

熱起電力顕微鏡法により検出した ZnO 薄膜の微視的熱電物性

Detection of microscopic thermoelectric properties in ZnO thin film using thermoelectromotive force microscopy.

阪大院基礎工¹, °(M1)小松原 祐樹¹, 宮戸 祐治¹, 石部 貴史¹, 中村 芳明¹

Osaka Univ.¹, °Yuki Komatsubara¹, Yuji Miyato¹, Takafumi Ishibe¹, Yoshiaki Nakamura¹

E-mail: u838364f@ecs.osaka-u.ac.jp

【背景・目的】 多量の廃熱を電気に直接変換可能な熱電変換はエネルギーハーベスティング技術の一つとして注目されている。熱電材料の熱電変換効率向上には、低い熱伝導率、高いゼーベック係数(S)、高い電気伝導率が求められ、近年、 S 増大に関する様々な方法が提案されている[1,2]。しかし、その増大機構に関する実験的な証拠が不明瞭なものも多い。我々は、この原因として、 S 測定が巨視的な測定に留まっていることに起因すると考えた。そこで KFM を用いて、温度勾配環境下におけるナノスケールでの直接的表面電位測定法(熱起電力顕微鏡法)を提案し、実験的に熱起電力を測定することに成功した[3]。微視的な観点から熱電物性の物理を理解するために、本研究では、ZnO 薄膜における微視的な熱起電力分布を検出し、さらに、LT Spice を用いてシミュレーションを行うことで、その熱起電力像と材料特性との関係を明らかにすることを目的とした。

【実験方法】 JEOL-KFM(JSPM-5410)に、独自設計した温度勾配印加機構を設置し、100 μm 間に 100°C 近い温度差を印加した。温度勾配下($\Delta T=94.6^\circ\text{C}$)で得られた KFM 像と無勾配下($\Delta T=0^\circ\text{C}$)で得られた KFM 像の差分から熱起電力像を取得する。熱起電力測定用試料として大気中安定で比較的高い S を示す Ga-doped ZnO 薄膜をゾルゲル法で作製した。熱起電力シミュレーションには、回路シミュレーションソフト (LT Spice) を用いた。

【結果】 Figure 1 は、温度勾配環境下で測定した ZnO 薄膜の表面形状像であり、ナノサイズの結晶粒が形成されていることが確認された。本試料の熱起電力像を取得したところ、ある結晶領域で急激な熱起電力変化を観測した。この物理的原因を明らかにするため、シミュレーションを行い、測定結果との比較照合を行ったところ、ZnO とは異なる S を有する材料が ZnO 中に内在することが明らかになった。本講演で、その内在物の熱起電力の極性・絶対値等、また熱起電力像との関連について詳細を報告する。

【謝辞】 本研究の一部は科研費 基盤研究 A (16H02078, 19H00853), 挑戦的研究(萌芽) (19K22110)の支援により行われた。

[1] T. Ishibe, et al., ACS Appl. Mater. Interfaces 10, 37709–37716 (2018). [2] S. Sakane, et al., Mater. Today Energy 13, 56-63 (2019). [3] 宮戸, 他, 第 66 回 応用物理学会春季学術講演会 9p-W371-9.

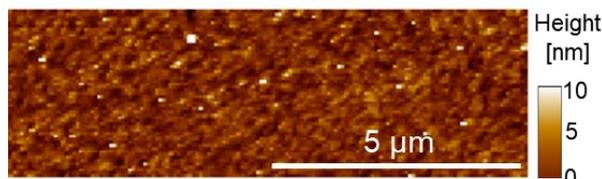


Figure 1. Topological image of ZnO nano thin film under temperature gradient.