

X線逆格子空間マッピングを用いた カーボンドープシリコンナノワイヤにおける3軸歪評価(II) Triaxial Strain Evaluation for Carbon-doped Silicon Nanowire using X-ray Reciprocal Space Mapping (II)

明治大理工¹、九州シンクロトロン光研究センター²、明大 MREL³、高輝度光科学研究センター⁴

○吉岡和俊¹、小笠原凱¹、張桐永¹、伊藤佑太¹、寿川尚¹、
廣沢一郎^{2,3}、渡辺剛⁴、横川凌^{1,3}、小椋厚志^{1,3}

Meiji Univ.¹, SAGA-LS², MREL³, JASRI⁴

○K. Yoshioka¹, G. Ogasawara¹, K. Cho¹, Y. Ito¹, S. Sugawa¹,

I. Hirose^{2,3}, T. Watanabe⁴, R. Yokogawa^{1,3}, and A. Ogura^{1,3}

E-mail: k_yoshioka@meiji.ac.jp

背景と目的: シリコン(Si)に微量の炭素(C)を添加したカーボンドープシリコン(Si:C)はSiとCの格子定数差によって大きな引っ張り歪を印加できることから、n-MOSFETのストレッサーやチャンネル材料として注目されている[1, 2]。またSiナノワイヤにおいて、キャリア移動度が面方位依存性を示すことが報告されている[3, 4]。我々はこれまでに、[110]方向に沿って作成したSi:Cナノワイヤについて放射光X線を用いた逆格子空間マッピング(RSM: Reciprocal Space Mapping)測定による歪緩和評価を行い、[110]方向と[-110]方向、並びに[001]方向の歪緩和に異方性があることを明らかにした[5]。そこで本研究では、45°回転した[100]方向に沿って作成したSi:Cナノワイヤについて歪緩和評価を行うことで、Si:Cナノワイヤにおける歪緩和の面方位依存性について検討した。

実験: 分子線エピタキシー法によりSi(001)基板上に成膜したC濃度0.60, 0.83%のSi:C薄膜を、電子線描画およびドライエッチングによりナノワイヤ状に微細加工したものを試料とした。ナノワイヤは長辺を[100]方向、短辺を[010]方向にそれぞれ平行とした。長辺の長さは10 μm で一定とし、短辺の幅を1000, 500, 200 nmと変化させて微細加工を施した。X線のエネルギーは10 keVとし、(606)面回折近傍についてRSM測定を行った。

結果: Fig. 1にC濃度0.83%幅200 nmのSi:CナノワイヤのRSM像を示す。ただし、Si:Cナノワイヤの短辺がFig. 1(a)では[-110]方向に、Fig. 1(b)では[010]方向にそれぞれ平行で、測定した回折はそれぞれ337および606近傍である。Fig. 1(a), (b)共に、RSM像下端に見られるプロファイルはSi基板由来の回折プロファイルの一部分にあたり、図中に矢印で示したピークがSi:Cナノワイヤの回折プロファイルである。Fig. 1ではSi:Cナノワイヤの回折プロファイルがどちらも帯状になっているが、これはナ

ノワイヤ中の格子面間隔に分布があることを示している。また、Si:Cナノワイヤの回折プロファイルがSi基板のものよりも高 qx 側に分布していることから、Si:Cナノワイヤの幅を200 nmに微細加工すると面内方向に歪緩和が生じることが分かる。加えてFig. 1(a), (b)の比較より、平均的な格子面間隔は[100]ナノワイヤの方が[110]ナノワイヤに対して面内方向では0.11%短く、面直方向では0.02%長くなったことから、Si:Cをナノワイヤに微細加工する際の面方位によって歪緩和に差異が生じる可能性が示唆された。

謝辞: 本測定は高輝度光科学研究センター(JASRI)の承認を得て、BL19B2において多軸X線回折装置を用いて実施された(課題番号: 2020A1748, 2020A1849)。

- [1] M. Li *et al.*, IEEE T-ED **67**, 11 (2020).
- [2] F. Ducroquet *et al.*, ECS Trans. **3**, 333 (2006).
- [3] J. Chen *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **48**, 011205 (2009).
- [4] Y. M. Niquet *et al.*, Nano Lett. **12**, 7, 3545 (2012).
- [5] 吉岡和俊 他、2021年春応物 (17p-Z33-5).

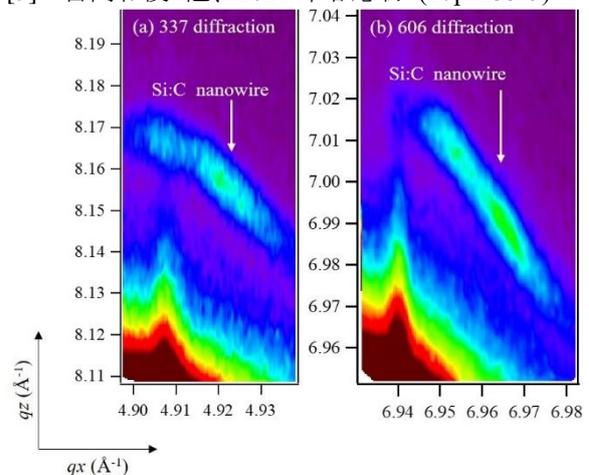


Fig. 1 RSMs of Si:C nanowire (C: 0.83%, width: 200 nm) with width nano-fabricated along (a) [-110] and (b) [010].