

超解像ラマン分光法による微細加工歪 SiGe 層に生じる応力緩和の高空間分解能 2 次元分布評価

Two-dimensional Evaluation of Stress Relaxation Profile

in Strained SiGe Nanostructures on Si Substrate by SRRS

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、臼田 宏治³、小椋 厚志¹Meiji 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チャンネル材料候補であり、次世代トランジスタへの応用が期待されている。しかしながら、グローバル歪 SiGe 層をチャンネルとする微細トランジスタでは、微細化が進むにつれて歪層の応力緩和が不可避となり、応力緩和の高空間分解能評価が重要となる。そこで今回、超解像ラマン分光(SRRS)法を SiGe 微細構造の 2 次元ひずみ緩和評価に初めて適用し、併せて電子線後方散乱パターン(EBSP)法、有限要素法(FEM)も比較検討したので報告する。

【実験】Fig. 1 に試料構造および測定領域を示す。膜厚 30 nm、Ge 濃度 30% の SiGe 層を持つ Si 基板に対し、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 $X = 1000$ nm、 $Y = 5000$ nm の微細 SiGe メサ構造を形成後、種々の測定をメサの 1/4 領域で行った。ラマン分光測定には励起光源として波長 532 nm の Nd:YAG レーザーを、対物レンズには油浸レンズ($NA = 1.4$)を用い、その結果に超解像のアルゴリズムには Bilateral total variation 法を適用した[1]。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 で行われ、検出深さは約 30-50 nm である。FEM では約 11,000 の六面体要素を用いた 3 次元歪モデルを用いた。

【結果】Fig. 2 にラマン分光法にて評価した、 $\sigma_{xx} + \sigma_{yy}$ 応力の超解像処理前後の 2 次元分布を示す。メサパターン中央部の応力は約 -3.0 GPa であり、試料が緩和していない事を確認した。一方、エッジ部分の応力緩和は、超解像前で -2.5 ~ -2.0 GPa であり、超解像後は -2.0 ~ -1.5 GPa である。超解像後の応力値：-1.5 GPa はパターン中央部の応力の半分となり、エッジに垂直な σ_{xx} もしくは σ_{yy} 応力が完全に緩和していると判断できる。Fig. 3 に EBSP によって評価した $\sigma_{xx} + \sigma_{yy}$ 応力および FEM によって評価した緩和応力成分(中間主応力)の 2 次元分布

を示す。SRRS の結果は Fig. 3 に示した結果と良い相関が取れている。即ち、超解像ラマン分光(SRRS)法を用いることで、EBSP の実用空間分解能と同等である sub-100 nm の空間分解能による 2 次元評価を達成し、SiGe 歪層のエッジ緩和評価に有効である事を示す事ができた。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。

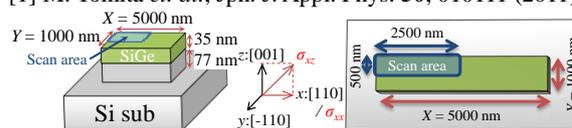
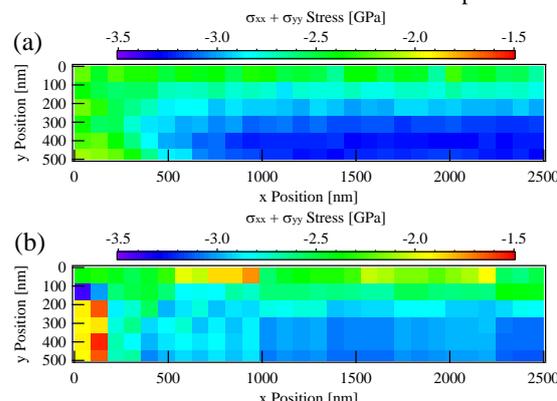
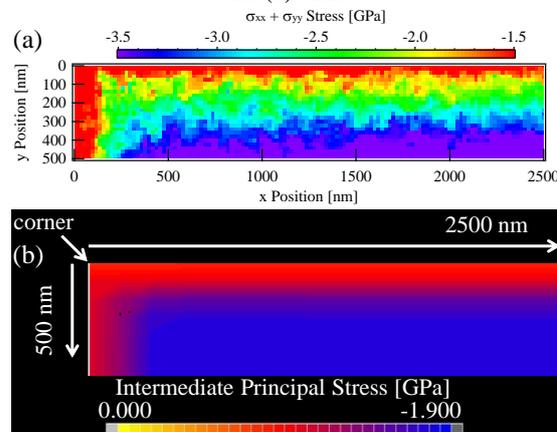
[1] M. Tomita *et. al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **50**, 010111 (2011).

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

Fig. 2 Two-dimensional $\sigma_{xx} + \sigma_{yy}$ stress distributions in SiGe layer obtained by (a) conventional Raman and (b) SRRS.Fig. 3 Two-dimensional (a) $\sigma_{xx} + \sigma_{yy}$ stress and (b) intermediate principal stress distributions in SiGe layer obtained by EBSP and FEM.