

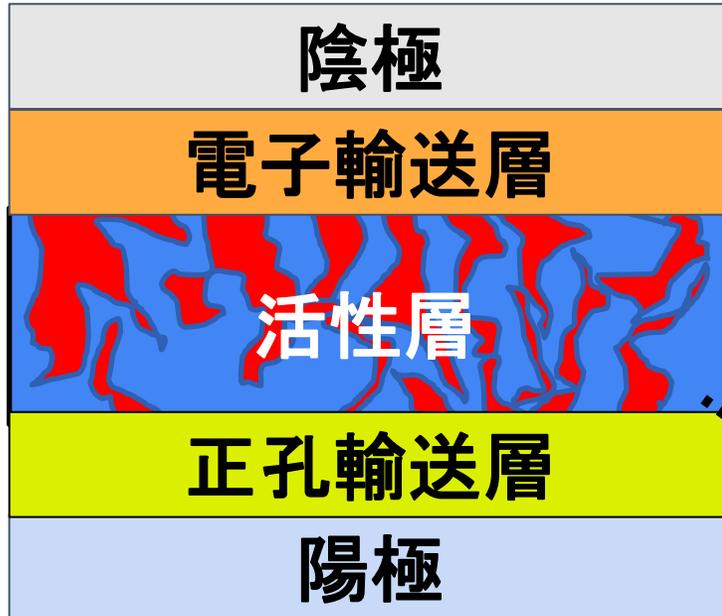
電子輸送層に $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ MXeneを用いた 薄膜フレキシブル 有機フォトダイオードの開発

講演番号: 19p-A31-3

○佐々木 光生¹, 大井 寛崇², 横田 知之¹

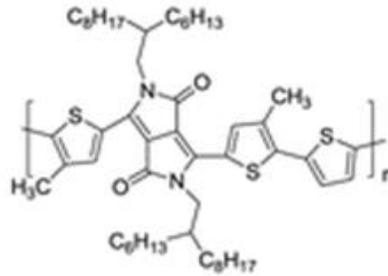
東京大学院工学系研究科電気系工学専攻¹, 日本材料技研²

有機フォトディテクタ

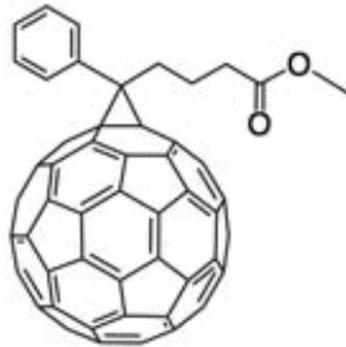


有機フォトダイオードの
基本構造

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]

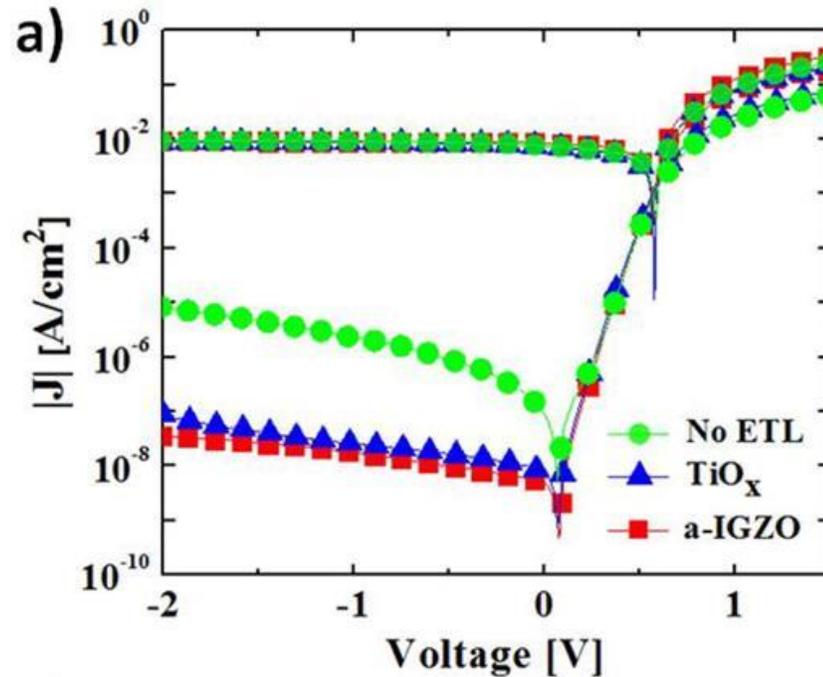
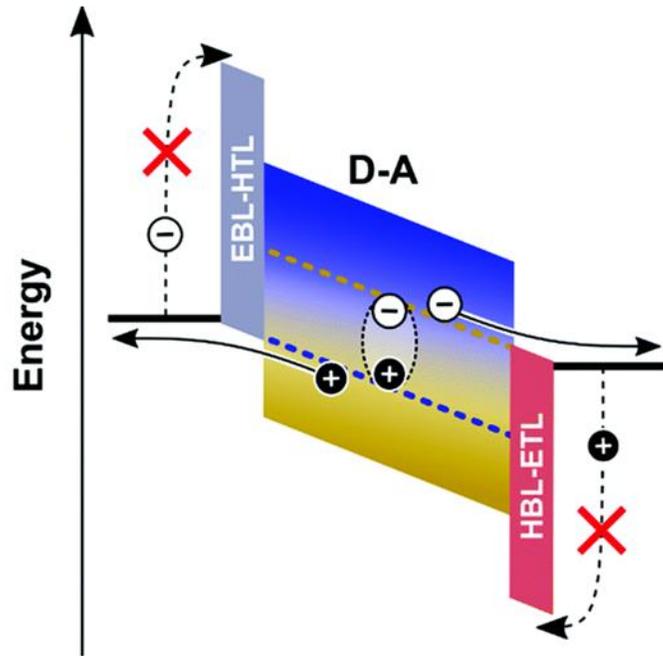
[1] Xiong, Sixing, et al. *Journal of Mater Chem.* 2016, 4,1414.

[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**.

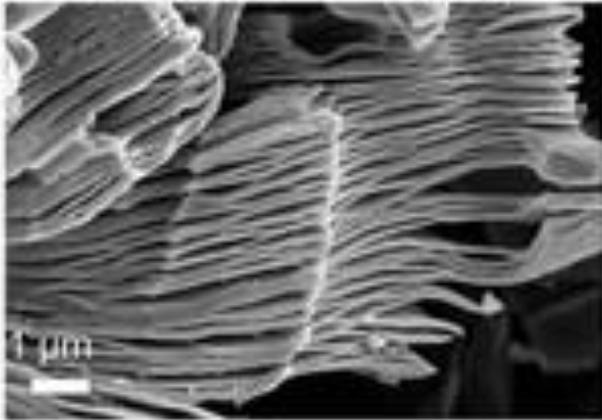
[3] Huang, Jianfei, et al. *ACS nano*. 2021, **15.1**, 1753-1763.

