田 知之<sup>1</sup>Univ. of Tokyo<sup>1</sup>, <sup>○</sup>Sachi Awakura<sup>1</sup>, Kosei Sasaki<sup>1</sup>, Takao Someya<sup>1</sup>, Tomoyuki Yokota<sup>1</sup>

E-mail: awakura@ntech.t.u-tokyo.ac.jp

生体認証の主要な例である指紋認証や静脈認証は、人体に可視光と近赤外光をそれぞれ照射した際の反射光や透過光の強度分布を測定することで行われる。従来の有機光検出器(OPD)は、電極間に光を吸収する活性層が1層挟まれている構造であったため、活性層の材料によって検出することができる波長域が決まっていた。一方で、指紋認証と静脈認証を同時に行おうとすると、1つのOPDに対して可視光と近赤外光の光源を二種類用いるか、1つの光源に対して可視光と近赤外光に応答するOPDを2種類用いる必要があった。本研究では、異なる吸収波長域を持つ2つの活性層を積層した新しい構造のOPDを開発することで、検出波長のスイッチングを実現した。

作製したOPDの断面構造をFigure 1 (a)に示す。まずガラス基板上にITO透明電極を成膜した。次に、電子輸送層としてZnOナノ粒子、可視光に吸収を持つ活性層としてP3HT:PCBM、正孔輸送層としてPEDOT:PSS、近赤外に吸収を持つ活性層としてPMDPP3T:PCBM、電子輸送層としてZnOナノ粒子を順にスピコートにて成膜した。最後に上部電極としてAgを真空蒸着により成膜した。作製したOPDのEQE特性をFigure 1 (b)に示す。逆バイアスを印加した際は可視光領域で、順バイアスを印加した際は近赤外領域でそれぞれ高いEQEを示している。作製したOPDの暗電流および波長550 nmの可視光と830 nmの近赤外光を照射したときの電流-電圧特性をFigure 1 (c)に示す。逆バイアスを印加したときに流れる電流から可視光を、順バイアスを印加したときに流れる電流から近赤外光をそれぞれ検出できる。

今回開発した新型構造のOPDを用いることで、1つのセルで2種類の波長が検出可能となり、イメージセンサの解像度を向上させることが可能となる。

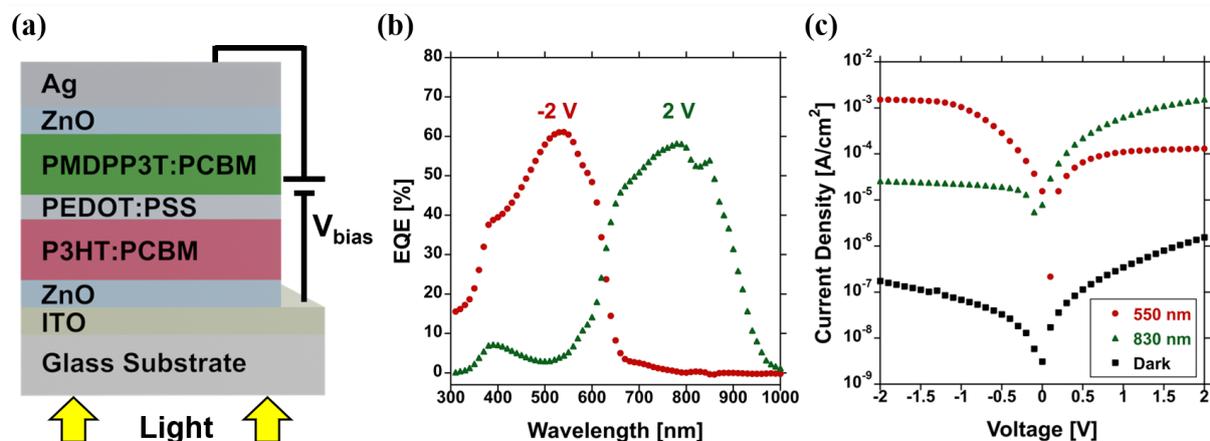


Figure 1 (a) Schematic of double active layer OPDs, (b) EQE spectra of the OPD measured at  $\pm 2$  V, (c) J-V curves of the OPD in the dark, under  $5.65 \text{ mW/cm}^2$  of light with a wavelength of 550 nm, and under  $5.74 \text{ mW/cm}^2$  of light with a wavelength of 830 nm.

