

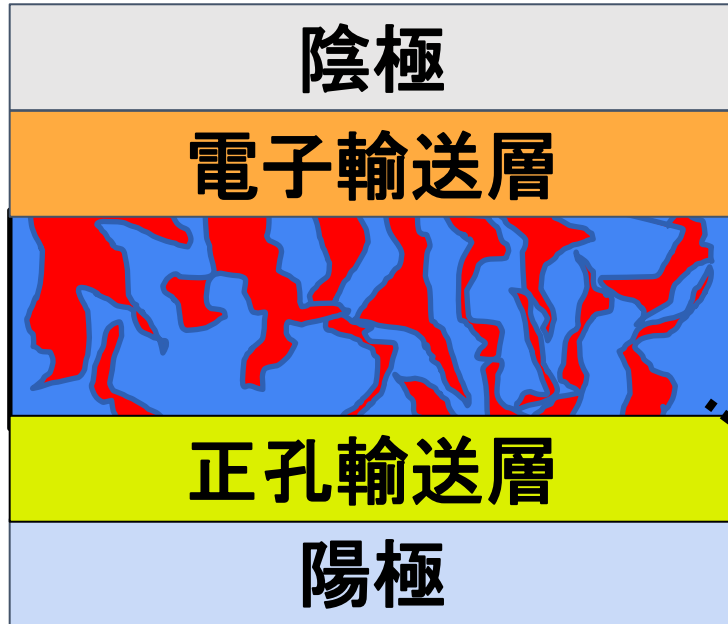
電子輸送層に $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ MXeneを用いた 有機フォトダイオードの開発

講演番号: 23p-31B-18

○佐々木 光生¹, 運 愛斗¹, 大井 寛崇², 横田 知之¹

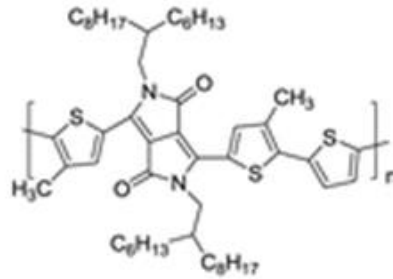
東京大学院工学系研究科電気系工学専攻¹, 日本材料技研²

有機フォトディテクタ

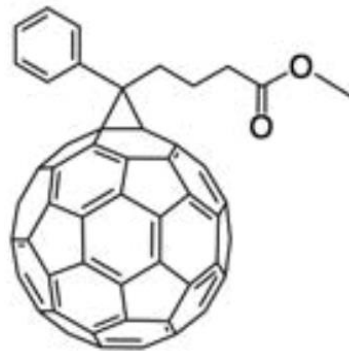


有機フォトダイオードの
基本構造

ドナー: PMDPP3T^[1]



アクセプター: PC₆₁BM^[2]



フレキシブルなX線検出器^[3]

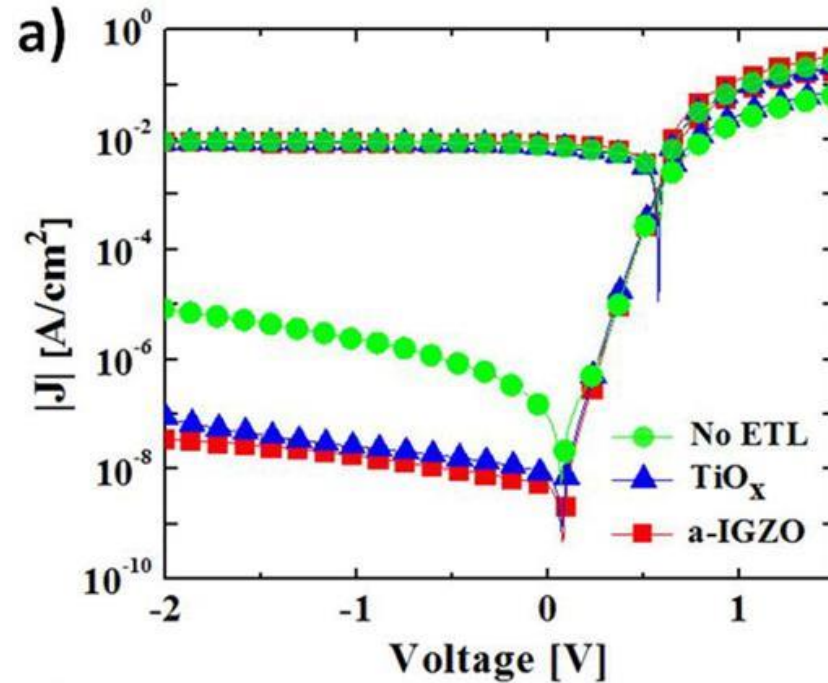
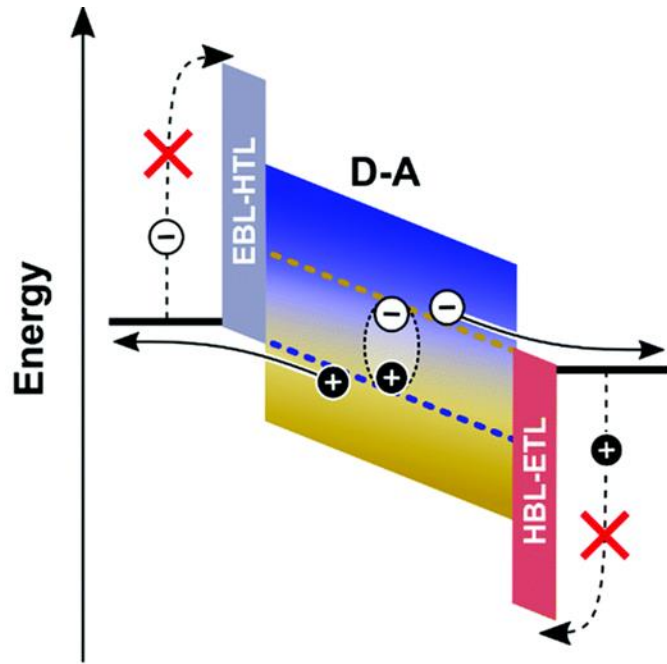
[1] Xiong, Sixing, et al. *Journal of Mater Chem.* 2016, 4.7,1414.

