

狭ネックサイズ化によるナノフォニックシリコン熱電素子の高性能化

High performance nanophononic silicon thermoelectric devices with narrow neck sizes

東大生研¹, フライブルク大学², 情報通信研究機構³

○縄江 朋季¹, 柳澤 亮人¹, P. Ruther², O. Paul², 古澤 健太郎³, 野村 政宏¹

IIS Univ. of Tokyo¹, IMTEK Univ. of Freiburg², NICT³

○T. Nawae¹, R. Yanagisawa¹, P. Ruther², O. Paul², K. Furusawa³, M. Nomura¹

E-mail: nomura@iis.u-tokyo.ac.jp

1. 背景

近年、ナノ構造を用いた熱伝導制御の研究が盛んに行われており、シリコンナノワイヤにおいて高い熱電変換性能指数が報告されてからシリコンナノ構造の熱電素子への応用が注目を集めている[1, 2]。これまで代表長さ 100 nm 以下のシリコンナノ構造を用いたプレーナ型熱電素子は、高い内部抵抗が一つの課題である。そこで、シリコンデバイス層を厚膜化することで多数並列化の必要なく内部抵抗の低減が可能であると考えられるが、厚膜化により熱伝導率が上昇してしまう懸念がある。そこで本発表では、厚さ 1.1 μm のシリコン薄膜に周期 300 nm のフォニック結晶 (PnC) ナノ構造をこれまでに報告されているものより狭いネックサイズで作製し、低熱伝導率化を達成した結果を報告する。

2. 実験手法・結果

厚さ 1.1 μm の多結晶シリコンを活性層にもつ SOI ウェハに、図 1(a-c)のような μ -サーモリフレクタンス法によって面内方向の熱伝導率を測定するための試料を作製した。電子線描画とドライエッチングにより、周期 300 nm の正方格子 PnC を作製した。図 1(c)に PnC の断面 SEM 写真を示す。10 nm 以下の狭いネックサイズが確認できる。熱伝導率の測定結果を図 1(d)に示す。PnC を作製していない膜では、厚さ 300 nm の膜と比較して高い値となっているが[2]、PnC を作製することで同程度に低減でき、ネックサイズ 15 nm の試料においては $1.01 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ の非常に低い熱伝導率を観測した。膜厚に比べ、ナノ構造の寸法がフォノン散乱に大きく寄与していると考えられる。熱伝導率 $1.6 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ が報告された直径 50 nm のナノワイヤと比較して[1]、厚さが 1.1 μm あるため、熱電素子の性能向上が期待できる。

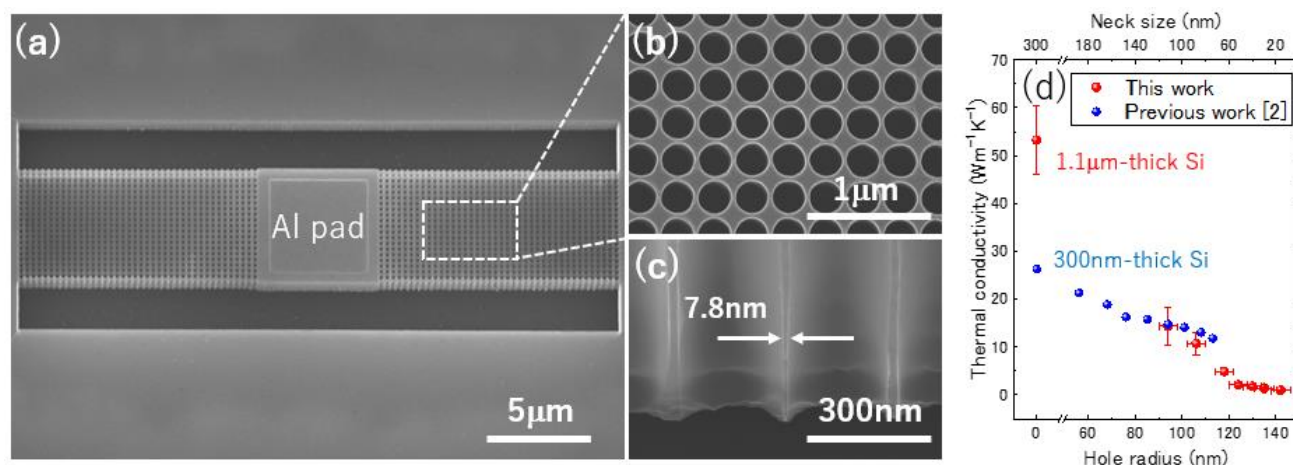


Figure 1. (a-c) SEM images of a sample. Square lattice PnCs with a period of 300 nm are fabricated on a 1.1 μm -thick Si. (d) Measured thermal conductivities of PnC.

謝辞: 本研究は、JST CREST (JPMJCR19Q3)、JST 未来社会創造事業 (JPMJMI19A1)、科学研究費補助金 (17H02729) の支援、および情報通信研究機構の協力のもと遂行された。

参考文献: [1] A. I. Hochbaum *et al.*, *Nature*, **451**, 7175, 163 (2008). [2] R. Yanagisawa *et al.*, *Appl. Phys. Express* **13** 095001 (2020).