[4] Lim, Chang-Jin, et al. *Organic Electronics*. 2019, **65**, 100-109.

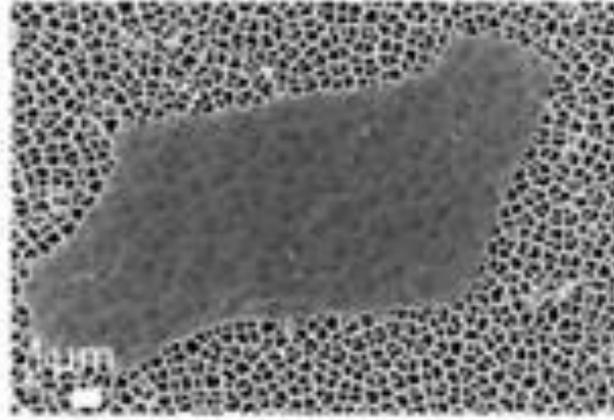
MXene (輸送層)

$M_{n+1}X_nT_x$: 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

- 高い透過率・導電率、官能基による仕事関数の可変性

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

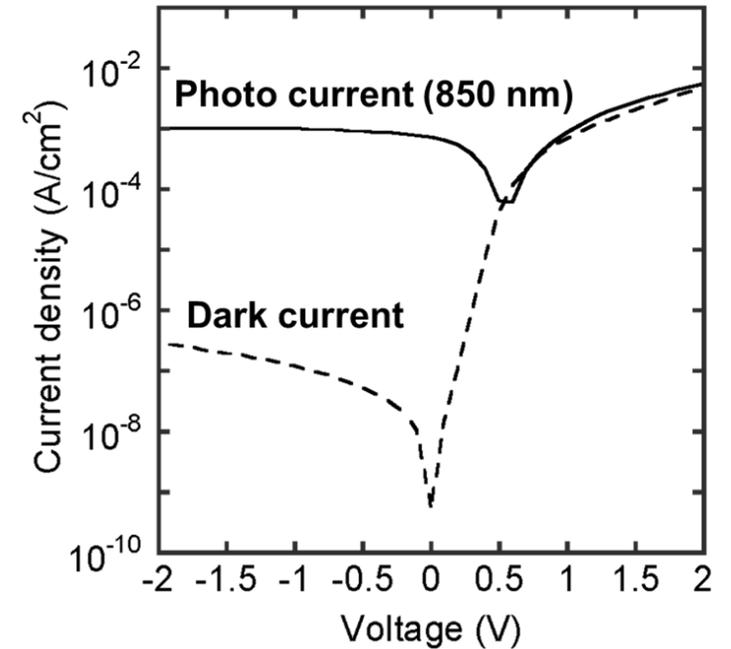
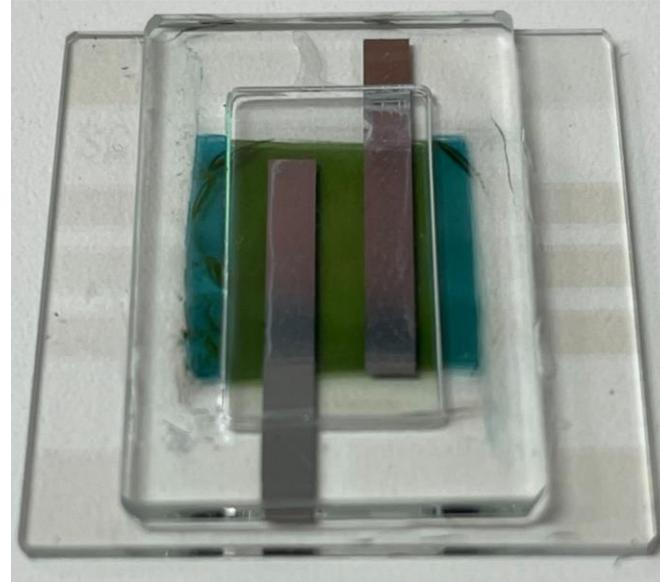
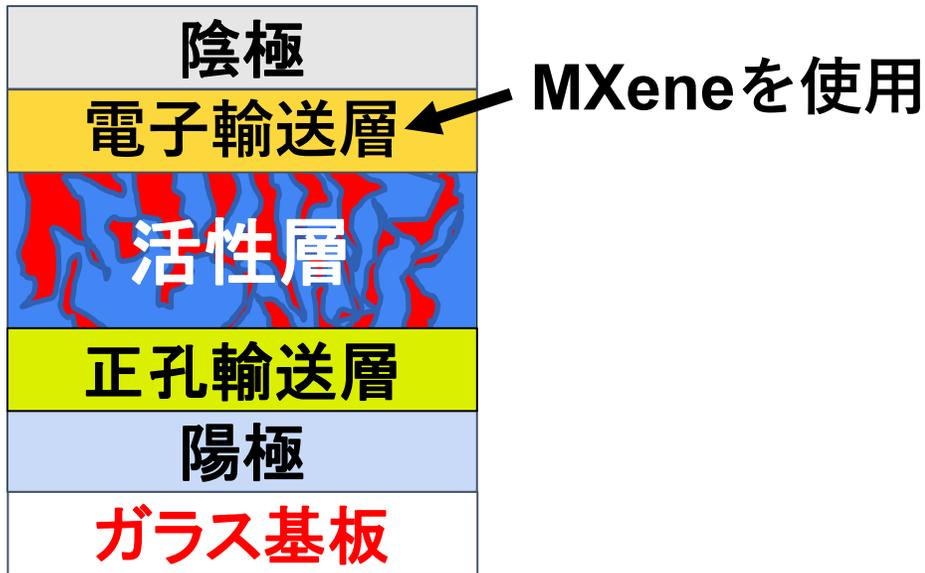
[2] Hantanasirisakul, Kanit, et al. *Advanced Electronic Materials.* 2016, **2**, 1600050.

目的

先行研究^[1]

