

イオン注入による欠陥制御を用いて作製した 圧縮歪み Si/Si_{1-x}C_xヘテロ構造の熱的安定性

Thermal stability of compressively strained Si/Si_{1-x}C_x heterostructures
formed with the defect control by ion implantation

○有澤 洋¹, 星 裕介¹, 有元 圭介², 山中 淳二², 中川 清和²,

澤野 憲太郎³, 宇佐美 徳隆¹ (1. 名古屋大、2. 山梨大、3. 東京都市大)

○Y. Arisawa¹, Y. Hoshi¹, K. Arimoto², J. Yamanaka², K. Nakagawa², K. Sawano³, and N. Usami¹ (1. Nagoya Univ., 2. Univ. of Yamanashi, 3. Tokyo City Univ.)

E-mail: arisawa.you@a.mbox.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】Si-MOSFETにおいて、チャネル層に二軸性圧縮歪みを導入すると正孔移動度が大きく増大すると期待されている[1]。このような二軸性圧縮歪み Si は、歪み緩和 Si_{1-x}C_x 層上に Si を結晶成長させることで形成できる。しかし Si_{1-x}C_x 中の C 原子は高温熱処理により析出することが知られており、これにより置換格子位置の C 原子密度が低減するため[2]、圧縮歪み Si の歪み量が減少してしまうことが懸念される。一方、これまで我々は Ar イオン注入により意図的に残留欠陥を発生させた Si(100)基板上にガスソース分子線エピタキシー法を用いて Si/Si_{1-x}C_x ヘテロ構造を結晶成長することで、表面 Si 層に 0.9%程度の圧縮歪みが導入できることを示してきた[3]。本研究では、イオン注入法を利用し作製した Si/Si_{1-x}C_x ヘテロ構造の熱的安定性を調べたので報告する。

【実験】まず Si(100)基板に Ar イオン注入を 25keV、 $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ の条件で施し、700°Cで 10 分間、窒素雰囲気中で再結晶化熱処理を行った。次に、ガスソース MBE 法を用いて Si_{1-x}C_x 層を結晶成長させ、その上に連続的に Si を結晶成長させることで Si/Si_{1-x}C_x ヘテロ構造を作製した。この試料を温度 500-800°C、時間 60 分、大気中で熱処理を行った。

【結果】図 1 に 800°Cで熱処理した試料の(224)X 線回折逆格子空間マッピングを示す。 $Q_x = 5.25 (\text{nm}^{-1})$, $Q_y = 7.42 (\text{nm}^{-1})$ において Si_{1-x}C_x 層からの回折ピークが明瞭に見えている。このピーク位置から、Si_{1-x}C_x 層の C 組成は 1.8%であり、熱処理前の試料の C 組成 2.0%より小さいことが分かった。これは、緩和 Si_{1-x}C_x 層を 800°Cで熱処理することで C 原子の析出が起こったことを示している。次に、歪み Si 層の熱的安定性を調べるため、ラマン分光法を用いて歪み Si 層の歪み量を評価した。図 2 に表面 Si 層の圧縮歪み量の熱処理温度依存性を示す。熱処理温度の増大に伴い、歪み量が減少する傾向が見られる。特に、800°Cで熱処理した試料では、熱処理前と比較して歪み量が $0.11 \pm 0.05\%$ 減少していることが分かった。この歪み量の減少は、C 組成の減少により生じる歪み量の減少分(0.10%)とほぼ同程度であることから、800°Cの熱処理後においても Si/Si_{1-x}C_x ヘテロ界面において転位発生が起こらないことを示唆している。これらの結果は、熱処理による表面 Si 層の歪み量の減少は、緩和 Si_{1-x}C_x 層の C 原子の析出により生じていることを示している。本研究は、JSPS 科学研究費補助金 2436001 の支援を受けて行われた。

[1] D. Yu *et al.*, Phys. Rev. B **78**, 245204 (2008). [2] J. W. Strane *et al.*, J. Appl. Phys. **76**, 3635 (1994).

[3] 有澤 他, 第 62 回応用物理学会, 12a-D5-4

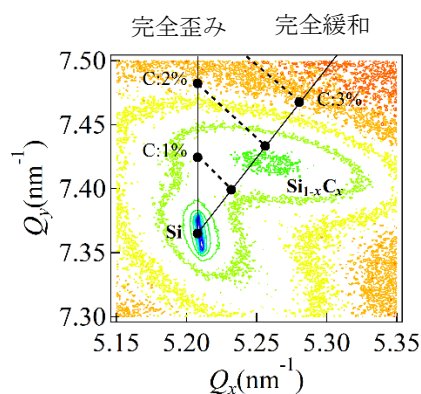


図 1. 800°Cで熱処理した試料の(224)X 線回折逆格子空間マッピング

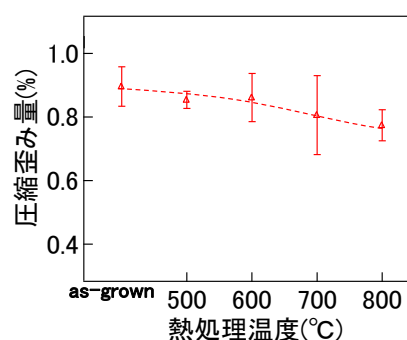


図 2. 表面 Si 層の圧縮歪み量の熱処理温度依存性