

付着金属の電気化学効果による TiO₂ 薄膜への電子ドーブElectron doping to TiO₂ thin films by electrochemical effect of deposited metal

東大院工 ○矢嶋 起彬, 小池 豪, 西村 知紀, 鳥海 明

Univ. of Tokyo, ○Takeaki Yajima, Go Oike, Tomonori Nishimura, and Akira Toriumi

E-mail: yajima@adam.t.u-tokyo.ac.jp

ワイドギャップな酸化物半導体は、透明電極材料や薄膜トランジスタのチャネル材料として有用である。不純物や酸素欠損を導入することで酸化物半導体への電子ドーブが可能だが、どちらも加熱プロセスが必要である。一方で酸化物半導体は、抵抗変化型素子や液体ゲートトランジスタによって幅広く研究されており、そこでは局所的な巨大電場を用いて室温で電気化学的に酸化物半導体を還元し、電子をドーブできることが知られている。本研究ではこのような陰極還元の手法を応用して、典型的な酸化物半導体 TiO₂ に室温で様に電子ドーブする手法を確立した。

パルスレーザー堆積法によって SiO₂(119 nm)/n⁺:Si 基板上に TiO₂ を室温で堆積し、熱処理によってアナターゼ単相の多結晶膜を作製した。作製した TiO₂ 薄膜は絶縁体であったが(Fig. 1a "As annealed"), TiO₂ 薄膜とアルミニウムとを電気的に接続し、共に酸またはアルカリ溶液に浸すと、TiO₂ 薄膜が 40 S/cm 程度の電気伝導性を示した ("Connected to Al anode")。TiO₂ 単体で浸した場合 ("Solution only") または Al と電気的に接続せずに浸した場合 ("Separately with Al wire") は、TiO₂ 薄膜は絶縁体のままであったことから、電気伝導性は溶液中で Al と TiO₂ の間に電池が形成されたため得られたと分かる。さらに TiO₂ 薄膜と Al を外部回路で接続する代わりに、TiO₂ に Al を堆積したものを溶液に浸すだけでも電気伝導性が得られた (Fig. 1a "With Al pad")。以上から酸化されやすい金属を付着して酸またはアルカリ溶液に浸漬するだけで、酸化物半導体への電子ドーブが可能であることが分かった。

陰極還元によって電気伝導体となった TiO₂ 薄膜のシート伝導率は膜厚に対して線形に増加したことから (Fig. 1b)、電子は表面だけでなく膜全体にドーブされていることが分かる。さらにホール測定から得られた電子移動度 1~4 cm²/Vs は過去に報告されている TiO₂ 膜の移動度に近く、電子が多結晶粒の内部にまでドーブされていることが示唆される。また結晶化の際のガス種を還元雰囲気にする、TiO₂ 内部に欠陥が生じることが知られているが、陰極還元によって電子ドーブされた TiO₂ 薄膜の電気伝導度に差は見られなかった (Fig. 1c)。このことから陰極還元の手法は TiO₂ の欠陥には大きく影響されず、安定して電子をドーブできることが分かる。本研究は STARC との共同研究によって行われた。

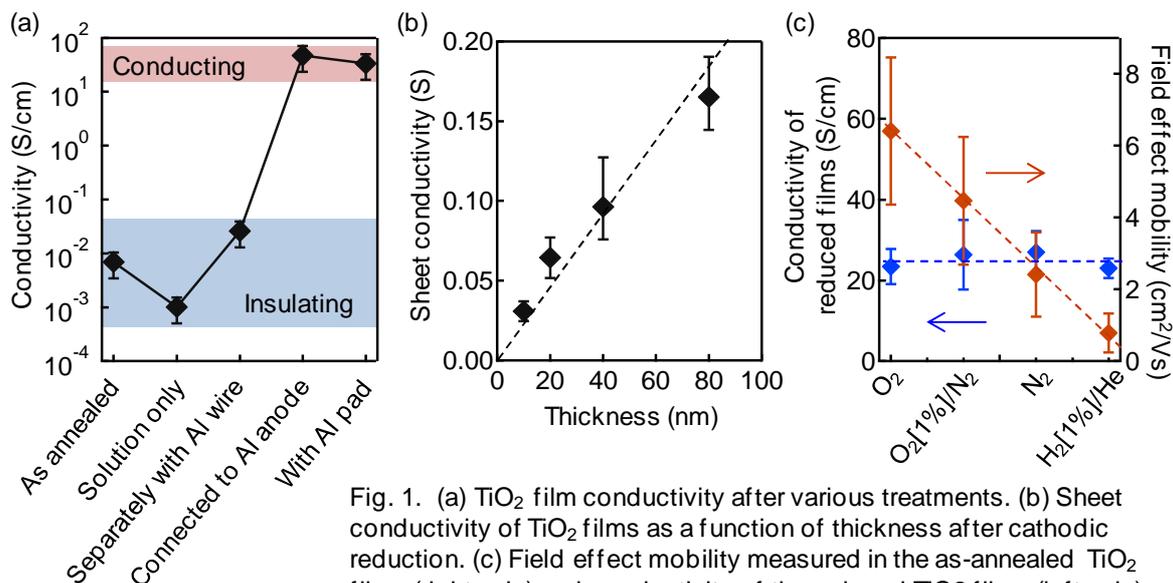


Fig. 1. (a) TiO₂ film conductivity after various treatments. (b) Sheet conductivity of TiO₂ films as a function of thickness after cathodic reduction. (c) Field effect mobility measured in the as-annealed TiO₂ films (right axis) and conductivity of the reduced TiO₂ films (left axis), as a function of post-annealing gas type.