19a-A16-3

EBSP 法を用いた微細な歪 SiGe メサ構造に生じる応力緩和分布の Ge 濃度依存性評価

Evaluation of Stress Relaxation Profile Depending on Ge Concentration in Strained SiGe Nanostructures on Si or Ge Substrate by EBSP

明治大学理工学部 [1]、学振特別研究員 DC[2]、産総研 連携研究体ｸﾞﾘｰﾝ・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 [1]
Meiji Univ.[1], JSPS Research Fellow DC[2], Collaborative Research Team Green Nanoelectronics enter (GNC), AIST[3], ○Motohiro Tomita[1, 2], Daisuke Kosemura[1, *], Koji Usuda[3], and Atsushi Ogura[1]
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、トランジスタへの応用が期待されている。また、最新の 22 nm ノード世代では Fin-FET が採用されるなど、チャネルへの歪導入、微細化、立体チャネル化、および新材料導入の検討が同時に進んでいる。したがって、微細化によって発生する立体チャネルの応力緩和の正確な評価がますます重要となっている。しかしながら、今後検討が期待される高 Ge 濃度 SiGe 微細構造の応力緩和分布を評価した例はまだ少ない。そこで、本研究では、電子線後方散乱パターン(EBSP)法および有限要素法(FEM)を用いて、微細加工を施した歪 SiGe 層の応力緩和分布を評価した。

【実験】Si基板上にGe濃度30%の低Ge濃度SiGe層を持つ試料およびGe基板上にGe濃度76%の高Ge濃度SiGe層を持つ試料を用いた。SiGe層の膜厚は両試料とも約30 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微細なメサ構造を作成した。本研究で用いた構造はX = 500 nm、Y = 3 μmの長方形構造である。なお低Ge濃度基板はSi基板に77 nmのオーバーエッチングが生じている。このリセス構造によりSiGe層の応力はより緩和している。Fig. 1に本研究で用いた低Ge濃度試料構造を示す。EBSPはFE-SEMに装備され、全測定を加速電圧20 kVで行った。プローブ径は最小で20 × 60 nm、検出深さは約30-50 nmである。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(a)に EBSP, FEM によって評価した、Ge 濃度 30%の SiGe メサ構造内の σ_{xx} 応力：短軸方向応力の分布を示す。EBSP の評価では、メサ構造の両エッジにおける σ_{xx} 圧縮応力がそれぞれ約 65%緩和していることを確認した。一方、FEM による計算ではエッジにおける σ_{xx} 圧縮応力は完全に緩和している。両手法による結果の微差は分解能の違いから生じており、それを考慮すれば両手法の結果はよい相関関係にあると考えられる。Fig. 2(b)に EBSP, FEM によって評価した、76%Ge 濃度 SiGe 層内の σ_{xx} 応力分布を示す。EBSP 評価より、σ_{xx} 引張応力はメサ構造の両エッジにおいてそれぞれ約 66%緩和していることを確認した。この値は低 Ge 濃度試料の結果とほぼ等しい。以上の結果より EBSP は Ge 濃度に関わらず SiGe 歪層のエッジ緩和評価に有効で、FEM の計算結果と良い相関が取れている。更に、リセスによる緩和を考慮する必要はあるが、低/高 Ge 濃度歪 SiGe 層の応力緩和率分布は濃度に関わらず相関が取れている。即ち、本結果はエピタキシャル SiGe 層が完全弾性に従うならば応力緩和率の分布が Ge 濃度に依存しないことを、計算と測定の両面から示唆するものである。

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。

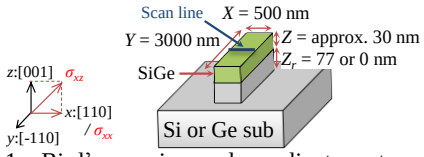

Fig. 1　Bird's-eye view and coordinate system of the strained SiGe on Si substrate sample.

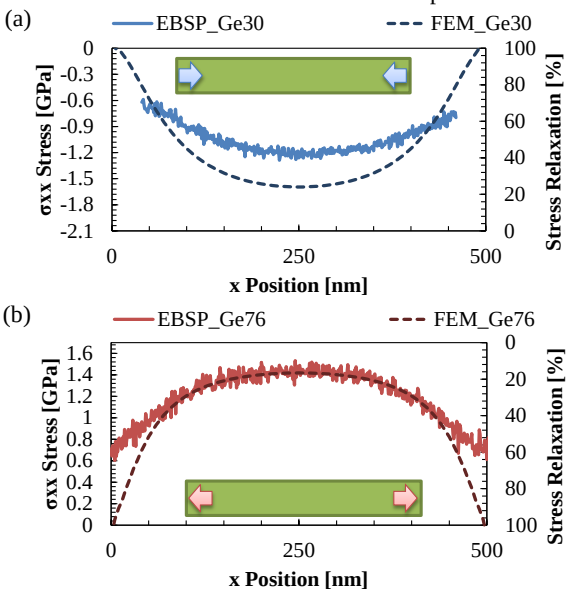

Fig. 2　σ_{xx} stress profiles for the (a) $Si_{0.70}Ge_{0.30}$ and (b) $Si_{0.24}Ge_{0.76}$ fine structures obtained by EBSP and FEM.

© 2014 年　応用物理学会