

界面制御した透明 ZnO 薄膜における熱電出力因子増大

Thermoelectric power factor enhancement in interface-controlled transparent ZnO film

阪大院基礎工¹, 信州大², 大工大³, 阪大院工⁴, 滋賀医科大⁵, 産総研⁶

○石部 貴史¹, 留田 純希¹, 渡辺 健太郎², 鎌倉 良成³, 森 伸也⁴, 成瀬 延康⁵, 目良 裕⁵,
山下 雄一郎⁶, 中村 芳明¹

Eng. Sci. Osaka Univ.¹, Shinshu Univ.², Osaka Institute of Technology³, Eng. Osaka Univ.⁴,
Shiga Univ. Medical Science⁵, AIST⁶

○Takafumi Ishibe¹, Atsuki Tomeda¹, Kentaro Watanabe², Yoshinari Kamakura³, Nobuya Mori⁴,
Nobuyasu Naruse⁵, Yutaka Mera⁵, Yuichiro Yamashita⁶, Yoshiaki Nakamura¹

E-mail: ishibe@ee.es.osaka-u.ac.jp

【背景】熱電材料の高性能化のためには、高い出力因子と低い熱伝導率の同時実現が求められる。近年、ナノ構造の導入により、劇的な熱伝導率低減が可能になったものの[1]、出力因子が低下してしまうため、不十分な熱電性能に留まる。そこで本研究では、安価・無毒な透明 ZnO 薄膜中にドーパント濃度変調界面を有する ZnO ナノワイヤを導入することで、界面フォノン散乱による熱伝導率低減に加えて、高エネルギー電子の選択的伝導による出力因子増大を同時に実現することを目的とする。また、ZnO の透明性を活かした透明熱電材料としての可能性についても言及する。

【方法】背圧 1×10^{-6} Pa の真空槽中において、パルスレーザー堆積 (PLD) 法により、基板 (熱酸化膜付き Si、石英ガラス) 上に ZnO バッファ層を基板温度 400°C 、酸素分圧 1 Pa で成膜した。その後、物理気相輸送法を用いて、ZnO ナノワイヤを ZnO バッファ層上に成長した。ZnO ナノワイヤの間隙に、PLD 法により ZnO 埋め込み膜を基板温度 400°C 、酸素分圧 < 0.2 Pa で成膜した。構造評価には、走査型電子顕微鏡法 (SEM)、透過型電子顕微鏡法を、熱電特性評価には、ZEM-3 (アドバンスト理工)、自作電気特性評価装置、時間領域サーモリフレクタンス法を用いた。

【結果】Figure 1 に示すように、直径 100nm 以下、密度 $4 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ 程度の ZnO ナノワイヤが成長していることを確認した。本ナノワイヤの間隙に ZnO 薄膜を埋め込み、ZnO ナノワイヤ埋め込み膜を形成した。熱電特性を評価したところ、この ZnO ナノワイヤ埋め込み膜は、ナノワイヤを含まない参照用 ZnO 膜に対して 3 倍程度高い出力因子を示した。一方で、ZnO ナノワイヤ埋め込み膜の熱伝導率は、ZnO 薄膜よりも 10%程度低かった。これらより出力因子増大と熱伝導率低減の同時実現に成功した[2]。本講演にて詳細を報告する。

【謝辞】本研究の一部は科研費 基盤研究 A (19H00853)、挑戦的研究 (萌芽) (19K22110)、新学術領域研究 (20H05191) の支援により行われた。

【参考文献】[1] Y. Nakamura, et al., Nano Energy 12, 845 (2015). [2] T. Ishibe, et al., ACS Appl. Mater. Interfaces 10, 37709 (2018).

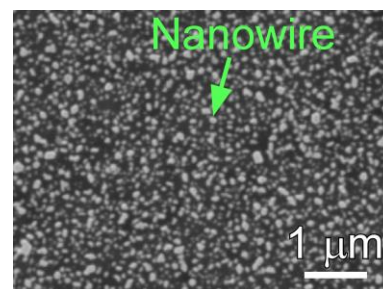


Fig. 1 Plane-view SEM image of ZnO nanowire.