

課題番号 : 2006B0105

課題名 : 異常分散効果を用いた微小角入射 X 線回折による極薄 SGOI 基板の  
組成・歪み評価

実験責任者 : 川村朋晃(NTT 物性科学基礎研究所)

共同実験者 : 尾身博雄(NTT 物性科学基礎研究所),  
木村滋(SPring-8), 水牧仁一朗(SPring-8)

使用ビームライン : BL46XU

近年におけるシリコンデバイスの進展はすでにシリコン材料自体の物理的性質の限界まで達しており、このため従来のシリコンプロセスとは異なる材料・構造の検討が進められている(図 1)。例えばゲート酸化膜の代替材料である high-K 材料は実用化が見える段階まで到達しており、また配線間材料としての low-K 材料等についても精力的に検討が進められている。さらに近年短チャンネル効果の抑制、低消費電力化やデバイス動作速度の向上を目的とし、SOI (Silicon - on - insulator) 薄膜を用いたチャンネルの実用化も進んでおり、一部の材料については市販デバイスへの導入も始まっている。

SOI 基板を用いたデバイスのアイデア自体は古く、1978 年にはすでに SOI 基板の一種である SIMOX (Separation by Implanted Oxygen) 基板上で動作する MOS トランジスタ[1]が実現している。またサファイヤ基板上のシリコンデバイス(SOS)の開発も進められており、主に軍用デバイスとして用いられている。近年は SOI 層に横歪みを加えた歪み Si チャンネルや、チャンネル材料として移動度の高い GOI (Germanium - on - insulator)材料を用いた構造の研究も開始されている。

上部シリコン層に歪みを付加する方法と

してこれまでにいくつかの手法が提案されており、このうち SOI 基板上に作製した SiGe 膜を熱酸化により濃縮・薄膜化する方法は Ge 濃度の制御範囲が広いことから有望な技術として注目されている[2]。一方 SiGe 合金の熱酸化の際に界面に Ge の偏析が生じることが以前より知られており[3]、熱酸化における SGOI 薄膜の界面構造を調べることは歪み SOI 基板や GOI 基板作製においても大いに重要となる。

そこで本課題では全反射領域での X 線回折および異常分散 X 線測定を併用することにより、極薄 SGOI 層における歪み・Ge 組成の深さ方向解析を試みた。

試料として120nm の BOX(Burried-Oxide-layer)層を持つ SIMOX 基板(Si(001)基板)を用いた。バックエッチプロセスにより上部 SOI 層の厚さを約 30nm にした後、MBE 法により Si<sub>0.8</sub>Ge<sub>0.2</sub>層を約 30nm 成長させ、その後試料を熱酸化することにより SGOI 基板を作製した。X 線回折測定には BL46XU の多軸 X 線回折計を用い、11103eV(Ge 吸収端)および 11003eV の X 線を用い、Si および SGOI 層の(220)反射を入射角 $\alpha$ を変えながら測定した。図 2 に Ge K 吸収端近傍における(a)  $\alpha=0.13^\circ$  および(b)  $\alpha=0.21^\circ$  での(220) Bragg 反射プロファイルを示す。入射角が Si の臨界角(約  $0.16^\circ$ )より低角である

$\alpha=0.13^\circ$  では入射エネルギーを変化させてもピーク位置はほとんど変化していないのに対し、高角となる $\alpha=0.21^\circ$ ではSGOI反射のピーク位置が入射エネルギーにより異なっていることが判る。また図3にSGOIのBragg反射ピーク位置から求めたSGOI層の格子定数のSiに対する相対値( $\Delta d = d_{SGOI} - d_{Si}$ )を示す。Ge K吸収端より低エネルギー側(11003eV)では入射角が増加するに伴いSGOIの格子定数が徐々に減少するのに対し、Ge K吸収端(11103eV)では入射角がSiの臨界角近傍まではSGOI層の格子定数が減少するのに対しそれ以降はほぼ一定となっている。Ge吸収端ではGe原子による散乱が減少し、Si原子からの寄与が増大することを考慮すること今回の結果はSGOI層内部において深さ方向のGe濃度不均一が存在を示唆している。

- [1] K. Izumi, M. Doken, H. Ariyoshi, *Electron Lett.* **14** (1978) 593.
- [2] T. Tezuk 他, *Jpn. J. Appl. Phys.* **40** (2001), 2866.
- [3] F. K. LeGoues 他, *J. Appl. Phys.*, **65** (1989), 1724.