有機フォトダイオードに応用

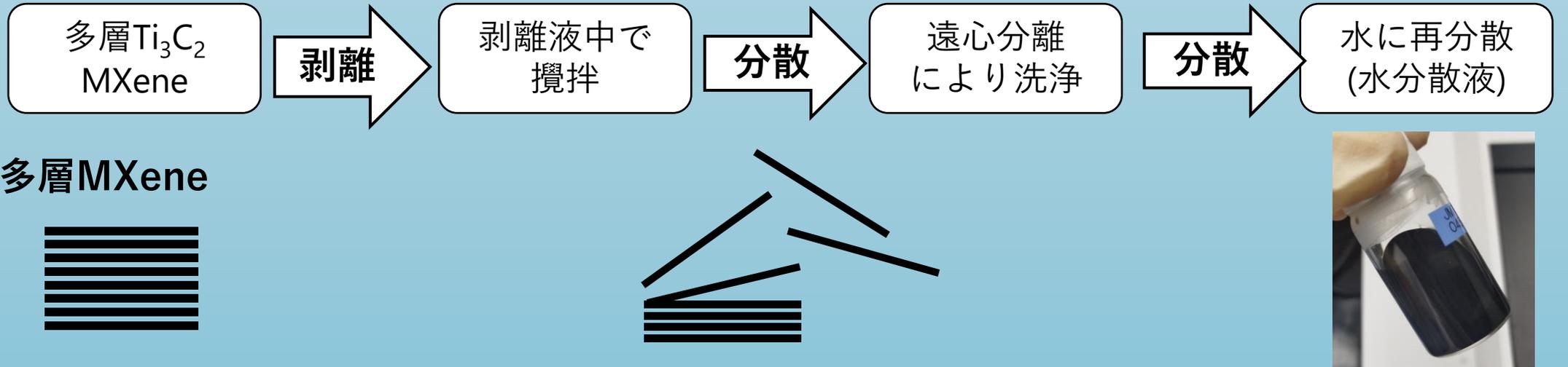
デバイス写真



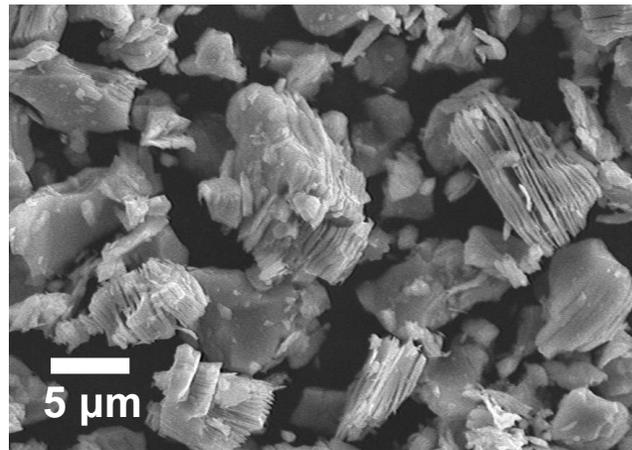
- 溶液プロセスで成膜したMXeneを輸送層として用いた
薄膜フレキシブル有機フォトダイオードの評価を行う

MXeneインク

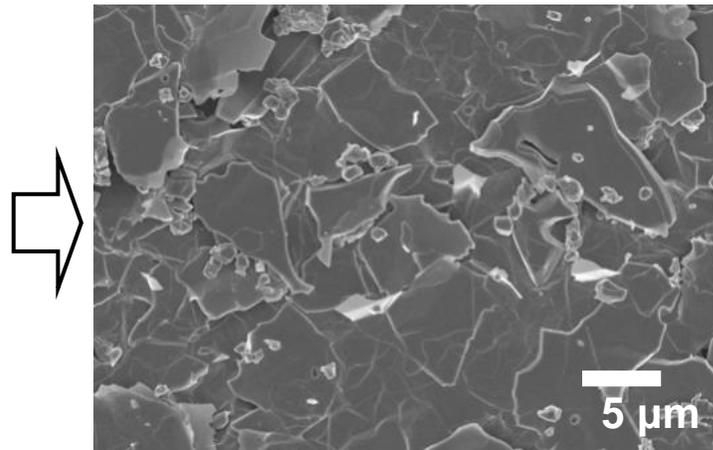
水分散液
作製手順



多層Ti₃C₂ MXene

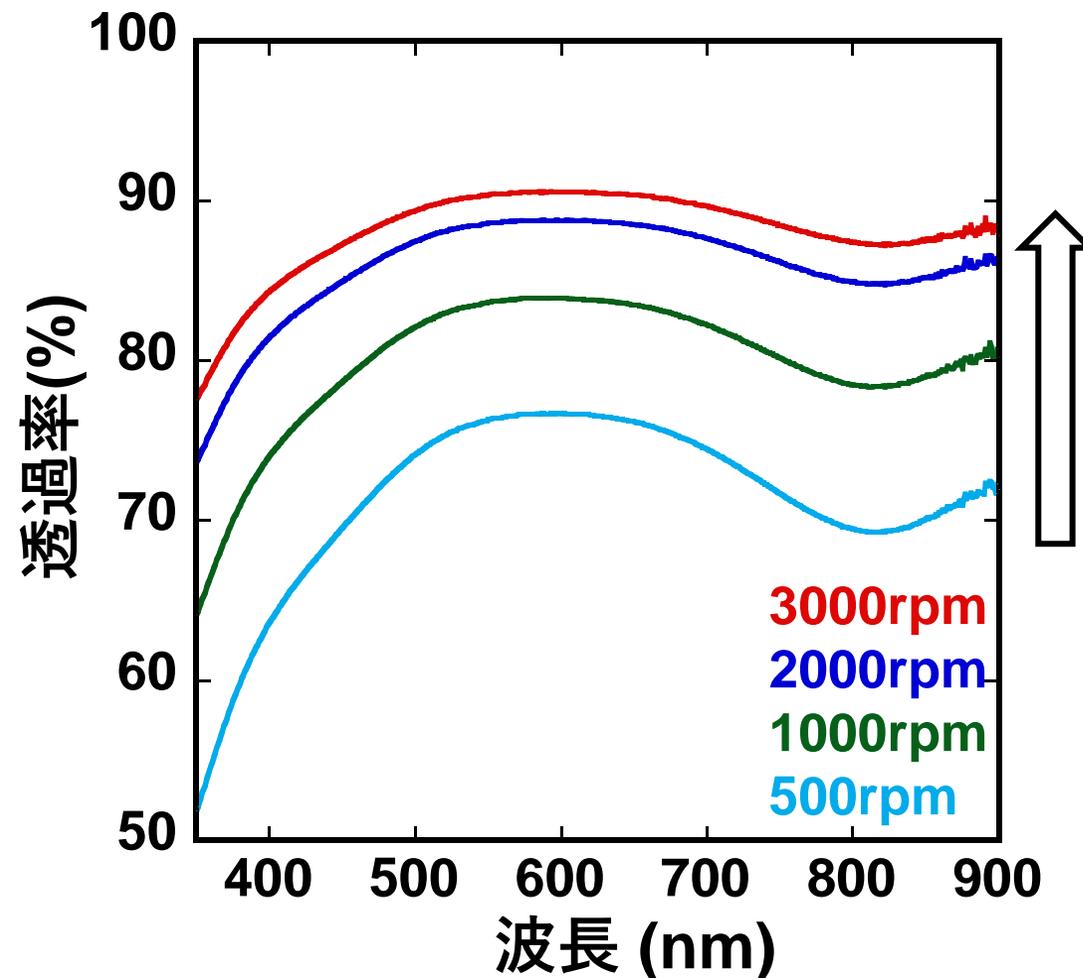
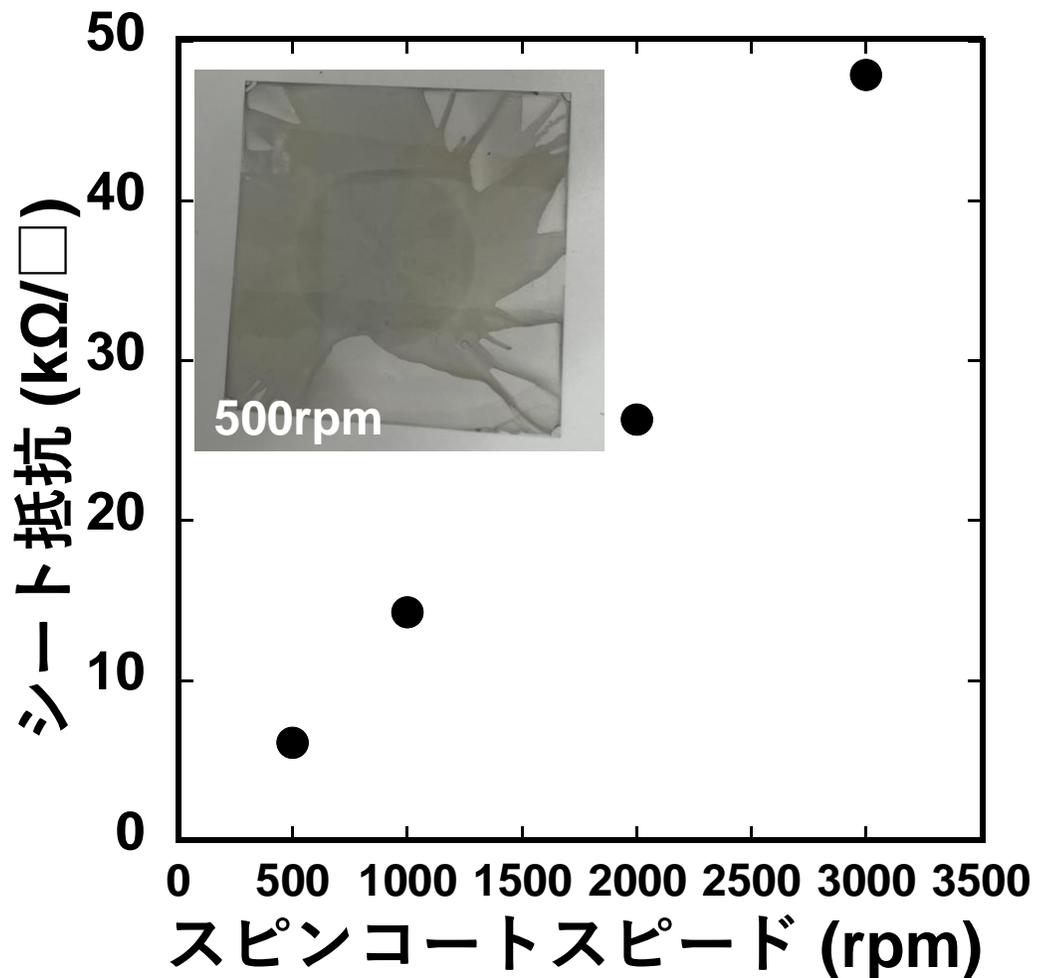