## 光学式流量計測のための有機受光素子一体型容器の作製

## Fabrication of a cell culture vessel with organic photodetectors for the measurement of flow rate

浜松ホトニクス<sup>1</sup>, <sup>○</sup>廣中 厚祐<sup>1</sup>, 公文 広樹<sup>1</sup>, 赤堀 亘<sup>1</sup>, 山田 秀直<sup>1</sup>, 原 滋郎<sup>1</sup>Hamamatsu Photonics K.K.<sup>1</sup>, <sup>○</sup>Kosuke Hironaka<sup>1</sup>, Hiroki Kumon<sup>1</sup>, Wataru Akahori<sup>1</sup>, Hidenao Yamada<sup>1</sup>, Shigeo Hara<sup>1</sup>

E-mail: kosuke.hironaka@hpk.co.jp

## 【背景】

創薬等における動物実験では、ヒトとの種差が薬物動態予測を困難にしている。生体模倣システム (Microphysiological system: MPS) は生体内の環境や組織・臓器を模倣することが可能で、上記の課題を解決可能な手段として注目されている<sup>1</sup>。MPSは搭載したマイクロ流路内に流れを伴った状態で細胞培養を行うことで生体内の環境を模倣しているため、常にMPS内の流量をモニタリングすることが求められる。しかし、主な既存の流量計は大型である等の課題からMPSへの適用は困難である<sup>2</sup>。本研究ではガラス基板上に塗布による作製が可能な有機受光素子 (Organic Photodetector: OPD)<sup>3</sup>を用いて、光学的に流量を測定する手法及び受光素子一体型の容器を提案する。

## 【コンセプト】

Lambertの法則から、透過率の対数は光路長 $L$ と吸収係数 $\alpha$ との積であるということが知られている。我々はこの法則を用いて簡便な光学式流量計測手法を提案した (Fig.1)。さらに、OPD一体型の容器を作製することで小型化を実現し、光軸ズレによる測定誤差抑制も期待できる。

## 【方法・実験】

Fig.2に光学系及び作製したOPD一体型容器を示す。細胞培養のための恒温槽内は、37度、湿度約100%に保たれており、光学素子、電気回路の結露、誤動作が懸念される。恒温槽内での使用を想定し、本実験では光源の導光に、耐環境性および小型化にすぐれている光ファイバを用いた入射系を構築した。Fig.3にOPD一体型容器の作製プロセスを示す。ガラス基板上に透明電極、有機光電変換層、金属電極の順に積層し、受光エリア $8 \times 8$  mmのOPDを作製した。容器はPDMSを用いて作製した。ガラス基板上のOPDと容器はプラズマ処理によって接合した。作製した2つのOPD一体型容器をチューブで接続しMPSを模倣した。片方を圧力ポンプで加圧し、もう片方の容器に培地の送液を行った。この時、光ファイバカプラ、レンズを介して波長 $1.31 \mu\text{m}$ のレーザー光を一定光量で入射し測定を行い、OPDで測定した透過率の時間変化から流量を算出した。

## 【結果】

MPSを模倣した容器にOPDを直接接合することに成功し、小型な測定システムを構築した。さらに提案手法による流量計測で $100 \mu\text{L}/\text{min}$ の設定値に対して測定値 $100 \pm 20 \mu\text{L}/\text{min}$ を達成し、新たな流量計測システムとしての可能性を示した。