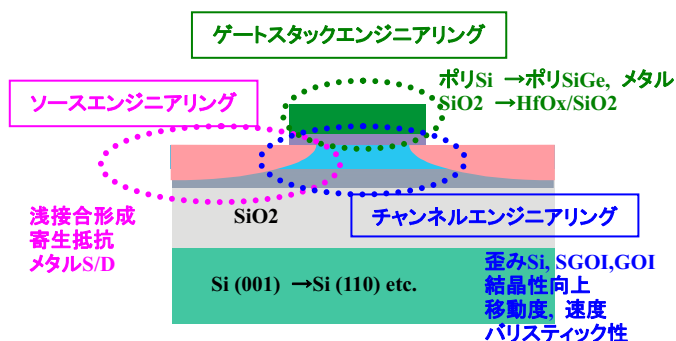


図1 次世代半導体へ向けての要素技術 (2005 Mirai成果発表会より)

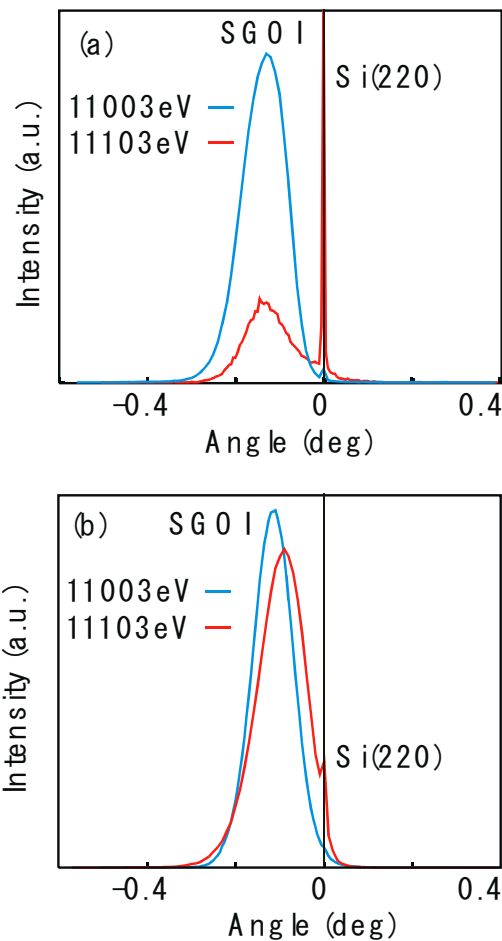


図2 SGOI基板の(220) Bragg反射プロファイル(a)  $\alpha=0.13^\circ$ , (b)  $\alpha=0.21^\circ$

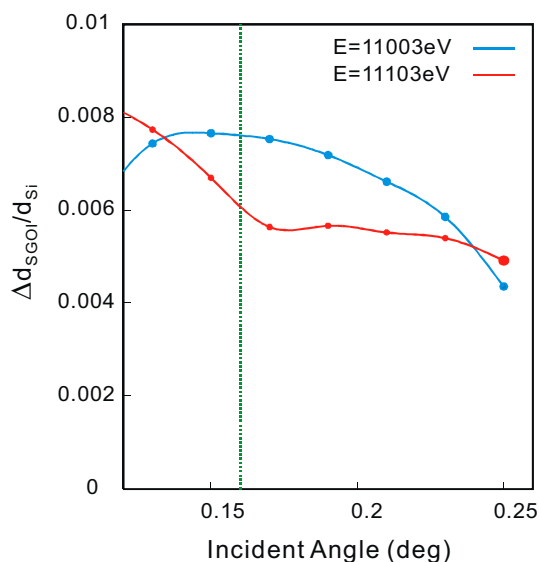


図3 SGOI層の面内方向における格子定数の入射角依存性