

局所ゼーベック係数分布計測に向けた 温度勾配下における熱電材料の表面電位分布測定 Surface potential measurements of thermoelectric materials under temperature gradient for local Seebeck coefficient mapping

阪大院基礎工, °宮戸 祐治, 小松原 祐樹, 石部 貴史, 中村 芳明
Osaka Univ. °Yuji Miyato, Yuki Komatsubara, Takafumi Ishibe, Yoshiaki Nakamura
E-mail: miyato@ee.es.osaka-u.ac.jp

熱電材料の性能を決める重要な物性値の一つがゼーベック係数であるが、そのゼーベック係数を求めるには、熱電材料の両端に温度差を与え、その両端に発生する電位差(熱起電圧)を計測する手法が一般的である。しかしながら、2点間の電位差を測定しているだけなので、得られた値は平均化された値に過ぎず、材料中に熱電性能を低下させる要因があっても、どこにどのような問題があるのかを特定することができない。また、現在開発されている高効率な熱電材料は、複合的に材料を組み合わせたものであったり、薄膜化・ナノ構造化されたりすることが多くなっており^[2]、局所領域において材料のゼーベック係数を調べる重要性が高まっている^[1]。本研究ではこのような背景を踏まえ、薄膜状の熱電材料に対して、面内方向に温度勾配を与えた時に発生する電位分布を2次的に測定することで、局所的なゼーベック係数の分布を求めることを目標に定め、局所の表面電位分布測定が可能なケルビンプローブ原子間力顕微鏡(KFM)に注目した。今回は、測定試料に対して大きな温度勾配を与える機構を備えた試料ホルダーを新たに構築し、それを用いて KFM により熱電材料の表面電位分布を測定したので、その結果について報告する。

KFM 測定に用いた温度勾配印加用試料ホルダーの模式図を Fig.1 に示す。局所的なゼーベック係数を精度良く測定するには、試料に対して面内方向に大きな温度勾配を与えることが必須である。そのため、KFM 試料ホルダーには、液体窒素による冷却機構とヒーターによる加熱機構が組み込んであり、200°Cを超える温度差も与えることが可能である。さらに、試料のできるだけ狭い範囲に温度差をつけるため、熱浴として膜厚 200 nm 以上の金を、幅 100 μm 程度のライン状の間隙ができるようにマスクをして試料両端に真空蒸着した。この金で覆われていない間隙の部分に対して、ヒーター温度を制御することで一定の温度勾配を与え、 10^{-4} Pa 程度の真空下の環境において周波数検出方式の KFM により表面電位分布を測定した。一例として、ガラス基板上にゾルゲル法で作成した ZnO 薄膜を測定した結果を Fig.2 に示す。温度勾配方向に 3 mV/ μm 程度の電位勾配が観測されており、ゼーベック効果による熱起電圧分布が観測できたと考えている。

[1] T. Ishibe, *et al.*, *ACS. Appl. Mater. Inter.* **10**, 37709 (2018). [2] K. Miwa, *et al.*, *MAKARA J. Technol. Series*, **17**, 17 (2013).

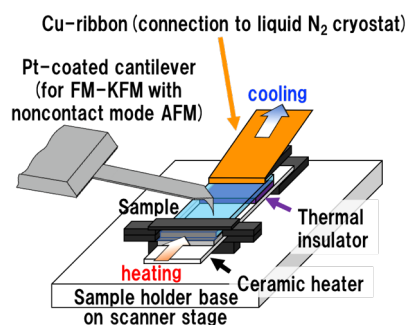


Fig. 1. Sample holder for Seebeck measurement by FM-KFM.

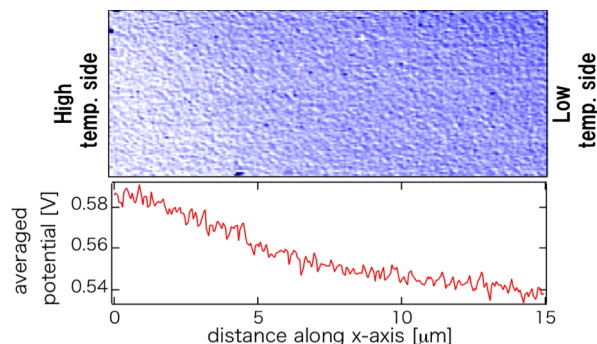


Fig. 2. Surface potential image and vertically-averaged line profile of ZnO thin films under temperature gradient.