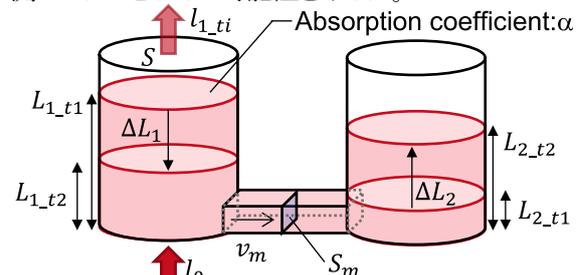


Fig.1 Concept of flow rate measurement

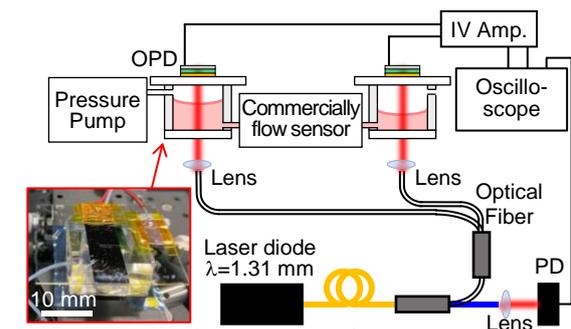


Fig.2 System configuration

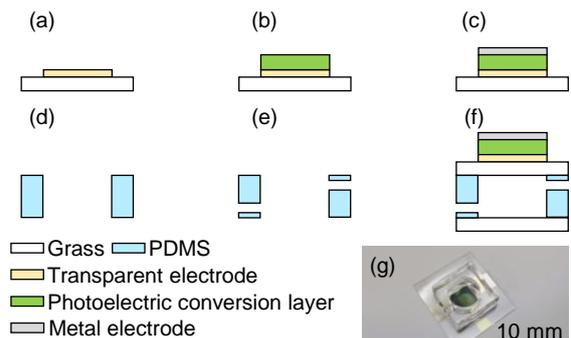


Fig.3 Fabrication process. (a) Prepare transparent electrode, (b) Coating photoelectric conversion layer, (c) Depositing metal electrode, (d) Molding PDMS, (e) Punching PDMS, (f) Bonding, and (g) A photograph of fabricated culture vessel with OPD.

## 【参考文献】

- 1) S.-M. Kang: BioChip Journal. **16** [1](2022)13.
- 2) C. Cavanol, W. Cesar, S. Descroix and J.L. Viovy: Lab on a Chip. **22** [19](2022)3603.
- 3) H. Ren, J.D. Chen, Y.Q. Li and J.X. Tang: Advanced Science. **8** [1](2021)2002418.

# 一段階溶液プロセスを用いた電荷移動錯体-ペロブスカイト ナノ結晶複合薄膜の創出

## Fabrication of Charge-transfer complex-Perovskite nanocrystal composite films using one-step solution process

山形大院理工<sup>1</sup>, 山形大理<sup>2</sup> ◯服部秀生<sup>1</sup>, 松井淳<sup>2</sup>, 江部日南子<sup>2</sup>

Graduate School of Science and Engineering<sup>1</sup>, Faculty of Science<sup>2</sup>, Yamagata Univ.

◯Shusei Hattori<sup>1</sup>, Jun Matsui<sup>2</sup>, Hinako Ebe<sup>2</sup>

E-mail: s233127m@st.yamagata-u.ac.jp

有機電荷移動 (CT) 錯体は、電子ドナーおよび電子アクセプター分子間の CT 相互作用に基づき共結晶を形成し、特異的な光電特性を発現することができる<sup>[1]</sup>。しかしながら、これらの有機共結晶は、分子間の強い凝集力により単一材料では薄膜形成が困難であり、PMMA などのポリマーホスト材料の導入による薄膜化が達成されてきた<sup>[2]</sup>。本研究では、新たに機能性ホスト材料としてハロゲン化鉛ペロブスカイトナノ結晶 (PNC) の導入を試みた。PNC は、CT と同条件の室温溶液プロセスにより薄膜形成が可能であり、溶液プロセスにより容易に CT-PNC 複合膜を形成することができる。また、PNC は高い光吸収係数 ( $10^7 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$  以上<sup>[3]</sup>) を有し、エネルギー/電子ドナーとしての役割が期待できる。我々は、シンプルな一段階溶液プロセスにより CT-PNC 微細構造膜の作製に成功した。また、前駆体溶液中の CT 錯体濃度と微細構造の依存性を明らかにするため、膜形態観察および結晶構造解析、光学特性評価により材料間相互作用を検討した。

CT-PNC 複合膜は一段階スピコート法により作製した。CT-PNC 前駆体溶液は、PNC 前駆体の臭化鉛、ホルムアミジニウム臭化水素塩、2-フェネチルアミン臭化水素塩、CT 錯体前駆体のピレン、1,2,4,5-テトラシアノベンゼンを DMF に溶解させ調整した。次に、石英基板上に前駆体溶液をスピコート (3000 r.p.m. / 30 秒) することで CT-PNC 複合膜を作製した。