Ti₃C₂ MXene水分散液



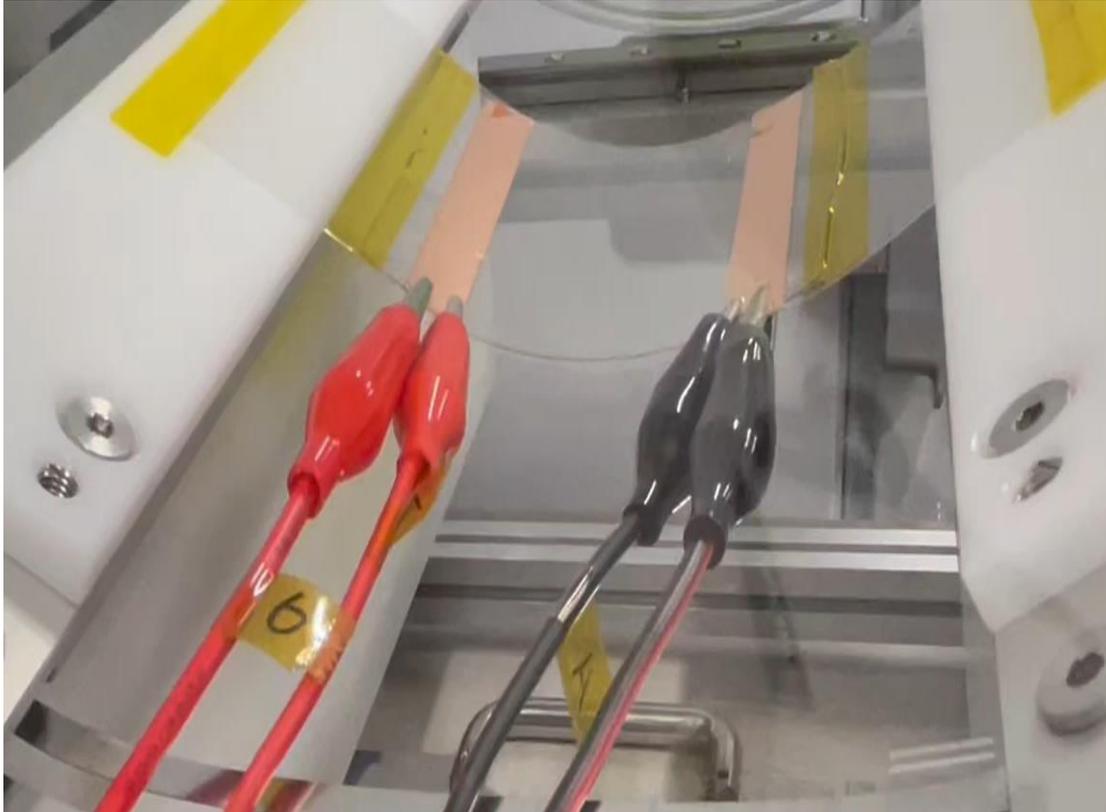
	多層	水分散液
濃度 / %	-	0.3 ~ 0.5
形状	アコーディオン状	シート状
粒径 (d50) / μm	7.4	5.5

MXene膜の単体特性(室温成膜)

