

ペロブスカイト太陽電池の正孔輸送層へのドーピングによる影響

1180222 式地 諒孝

Influence of doping in hole transport layer on perovskite solar cell performance

Ryoichi Shikiji

【背景】ペロブスカイト(pvk)太陽電池は光吸収や電子輸送の役割を担う pvk 層を正孔輸送層(HTL)と電子輸送層(ETL)が挟んだ構造を有している。正孔輸送材料として一般的に用いられる spiro-OMeTAD は単体での抵抗率が $1.1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 程と高く、アモルファス構造であるためトラップ準位を持つ。そのためドーピングを行うのが一般的で、実験では Bis(trifluoromethane)sulfonimide lithium salt (Li 塩)、4-tert-butylphridine (tBP)をドーパントとして用いた。Li 塩の添加によりトラップ準位が補償され、伝導性が向上することが既に知られているが、本研究では、ドーパントの添加量を変えることによって HTL の電気特性及び太陽電池の特性に与える影響に関して検討を行った。

【実験方法】サンプル作製ではペロブスカイト太陽電池でよく用いられる TiO_2 多孔質層を用いたメゾポーラス構造を使用した。HTL はクロロベンゼン 112.5 μL に spiro-OMeTAD 5.5 mg を溶かし、ドーパントは Li 塩 1.95 μL と tBP 3.25 μL を基準とし、ドーピングの量のみ変え基準量、2 倍量で比較を行った。抵抗値は FTO 基板上的 HTL 層に金を電極として成膜し抵抗値の測定から抵抗率を求めた。光電変換効率は、エアマス 1.5 の疑似太陽光を照射することで求めた。

【結果】HTL 単膜の抵抗率評価では、基準量では抵抗 58 Ω 、抵抗率 $1.5 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ に対し、2 倍量では抵抗 45 Ω 、抵抗率 $1.1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ とドーピング量を 2 倍にしたことによる抵抗率の減少は見られなかった。また、同条件で作製した太陽電池の変換効率は、基準量では、電流密度(J_{sc}), 22.9 mA/cm^2 、開放電圧(V_{oc})0.97 V、曲線因子(FF) 0.64、変換効率(PCE) 14.3 %、直列抵抗(R_s) 43.3 Ω であったのに対し、2 倍量では、 J_{sc} 23.8 mA/cm^2 、 V_{oc} 1.02 V、FF 0.75、PCE 18.4 %、 R_s 38 Ω となり、単膜での評価では抵抗率がドーピング量によって変化しなかったのに比べ太陽電池特性での直列抵抗は減少が見られた。また、変換効率の改善が見られ、これは、最大出力(P_{max})が向上したためであると考えられる。FF は P_{max} を短絡電流(I_{sc})と開放端電圧で割ることで求められ、ドーピングの量を基準量から 2 倍にすることで I_{sc} と V_{oc} の増加分よりも P_{max} の増加分の方が大きく、ドーピング量の増加により、FF が改善したことが効率の改善の要因であると考えられる。