得られた膜の X 線回折測定および UV-Vis 吸収スペクトル測定より、CT 錯体および PNC の形成を確認した。また走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察より、前駆体溶液中の CT 錯体濃度を変化させることで、複合膜中の CT 結晶の微細構造が変化すること明らかにした。CT-PNC 複合膜の PL スペクトルより、PNC 発光 (発光波長 535 nm) の消光と CT 錯体発光 (発光波長 550 nm) の出現を示した (Fig. 1a)。さらに、PL 寿命測定では、複合膜において PNC 発光が短寿命化していることを明らかにした (Fig. 1b)。また CT 発光の励起スペクトル測定 (Fig.1c) においては PNC からの寄与が観測されなかった。以上より、PNC 消光挙動は電荷移動による可能性が示唆された。また当日は、CT-PNC 膜の微細構造と PNC 消光挙動の依存性について報告する。

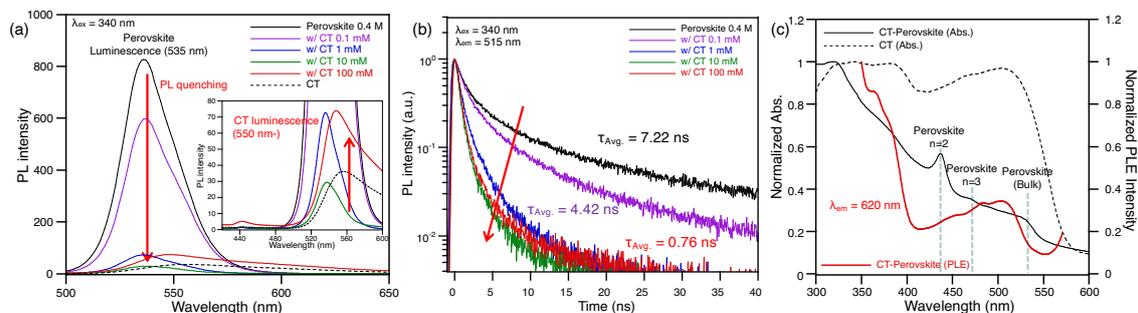


Fig. 1. (a) PL, (b) PL decay and (c) PLE spectra of CT-PNC composite films.

【参考】 [1] S-T. Lee et al., *Adv. Mater.*, 24, 39, 5345 (2012) [2] U. Ali et al., *Polym. Rev.* 55. 4. 678 (2015)  
[3] M. A. Green et al., *Nat. Photonics.* 8, 506 (2014)

# 双性イオン配位子の置換基間隔の制御によるペロブスカイト量子ドットの光安定性の向上

Enhancing the Photostability of CsPbBr<sub>3</sub> Perovskite Quantum Dots through Substituent Space Control of Zwitterionic Ligands

山形大工<sup>1</sup>, 山形大院理工<sup>2</sup>, 山形大院有機シス<sup>3</sup>, 日本ゼオン<sup>4</sup>, 伊勢化学<sup>5</sup>, 山形大有機材料シスセ<sup>6</sup>

◎飯塚 琢朗<sup>1</sup>, 森川 結策<sup>2</sup>, 千葉 貴之<sup>3,6</sup>, 柏木 幹文<sup>4</sup>, 浅倉 聡<sup>5</sup>, 増原 陽人<sup>2,6</sup>

Fac. of Eng., Yamagata Univ.<sup>1</sup>, Grad. Sch. of Sci. and Eng., Yamagata Univ.<sup>2</sup>, Grad. Sch. of Org. Mat. Sci., Yamagata Univ.<sup>3</sup>, Zeon Corp.<sup>4</sup>, Ise Chem. Corp.<sup>5</sup>, FROM, Yamagata Univ.<sup>6</sup>

◎Takuro Iizuka<sup>1</sup>, Yusaku Morikawa<sup>2</sup>, Takayuki Chiba<sup>3,6</sup>, Motofumi Kashiwagi<sup>4</sup>, Satoshi Asakura<sup>5</sup>, Akito Masuhara<sup>2,6</sup>