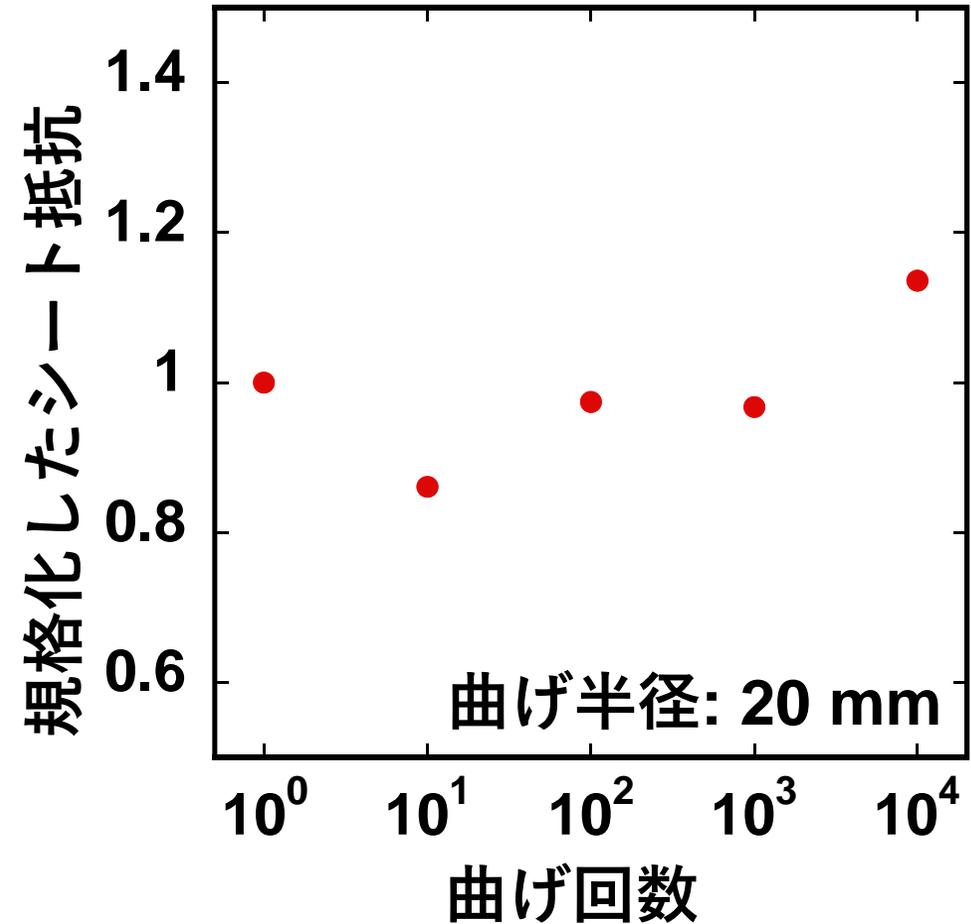


- 500rpmのMXene膜では $6.1 k\Omega /sq$, 76.7% (at 600 nm)

MXene膜の曲げ試験(機械的耐久性)



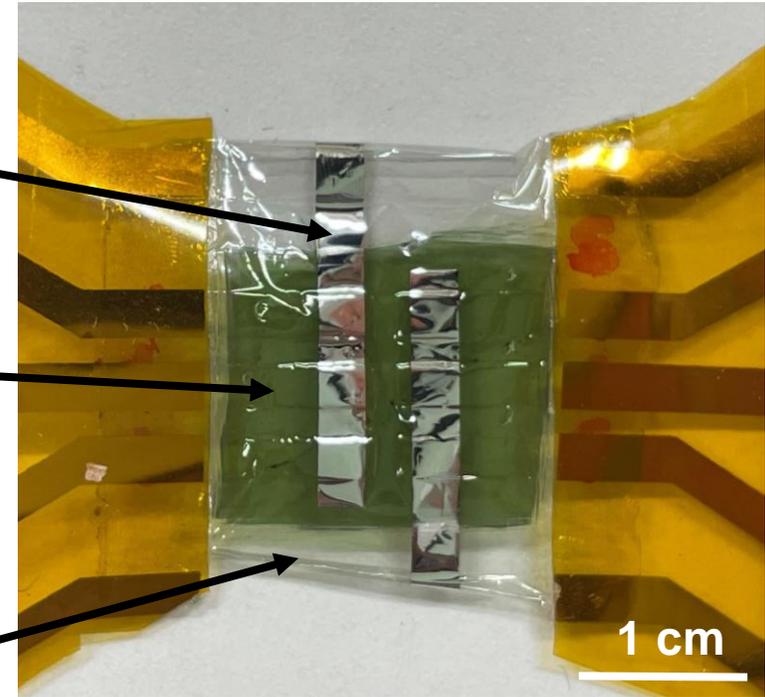
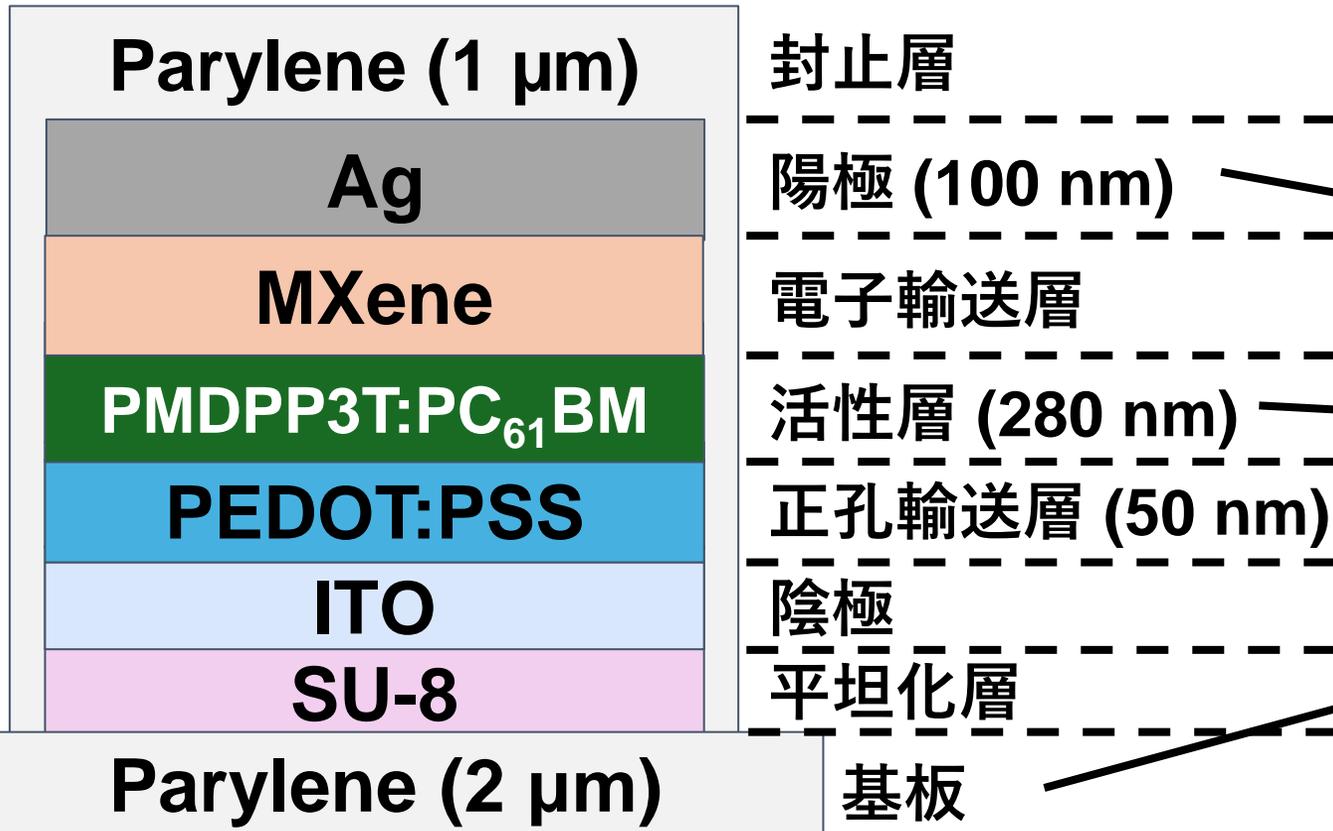
曲げ試験の動画



