

有限要素法による異種の構造から導入される重畳応力の評価

Stress superposition from Heterogeneous Origins Evaluated by Finite Element Method Simulation

明治大理工¹、学振特別研究員 DC²○富田 基裕^{1,2}、小瀬村 大亮¹、小椋 厚志¹Meiji Univ.¹, JSPS Research Fellow DC²,○Motohiro Tomita^{1,2}, Daisuke Kosemura¹, and Atsushi Ogura¹

E-mail: mot_tom@meiji.ac.jp

【はじめに】歪 Si 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。埋め込み SiGe (eSiGe) および SiN 応力膜は既に最新の MOSFET に適用されている [1,2]。しかし、ナノスケールのチャネル領域に導入される応力は、様々な構造起因の応力が重畳されるため複雑化することが予想される。本研究では、有限要素法(FEM)を用いて、eSiGe 層と SiN 膜を有する試料に導入される重畳応力を評価した。

【実験】試料は Si に厚さ 100 nm の eSiGe および、膜厚 50 nm の SiN を持つ基板をモデルとした。Fig. 1 に本研究で用いた試料構造を示す。x 方向 Si チャネル長さは 1000, 500, 200, 100, 50, and 30 nm であり、y 方向チャネル幅は無限を仮定した。FEM では約 10,000~12,000 の四角形一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 にチャネル長 100 および 50 nm の構造における表面下 10 nm の x 方向 1 次元 σ_{xx} 応力分布を示す。SiN により導入される応力分布は SiN のエッジ部分で最も強く、チャネルに導入される応力はチャネル長 100, 50 nm の構造において約 -0.8, -1.0 GPa である。対して、eSiGe では $x = 100, 50$ nm の構造においてチャネル中央で最も応力が強い。チャネル中央での応力は -2.6, -2.8 GPa である。また、eSiGe と SiN が組み合わさった時に導入されるチャネル応力は -3.3, -2.8 GPa である。Fig. 2 下段に示した eSiGe と SiN の構造を別々に FEM 計算した結果を足しあわせた応力分布と eSiGe と SiN の両方を持つモデルを FEM 計算した結果はほぼ一致している。

Fig. 3 にチャネル長 1000~30 nm の構造における表面下 10 nm の σ_{xx} チャネル平均応力のチャネル長(X)依存性を示す。FEM により得られたチャネル長は、過去の研究結果と同様の傾向を示している [1,2]。また、本実験で行ったすべてのチャネル長において eSiGe と SiN の組み合わせから導入される応力は、別々に計算した結

果の足しあわせで再現できている。今後、足しあわせで表現できない非線形な条件の有無を確認し、その原因の検証を行う予定である。本研究の一部は、(株)半導体理工学研究センター(STARC)および日本学術振興会の特別研究員奨励費(24・10247)により助成を受けたものである。

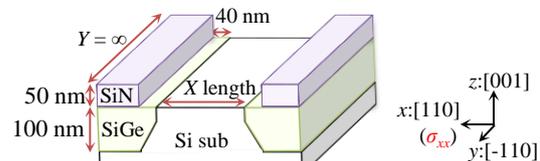
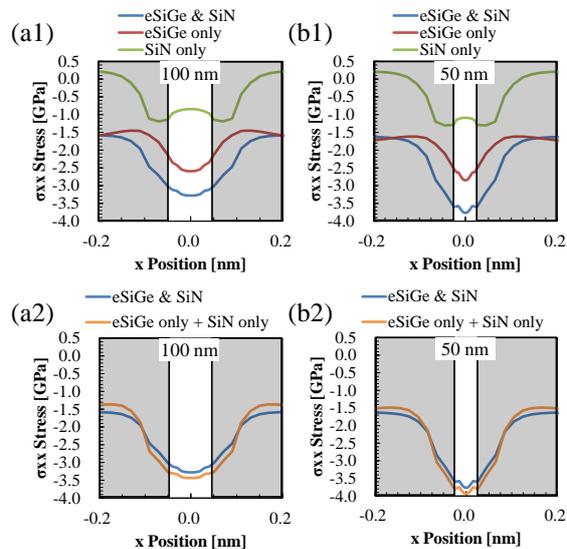
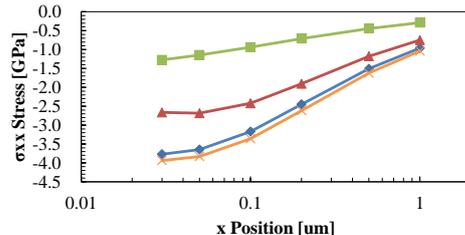
[1] M. Takei *et al.*, J. Appl. Phys. **107**, 124507 (2010).[2] S. Mayuzumi *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices **56**, 2778 (2009).

Fig. 1 Bird's-eye view and coordinate system of the Si substrate with eSiGe and SiN sample.

Fig. 2 One-dimensional profiles of σ_{xx} in 10 nm below the surface of the samples with channel lengths of (a) 100 and (b) 50 nm.

— eSiGe & SiN — eSiGe only — SiN only — eSiGe only + SiN only

Fig. 3 X length dependence of averaged σ_{xx} in the samples on channel lengths from 1000 to 30 nm.