[2] Y.Matsuo, “材料科学の基礎 第4号 有機薄膜太陽の基礎”

[3] G. H. Gelinck, et al., *Org.Electron.* 2013, 14, 2602.

- フレキシブル性、低コスト、軽量
➡ウェアラブルなセンサーへの応用が期待

有機フォトディテクタの課題



材料	プロセス温度 (°C)
ZnO NP _[3]	110
PEIE _[4]	120
a-IGZO _[2]	200

OPDのバンド図_[1]

輸送層の有無による特性の変化_[2]

主な輸送層のプロセス温度

- 輸送層の導入・選択により高特性・高安定性を実現
- 高温プロセスが活性層・フレキシブル基板との相性×

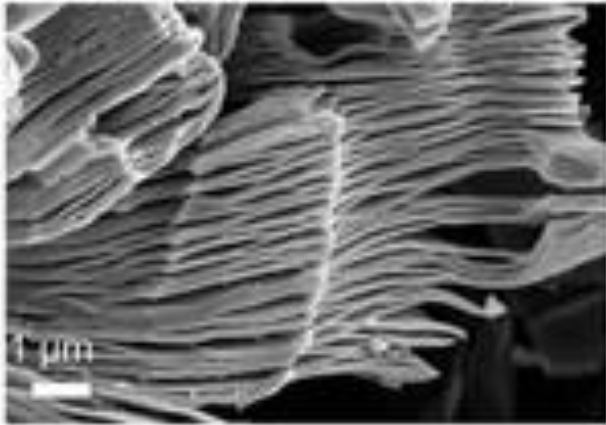
[1] Wang, Yazhong, et al. *Materials Horizons*. 2022, **9.1**, 220-251.
 [2] Arora, Himani, et al. *Applied Physics Letters*. 2015, **106.14**.

[3] Huang, Jianfei, et al. *ACS nano*. 2021, **15.1**, 1753-1763.
 [4] Lim, Chang-Jin, et al. *Organic Electronics*. 2019, **65**, 100-109.

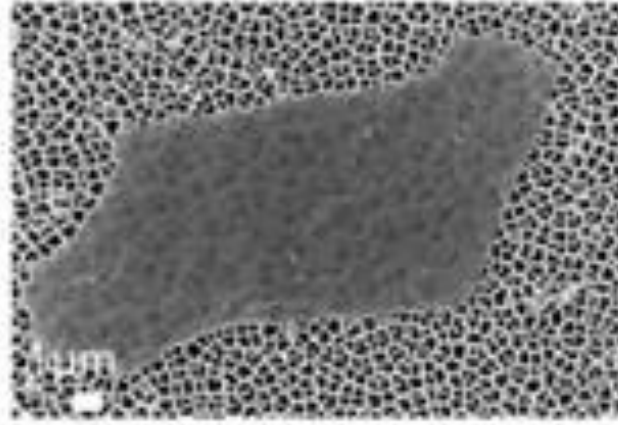
MXene (輸送層)

$M_{n+1}X_nT_x$: 遷移金属炭化物/窒化物 + 表面官能基

$M_3X_2T_x$ (multilayer)



$M_3X_2T_x$



MXeneのSEM写真^[1]

MXeneの透明電極^[2]

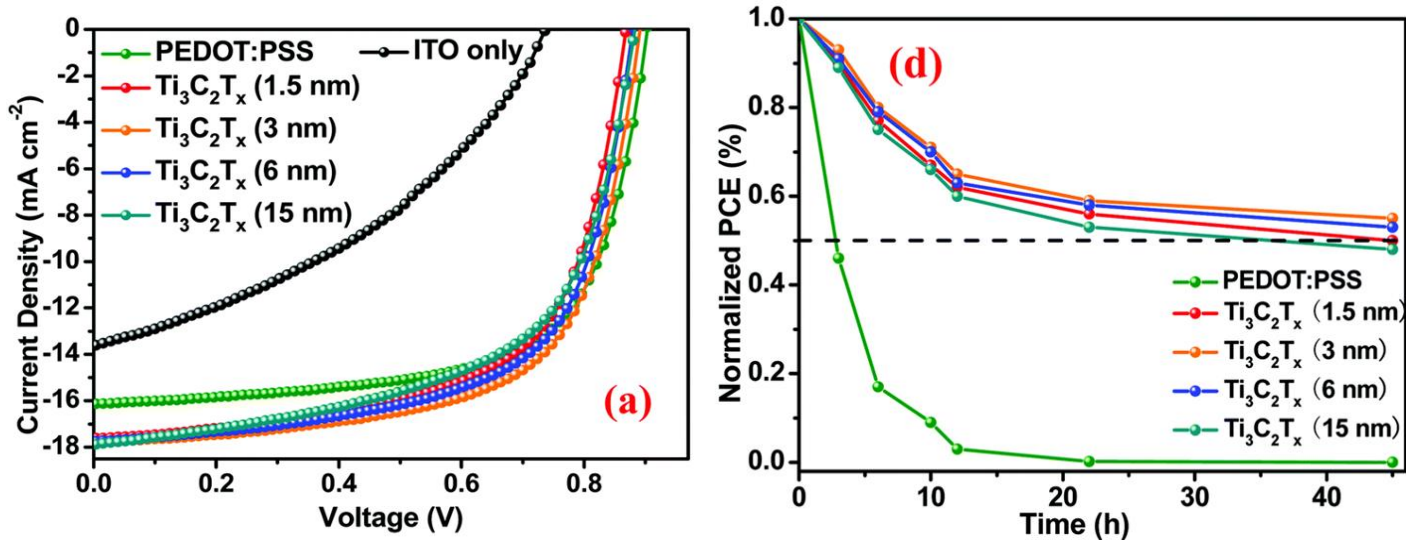
- 高い透過率・導電率、官能基による仕事関数の可変性

[1] M. Alhabeab, K. Maleski, B. Anasori, P. Lelyukh, L. Clark, S. Sin, Y. Gogotsi, *Chem. Mater.* 2017, **29**, 7633.

[2] Hantanasirisakul, Kanit, et al. *Advanced Electronic Materials.* 2016, 2.6, 1600050.