- **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

デバイス構造・作製手法



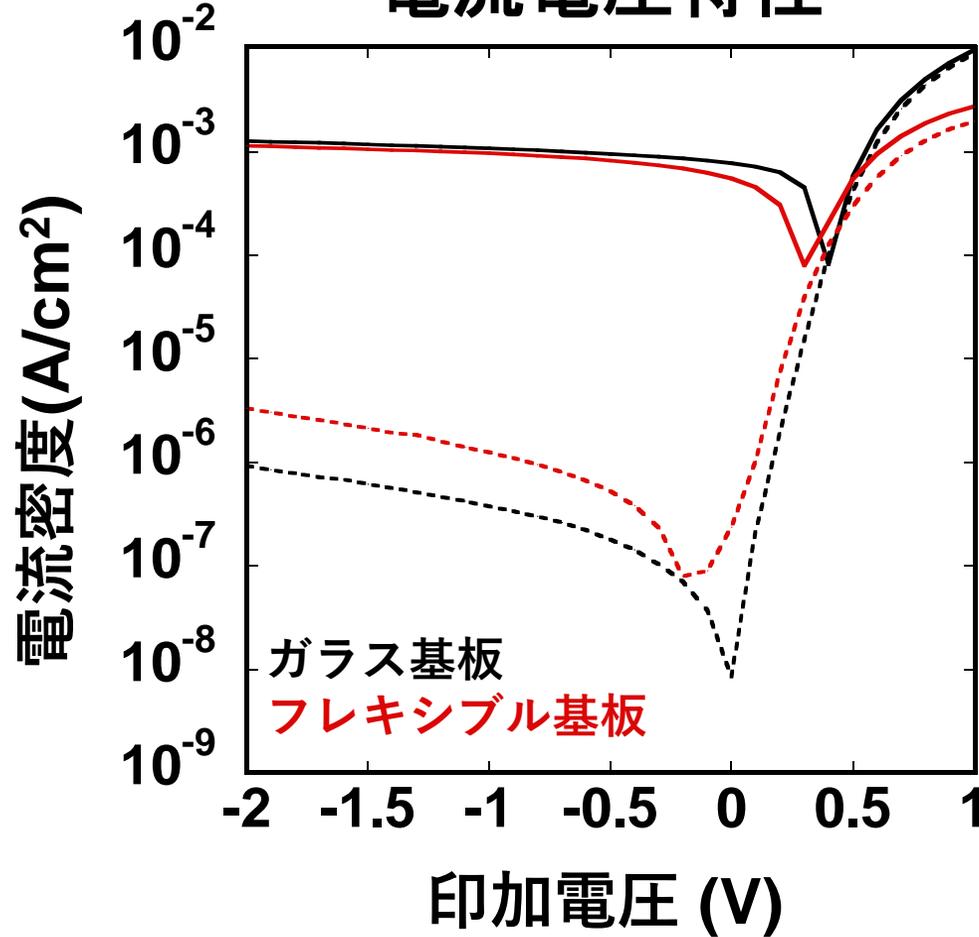
デバイス写真

成膜条件

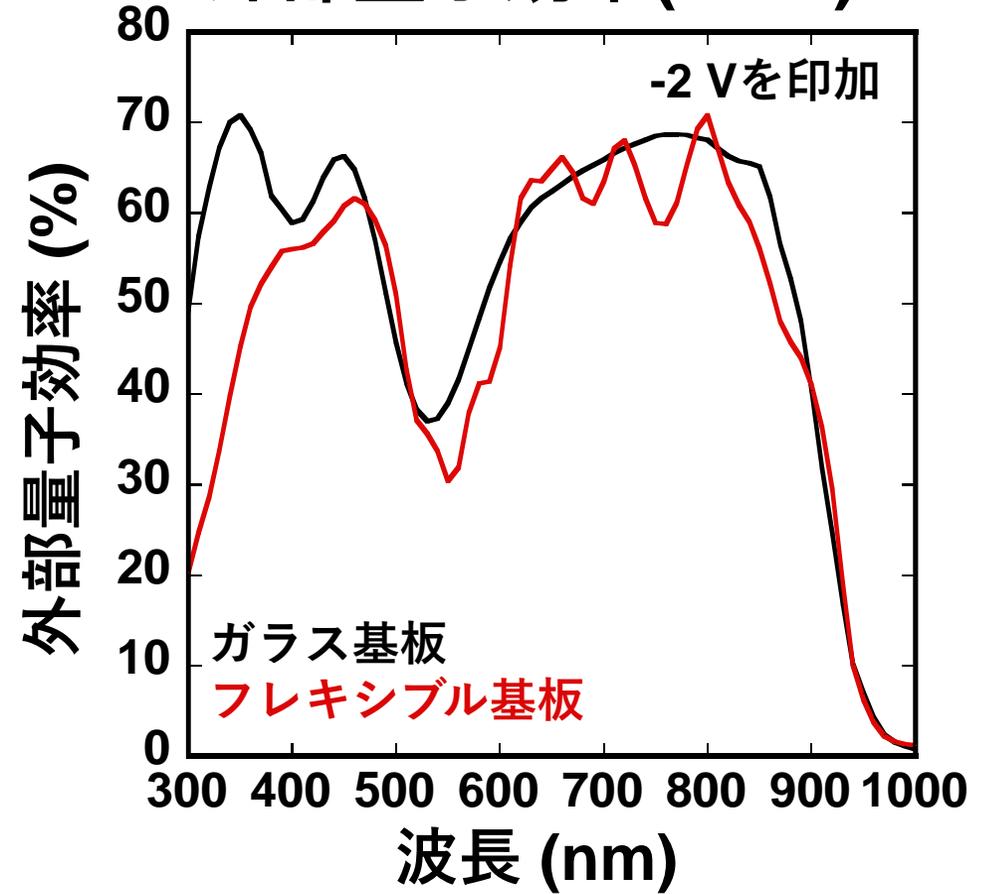
- PEDOT:PSS : 3000rpm, 60s → 140°C, 10mins
- PMDPP3T:PC₆₁BM: 300rpm, 180s → 4000rpm, 10s
- MXene: 1000rpm, 60s → 4000rpm, 10s → 100°C, 10mins @N₂ air

