

大気安定なヨウ化スズ系ペロブスカイト電界効果トランジスタ

Air-stable tin iodide-based perovskite field-effect transistors

九大 I²CNER¹, JST-ERATO², 九大 OPERA³, ISIT⁴, [○]松島 敏則^{1,2}, 寺川 しのぶ^{2,3}, Matthew R. Leyden^{2,3},藤原 隆⁴, Chuanjiang Qin^{2,3}, Atula S. D. Sandanayaka^{2,3}, 安達 千波矢^{1,2,3}I²CNER, Kyushu Univ.¹, JST-ERATO², OPERA, Kyushu Univ.³, ISIT⁴, [○]T. Matsushima^{1,2},S. Terakawa^{2,3}, M. R. Leyden^{2,3}, T. Fujihara⁴, C. Qin^{2,3}, A. S. D. Sandanayaka^{2,3}, and C. Adachi^{1,2,3}

E-mail: tmatusim@i2cner.kyushu-u.ac.jp, adachi@cstf.kyushu-u.ac.jp

金属ハライドペロブスカイトは、共有結合で連結された無機骨格を介してキャリアが輸送されるために高いキャリア移動度を示す。しかし、トランジスタに用いられるヨウ化スズ系ペロブスカイトは大気中で不安定である。その主な原因として、 Sn^{2+} イオンが Sn^{4+} イオンへと酸化されることが考えられる。我々は、酸素と接する粒界の面積が大きいと酸化が促進されると推測した。そこで本研究では、ヨウ化スズ系ペロブスカイトの粒界密度と大気安定性の関係を検討した。

ヨウ化スズ系ペロブスカイトである $(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_3)_2\text{SnI}_4$ [以後、 $(\text{PEA})_2\text{SnI}_4$ と略する] をスピンコートする際の溶媒と加熱温度を最適化したところ、粒子サイズが数十 nm から数百 nm へと増加した(T. Matsushima et al., J. App. Phys. 125, 235501, 2019)。粒界密度の減少に伴い、電界効果ホール移動度は約 $0.4 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ から約 $8 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ に増加した。大気中においてドレイン電流(I_D)の経時変化から大気安定性を評価した。粒界密度を減少させることによって、大気安定性が約 2 倍に向上した(図 1a)。さらに、フッ素系 CYTOP ポリマーで $(\text{PEA})_2\text{SnI}_4$ 膜を簡易封止すると、大気中で全く劣化が生じなくなった。次に、溶液から $(\text{PEA})_2\text{SnI}_4$ 単結晶を作製し、基板と張り合わせるによりトランジスタを作製した(T. Matsushima et al., Appl. Phys. Lett. 115, 120601, 2019)。単結晶トランジスタのホール及び電子移動度は $50\text{--}100 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ であった。単結晶トランジスタのホール移動度と閾値電圧は大気中でも全く劣化しなかった(図 1b)。本研究では、粒界密度を減少させることによってスズ系ペロブスカイトトランジスタの大気安定を確保することに成功した。

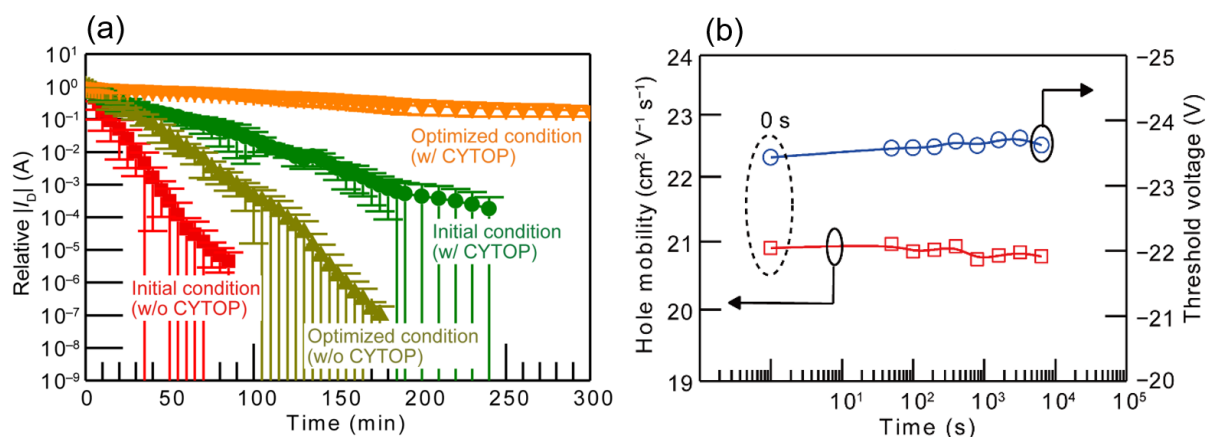


図 1. 大気中における(a) $(\text{PEA})_2\text{SnI}_4$ スピンコート膜及び(b) $(\text{PEA})_2\text{SnI}_4$ 単結晶のトランジスタ特性の経時変化。