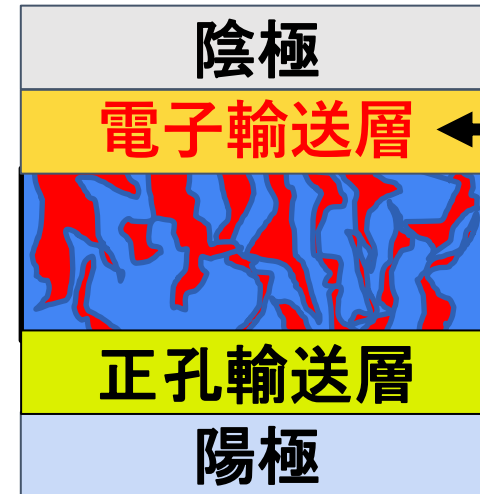
目的

先行研究



輸送層に用いた太陽電池の例^[1]

本研究



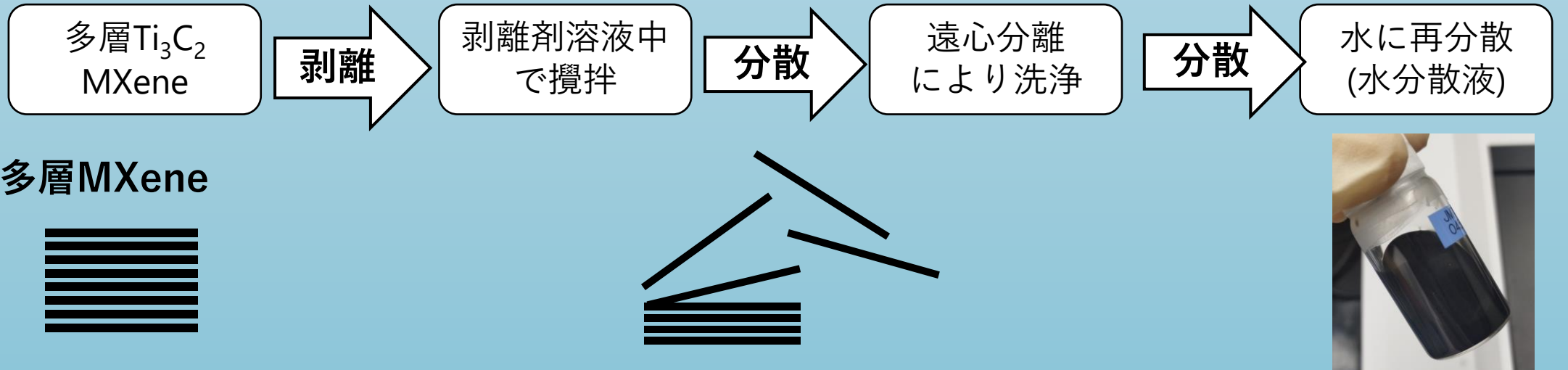
有機フォトダイオードに応用

- 溶液プロセスで成膜したMXeneを輸送層として用いた有機フォトダイオードの評価を行う

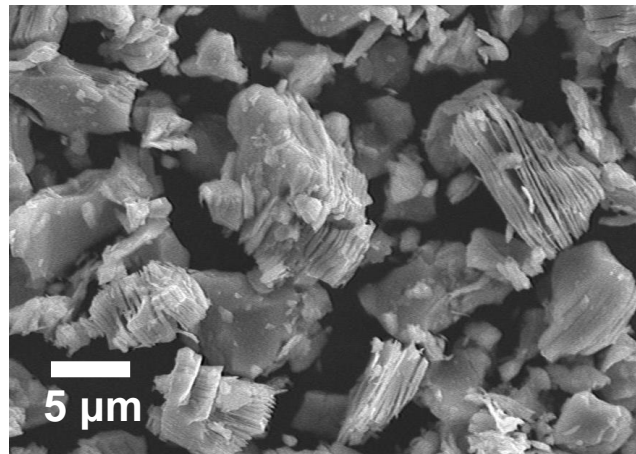
[1] C. Hou, H. Yu, C. Huang, *J. Mater. Chem. C* 2019, 7, 11549.