フレキシブルOPDの基礎特性

電流電圧特性



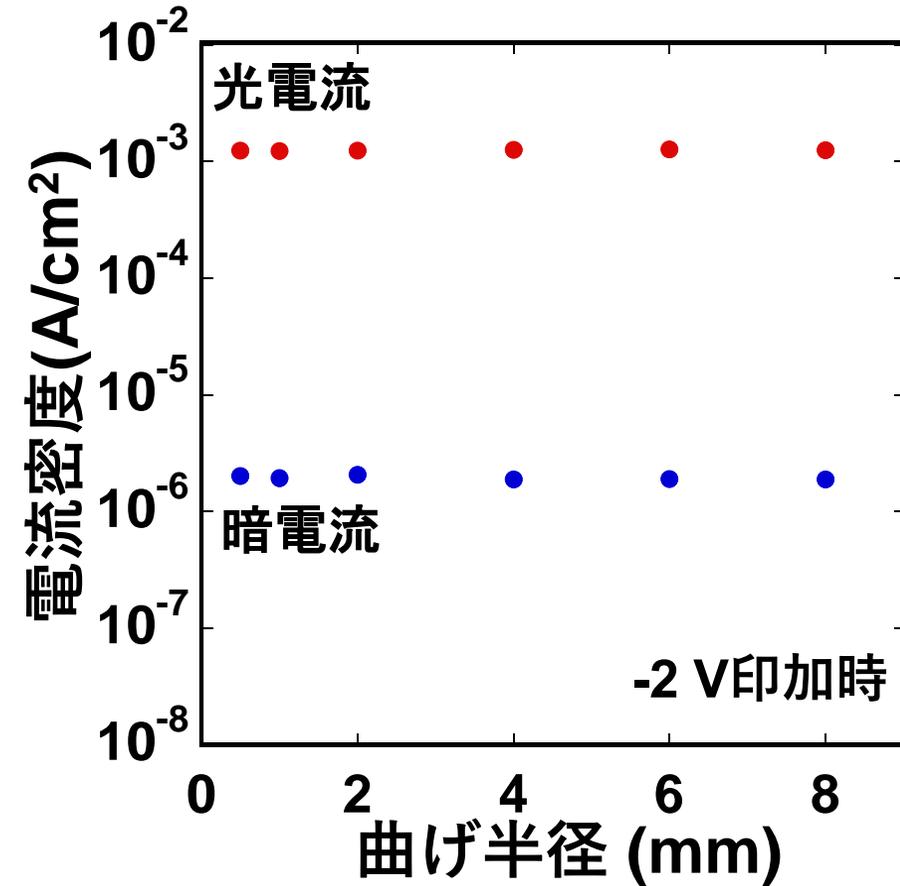
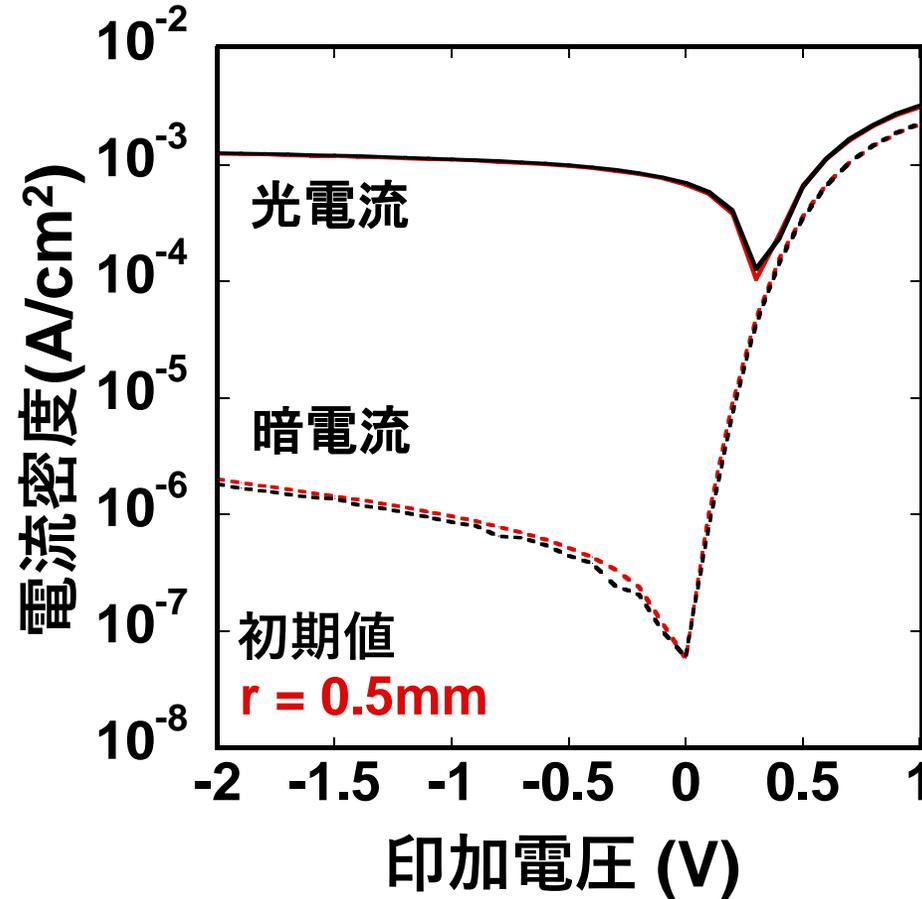
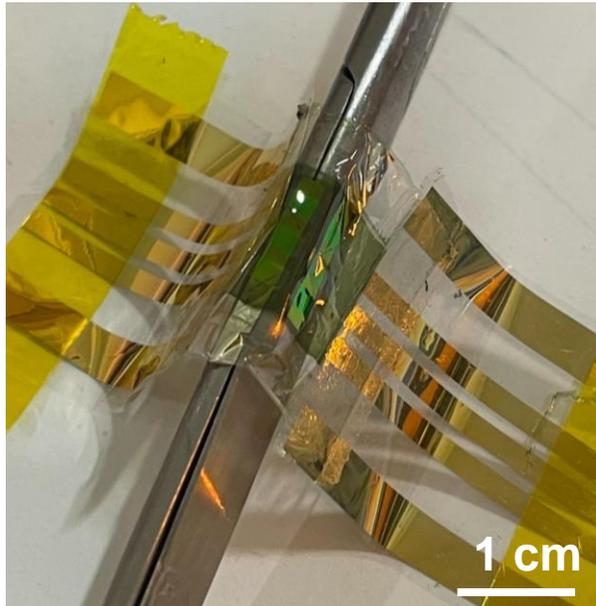
外部量子効率(EQE)



フレキシブル基板EQE: 56.1% at 850 nm (ガラス基板65.1%)

