

非結晶 Si をペロブスカイト太陽電池のキャリア輸送層に用いるための最適流量比の検討 Investigate Optimum Flow Rate Ratio for utilizing Amorphous Silicon as the Carrier Transport Layers in Perovskite Solar Cells

○相模 優花¹、Md.Shahiduzzaman³、Huynh Thi Cam Tu⁴、當摩 哲也^{1,2,3}、大平 圭介⁴(1.金大院自、
2.金大院新、3.金大 NanoMaRi、4.北陸先端大)

○Y. Sumai¹、Md. Shahiduzzaman³、Huynh Thi Cam Tu⁴、T. Taima^{1,2,3}、K. Ohdaira⁴(1. Graduate School of Nat. Sci. and Tech., Kanazawa Univ., 2. Graduate School of InFiniti, Kanazawa Univ., 3. NanoMaRi, Kanazawa Univ., 4. JAIST)

*E-mail: taima@se.kanazawa-u.ac.jp

【目的】ペロブスカイト太陽電池は高い発電効率と作製コストの低さにより次世代の太陽電池として期待されているが、耐久性が低いことが課題である。これはキャリア輸送層に使われる有機材料の気安定性の低さに起因する。[1]有機材料を気安定性の高い無機材料に代替することで耐久性の向上が可能となる。ペロブスカイトは 150°C 以上の高温では構造を保てないため、ゾルゲル法での焼成やプラズマ CVD をペロブスカイト膜上で行うのは不可能である。そこで本研究では製膜時の損傷が少ない触媒化学気相堆積法(以下 Cat-CVD)[2]で気安定性の高い非結晶 Si(以下 a-Si)を製膜し、素子への導入を検討した。[3]

【実験】透明電極には ITO を、ペロブスカイト材料には MAPbI₃ を用いた。正孔輸送材料には spiro-OMeTAD を用い、金属電極に金を蒸着して素子とした。a-Si は Cat-CVD を用い原料ガスとして H₂、PH₃、SiH₄ を流入して製膜した。TiO₂ を電子輸送材料に用いた素子をリファレンスとした。素子を作製するにあたり、原料ガスの流量比を変化させ、最適化を目指して様々な条件を用いて検討した。条件は H₂ の流量を固定し、SiH₄ と PH₃ の流量をそれぞれ変化させた。

【結果と考察】まず a-Si を用いた素子が駆動できるかを確認するために P をドーピングした n 型の a-Si を電子輸送材料に用いた素子を作製した。Table 1 に示す条件で、Fig. 1 に示す構造の素子を作製し I-V 測定を行った。どの条件でも a-Si の導入の成功と電子輸送層として動作することが確認できた。測定の結果を Fig. 2、性能パラメータを Table 2 に示す。N15 の条件で最も高い 1.14% の PCE が得られた。SiH₄ と PH₃ の流量比を変化させると J_{sc} と V_{oc} の値に影響を及ぼすことがわかった。これは P ドーピング量が多いと不純物の増加によりキャリア輸送能が低下するためであると考えられる。次にペロブスカイト膜上への p 型の a-Si の製膜を検討した。その結果を Fig. 3 に示す。SEM 像より、素子に使用できる膜厚の a-Si をペロブスカイト膜上に製膜することができた。これにより、ペロブスカイト太陽電池の電子輸送層と正孔輸送層の両方を Cat-CVD を用いた a-Si に置き換えられることが示唆された。

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 20H02838 の助成を受けて行われた。

【参考文献】[1]A. K. Jena et. Al., J. Mater. Chem. A 6, 2219 (2018) [2]K. Koyama, K. Ohdaira, et al., Sol. Energy Mater. Sol. Cells 95, 797 (2011) [3] K. Hamada, T. Taima, K. Ohdaira et al., Jpn. J. Appl. Phys. 58, SBBF06 (2019)

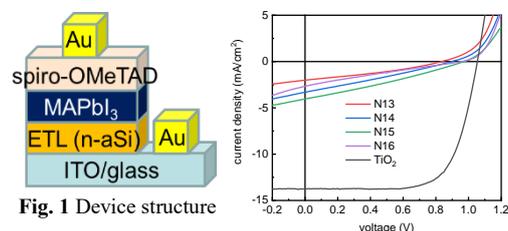


Fig. 1 Device structure

Fig. 2 I-V curves of perovskite solar cells with varying conditions of n-a-Si film as the ETL.

Table 1. n-a-Si film formation with varying conditions

	H ₂ (sccm)	SiH ₄ (sccm)	PH ₃ (sccm)	duration (s)	thickness (nm)
N13	100	10	60	200	20.5
N14	100	10	40	200	19.9
N15	100	10	20	200	19.1
N16	100	20	50	60	11.7

Table 2. Summary of the parameters of perovskite solar cells with different types of ETLs

	J _{sc} (mA/cm²)	V _{oc} (V)	FF	PCE (%)
N13	2.01	0.83	0.32	0.54
N14	3.31	0.89	0.28	0.81
N15	4.04	0.97	0.29	1.14
N16	2.68	0.95	0.24	0.62
TiO ₂	13.76	1.05	0.70	10.15

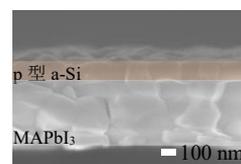


Fig. 3 Cross-sectional SEM image of MAPbI₃/p-a-Si