

放射光 X 線マイクロビームを用いた歪みシリコンナノ薄膜の評価 Characterization of Strained Si Layer by Synchrotron X-ray Microbeam

志村考功^a、井上智之^a、岡本佑樹^a、竹田晋吾^b、坂田修身^c、木村 滋^c

Takayoshi Shimura^a, Tomoyuki Inoue^a, Yuki Okamoto^a,

Shingo Takeda^b, Osami Sakata^c, and Shigeru Kimura^c

^a大阪大学、^bスプリングエイトサービス、^c高輝度光科学研究センター

^aOsaka University, ^bSPRING-8 Service, ^cJASRI

放射光 X 線マイクロビームを用いて 2 種類の歪み Si ウェーハの歪み Si 層の結晶性評価を行った。低角入射の非対称反射配置により 113 ブラッグ反射周辺の逆格子マップを測定した。SiGe 層、歪み Si 層の反射を分離して測定することができ、どちらの層の反射についてもブロードであり、結晶性が低いことがわかった。測定位置を変えると歪み Si 層の強度分布が変ることから歪み Si 層の面内の不均一性が確認された。

Characterization of the strained Si layer on SiGe-on-insulator (SGOI) wafers was carried out by using synchrotron X-ray microbeam. Reciprocal space maps around the 113 Bragg point were obtained in the asymmetrical setting of low incident angle. The reflections from the strained Si and SiGe layers were separately observed in the maps. The widths of the reflections were broad, indicating the low crystalline quality for both layers. The intensity profile of the reflection from the strained Si layer was dependent on the illuminated area of the sample surface. This shows nonuniformity of the strained Si layer in the lateral direction.

キーワード：歪み Si、X 線マイクロビーム、SiGe on insulator、逆格子マップ

背景： シリコン LSI の MOSFET (metal-oxide-semiconductor field-effect-transistor)はゲート電極、ゲート絶縁膜、チャネルの 3 層の MOS 構造が基本である。今まではゲート電極に poly Si、ゲート絶縁膜に SiO₂(または SiON)、チャネルに Si を使い、デバイスのサイズを小さくすることによりその性能の向上を成し遂げてきた。しかし、さらなる単純な微細化だけでは性能の向上は飽和傾向にあり、よりいっそうの性能向上のための技術(Technology Booster)が検討されている。チャネルへの歪み Si の導入はキャリアの移動度を向上させるために Technology Booster として最も盛んに研究されている技術のひとつである¹⁾。

目的： 本研究はチャネル領域に使用される歪み Si 層を放射光マイクロビームにより評価することである。歪みを Si チャネルに導入する方法には、局所的に取り入れるものやウェーハレベルで適用する技術があり、それぞ

れの利点、欠点や有効性の検証が行われている。本研究ではウェーハレベルで適用するために用いられる歪み Si について評価を行った。

実験方法： 本研究で測定した歪み Si 層は、貼り合せ法で作製した SGOI(SiGe on Insulator)仮想基板上に歪み Si 層を成長させたもの(貼り合せ sS/SGOI)²⁾、酸化濃縮法で作製した SGOI 基板上に歪み Si 層を成長させたもの(酸化濃縮 sS/SGOI)³⁾である。歪み Si 層、SiGe 層、埋め込み酸化(BOX)層の膜厚はそれぞれ 15-25、30-80、100-200nm 程度である。

X 線回折実験では 8.5keV の X 線をフレネルゾーンプレートで 0.56 (vertical) × 1.77 (horizontal) μm²に集光して用いた⁴⁾。このときの Si 基板の 004 反射の半値幅は約 0.017deg であった。