E-Mail: t212291@st.yamagata-u.ac.jp

【研究背景】ペロブスカイト量子ドット (PeQDs) は、高発光量子収率 (PLQY > 80%)、狭帯域発光 (FWHM < 25 nm) など優れた光学特性を示す発光材料である。その一方で、PeQDs の励起に必要な光の照射によって、光学特性の著しい低下が引き起こされる。これは、光を照射した際に PeQDs を保護する配位子が脱離することで、表面欠陥を形成と、凝集を引き起こすことが原因と考えられている<sup>1)</sup>。これに対し先行研究では、2つの置換基を有する双性イオン配位子であるステアリルスルホベタイン (SB3-18) を用いることで、キレート効果による PeQDs 表面の配位子の脱離を抑制し、光安定性の向上に成功したことが報告されている<sup>2)</sup>。しかしながら、双性イオン配位子を用いた先行研究では、PeQDs 表面に対する最適な置換基間隔とその光安定性への影響は依然不明である。そこで本発表では、光照射時に生じる PeQDs 表面からの配位子の脱離抑制に効果的な置換基間隔の検討とそれに伴う光安定性への影響を報告する。

【実験項】置換基がスルホ基と 4 級アンモニウム基からなるスルホベタイン系にて、異なる置換基間隔の双性イオン配位子 (SB2-18, SB3-18, SB4-18) を合成し、これを PeQDs 表面に配位させた。PeQDs の合成は、極性溶媒フリーの室温合成法<sup>3)</sup>を用いて、表面に弱配位性の配位子にて CsPbBr<sub>3</sub> PeQDs を合成した後、合成した双性イオン配位子の導入を行い、遠心分離にて精製した。また、双性配位子と同様の炭化水素基を持つ 4 級アンモニウム塩も上記と同様のプロセスにて導入した。その後、得られた PeQDs 分散液は、室温大気下にて光学特性を評価し、光照射器 ( $\lambda_{ex} = 450 \text{ nm}$ ,  $30 \text{ mW/cm}^2$ ) を用いて光安定性評価を行った。

【結果】4 級アンモニウム塩を用いた系では、光照射後に凝集が見られ、PeQDs の発光波長の長波長シフトと FWHM の増大に加え、PLQY の低下を確認した。また、双性イオン配位子の中でも置換基間隔が 2 及び 4 である SB2-18、SB4-18 も、同様の結果が得られた。一方で、SB3-18 は、光照射後も光学特性に大きな変化はなく、特に PLQY は 30 時間後も 100% を維持することを明らかにした (図 1)。当日は、本結果に加え置換基間隔の異なる双性配位子が光安定性に及ぼす影響を詳細な解析結果を交えて議論する。

## 【参考文献】

- 1) S. Brinck, *et al.*, *ACS Energy Lett.*, **2019**, *4*, 11, 2739.
- 2) S. Guo, *et al.*, *Langmuir* **2020**, *36*, 24, 6775.
- 3) Q. Akkerman, *et al.*, *Science*, **2022**, *377*, 6613, 1406.

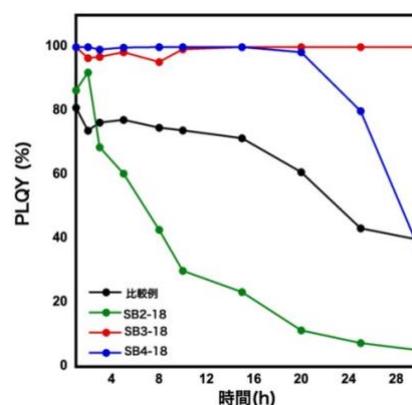


図 1 作製した PeQDs 分散液に光照射した時の PLQY の経時変化 ( $\lambda_{ex} = 450 \text{ nm}$ )

# 光刺激により硬さが変化するポリシロキサンの触覚提示応用

## Application of photo-metamorphic polysiloxanes toward tactile presentation

NHK 技研<sup>1</sup>, 東京大学<sup>2</sup> °大久 哲<sup>1</sup>, 本村玄一<sup>1</sup>, 藤崎好英<sup>1</sup>, 萩原啓<sup>1</sup>, 本多智<sup>2</sup>

