フォノニックナノ構造シリコン薄膜熱電デバイスの

熱設計シミュレーション

Thermal Design Simulation for High Power Silicon Membrane Thermoelectric Generator with Phononic Nano-structures

○正 柳澤 亮人 (東大生研) 正 野村 政宏 (東大生研)

Ryoto Yanagisawa¹ and Masahiro Nomura^{1,2}

¹ Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo 160-0016, Japan

Key Words: Thermoelectrics, Energy harvest, Silicon, Finite elements method, MEMS process

1. 研究背景・目的

環境発電デバイスとして熱電変換技術に注目が集まっており、シリコンウエハ上に作製されるプレーナ型デバイスについて報告されている(1)。プレーナ型デバイスにおいてはチップ鉛直にかかる環境中の温度差から面内方向に熱流を引き出すことが課題であり、ウエハ上部にキャビティ状の熱経路を作製することなどが有効である(2)。本発表では、上部キャビティ構造の作製手法としてデバイス上に作製したピラーを介してキャップウエハを張り合わせる手法を検討し、熱設計についてシミュレーションを行った結果について報告する。

2. 研究手法・結果

熱電発電デバイスとして、SOI ウエハ上に作製されるブリッジ構造を有するプレーナ型デバイスを用い、p 型・n 型2対をユニットとして有限要素法によるシミュレーションを行う。境界条件として水平方向は周期境界とし、上面と下面をそれぞれ 300 K, 290 K として定常状態の温度分布を計算する。キャップウエハが無い場合、ブリッジ中央が空気の対流によって温められ面内方向に温度差(ΔT_{DEV})が生じるが、外部温度差(ΔT_{SET})の 5 %程度となった。一方、ピラーを介してキャップウエハを作製した場合、固体熱伝導によりブリッジ中央が温められ、外部温度差の 75 %程度の温度差が生じる結果となった。本手法がプレーナ型熱電デバイスの性能向上に有効であると考え、実際のプロセスを検討するために、キャップウエハやピラーの材料など検討を進めていく。

3. まとめ

熱電発電デバイスの有限要素法シミュレーションにより、面内温度差を改善する構造について有効な指針を得た。

Fig. 1(a) Schematic picture of the thermoelectric device with a top heat sink. (b) Top views of simulation result for temperature distribution in the Si device layer while applying 10 K temperature difference between top and bottom boundaries.

参考文献

- (1) M. Tomita et al., IEEE Trans. Electron Devices, vol. 65, no. 11, (2018), 5180.
- (2) J. Xie, C. Lee, and H. Feng, J. Microelectromechanical Syst., vol. 19, no. 2, (2010), 317.