MXeneインク

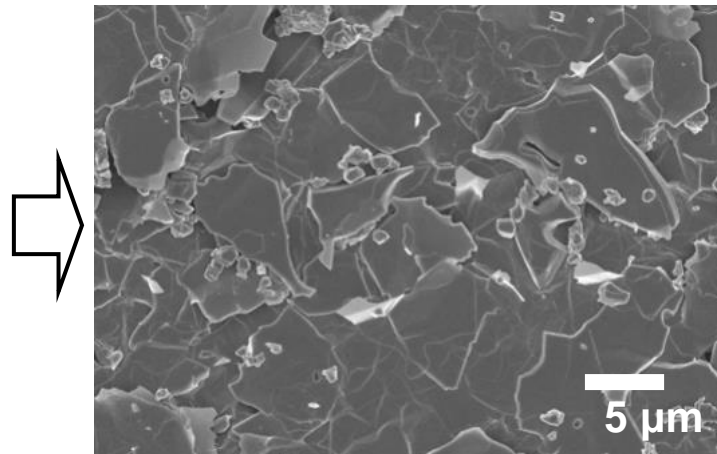
水分散液
作製手順



多層Ti₃C₂ MXene

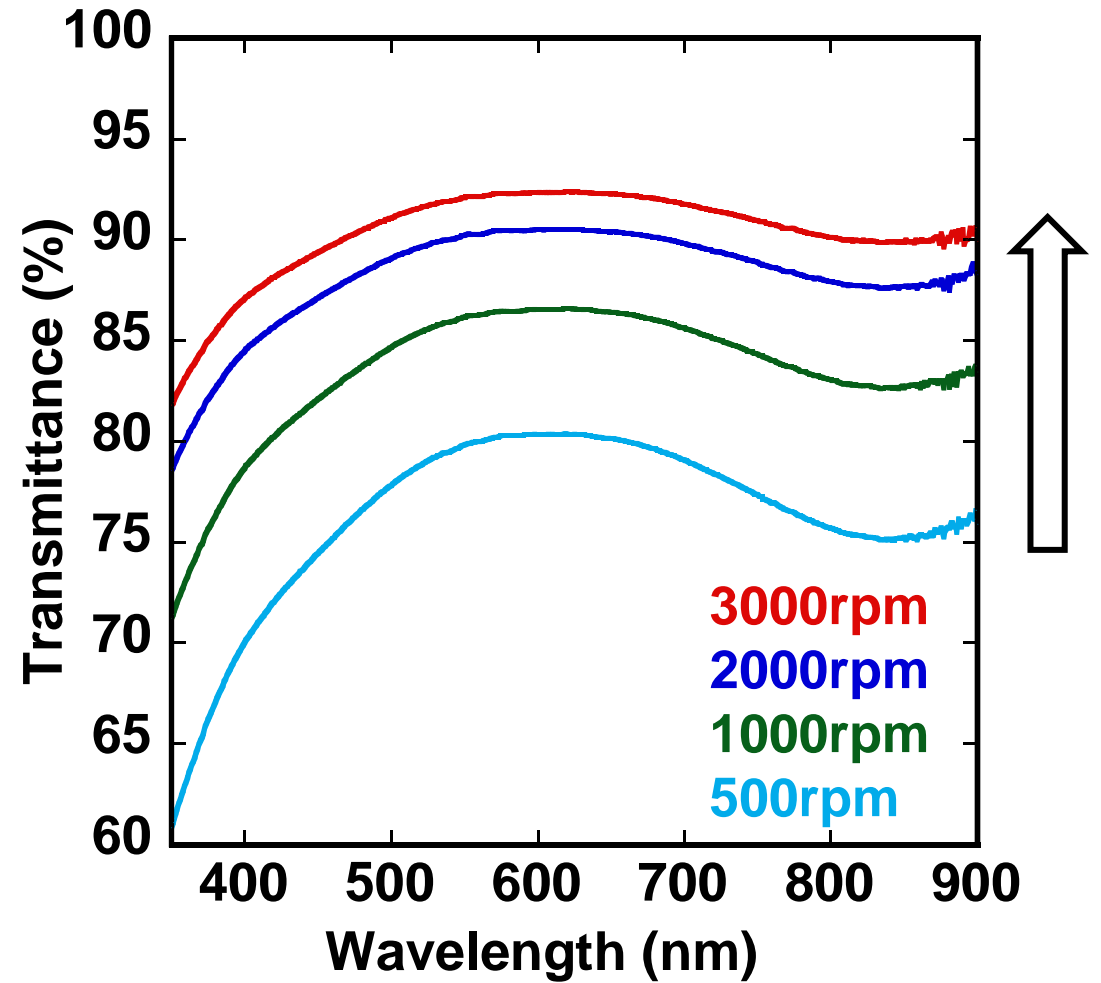
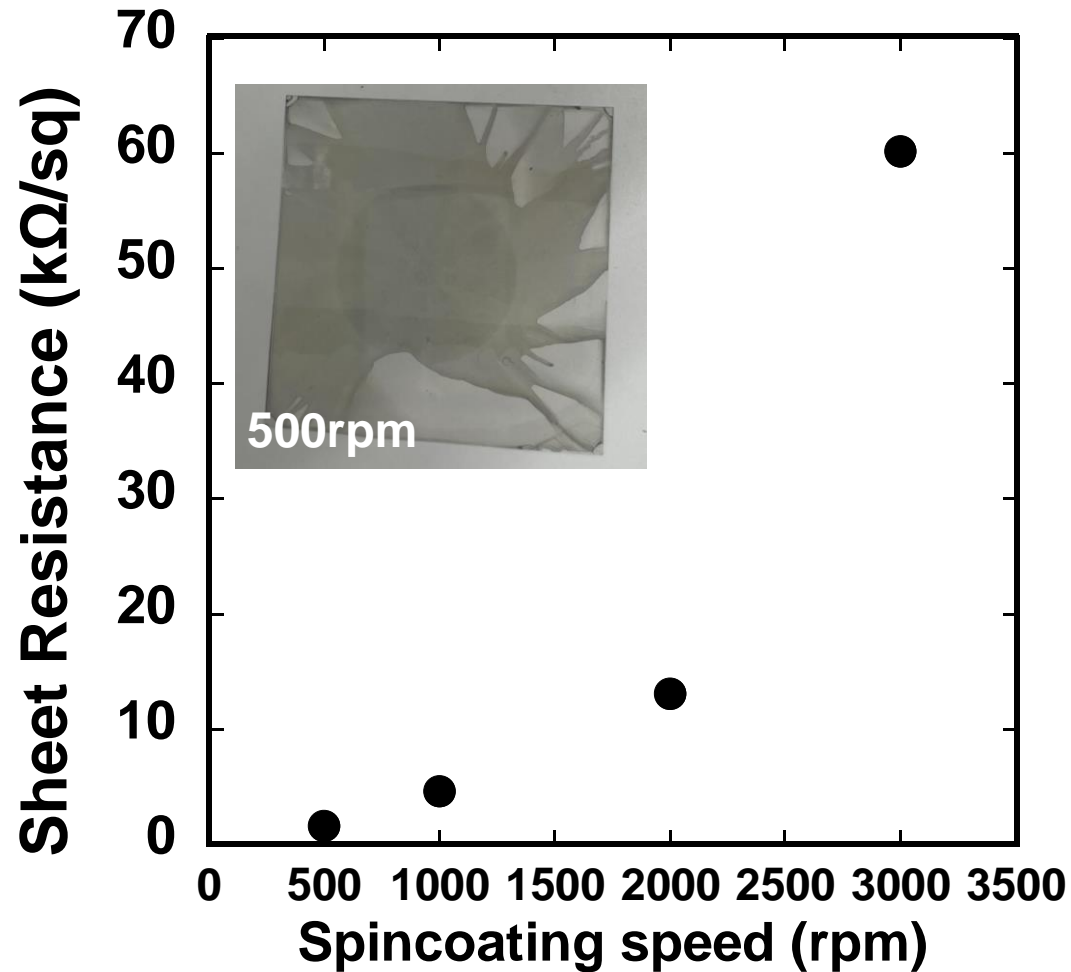


