

EBSP 法を用いた SiGe/Ge ナノワイヤー構造に生じる応力緩和分布の高空間分解能測定

High-spatial-resolution Measurement of Stress Relaxation Profile

in Strained SiGe Nanowires on Ge Substrate by EBSP

明治大学理工学部¹、学振特別研究員 PD²、産総研 連携研究体グリーン・ナノエレクトロニクスセンター(GNC)³○富田 基裕^{1,2}、武内 一真¹、山本 章太郎¹、小瀬村 大亮¹、白田 宏治³、小椋 厚志¹Meiji Univ.¹, JSPS Research Fellow PD², Collaborative Research Team Green Nanoelectronics Center (GNC), AIST³, Motohiro Tomita^{1,2}, Kazuma Takeuchi¹, Shotaro Yamamoto¹, Daisuke Kosemura¹, Koji Usuda³, and Atsushi Ogura¹ E-mail: mot_tom@meiji.ac.jp

【はじめに】歪 SiGe はポストスケーリング技術における次世代材料の一つであり、次世代トランジスタへの応用が期待されている。最新の 22 nm ノードの設計では Fin-FET が採用されるなど、素子の微細化と立体化が進んでおり、今後も素子内の応力分布はさらに複雑になると予想される。したがって、微細なチャンネルに導入された応力分布の評価には高空間分解能が求められている。我々はこれまで、電子線後方散乱パターン(EBSP)法による SiGe ワイヤ構造の評価を行ってきたが、幅 50 nm のワイヤーを評価することは困難であった。EBSP では鮮明な回折像を得るために、電子線の電流量を高くする必要があり、半導体材料においてもチャージアップの影響が避けられず、特に寸法の小さい構造においてはその影響が顕著であったためである。本研究では、広域電子線照射によりチャージアップの影響を低減する手法を採用し、EBSP を用いて最小幅 50 nm の高 Ge 濃度歪 SiGe ワイヤの応力緩和分布を評価した。

【実験】Ge 基板上に Ge 濃度 76% の SiGe 層を持つ試料を用いた。SiGe 層の膜厚は約 35 nm である。この試料に対し、電子線リソグラフィ、および反応性イオンエッチングによりナノワイヤー構造を作成した。Fig. 1 に本研究で用いた試料構造を示す。本研究で用いた構造は $X = 1000, 500, 200, 100, 50$ nm、 $Y = 3 \mu\text{m}$ のワイヤー構造(Fig. 1(a))および $X = 50$ nm、 $Y = 500$ nm の長方形構造(Fig. 1(b))である。EBSP は FE-SEM に装備され、プローブ径は最小で 20×60 nm である。全ての測定は加速電圧 20 kV で行っており、検出深さは約 30-50 nm である。さらに、SEM 筐体内にて広域電子線照射を 1 h 行った。

【結果】Fig. 2 に EBSP, FEM によって評価した $Y = 3 \mu\text{m}$ の SiGe ワイヤ構造の 1 次元 σ_{xx} 応力緩和分布を示す。EBSP、FEM 両手法の評価結果は良い相関関係にあり、応力緩和量に対する明確な X 幅依存性が確認できた。Fig. 3 に(a, b)EBSP, (c, d)FEM によって評価した $X = 50$ nm、

$Y = 500$ nm の長方形構造の 2 次元 σ_{xx} および σ_{yy} 応力緩和分布を示す。EBSP と FEM では σ_{xx} 応力はワイヤー全体でほぼ緩和しており、 σ_{yy} 応力はある程度保持しているという傾向が一致した。しかし、 σ_{yy} 応力の絶対値には違いが見られる。これはチャージアップにより EBSP 像が影響を受けているために生じたと考える。以上の結果より、広域電子線照射を採用することで、EBSP を用いた幅 50 nm のワイヤー構造の評価に成功したと結論する。これまで EBSP による評価が可能な寸法は Sub-100 nm までであったが、電子線照射など評価条件を留意することで、さらに微細な Fin-FET に導入された応力分布評価へも応用可能であることを示している。

本研究の一部は、科研費基盤研究 B (24360125) および最先端研究開発支援プログラムにより補助を受けたものである。

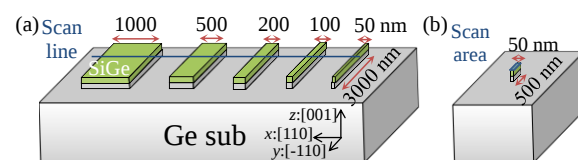


Fig. 1 Bird's-eye view and coordinate system of the strained SiGe nanowires on Ge substrate sample.

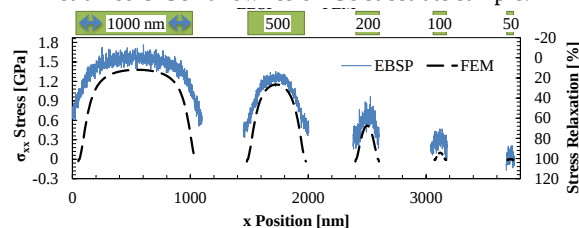


Fig. 2 1D σ_{xx} stress profile for the nanowire of the SiGe wire obtained by EBSP (blue line) and FEM (dashed line).

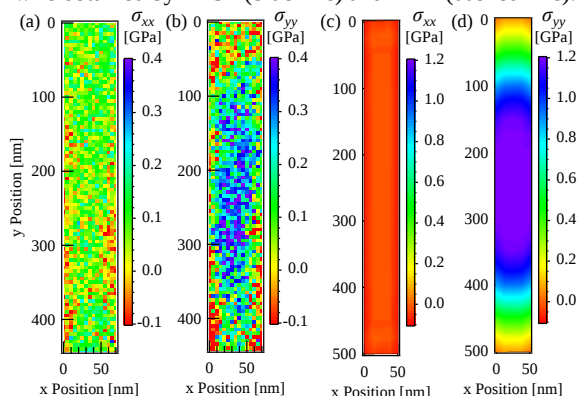


Fig. 3 2D σ_{xx} and σ_{yy} stress profile for the nanowire of the SiGe layer obtained by (a, b) EBSP and (c, d) FEM.