

課題番号：2006A0111

課題名：異常分散を利用した X 線反射率による SGOI 基板の組成解析

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

近年における微細加工技術の進展はシリコンの物理的性質の限界まで達しており、シリコンデバイスのさらなる集積化・高度化には材料・構造に立ち戻った新たなブレークスルーが求められている。これに対しては図 1 に示すように従来のシリコンプロセスとは異なる種々の材料、構造の検討が進められており、ゲート酸化膜としての high-K 材料や、配線材料としての low-K 材料等の実用化が進められている。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が期待できる絶縁体材料上に形成したシリコン薄膜 (Silicon-On-Insulator) が再度注目を浴び始めており、デバイスへの応用も始まっている。

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 トランジスターが開発されている[1]。また基板としてサファイヤを用いた SOS (Silicon-On-Sapphire) 基板の開発も進められており、現在では主に軍事用デバイスとして用いられている。近年は上部シリコンに横歪みを加えた歪み Si チャネルを用いたデバイスに多くの注目が集まっている。上部シリコン層に歪みを付加する方法として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は界面に Ge の偏析が生じること[3]から熱酸化後の SGOI 薄膜の界面構造を調べることは大いに重要である。

そこで本課題では Ge 原子の吸収端を利用した異常分散 X 線反射率法を用い、実際に界面に Ge が偏析しているか、あるいはその組成決定の可能性も含めて SIMOX 基板上に作製した SGOI 薄膜を用いて異常分散 X 線反射率測定を行った。

試料として 120nm の BOX (buried oxide-layer) 層を持つ SIMOX 基板上に熱酸化法で作製した SGOI 基板を用いた。図 2 に作製した SGOI 基板の断面 TEM 像の一例を示す。酸化プロセスにおける Ge 原子の拡散によりほぼ均一な SiGe 層が形成されているように見えることが判る。また SGOI 層の上部および下部界面は十分平滑であり、SGOI 層内に明確な欠陥などが見られないことから良質な SGOI 薄膜が形成されていることが判る。

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 11000eV の X 線を用いて反射率測定を行った。図 3 (a), (b) に Ge 吸収端 ($E=11103\text{eV}$) およびそれより 103eV 小さいエネルギー

(11000eV)で測定した反射率プロファイルを示す。なお X 線のエネルギーの絶対値は酸化ゲルマニウムの吸収スペクトルから算出した。臨界角近傍の反射率プロファイルが Ge 吸収端とその近傍で大きくことなっていることが判る。臨界角より高角側での振動は主に SGOI 薄膜と上部酸化層の干渉による可能性が大きい、その振幅が大きいことから界面における Ge 偏析の可能性を示している。図 3 (c) に入射エネルギーとして 11000eV を用い、構造モデルとして単純な $\text{SiO}_2/\text{Si}_{0.9}\text{Ge}_{0.1}/\text{SiO}_2/\text{Si}$ 構造を仮定した場合の反射率プロファイルを示す。測定されたプロファイルとは明らかに異なっており、詳細については不明であるが、SGOI 薄膜中に何らかの構造が存在している可能性を示唆している。

[1] K. Izumi, M. Doken, H. Ariyoshi, *Electron Lett.* **14** (1978) 593 .

[2] T. Tezuk 他, *Jpn. J. Appl. Phys.* **40**, 2866 (2001)..

[3] F. K. LeGoues 他, *J. Appl. Phys.*, **65** (1989), 1724.

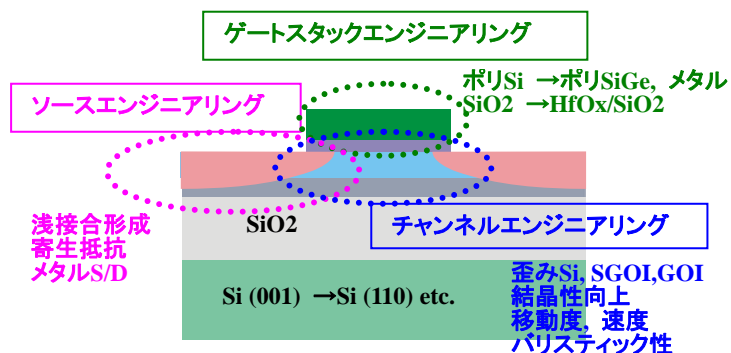


図1 次世代半導体へ向けての要素技術 (2005 Mirai成果発表会より)

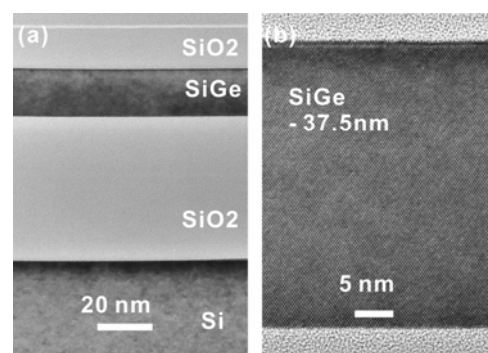


図 2 SGOI 膜の断面 TEM 観察

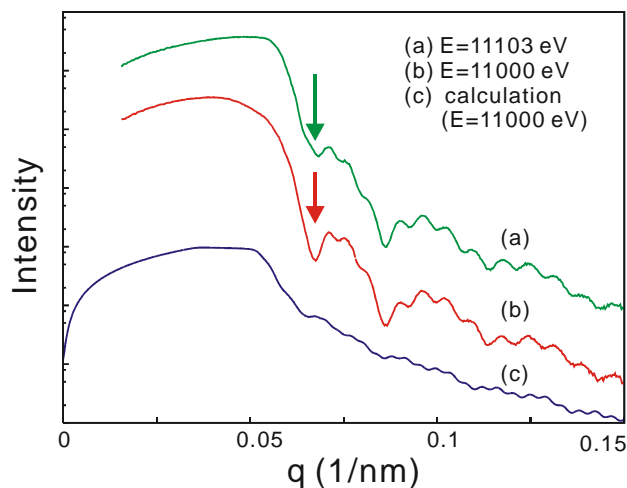


図 3 SGOI 基板の反射率プロファイル