NHK STRL<sup>1</sup>, Grad. Sch. of Arts and Sci., The Univ. of Tokyo<sup>2</sup>

°Satoru Ohisa<sup>1</sup>, Genichi Motomura<sup>1</sup>, Yoshihide Fujisaki<sup>1</sup>, Kei Hagiwara<sup>1</sup>, Satoshi Honda<sup>2</sup>

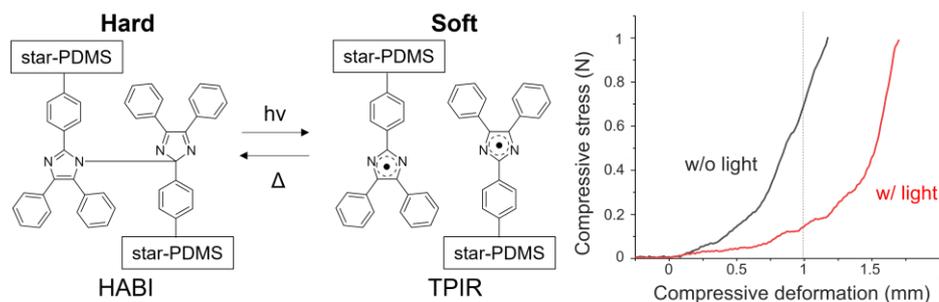
E-mail: oohisa.s-fw@nhk.or.jp

### 【緒言】

AR/VR など現実と仮想空間を結び付ける XR 技術により新たなメディア体験が生まれている。現在は主に視聴覚体験のみであるが、ここに触覚体験が加わるとさらに深い没入感が得られる。従来より様々な触覚提示技術が開発されてきたが、実用化されているものは偏芯モーターなどを利用した振動による提示技術がほとんどである。振動の強度、周波数を変えることで多様な触覚表現ができる一方、人間の触感硬軟・粗滑・乾湿・温冷の感覚が組み合わさった多様な感覚であるため、振動だけでは表現できる範囲に限られることが課題になっている。このうち硬軟感硬軟は認知科学的に皮膚の接触面積の大きさが関係していることが報告されている<sup>[1]</sup>。ある力により指で物を押した際、物が圧縮されて指の接触面積が広がるほど柔らかいと感じる。任意の硬さを表現するためには、材料の圧縮特性の能動制御が必要となる。そこで本研究では光刺激により硬さが変化する材料に着目し、硬軟感覚提示への応用を試みた。

### 【実験方法・実験結果】

**Fig.1** に触覚提示に応用した光刺激応答性高分子材料の構造を示した。分岐構造をもつポリジメチルシロキサン (star-PDMS) の末端にロフィンを導入し、ロフィンの酸化を経て光応答性を持つヘキサアリアルピイミダゾール (HABI) へと変換することで本材料を合成した<sup>[2]</sup>。本材料は、star-PDMS の末端で HABI を介して架橋されているために、ゴム状固体となる。HABI 中のイミダゾール間共有結合は 430 nm 波長の青色光を吸収して開裂し、二つのトリフェニルイミダゾリルラジカル (TPIR) となる。すなわち、HABI が開裂した状態では解架橋され高分子が動きやすくなり軟化する。一方、この TPIR 同士が二量化して HABI に戻ると再び架橋構造が形成され硬化する。したがって本材料は光照射による軟化、照射停止後の硬化を繰り返すことができる特徴をもつゴム材料といえる。指で材料を押した際の皮膚の接触面積の変化を大きくするためには、試料はミリメートル単位の厚みをもつことが望ましい。しかし、吸光係数が大きいと試料表面で照射光のほとんどが吸収され、試料全体に届かなくなる。そこで本研究では光を吸収する HABI の数密度を制御することで、430 nm における吸光係数を制御した材料を合成した。合成した試料の硬軟感覚提示への応用可能性を評価するために圧縮特性を調べた(**Fig. 2**)。サンプルの厚みは 2-3 mm である。光照射下では 1 mm 圧縮変形時の圧縮力が 0.71 N であったのに対し、光非照射下では 0.15 N となり軟らかく変化したことが確認された。



**Fig.1.** Mechanism of stiffness change. **Fig. 2.** Compressive deformation characteristics.

### 【参考文献】

- [1] Seiedmuhammad Yazdian, et al., *2014 IEEE Haptics Symposium*, **2014**, 13.  
 [2] Minami Oka, et al., *Adv. Sci.*, **8**, **2021**, 2101143.