Ti₃C₂ MXene水分散液



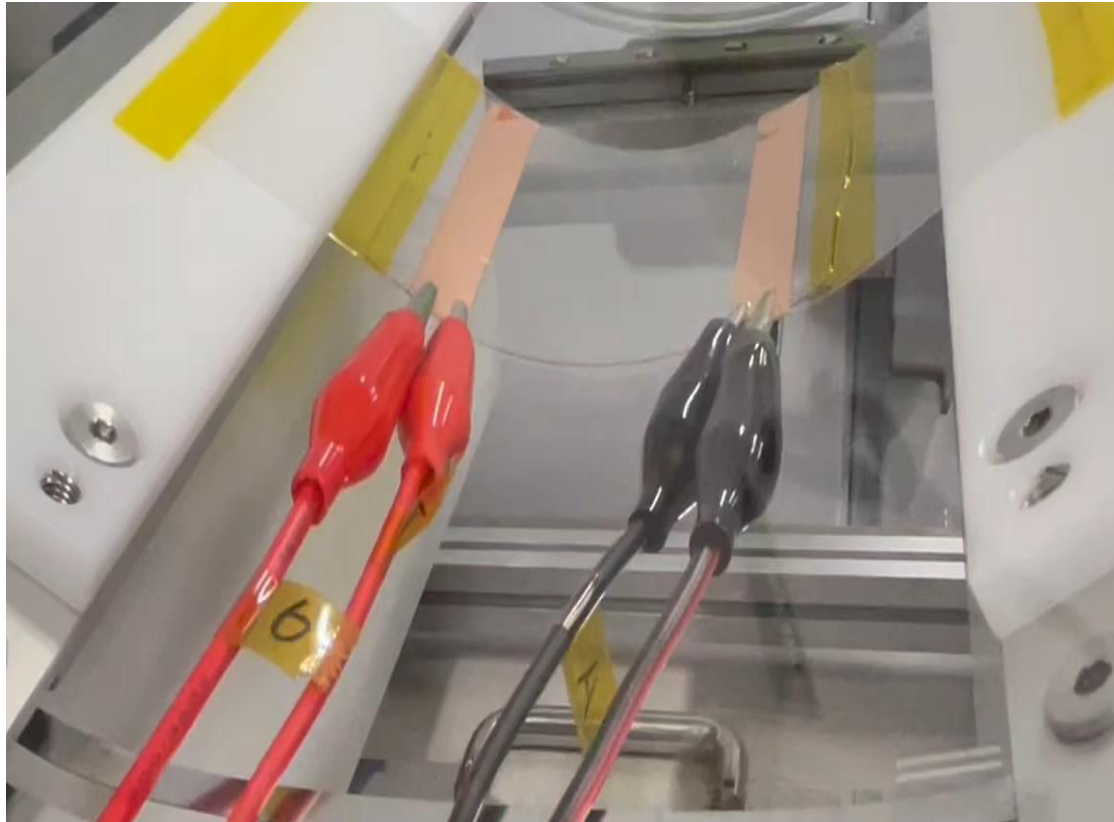
	多層	水分散液
濃度 / %	-	0.3 ~ 0.5
形状	アコーディオン状	シート状
粒径 (d50) / μm	7.4	5.5

MXeneインクで成膜した膜の単体特性

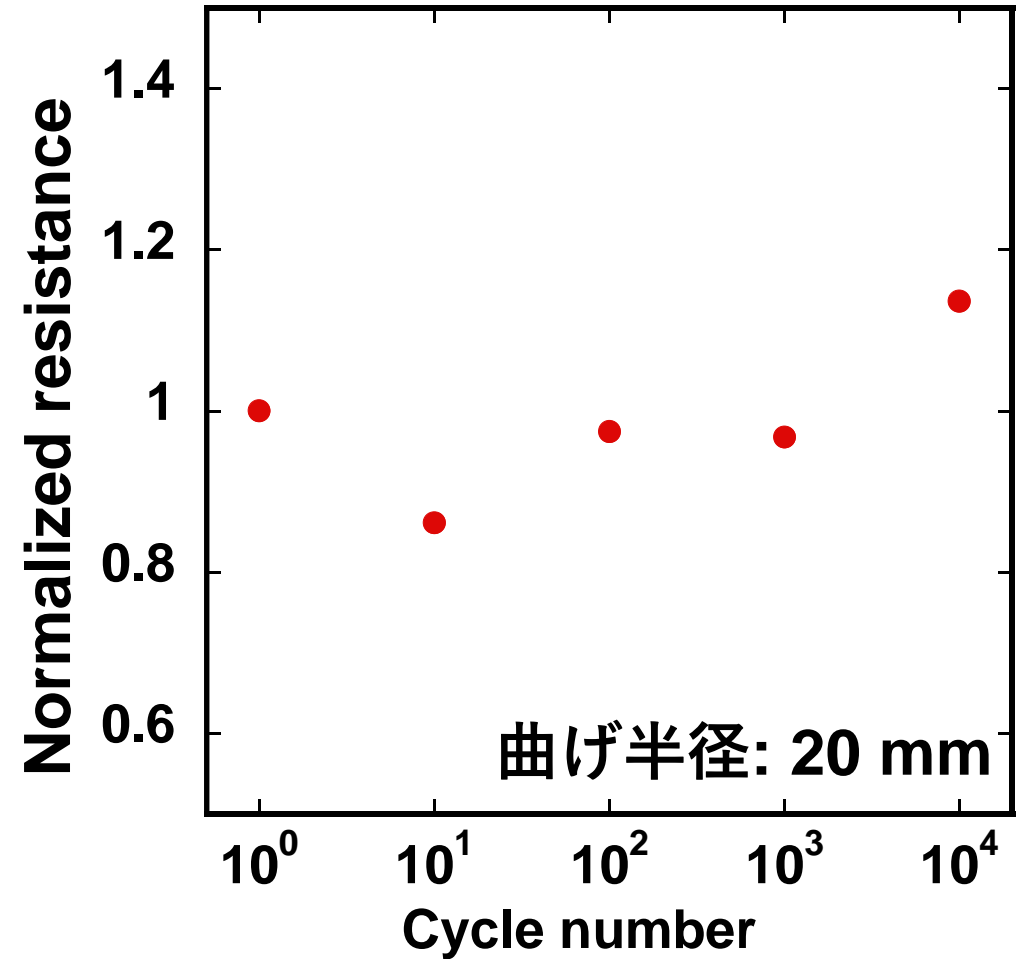


- 500rpmのMXene膜では 1.6 kΩ /sq, 72.2% (at 600 nm)

