

## キャップ構造を用いたプレーナ型ユニレグシリコン熱電素子の開発

Development of planar-type uni-leg silicon thermoelectric generator with cap structure

東大生研<sup>1</sup>, フライブルク大学<sup>2</sup>, ○柳澤 亮人<sup>1</sup>, P. Ruther<sup>2</sup>, O. Paul<sup>2</sup>, 野村 政宏<sup>1</sup>,  
IIS Univ. of Tokyo<sup>1</sup>, IMTEK U. Freiburg<sup>2</sup>, ○R. Yanagisawa<sup>1</sup>, P. Ruther<sup>2</sup>, O. Paul<sup>2</sup>, M. Nomura<sup>1</sup>

E-mail: r-yanagi@iis.u-tokyo.ac.jp

**背景・目的**：トリリオンセンサーネットワークにおける自立給電素子として熱電発電素子(TEG)が期待され、近年では材料にシリコンナノワイヤを用い環境中での利用を想定してヒートシンク構造と組み合わせた TEG が報告されている[1]。我々のグループでは、フォノンニック結晶(PnC)ナノ構造を用いたプレーナ型シリコン TEG において、ナノ構造による 10 倍の発電量向上を実証した[2]。プレーナ型 TEG の課題として外部温度差に対して素子内部に生じる温度差が小さく、本発表ではプレーナ型 TEG の上部にキャップ構造を作製し、内部温度差の比率を向上し、 $1 \mu\text{Wcm}^{-2}$  以上の発電量密度を達成した結果を報告する。

**手法・結果**：厚さ 300 nm、n 型にドーパされた多結晶シリコン SOI 上に、周期 300 nm、半径 106 nm の PnC ナノ構造を作製し、Ti/TiN/Al の配線を形成した。キャップウエハを設置するための保持材料として SU8 レジストスペーサを作製し、気相フッ酸を用いてブリッジ構造を形成したのち、キャップシリコンウエハとアルミヒートシンクを上部に設置してキャップ構造を有する TEG を作製した。素子底面の温度をホットプレートで制御し、ヒートシンクに窒素ガスを流しながら、ヒートシンクの温度と TEG の熱起電力の測定を行った。結果を図 1 (b, c)に示す。ホットプレートの設定温度に対してミリボルトの熱起電力が得られ、電圧は風速に比例して増加した。ここでヒートシンクの温度とホットプレートの温度の差を外部温度差  $\Delta T_{DEV}$  として熱起電力をプロットすると、図 1 (c)に示す風速によらない同一の傾向が得られ、外部温度差に対して  $88.1 \mu\text{VK}^{-1}$  の電圧が得られた。温度差の比として  $\Delta T_{TE} / \Delta T_{DEV} = 4.6\%$  が得られ、以前の報告より 20 倍向上し[2]、キャップ構造の有効性を確認した。発電量密度とし 15 K の  $\Delta T_{DEV}$  に対して  $1 \mu\text{Wcm}^{-2}$  以上の結果を達成した。キャップと SU8 の間に  $20 \mu\text{m}$  程度のギャップが確認されたが、キャップがデバイス層に近いことで面直方向の熱抵抗が減り、面内温度差が改善されていると考えられる。

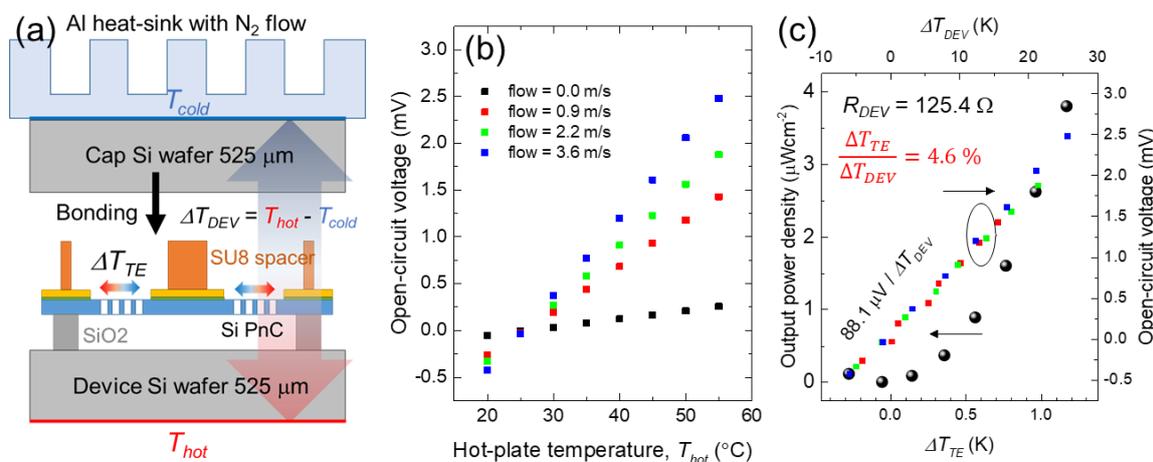


Figure 1 (a) Schematic picture of TEG with cap structure. (b) Measured voltage for different wind speed conditions. (c) Measured power density and voltage as a function of temperature differences  $\Delta T_{TE}$  (bottom) and  $\Delta T_{DEV}$  (top).

**謝辞**：本研究は、JST CREST (JPMJCR19Q3)、JST 未来社会創造事業 (JPMJMI19A1)、および科学研究費補助金 (17H02729) の支援により遂行された。**参考文献**：[1] I. Donmez Noyan, *et al.*, J. Power Sources 413, 125 (2019). [2] R. Yanagisawa, N. Tsujii, T. Mori, P. Ruther, O. Paul and M. Nomura, Appl. Phys. Express 13, 095001 (2020).