

熱電材料におけるゼーベック効果を含んだ局所電位変化の直接測定

Direct measurement of the local potential variation including Seebeck effect in thermoelectric materials

大阪大学¹, 龍谷大学²

○ (D1) 小松原 祐樹¹, 宮戸 祐治², 石部 貴史¹, 中村 芳明¹

Osaka Univ.¹, Ryukoku Univ.²

○ Yuki Komatsubara¹, Yuji Miyato², Takafumi Ishibe¹, Yoshiaki Nakamura¹

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

【背景・目的】現在、エネルギーハーベスティング技術の一つとして、廃熱を電気へ直接変換が可能な熱電発電が注目されている。熱電変換効率向上を目指して、様々な出力因子増大 ($S^2\sigma$; S はゼーベック係数、 σ は電気伝導率) 戦略が提案されている[1,2]。特に 2 乗で効く S の増大は非常に有効であるが、 S 増大可能なナノ構造含有材料において、その S 増大機構を実験的に明らかにした例は少ない。この原因は測定方法にあると考えられる。 S は熱起電力に由来する物性値であるが、従来の S 測定は、熱電対を用いた 2 点間(mm オーダー)の熱起電力計測により行われていたため、空間分解能は低い。このため、ナノスケールでの S 増大機構の解明は困難である。そこで我々は、カンチレバーと試料の真空準位差(V_{vac})測定が可能なケルビンフォース顕微鏡に着眼した。温度勾配下の V_{vac} には熱起電力情報が含まれるため、局所的 S 値と関係する局所熱起電力分布の理解が可能となる。本研究では、Si 基板、ZnO 薄膜に加えて Ge 基板を用いて、温度勾配下における V_{vac} 分布測定と、その物理を明らかにすることを目的とする。

【実験方法】測定試料として、undoped Ge 基板 (n 型)、undoped Si 基板 (n 型) とゾルゲル法で作製した Ga-doped ZnO 薄膜を用意した。本測定では、独自設計した温度勾配印加機構を KFM 測定系に設置し、測定領域 100 μm 間に最大 200°C 近い温度差を印加した。温度勾配下、無温度勾配下で得られたそれぞれの V_{vac} 像の差分から温度差によって誘起された V_{vac} 分布像を取得した。また、熱起電力分布の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】温度勾配下で V_{vac} 分布測定を行ったところ、undoped Ge 基板と undoped Si 基板における V_{vac} 分布の勾配の極性は、Ge、Si の n 型にそれぞれ起因していることが分かった。一方、Ga-doped ZnO 薄膜の場合は、ある空間領域で急激な V_{vac} 変化を観測した。この物理的原因を明らかにするため、回路シミュレーションを行い、測定結果との比較を行ったところ、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[3]。本講演では、LT Spice によるシミュレーション結果を交え、微視的 V_{vac} 分布とそこに潜む物理について詳述する。

【謝辞】本研究の一部は科研費 挑戦的研究 (萌芽) (JP19K22110)の支援により行われた。

【引用】[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] Y. Komatsubara, et al., Appl. Phys. Lett. 118, 091605-1-6 (2021).