

単結晶 Si で作られたフォノンニック結晶の機械特性及び電気特性評価

Mechanical and electrical analysis in phononic Si crystal

パナソニック¹, 阪大産研² ○藤金 正樹¹, 高橋 宏平¹, 反保 尚基¹, 神前 隆¹, 長尾 至成²

Panasonic Co.¹, ISIR, Osaka Univ.², Masaki Fujikane¹, Kouhei Takahashi¹, Naoki Tambo¹,

Takashi Kozaki¹, Shijo Nagao²

E-mail: fujikane.masaki@jp.panasonic.com

【緒言】

近年、微細加工技術と微細領域での分析技術が発達したことから、従来技術では分析が難しかった微細材料の物性評価が進んでいる。特にナノ構造材料に対する機械特性評価では、原子の束縛状態からの解放効果といった、バルク材料では得られなかった現象が報告されている¹⁻⁴⁾。さらに、フォノンニック結晶に対する熱物性と機械特性の評価結果からは、熱伝導率の低下と弾性率の低下に関係性があることが報告されている⁵⁾。そこで本稿では、弾性率低下の起源解明を目標とし、単結晶 Si で作られたフォノンニック結晶に対し、ナノインデンテーションを用いた機械特性評価を行い、その押し込み試験中に電気特性も同時に評価した結果を報告する。

【実験】

フォノンニック結晶の作製には、表面層に厚さ 150 nm の単結晶 Si (100)膜と、中間層に 3 μm の SiO₂膜を備えた、SOI 基板を用いた。Si 膜に対して電子線描画リソグラフィによって、孔径:ネック幅 (孔と孔の最短幅) の比率が 8:2 になるように、ネック幅を 40 nm から 400 nm まで変動させ、様々な周期でフォノンニック結晶を作製した。ナノインデンテーション試験には、先端曲率半径 80 nm の導電性ダイヤモンド圧子を装備した TI 950 TriboIndenter™を用いた。印加荷重は 50 μN 以下とし、押し込み深さは 15 nm 以下で評価した(Fig. 1)。また、ナノインデンテーション試験の前後に TEM 観察を行い、結晶構造の解析を行った。

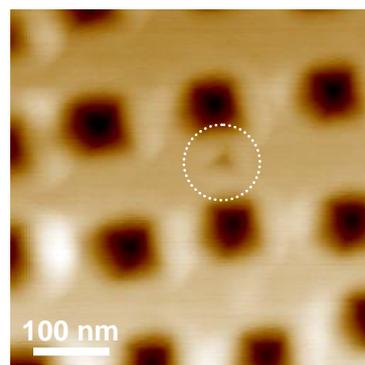


Fig. 1. Scanning probe (diamond indenter) microscope observation for indented surface dimple on the phononic Si crystal.

【結果】

ナノインデンテーション試験による弾性率評価の結果、ネック幅 400 nm の試料からはバルク Si (100)の理論値と同じ約 140 GPa が得られたのに対し、ネック幅 40 nm の試料では約 60 GPa にまで低下していることが確認された。また、押し込み試験中の電気特性評価からは、Si の高圧相への相転移に伴う通電が確認された。講演では、高圧相転移圧力とネック幅の依存性を含めた一連の結果と TEM 観察結果も合わせて報告する。

【参考文献】

- 1) R. Nowak, D. Chrobak, S. Nagao, D. Vodnick, M. Berg, A. Tukiainen and M. Pessa, *Nature Nanotechnology* **4**, 287 (2009).
- 2) G. L. W. Cross, *Nature Nanotechnology* **6**, 467 (2011).
- 3) D. Chrobak, N. Tymiak, A. Beaber, O. Ugurlu, W. W. Gerberich and R. Nowak, *Nature Nanotechnology* **6**, 480 (2011).
- 4) R. Abram, D. Chrobak and R. Nowak, *Physical Review Letters* **118**, 095502 (2017).
- 5) K. Takahashi, M. Fujikane, Y. Liao, M. Kashiwagi, T. Kawasaki, N. Tambo, S. Ju, Y. Naito and J. Shiomi, *Nano Energy* **71**, 104581 (2020).