

ZnO ナノワイヤ埋め込み構造における結晶性と構造が与える出力因子増大効果

Enhancement of power factor attributed to crystallinity and nanostructures

in embedded-ZnO nanowire structures

阪大院基礎工¹, CREST- JST²○(D)石部 貴史¹, (M1)留田 純希¹, 渡辺 健太郎^{1,2}, 中村 芳明^{1,2}Osaka Univ.¹, CREST- JST²°Takafumi Ishibe¹, Atsuki Tomeda¹, Kentaro Watanabe^{1,2}, and Yoshiaki Nakamura^{1,2}

E-mail: u685388f@ecs.osaka-u.ac.jp

【背景】 可視域で透明な ZnO は、酸化物の中では出力因子 $S^2\sigma$ (S : ゼーベック係数, σ : 電気伝導率) が高いため、透明熱電材料としての応用が期待される[1]。しかし、産業利用のためには性能向上を目指して、 $S^2\sigma$ の増大と κ (熱伝導率) の低減が要求されている。我々は、ZnO ナノワイヤ埋め込み構造を形成し、そのナノワイヤ界面を用いて電子散乱制御を行うことで、 $S^2\sigma$ を約 2 倍増大することに成功した[2]。しかしながら $S^2\sigma$ の増大には、ナノワイヤ導入効果だけでなく、結晶性も寄与するため、 $S^2\sigma$ 増大機構の物理的理解が難しい。 $S^2\sigma$ を最大化するナノ構造薄膜を見出すために、本研究では上記 2 つの効果は $S^2\sigma$ に与える影響を明らかにした。

【方法】 パルスレーザー堆積 (PLD) 法で、基板 (石英基板、または熱酸化膜 (1.5 μm) 付き Si(001) 基板) 上に ZnO バッファ膜を形成した (酸素分圧: 1 Pa, 基板温度: 400°C)。次に、物理気相輸送法で ZnO ナノワイヤを ZnO バッファ膜/Si(001)基板上に成長した (管内圧力: 370 Pa, 基板温度: 760°C)。その後、PLD 法でナノワイヤの間隙に ZnO を蒸着し (酸素分圧: 0.005~0.2 Pa, 基板温度: 400°C)、ZnO ナノワイヤ埋め込み構造を形成した[3]。ZnO ナノワイヤ埋め込み構造の S 、 σ はそれぞれ、ゼーベック係数測定装置 (アドバンス理工)、ホール効果測定装置により評価した。結晶性は、X線回折 (XRD) 装置により評価した。

【結果】 Figure 1 は “ZnO ナノワイヤ埋め込み構造 (Nanowires)”、及び参照試料の “ナノワイヤを含まない ZnO 膜 (Films)” の S と XRD ロッキングカーブの半値幅の関係である (キャリア密度: $\sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)。Films では結晶性向上に伴い、 S 増大が観測され、Nanowires では、同等の結晶性の Films と比較して、さらに S の増大が生じた。本講演では、結晶性向上・ナノワイヤ導入効果による $S^2\sigma$ 増大について詳述する。

【謝辞】 本研究の一部は、CREST-JST、科研費 基盤研究 A (16H02078)、挑戦的萌芽研究 (15K13276)、及び特別研究員奨励費 (17J00328)、ナノテクプラットフォーム (S-17-OS-0025) の支援により行われた。

[1] J. Loureiro, *et al.*, *J. Mater. Chem. A* **2**, 6649 (2014).

[2] 石部, 他, 第 64 回 応用物理学会春季学術講演会 15p-E206-9 (2017). [3] T. Ishibe, *et al.*, *J. Electron. Mater.* **46**, 3020 (2017).

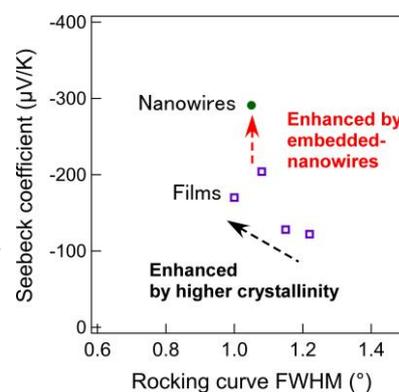


Fig. 1 Seebeck coefficient vs Rocking curve FWHM.