MXene膜の曲げ試験(機械的耐久性)



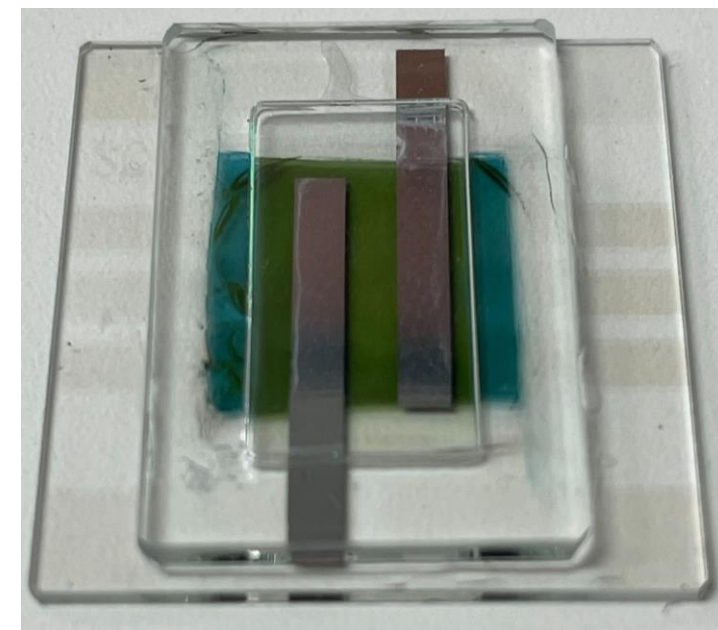
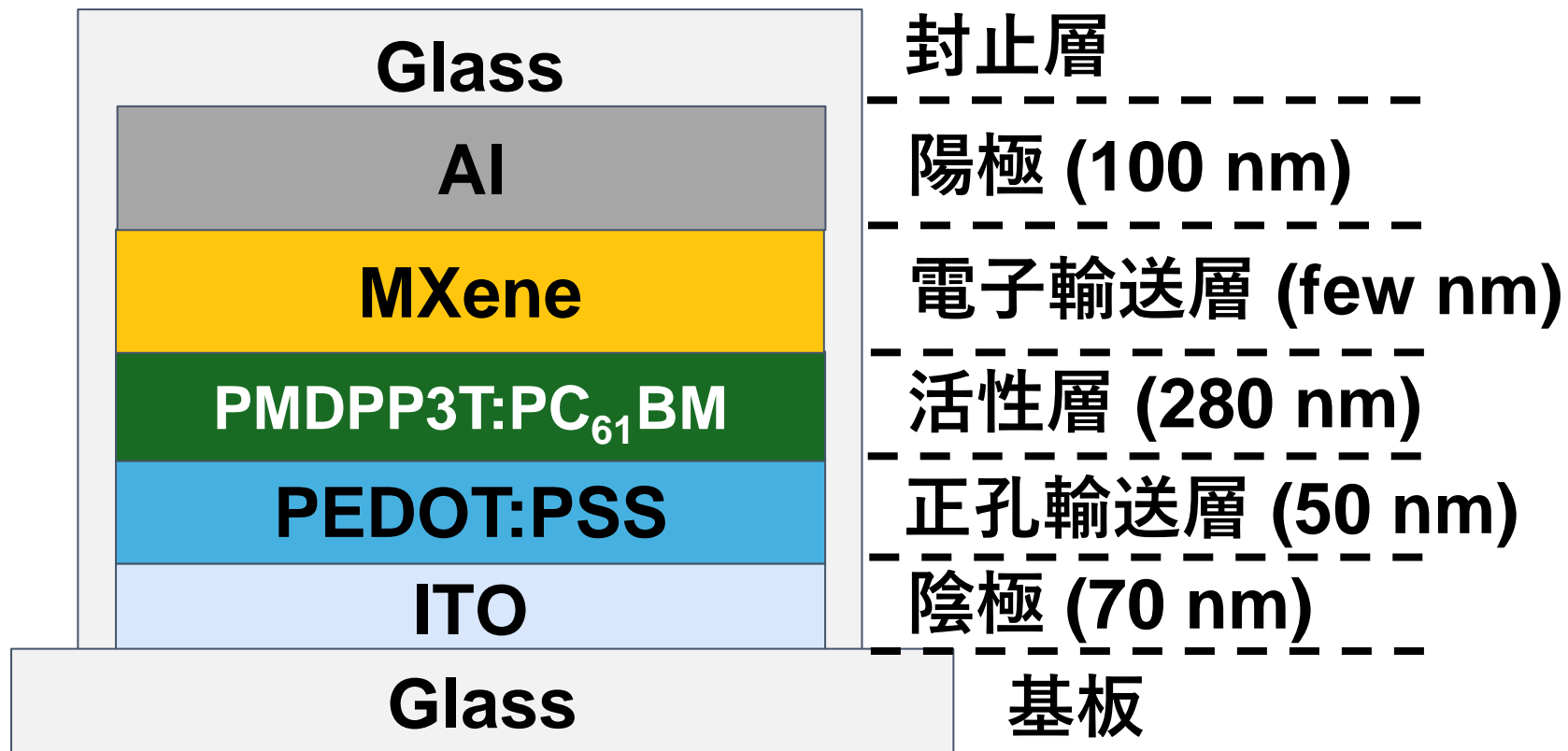
曲げ試験の動画



