

微細構造歪 SiGe 層に生じる応力緩和分布のテンソル評価

Tensor Evaluation of Stress Relaxation Profile in Strained SiGe Nanostructures on Si Substrate
 明治大学理工学部¹、学振特別研究員 DC²、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}、小瀬村 大亮¹、白田 宏治³、小椋 厚志¹

Meiji Univ.¹, JSPS Research Fellow DC², Collaborative Research Team Green Nanoelectronics Center (GNC), AIST³, Motohiro Tomita^{1,2}, 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。しかし、最新のトランジスタでは微細化が進んでいるため、グローバル歪を導入した薄膜層の微細化による応力緩和は不可避である。したがって、微細化によって発生する応力緩和を正確に評価することが重要となる。本研究では、電子線後方散乱パターン(EBSP)法、超解像ラマン分光(SRRS)法、有限要素法(FEM)を用いて、微細加工を施した歪 SiGe 層の応力緩和分布をテンソルとして評価した。

【実験】試料は Si 上に膜厚 30 nm、Ge 濃度 30% の SiGe 層を持つ基板を用いた。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種々の微細構造を作成した。Fig. 1 に本研究で用いた試料構造を示す。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。SRRS の励起光源には波長 532 nm の Nd:YAG レーザーを用いており、対物レンズには油浸レンズ ($NA = 1.4$) を用いた。さらに、超解像のアルゴリズムには Bilateral total variation 法を適用した [1]。FEM では約 6,600 の四角形二次要素を用いた平面歪モデルにより計算を行った。

【結果】Fig. 2 に EBSP, SRRS, FEM によって評価した、 $X = 100 \mu\text{m}$ 、 $Y = \infty$ (mm オーダー) の比較的大きなメサ構造 [Fig. 1(a)] のエッジ近傍における σ_{xx} 応力の緩和分布を示す。EBSP, SRRS の評価より、 σ_{xx} 応力はエッジにおいてそれぞれ約 65%, 78% に緩和していることを確認した。FEM による計算では σ_{xx} 応力はエッジにおいて完全に緩和している。各手法による結果の微差は分解能の違いから生じており、それを考慮すれば各手法の結果はよい相関関係にあると考えられる。 σ_{xx} 応力の緩和はエッジから 100 nm の範囲で強く、応力分布から EBSP と SRRS の分解能は 100 nm 以下であると評価した。

Fig. 3 に EBSP, FEM によって評価した、 $X = 1000, 500, 200, 100 \text{ nm}$ 、 $Y = 5 \mu\text{m}$ の微細パターン [Fig. 1(b)] における σ_{xx} および σ_{xz} 応力の分布を示す。1000 から 100 nm の寸法になるにつれて σ_{xx} 応力の緩和が大きくなっていることを両手法により確認した。さらに、EBSP の結果は FEM と非常に良い相関が取れている。これらの結果より EBSP と SRRS は sub-100 nm オーダーの構造を測定可能な有力な手法であり、FEM はこれら手法の検証に有用である。本研究の一部は、日本学術振興会の基盤研究 B (24360125) および最先端研究開発支援プログラムにより助成を受けたものである。

[1] M. Tomita et al., Jpn. J. Appl. Phys. 50, 010111 (2011).

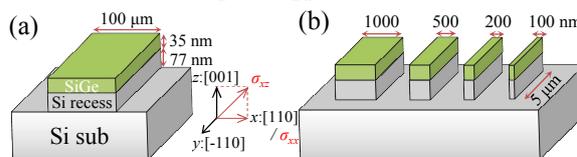


Fig. 1 Bird's-eye view and coordinate system of the strained SiGe on Si substrate sample.

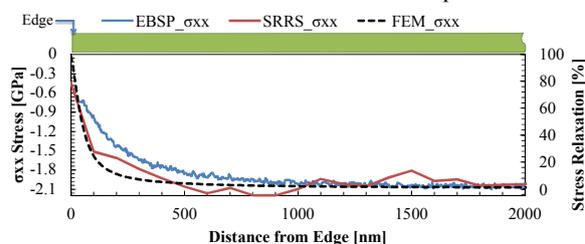


Fig. 2 σ_{xx} stress profiles scanned to x direction in SiGe layer of wide pattern obtained by EBSP, SRRS, and FEM.

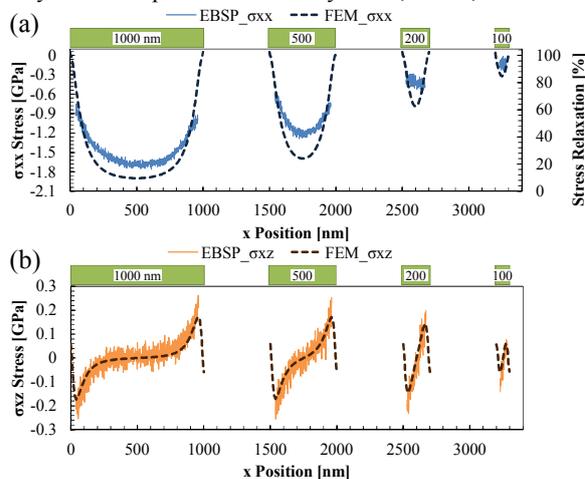


Fig. 3 (a) σ_{xx} and (b) σ_{xz} stress profiles for the fine structures of the SiGe layer obtained by EBSP and FEM.