カーボンドープシリコンナノワイヤ内の格子面間隔分布の検討

Strain Distribution of Carbon-doped Silicon Nanowire using X-ray Reciprocal Space Mapping

九州シンクロトロン光研究センター[1]、明大 MREL[2]、明治大理工 [3]、高輝度光科学研究センター[4]
○廣沢一郎 [1,2],吉岡和俊 [3],小笠原凱 [3],張桐永 [3],伊藤佑太 [3],寿川尚 [3],渡辺剛 [4],横川凌 [2,3],小椋厚志 [2,3]
, SAGA-LS[1], MREL[2], Meiji Univ. [3], JASRI[4]
○I. Hirosawa[1,2], K. Yoshioka[3], G. Ogasawara[3], K. Cho[3], Y. Ito[3], S. Sugawa[3]
T. Watanabe[4], R. Yokogawa[2,3], and A. Ogura[2,3]
E-mail: hirosawa@saga-ls.jp

背景と目的:

Si 基板上に形成された微量の C を添加したカーボンドープシリコン(Si:C)膜には大きな引っ張り歪が印加される。この Si:C 膜から[110]方向に沿って形成したナノワイヤでは[110]方向（長辺方向）と[$\bar{1}$10]方向（短辺方向）、並びに[001]方向（面直方向）の平均的な格子面間隔が異なり歪緩和に異方性があることを逆格子空間マッピング(RSM: Reciprocal Space Mapping)測定により明らかにしてきた[1]。複数の RSM にはナノワイヤの回折の周囲に特徴的な散乱パターンが観測される。これに注目しナノワイヤ内の格子歪分布を検討した。

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 0.83%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試料の RSM 測定結果について検討した。各試料の長辺の長さは 10 μm で一定とし、短辺の幅は 1000, 500, 200, 100 nm である。$\bar{3}$37 近傍の RSM 測定は X 線のエネルギーを 10 keV とし SPring-8 BL19B2 に設置された多軸回折装置を用いて行った。

結果:

Fig. 1(a)は短辺 100 nm 試料の測定値から熱散漫散乱と CTR (Crystal Truncation rod) をバックグラウンドとして除去した短辺 100 nm 試料の RSM であり、横軸が[$\bar{1}$10]方向成分 q_x、縦軸が[001]方向成分 q_z である。Fig. 1(a)には q_x=4.92, 4.94 Å^{-1},付近に散乱強度の２つのピークが見られる。Fig.1(b)は短辺方向の格子間隔はナノワイヤの中央から端に向かって、及び基板から上面に向かって線形的に減少、積層方向の格子間隔は中央から端に向かって線形的に増加すると仮定して得られた計算結果である。こちらもほぼ同じ位置に２つのピークが得られ、測定結果を定性的に再現できている。

Fig.2(a)は短辺 500 nm 試料のバックグラウンドを除いた RSM 測定結果である。100 nm 試料とは異なり q_x=4.92, q_z=8.16 Å^{-1} 付近がピークでその両側に散漫散乱様のプロファイルが観測されている。100 nm 試料と同様に格子間隔の変化がナノワイヤ全体に及んでいる歪分布ではこの測定結果を説明できないが、Fig.2(b)のようにナノワイヤ中央部 140 nm の範囲に面内方向の格子面間隔が一定の領域を設けて計算すると測定結果に近づくことがわかった。

以上の結果は面内方向の格子面間隔が変化する領域がナノワイヤの両端から限られた範囲内であることを示していると考えられる。

[1]　吉岡和俊 他、2021 年春応物 (17p-Z33-5).

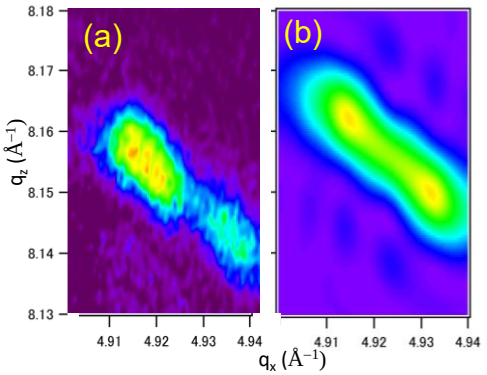

Fig.1　Observed (a) and calculated (b) RSMs of nano-wires with 100 nm in width.

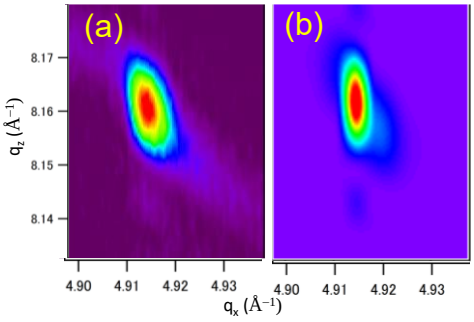

Fig.2　Observed (a) and calculated (b) RSMs of nano-wires with 500 nm in width.