- **10000回の曲げでも安定に動作**
10000回目: 初期抵抗の13%増

*125 μm PEN基板
*パリレン封止

有機フォトディテクタの構造と作製プロセス

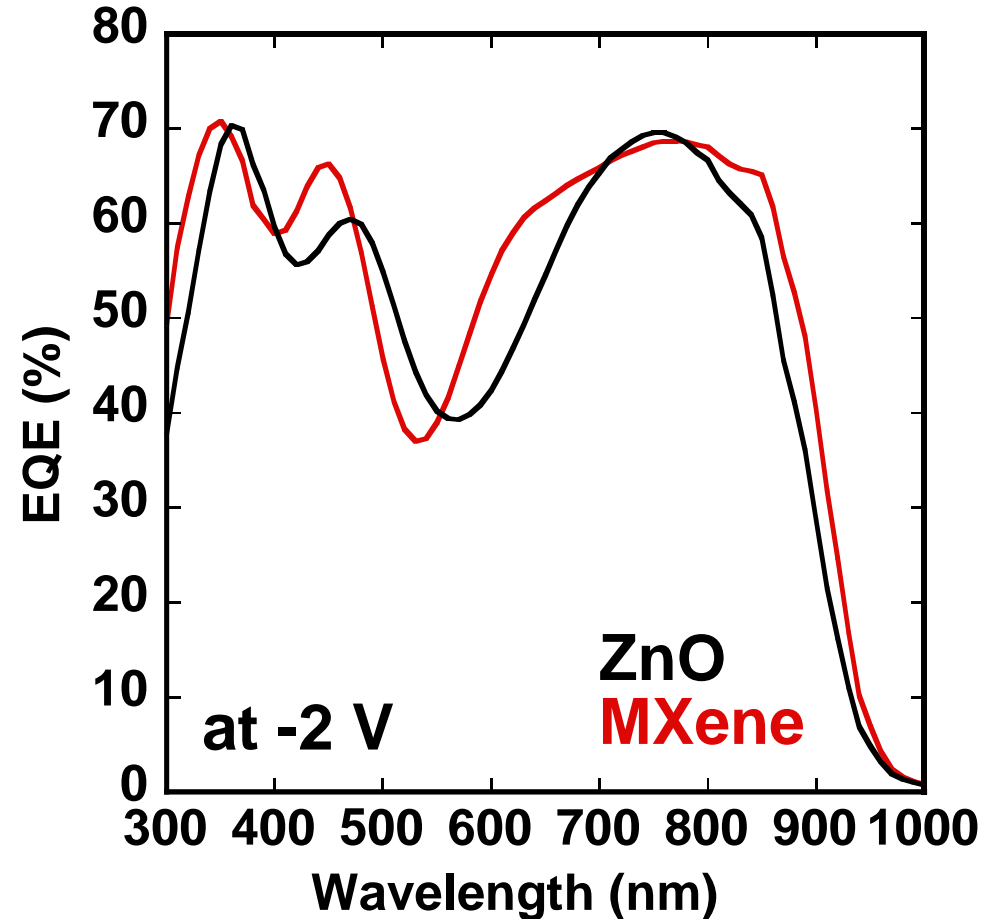
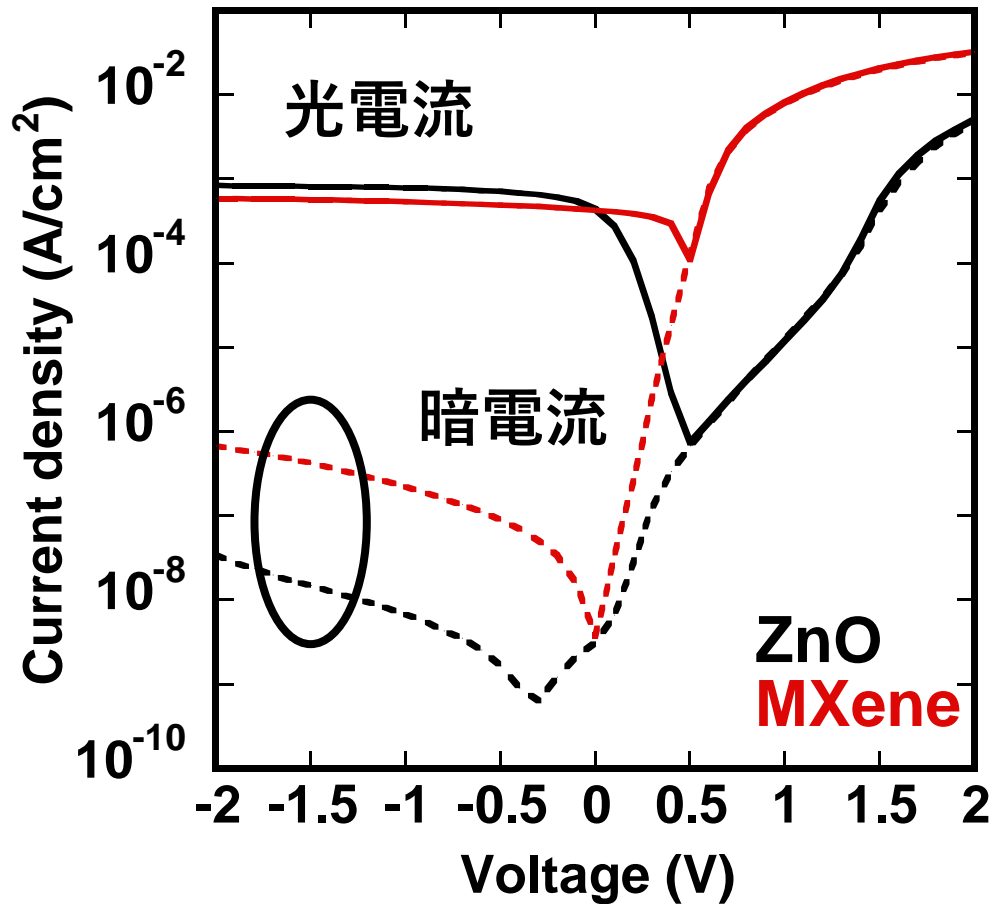