## シャッターで仕切られた2槽水槽内での 2色の自己推進型イオンゲルの分布制御

Distribution control of two self-propelled ion gels in two-chamber separated by a shutter

明星大院理工<sup>1</sup> ◦ 棚橋 達紀<sup>1</sup>, 古川 一暁<sup>1</sup>

Meisei Univ.<sup>1</sup> ◦ Tatsuki Tanahashi<sup>1</sup>, Kazuaki Furukawa<sup>1</sup>

E-mail: 24m1-003@stu.meisei-u.ac.jp

**はじめに** 私たちは EMIM-TFSI と Poly(VDF-co-HFP) からなるイオンゲルが水面上を自律的に運動することを見出した<sup>1)</sup>。その多体系は相互作用せずランダムに運動し、気体分子運動のモデル実験系となることを報告している<sup>2)</sup>。本研究では、開閉操作可能なシャッターを備えた2槽水槽で、イオンゲル粒に仕事をすることなく2色のイオンゲル粒の位置を制御した結果を報告する。

**実験** 左右2つの円 (φ30 mm) を結合した形状を持つ水槽を作製し、その中心に開閉可能なシャッターを取り付けた。初期状態では、シャッターを閉じたまま左槽 (L)・右槽 (R) にそれぞれに青色(1)・赤色(2)イオンゲル粒 (φ1.5 mm) をそれぞれ1個ずつ導入した (Fig.1a)。その後タイミングよくシャッターを開閉し、2のみを右槽と左槽に繰り返し移動させる操作を試みた。

**結果と考察** Fig. 2a に操作の結果を示す。青で示した直線は常に1が左槽にあること、また赤で示した折線は2が右槽・左槽に交互に存在することを表している。この結果は Fig.1a・Fig.1b の2つの状態を2分間で6回繰り返したことを意味する。Fig.2b はシャッターが無い状態での1・2の位置を示した対照実験である。シャッターが無ければ、1・2はどちらも左右槽を頻繁に往復した。

本研究では1を左槽に留めつつ、2は左右槽を往復させることに成功した。このことから、各イオンゲル粒の分布を独立に制御できたと考えている。より多くのイオンゲル粒数で分布を操作できれば、マクスウェルの悪魔のモデル化実験が可能であると考えている。

1) K. Furukawa et al., Sci Rep, 7, 9323 (2017).

2) 棚橋、古川 第71回応用物理学会春季学術講演会 22a-P02-19

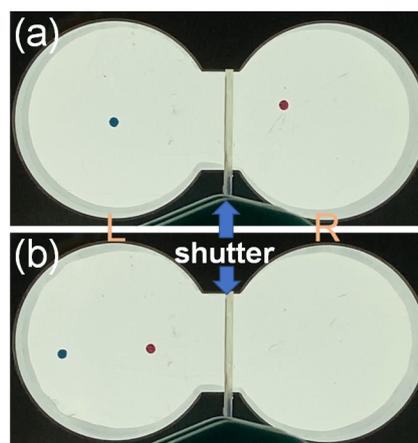


Fig.1 Distribution of 2-color ion gels on water surface. (a) Initial state. (b) Both ion gels are in the left room.

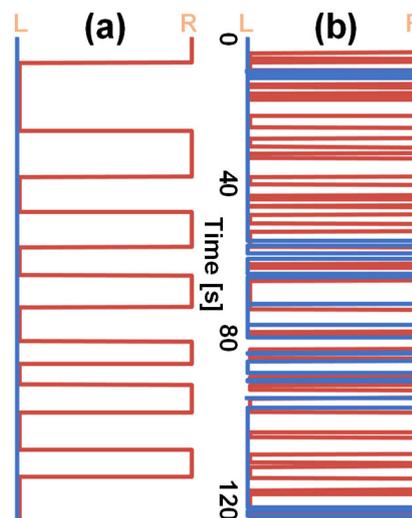


Fig.2 Time evolution of ion gels positions. (a) With the shutter. (b) Without the shutter.

