

課題番号：2005B0843

課題名：異常分散 X 線回折法を用いた SGOI 基板の歪みおよび組成解析

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),

坂田修身(SPring-8), 竹田晋吾(SPring-8)

使用ビームライン：BL13XU

近年における微細加工技術の進展はほぼシリコン(Si)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高度化には材料に立ち戻った新たなブレークスルーが要求されている。このための技術の一つとして歪み Si チャンネルを用いたデバイスの高速化が注目されている(図 1)。この技術のポイントは図 2 に示すように SiGe 層の上にチャンネル Si 層を形成し、両者の間に生じる応力を利用してチャンネル Si 層に歪みによるバンド変調を起こさせ、キャリアの移動度向上を図ることにあり、Si 基板上に形成された良質な SiGe 薄膜が必要となる。このため傾斜組成法を利用した SiGe 薄膜や SGOI(silicon-germanium on insulator)を利用する方法が提案されており、特に後者は短チャンネル化にも対応可能であることから将来のチャンネル高速化技術としても期待されている。

SGOI 薄膜の作製法としては SOI 基板上への SiGe 薄膜エピタキシャル成長, Si 基板上の SiGe エピタキシャル層への酸素イオン打ち込みによる埋め込み酸化膜の作製, SOI 基板上の SiGe 膜を熱酸化により濃縮・薄膜化する方法などが提案されている。SGOI の場合においても SiGe/Si 系と同様に格子緩和の影響が大きく、歪み量の制御には SGOI 層の組成, 膜厚, 緩和率等を正確に評価・制御する必要がある。このうち

SGOI 薄膜の歪み量は基板と薄膜の Bragg 反射ピーク位置から精密に求めることができ、SiGe 層の組成の評価は、格子定数が組成と比例関係にあるという近似(Vegard 則)を利用して求めることが多い。しかし Vegard 則は組成が均一であり十分厚い SiGe 膜での適用性は確認されているが、不均一な組成を持つ歪み緩和 SiGe 膜等では直接適用できないことが指摘されていた[1]。特にこの問題は SIMS 分析が困難な極薄膜 SGOI においてはさらに深刻となり、歪みおよび組成の両者を同時に評価できる手段が求められていた。

そこで本課題では Ge 原子の吸収端を利

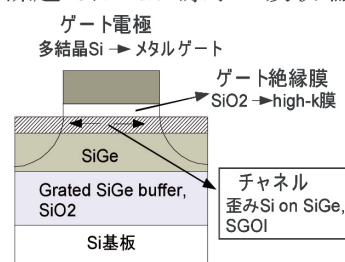


図 1 次世代技術の事例

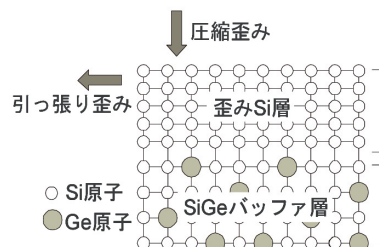


図 2 SiGe 層上に形成した歪み Si の模式図

用した異常分散 X 線回折法を用い、SGOI 薄膜における歪み量と組成を独立かつ精密に評価することを目的として、SIMOX 基板上に作製した SGOI 薄膜の歪み・組成評価を行った。

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 3 に作製した SGOI 基板の断面 TEM 像を示す。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 BL13XU の多軸 X 線回折計を用い、11.103 keV(Ge 吸収端)および 11.003keV の X 線を用いて Bragg 反射測定を行った。図 4 に [00L] 方向で測定した (224)Bragg 反射プロファイルを示す。Ge 原子の散乱因子が吸収端で変化することにより SiGe 層からの Bragg 反射強度が減少していることが判る。また図 4 に SiGe 薄膜の Bragg 反射強度比の Ge 組成依存性を示す。今回測定した試料の強度比率から SGOI 層の Ge 組成は約 11%と見積もられた。一方 SiGe(224)反射のピーク位置から Vegard 則を用いて Ge 組成を見積もると約 13%となり、異常分散 X 線回折法により求めた値よりも大きくなった。SiGe 薄膜の場合、酸化プロセス中に界面に Ge 偏析が生じることが知られており [2], 今回の相違は SGOI 薄膜と SiO₂ 界面における高 Ge 偏析層による可能性がある。実際 EDX 測定においても SGOI 層と上部酸化膜層界面の Ge 濃度が上昇しており、今回の結果は Vegard

則を用いて SGOI 薄膜の組成決定を行う場合、Ge 組成分布に注意を払う必要性を示している。

[1] A. Fukuhara 他, J. Appl. Cryst., 13 (1980), 31 .

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

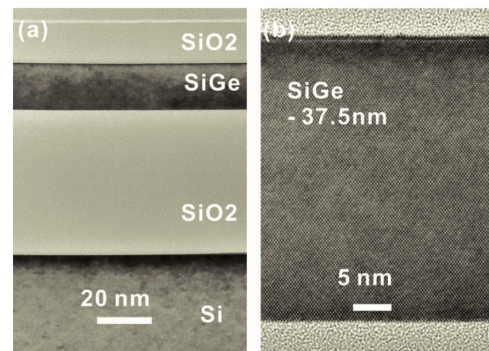


図 3 SGOI 膜の断面 TEM 観察

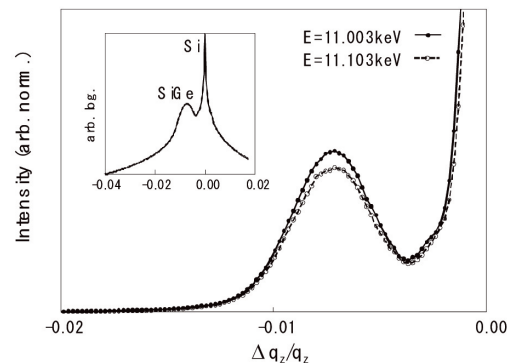


図 4 SGOI 薄膜の(224)Bragg 反射プロファイル

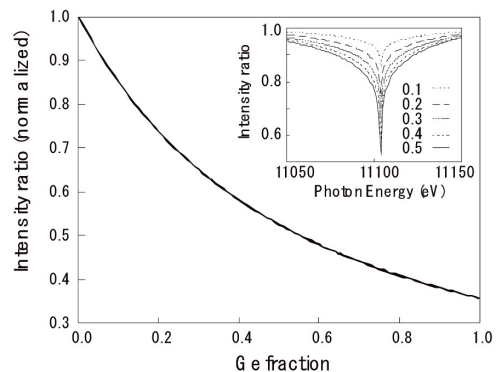


図 5 Bragg 反射強度比の Ge 組成依存