

多結晶シリコン薄膜フォノンニックナノ構造における熱伝導率のアニール時間依存性

Annealing time dependence of thermal conductivity of poly-Si PnC nanostructures

東大生研¹, 物材機構², フライブルク大 IMTEK³, 東大ナノ量子機構⁴, JST さきがけ⁵,

○柳澤 亮人¹, 辻井 直人², Oliver Paul³, 森 孝雄², 野村 政宏^{1,4,5}

IIS Univ. of Tokyo¹, NIMS², IMTEK Univ. of Freiburg³, NanoQuine Univ. of Tokyo⁴, JST PRESTO⁵,

○R. Yanagisawa¹, N. Tsujii², O. Paul³, T. Mori², M. Nomura^{1,4,5}

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

背景: IoT 社会の到来によりセンサーノードの数が爆発的に増え、自立電源としてのエネルギーハーベスタの需要が高まり、環境負荷の小さいシリコンを用いた熱電変換デバイスが注目されている。これまで、シリコン薄膜を用いたデバイスが報告されているが^[1]、熱キャリアであるフォノンの性質に注目しマルチスケールでフォノンの散乱を誘起することで、薄膜において ZT の大きな向上が報告されている^[2]。今回、イオン注入を行った多結晶シリコンについて、熱アニール条件を変えて熱伝導率を変化させ、フォノンニック結晶 (PnC) ナノ構造と合わせて熱伝導率を低減した結果について報告する。

手法・結果: SOI ウェハ上の厚さ 300 nm の多結晶シリコン活性層に加速電圧 120 keV、ドーズ $1.8 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ で P をイオン注入し、900°C で 10 秒~30 分、熱アニールを行った。薄膜面内方向の熱伝導率を測定するために、酸化膜をエッチングしてブリッジ構造を作製し、サーモリフレクタンス法を用いて測定を行った。作製した試料を図 1(a-c)に、熱伝導率の測定結果を図 1(d)に示す。アニール前の試料についても測定を行った結果、イオン注入直後の試料が非常に低い熱伝導率を示し、アニール後の試料はイオン注入前よりも高い熱伝導率を示した。図 1(b,c)の表面 TEM による多結晶粒の観察結果が示すように、アニール後の試料において粒径が大きくなっており、イオン注入及びアニール前後において結晶粒径が変化していると考えられる。熱伝導率の結晶粒径依存性については発表において詳しく議論する。アニール時間が 1 分と 30 分の試料について周期 300 nm の PnC 構造を作製して熱伝導率を測定した結果、粒径の変化と合わせて効果的に熱伝導率を低減し薄膜と比較して 5 分の 1 低い 10 W/(mK)を得た (図 1(e))。

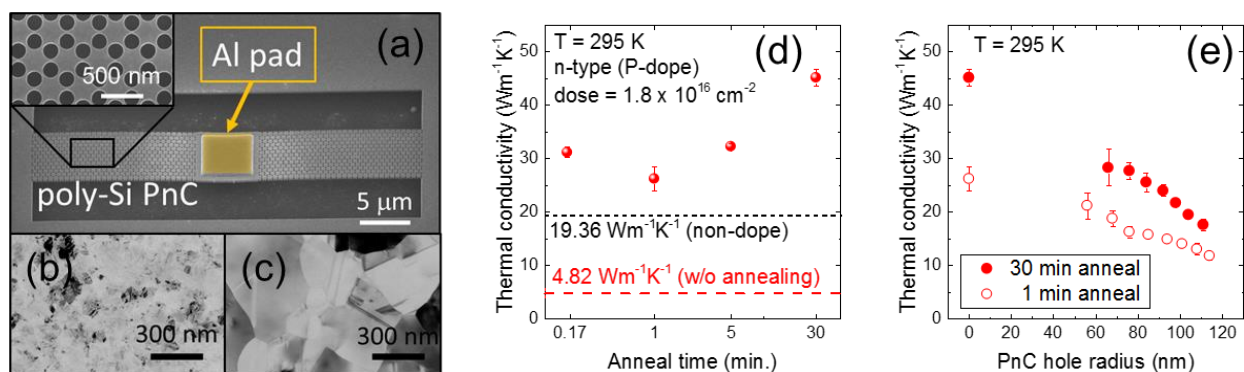


Fig.1 (a) SEM image of suspended poly-Si membrane for thermoreflectance measurement. (b,c) Surface TEM images for non-doped and 1 min annealed sample respectively. (d) Thermal conductivity of poly-Si membrane as a function of annealing time. Dot and dash line show the thermal conductivities of non-doped and doped samples without annealing. (e) Thermal conductivity of poly-Si PnC as a function of PnC hole radius. Combination of shortening anneal time and creating holes leads much lower thermal conductivity.

謝辞: 本研究は、文部科学省イノベーションシステム整備事業、科学研究費補助金 (15H05869, 15K13270)、および JST さきがけの支援により遂行された。**参考文献:** [1] Jin Xie, Chengkuo Lee, and Hanhua Feng, JMEMS. **19**, 317 (2010). [2] Masahiro Nomura, Yuta Kage, David Müller, Dominik Moser, and Oliver Paul, Appl. Phys. Lett. **106**, 223106 (2015)