# アルギン酸カルシウムハイドロゲルを構成する糸状構造体の構造観察

## Structural observation of filamentous structures constituting calcium alginate hydrogel

日工大 °青柳 稔

Nippon Institute of Technology °Minoru Aoyagi

E-mail: aoyagi@nit.ac.jp

### 【研究の経緯と目的】

L-グルロン酸と D-マンヌロン酸から構成されるウロン酸の重合体を、二価のカルシウムイオンを架橋剤としてエッグボックス構造によりハイドロゲルを形成する、アルギン酸カルシウムは、食品から医療分野まで広く使われているソフトマテリアルである。しかし、アルギン酸カルシウムハイドロゲルの構造は未だ確定しておらず、その検証は現在も続いている。その検証は、X線構造解析、小角X線散乱解析、シミュレーションなどにより行われているが、アルギン酸カルシウムは、結晶構造を持たないため、構造解析を難しくしている。また、電子顕微鏡などによるその構造の観察に関する報告は、近年少なくなっている。

先の報告において<sup>1,2)</sup>、アルギン酸カルシウムハイドロゲルを長期間カルセイン溶液に浸漬する事で、アルギン酸カルシウムハイドロゲルは糸状構造体で構成され、その糸状構造体を抽出できることを示した。本研究では、抽出した糸状構造体をSTEM (Scanning Transmission Electron Microscope) により観察し、その構造体の観察像を示す。

### 【観察試料の調整】

アルギン酸カルシウムハイドロゲルは、アルギン酸ナトリウム、硫酸カルシウム、リン酸三ナトリウム、グリセリン、水により作製した。作製したハイドロゲルを薄くスライスして、カルセイン液中に長時間浸漬することで、糸状構造体を抽出した。抽出した糸状構造体は、カルセインを湯煎洗浄後、100°Cの乾燥をおこない、STEMで観察をおこなった。

### 【結果・考察】

図1に、薄くスライスしたアルギン酸カルシウムの試料の表面から抽出された糸状構造のSEM画像を示す。この太さ数マイクロメートルの糸状構造体は、空洞部分と節を持った竹様構造をしている。この糸状構造体のSTEM像を

図2に示す。ナノメートルサイズのエッグボックス構造を観察する事は出来ないが、数ナノメートルの太さのウロン酸の重合体と思われる構造を観察することができた。

発表当日は、架橋剤として塩化カルシウムを用いて作製したアルギン酸カルシウムハイドロゲルの構造についても、アルギン酸ナトリウムの構造と比較して議論する。

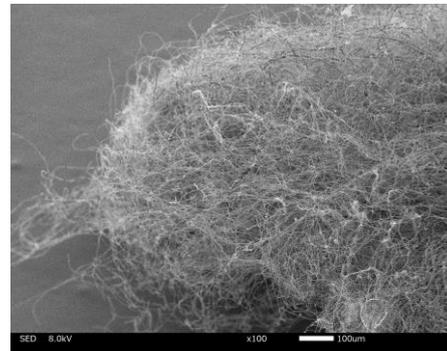


図1 糸状構造体のSEM像

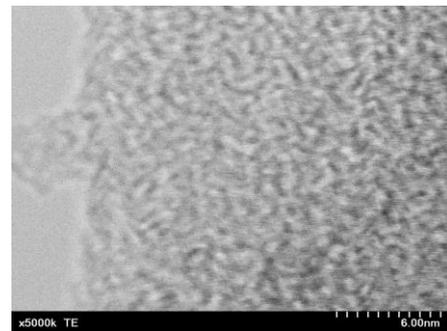


図2 糸状構造体のSTEM像

### 参考文献

1. アルギン酸カルシウムハイドロゲルを構成する糸状構造体の抽出, 2023年第84回応用物理学会秋季学術講演会, 22p-D901-7, 青柳稔.
2. Observation of the Fibers Constituting Calcium Alginate Hydrogels Using Fluorescence and Electron Microscopy Techniques, J. Fiber Sci. Technol., 79(12), 288-296 (2023), Minoru Aoyagi, Naoki Fukuda, Takahiro Ueno.