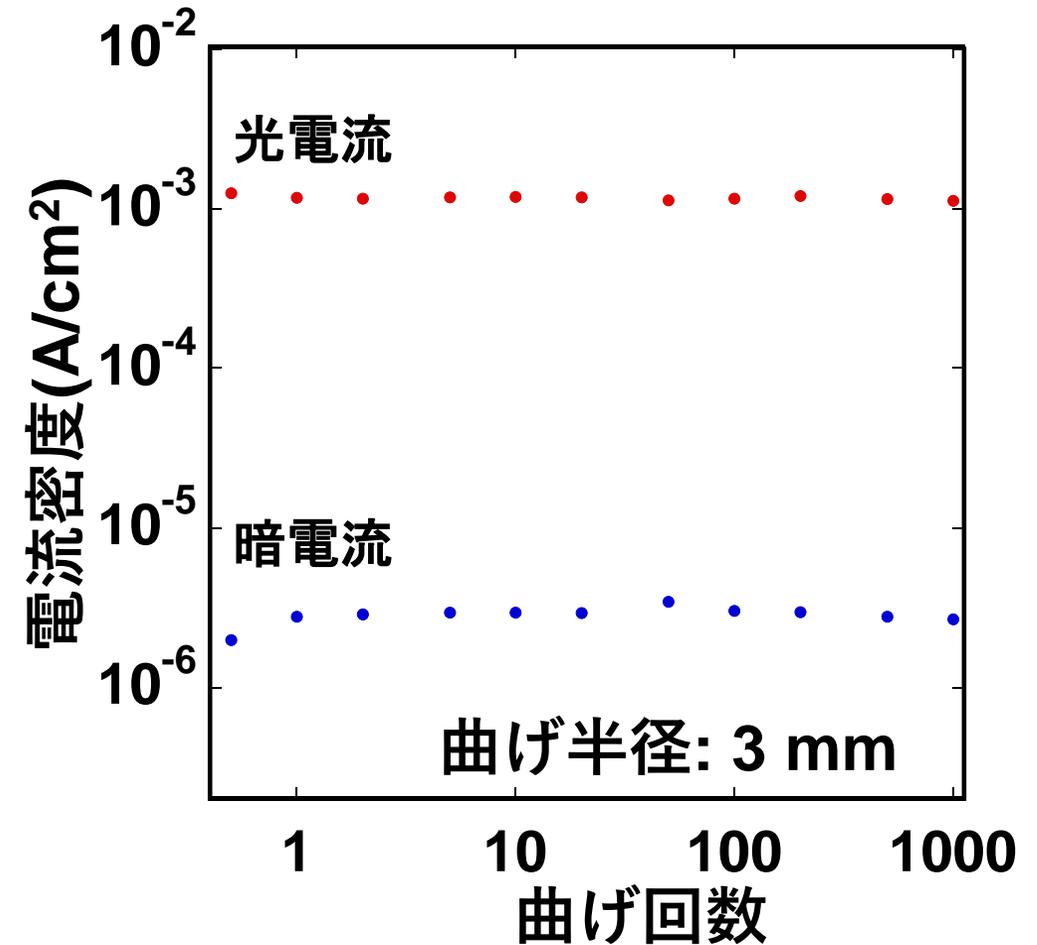
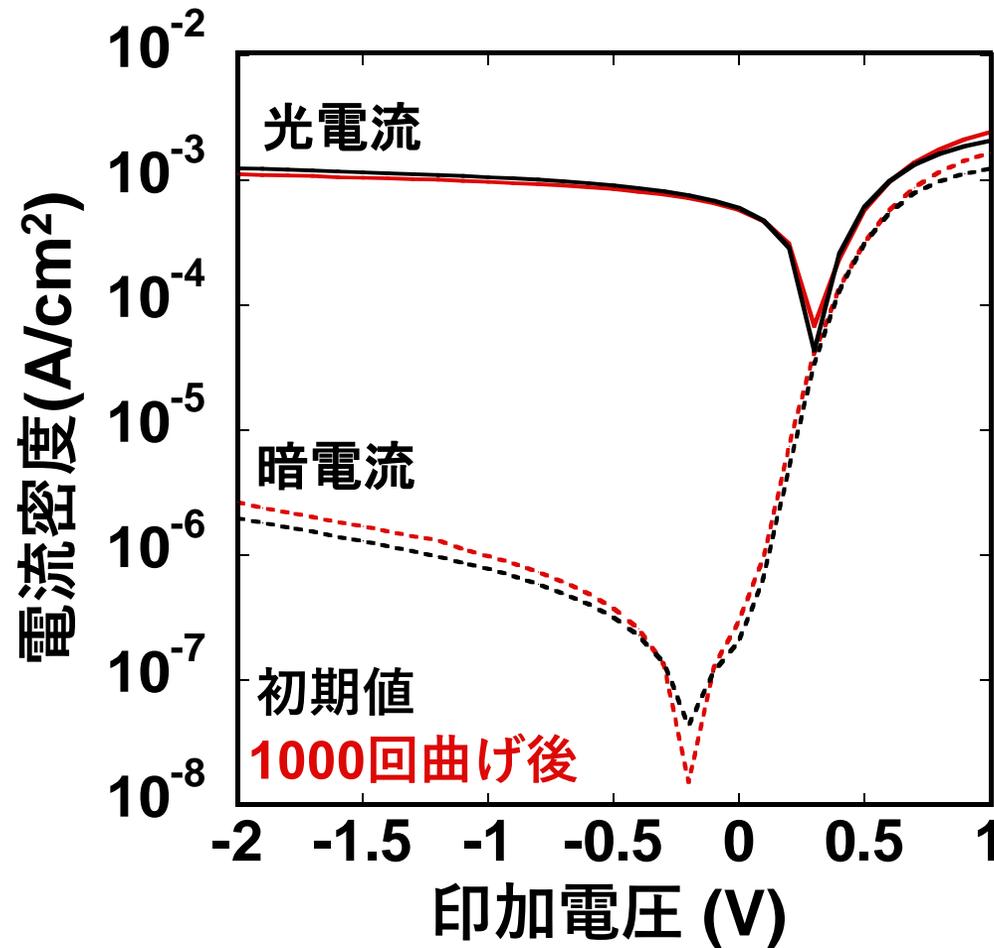
フレキシブルOPDの曲げ特性

デバイス写真



曲げ半径0.5 mmの曲げ後も動作(光電流9%減、暗電流6%増)

フレキシブルOPDの機械的耐久性



1000回の曲げ後も動作(光電流11%減、暗電流35%増)

まとめ

- **MXeneインクを輸送層として用いたフレキシブルOPDの作製・評価を行った**
 - **EQE: 56.1% at 850 nm (ガラス基板は65.1%)**
 - **半径0.5 mmの曲げでも安定に動作**
 - **1000回の曲げ(曲げ半径3 mm)でも安定に動作**

今後の方針

- **室温プロセスによるMXene OPDの評価**

[謝辞] 本研究は日本材料技研との共同研究で行っております。