

有機無機ペロブスカイトトランジスタにおける接触抵抗の影響

Influence of contact resistance for organic-inorganic perovskite transistors

九大 OPERA¹, 九大 I2CNER², JST/ERATO³, ISIT⁴, ○松島敏則^{1-3*}, S. Hwang¹, 寺川しのぶ¹,
藤原隆⁴, A. S. D. Sandanayaka^{1,3}, C. Qin^{1,3}, and C. Adachi^{1-3*}

OPERA, Kyushu Univ.¹, I2CNER, Kyushu Univ.², JST/ERATO³, ISIT⁴, ○T. Matsushima^{1-3*},
S. Hwang¹, S. Terakawa¹, T. Fujihara⁴, A. S. D. Sandanayaka^{1,3}, C. Qin^{1,3}, and C. Adachi^{1-3*}

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

スピコート法などの簡便な溶液プロセスで高速動作のトランジスタが得られる可能性があるために有機無機ペロブスカイトを半導体層としたトランジスタに大きな注目が集まっている。最近我々はペロブスカイトの成膜条件やトランジスタ構造を検討したところ、最大で $15 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ のホール移動度[1]と $2.1 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ の電子移動度[2]を得ることに成功した($L=95 \mu\text{m}$)。今後検討を進めれば溶液プロセスで移動度 $100 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ を超えるペロブスカイトトランジスタを実現することも夢ではない。しかし、我々のペロブスカイトトランジスタにおいてソース・ドレイン電極とペロブスカイト半導体層の間の接触抵抗が非常に大きいことが問題であった。ペロブスカイト本来のトランジスタ特性を議論するためには接触抵抗の影響を減少させる必要がある。

このために長チャンネルの P 型と N 型ペロブスカイトトランジスタを作製した。半導体層として化学式 $(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_3)_2\text{SnI}_4$ のペロブスカイトスピコート膜を用いた。トランジスタ構造としてはトップコンタクト・トップゲート型構造を採用した(詳細な構造は参考文献[1]と[2]に記載)。図 1a と図 1b に飽和領域におけるキャリア移動度と閾値電圧のチャンネル長依存性を示す。オンオフ比や Subthreshold swing には顕著なチャンネル長依存性は観測されなかったが、チャンネル長を大きくするほど全抵抗に対する接触抵抗の寄与が小さくなるために、キャリア移動度は増加し、閾値電圧は減少することがわかった。観測されたチャンネル長依存性の原因と考えられる接触抵抗を Transmission line method により見積ったところ、P 型トランジスタで $1.9 \times 10^3 \Omega \text{ cm}$ ($|V_g|=50 \text{ V}$)、N 型トランジスタで $3.0 \times 10^4 \Omega \text{ cm}$ ($|V_g|=50 \text{ V}$) となった。チャンネル長がおおよそ $400 \mu\text{m}$ 以上になると接触抵抗の寄与が無視できるほど小さくなるためにキャリア移動度および閾値電圧は一定となった。この領域から求めたペロブスカイトスピコート膜の本来のホール移動度は最大で $26 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 、電子移動度は $4.6 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ となった。

現状の課題として、(1)短チャンネルのときに依然接触抵抗の影響が大きいこと、(2)結晶子サイズが小さいこと(X 線回折ピークの半値幅から求めた結晶子サイズは $30\text{-}35 \text{ nm}$)、(3)ペロブスカイトスピコート膜の組成がずれていること(化学量論比は $\text{Sn:N:I}=1:2:4$ であるが、XPS の結果に基づくスピコート膜の組成は $\text{Sn:N:I}=1:1.7:3.7$) が挙げられる。このような課題を克服し、さらにペロブスカイトトランジスタを高性能化させることを目指している。

[1] T. Matsushima et al., Adv. Mater. **28**, 10275-10281 (2016).

[2] T. Matsushima et al., Appl. Phys. Lett. **109**, 253301 (2016).

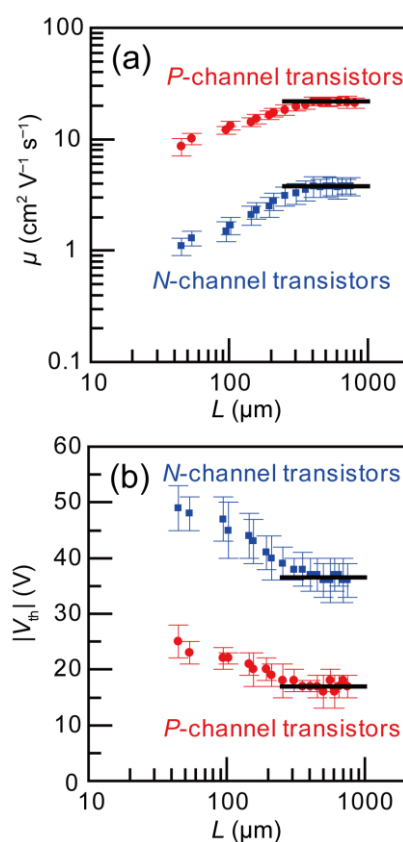


図 1. (a)キャリア移動度と(b)閾値電圧のチャンネル長依存性