結晶性評価は低角入射の非対称反射配置で 113 ブラッグ反射周りの逆格子マップの測

定により行った。

実験結果及び考察： Fig.1 に貼り合わせ sS/SGOI 試料の 113 ブラッグ反射周りの逆格子マップを示す。この試料の歪み Si 層、SiGe 層の厚さはそれぞれ 17、71nm であり、それぞれの層からの反射が分離して測定されていることがわかる。試料が理想的な層構造ならば、逆格子マップにおいて歪み Si 層、SiGe 層からの反射はラウエ関数的な強度振動を持つストリーク状の散乱にならなければならない。しかし、どちらの反射についてもブロードであり、これはどちらの層についても結晶性が低いことを示している。

そのピーク位置について見ると、SiGe 層の反射は歪みが完全に緩和した場合に予想される位置に観測されている。ピーク位置から SiGe 層の Ge 組成は約 28%と見積ることができる。歪み Si 層のピーク位置は SiGe 層のピークと同じ H、K の位置に観測されている。このことは、歪み Si 層は緩和した SiGe 層にエピタキシャル成長しており、面内の格子長が SiGe 層と一致していることを示している。そのピーク位置より歪み Si 層は面内において引張り方向に 1%歪んでいることがわかる。

また、Fig. 2 に X 線マイクロビームの試料上への照射位置を 40 μm づつ変えながら測定した歪み Si 層のロックンングカーブを示す。試料表面上の照射位置が変わると歪み Si 層の反射の強度分布が変化していることがわかる。この結果から歪み Si 層の面内の不均一性も確認することができた。

酸化濃縮 sS/SGOI 試料についても同様の測定を行い、歪み Si 層からの反射を測定することができた。

参考文献

- 1) D. K. Nayak, J. C. S.Woo, J. S. Park, K. L.Wang, and K. P. MacWilliams, Appl. Phys. Lett. 62 (1993) 2853.
- 2) G. Tarashi, T.A. Langdo, M.T. Currie, E.A. Fitzgerald, D.A. Antoniadis, J. Vac. Sci. Technol. B 20 (2002) 725.
- 3) T. Tezuka, N. Sugiyama, and S. Takagi, Appl. Phys. Lett. 79 (2001) 1798.
- 4) S. Takeda, S. Kimura, O. Sakata, and A. Sakai, Jpn. J. Appl. Phys. 39 (2006) L1054.

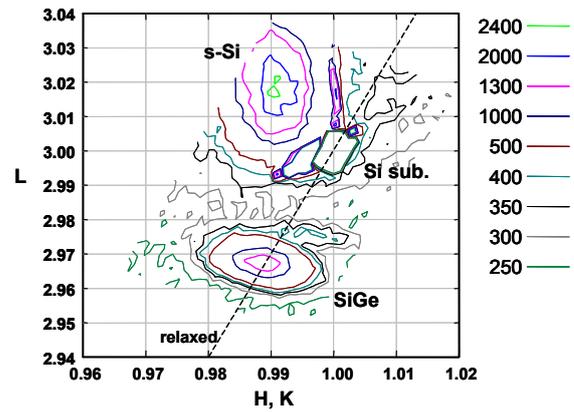


Fig. 1. Intensity map around 113 Bragg points in reciprocal space from sS/SGOI structure fabricated by layer transfer technique.²⁾

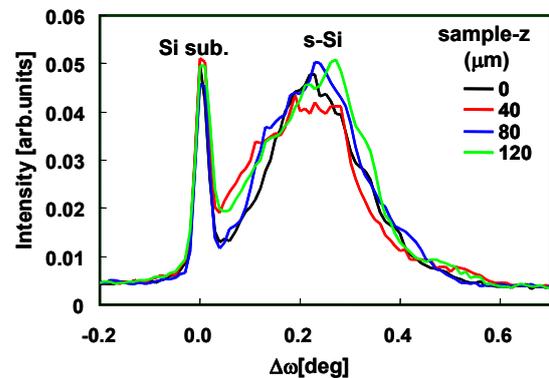


Fig. 2. Rocking curves of 113 Bragg point of the strained Si layer on the SGOI substrate fabricated by layer transfer technique.²⁾