

IZO透明電極を用いた半透明型有機薄膜太陽電池におけるp型バッファ層の効果

◎ 桑野 航平^{1,2}・小江 宏幸²・近松 真之²・吉田 郵司²・渡邊 康之³・西川 英一¹

¹東京理科大学, ²産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 有機系薄膜チーム, ³公立諏訪東京理科大学
E-mail:4318701@ed.tus.ac.jp

研究背景

- 半透明型有機薄膜太陽電池(ST-OPV)は、上部電極に透明導電膜を使用しており、有機半導体のもつ光透過性や着色の自由度の高さなどの特長を活かすことが可能。
- ST-OPVの利点を活かして、建材一体型太陽電池、自動車のリアガラス、農作物を栽培しながら発電が可能なソーラーシェアリング等への展開に期待できる。
- 有機半導体の持つ光透過性の特長を活かすため、上部電極を非加熱成膜でも導電性が高く、有機発電層への低ダメージで成膜が可能なIndium zinc oxide (IZO)を採用した。

研究の目的

- 現状の素子構造で用いられているp型バッファ材料のPEDOT:PSSが強酸性であるため、IZOを劣化させる課題がある。
- 本研究では、p型バッファ材料であるMoO₃、WO₃-NPs、HATCNの3種類の材料を選択し、IZOを用いたST-OPVの発電特性に対して有効性を検証した。

実験

【素子構造】

《 p型バッファ材料の検討 》

- Glass/ITO/ZnO-NPs/PPDT2FBT:PC₆₁BM/MoO₃/IZO
- Glass/ITO/ZnO-NPs/PPDT2FBT:PC₆₁BM/WO₃-NPs⁽¹⁾/IZO
- Glass/ITO/ZnO-NPs/PPDT2FBT:PC₆₁BM/HATCN⁽²⁾/IZO

【ST-OPV作製方法】

《 n型バッファ層 》

- ◆ ZnO-NPs・・・スピコート法 (大気中)

《 有機発電層 》

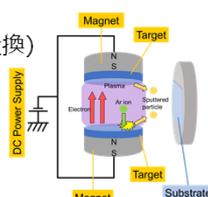
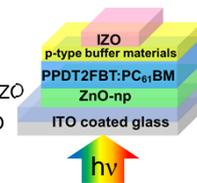
- ◆ PPDT2FBT:PC₆₁BM・・・スピコート法 (N₂置換)

《 p型バッファ層 》

- ◆ MoO₃, HATCN・・・真空蒸着法
- ◆ WO₃-NPs・・・スピコート法 (大気中)

【IZO成膜方法】

- ◆ IZO・・・対向式DCマグネトロンスパッタ法

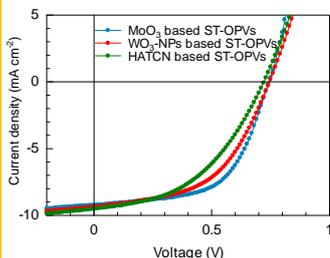


Ar (ccm)	O ₂ (ccm)	Base gas pressure (Pa)	Total gas pressure (Pa)	Substrate temperature (°C)	DC Power (W)	Time (min)
40	0.08	4.0 × 10 ⁻⁴	0.35	R.T.	50	40

結果 & 考察

> p型バッファ材料の検討

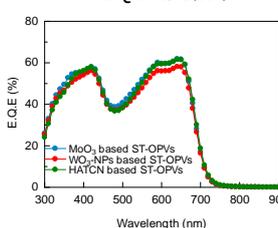
● J-V 測定結果



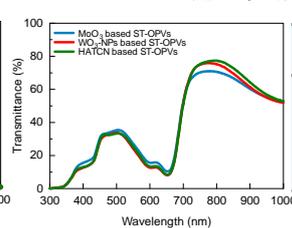
	MoO ₃	WO ₃ -NPs	HATCN
J _{sc} (mA/cm ²)	9.24	9.36	9.51
V _{oc} (V)	0.74	0.75	0.72
FF	0.59	0.51	0.46
PCE (%)	4.02	3.60	3.14
R _s (Ω·cm ²)	9.75	15.38	15.51

- MoO₃を挿入した際のST-OPVでは4.02%の効率が得られた
- 他の材料では、R_sの値が増加しFFの値が減少したことからPCEの値が低下した

● EQE測定結果



● 透過率測定結果

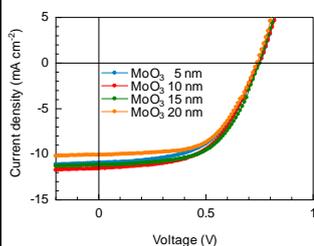


	T (%) @550 nm
MoO ₃	27.1
WO ₃ -NPs	24.2
HATCN	25.2

- 透過率測定結果より、作製したST-OPV素子は波長550 nmにおける透過率は20%程度であった

> MoO₃最適膜厚の検討

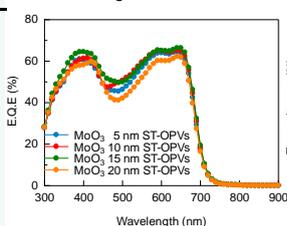
● J-V 測定結果



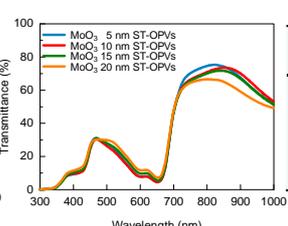
MoO ₃ (nm)	5	10	15	20
J _{sc} (mA/cm ²)	10.94	11.56	11.16	10.07
V _{oc} (V)	0.75	0.75	0.75	0.74
FF	0.54	0.55	0.58	0.59
PCE (%)	4.43	4.75	4.84	4.36
R _s (Ω·cm ²)	10.40	10.66	8.68	10.34

- MoO₃を15 nm成膜した際、4.84%と最も高い変換効率が得られた

● EQE測定結果



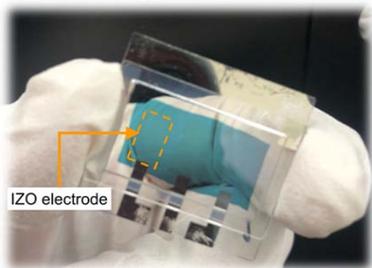
● 透過率測定結果



MoO ₃ (nm)	T (%) @550 nm
5	17.3
10	16.8
15	18.3
20	20.1

- EQE測定結果より、波長400~650 nmにおいてMoO₃を20 nm成膜した素子では、他の膜厚で成膜した素子より5-10%程度低下していた。

<<作製したST-OPV素子の外観>>



結論

- ✓ IZOを逆構造型OPVの上部電極に使用する際、最も有効なp型バッファ材料はMoO₃であった。
- ✓ MoO₃の最適膜厚は15 nmであり、PCEの値は4.84%で最も高い値が得られた。
- ✓ 作製したST-OPVの透過率は、波長 550 nmにおいて20%程度であった。

参考文献

- [1] T. Stubhan et al., Adv. Energy Mater., 2, 1433 (2012).
- [2] M.-C. Jung et al., Org. Electron. 52, 17 (2018).