デバイス写真

成膜条件

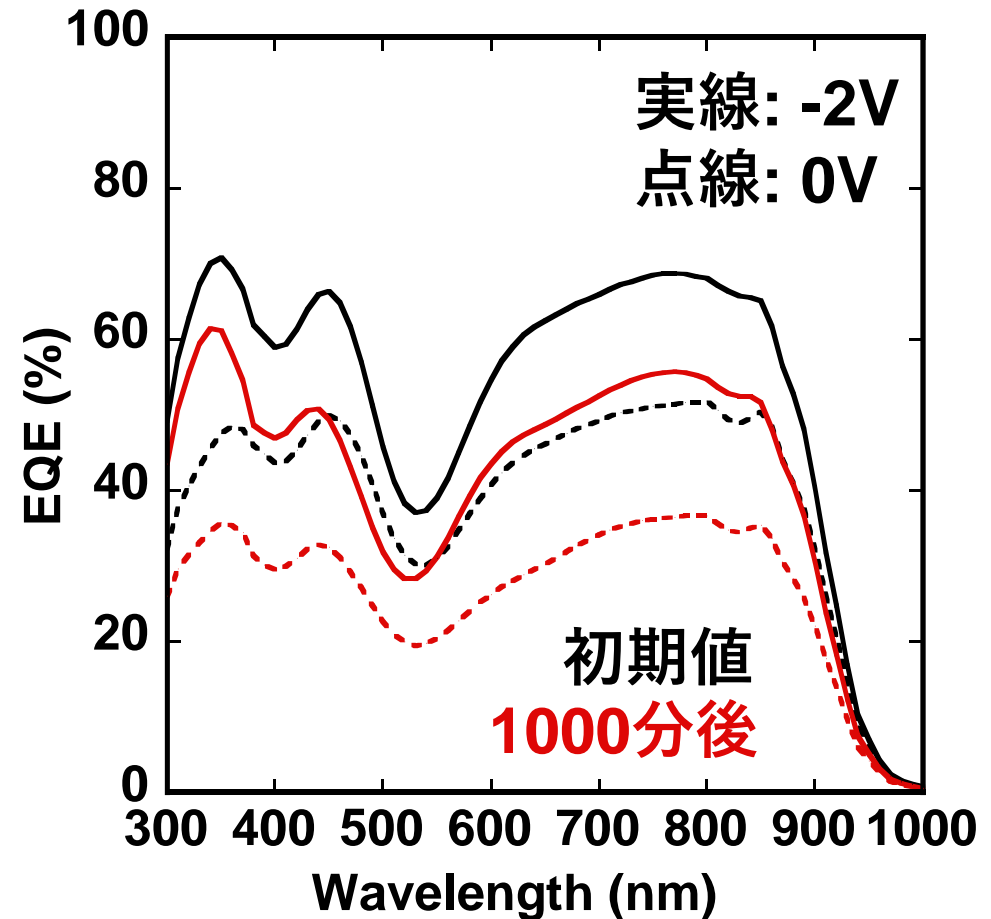
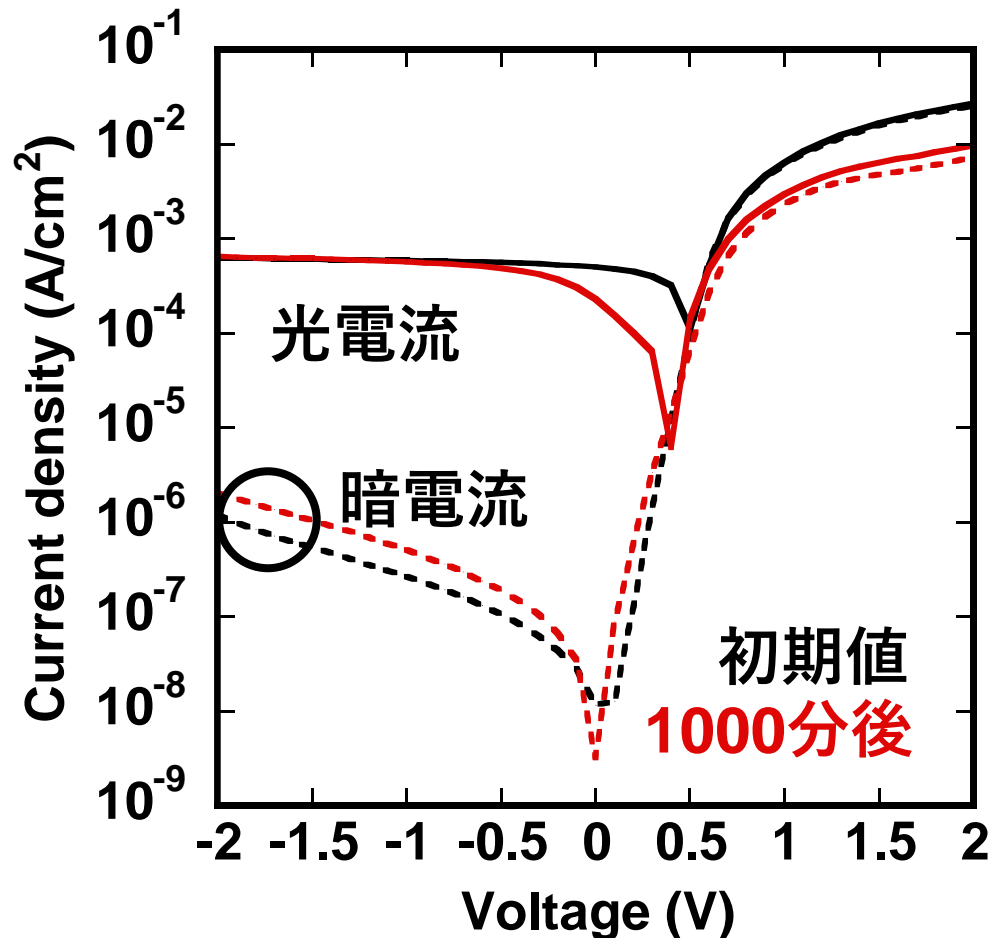
- PEDOT:PSS : 3000rpm, 60s → 140°C, 10mins
- PMDPP3T:PC₆₁BM: 300rpm, 180s → 4000rpm, 10s
- MXene: 1000rpm, 60s → 4000rpm, 10s → 100°C, 10mins

デバイスの基礎特性：JV EQE



- 暗電流: $6.7 \times 10^{-7} \text{ A}/\text{cm}^2$, 光電流: $5.8 \times 10^{-4} \text{ A}/\text{cm}^2$
- EQE: MXene 65.1%, ZnO 58.5%(at 850 nm)

有機フォトディテクタの光安定性(1 sun)



- 1000分の光照射後も動作を確認
- 暗電流: $1.2 \times 10^{-6} \text{ A/cm}^2$ (初期値) \rightarrow $2.0 \times 10^{-6} \text{ A/cm}^2$ (1000分後)
- EQE: 65.1%(初期値) \rightarrow 51.6%(1000分後) at 850 nm

まとめ

- MXeneインクを輸送層として用いた有機フォトダイオードの評価を行った (デバイスの基礎特性・安定性)
- MXene薄膜の機械的特性を評価

今後の方針

- フレキシブルOPDへの応用
- 室温プロセスによるOPDの作製