

放射光 X 線マイクロビームを用いた  
SiGe 層の酸化濃縮過程のナノ領域歪み解析  
Strain analysis in nanometer area during Ge condensation process  
of SiGe layers by synchrotron X-ray microbeam

志村考功<sup>a</sup>、井上智之<sup>a</sup>、坂田修身<sup>b</sup>、木村 滋<sup>b</sup>

Takayoshi Shimura<sup>a</sup>, Tomoyuki Inoue<sup>a</sup>, Osami Sakata<sup>b</sup>, and Shigeru Kimura<sup>b</sup>

<sup>a</sup>大阪大学、<sup>b</sup>高輝度光科学研究センター

<sup>a</sup>Osaka University, <sup>b</sup>JASRI

放射光 X 線マイクロビームを用いて SOI 基板上にエピタキシャル成長させた SiGe 層の酸化濃縮過程における結晶性評価を行った。1000°C で 1 時間の酸化後において、SOI 層及び SiGe 層の局所領域のロックンクカーブ測定を測定位置を変えながら行ったところ、半値幅が大きく広がり、角度位置がゆらいでいることがわかった。この結果は酸化濃縮初期から格子面傾斜ゆらぎが発生していることを示している。

Characterization of the SiGe layer epitaxially grown on the silicon-on-insulator (SOI) substrate was carried out during the Ge condensation process by using synchrotron X-ray microbeam. After oxidation at 1000°C for one hour, the dependences of the rocking curves from the SOI and SiGe layers on the measurement position showed the broadening of the angular width and the fluctuation of the peak position. This indicates that lattice undulation occurs at the initial stage of the Ge condensation process.

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

**背景：** シリコン LSI の高性能化は主にデバイスの微細化によってなされてきた。しかし、微細化による高性能化は物理的限界を迎えており、微細化に頼らない手法が求められている。その手法の一つとして、MOSFETs (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors) のチャネル領域に歪み Si を導入し、キャリア移動度の向上を図る手法が検討されている<sup>1)</sup>。

歪み Si デバイスの作製法として種々の手法が検討されているが、そのひとつとして、歪み Si ウェーハを用いる手法が提案されている。この手法の利点として、比較的大きな歪みを印加することが可能であり、かつ、従来のデバイス作製プロセスの適用が容易であるという点を挙げることができる。しかし、歪み Si ウェーハの結晶性が不十分あり、実用化に向けてその改善のための努力が勢力的に行われている<sup>1)</sup>。

酸化濃縮法は歪み Si ウェーハの作製法として最も期待されているもののひとつである。SOI (Silicon on Insulator) ウェーハ上に比較的

低 Ge 濃度で SiGe 層をエピタキシャル成長し、酸化することによって Ge を濃縮し、歪み Si 層の下地となる SGOI (SiGe on Insulator) 構造を作製することができる。比較的低 Ge 濃度で SiGe 層を成長することによって成長時の欠陥の発生を抑制し、下地酸化膜との界面ですべりを利用することによって高品質な SGOI ウェーハの作製が可能であると期待されている<sup>2)</sup>。

しかし、現状の歪み Si ウェーハの結晶性は十分とはいえない。我々は、放射光 X 線マイクロビーム回折により SiGe 層にサブミクロン領域のサイズで 0.4° 程度の格子面傾斜ゆらぎをもつドメインが存在し、それが歪み Si 層へ伝播していることを確認している<sup>3)</sup>。

**目的：** 本研究は酸化濃縮過程の試料を放射光 X 線マイクロビームにより評価することにより、格子面傾斜ゆらぎの発生過程を明らかにし、その抑制法の指針を示すことを目的としている。

**実験方法:** 酸化濃縮の初期基板として 60nm 厚の Si 層を持つ SOI ウェーハ上に CVD (Chemical Vapor Deposition)法により Ge 濃度 20%で 70nm の SiGe 層を成膜した試料を用意した。酸化濃縮は、Dry O<sub>2</sub> 中、850~1000℃でおこなった。

マイクロ X 線回折実験では 8keV の X 線をフレネルゾーンプレートで 0.79 (vertical) × 1.2 (horizontal) μm<sup>2</sup> に集光して用いた<sup>4)</sup>。このときの Si 基板の 004 反射の半値幅から見積った X 線の発散角は約 0.05deg であった。結晶性評価は 004 反射のロックンクカーブを試料表面上の測定位置を変えながら測定することにより行った。

**実験結果及び考察:** Fig.1 に酸化前と 1000℃ で 1 時間酸化した試料のマイクロビームを用いた局所領域のロックンクカーブの測定位置の依存性を示す。酸化前の試料では、SOI 層、SiGe 層のどちらのロックンクカーブも測定位置を変えても、その角度位置、半値幅にほとんど変化はないことがわかる。しかし、わぶか 1 時間の酸化後ですでに、SOI 層、SiGe 層のどちらのロックンクカーブとも測定位置により、その角度位置、半値幅が大きく変っ

ていることがわかる。これは、酸化濃縮初期においてすでに格子面傾斜が発生していることを示している。

#### 参考文献

- 1) M. L. Lee, E. A. Fitzgerald, M. T. Bulsara, M. T. Currie, and A. Lochtefeld, *J. Appl. Phys.* **97** (2005) 11101.
- 2) T. Tezuka, N. Sugiyama, T. Mizuno, M. Suzuki, and S. Takagi, *Jpn. J. Appl. Phys.* **40** (2001) 2866.
- 3) T. Shimura, K. Kawamura, M. Asakawa, H. Watanabe, K. Yasutake, A. Ogura, K. Fukuda, O. Sakata, S. Kimura, H. Edo, S. Iida, and M. Umeno, *J. Mater. Sci.: Mater. Electron.* accepted.
- 4) S. Takeda, S. Kimura, O. Sakata, and A. Sakai, *Jpn. J. Appl. Phys.* **39** (2006) L1054.

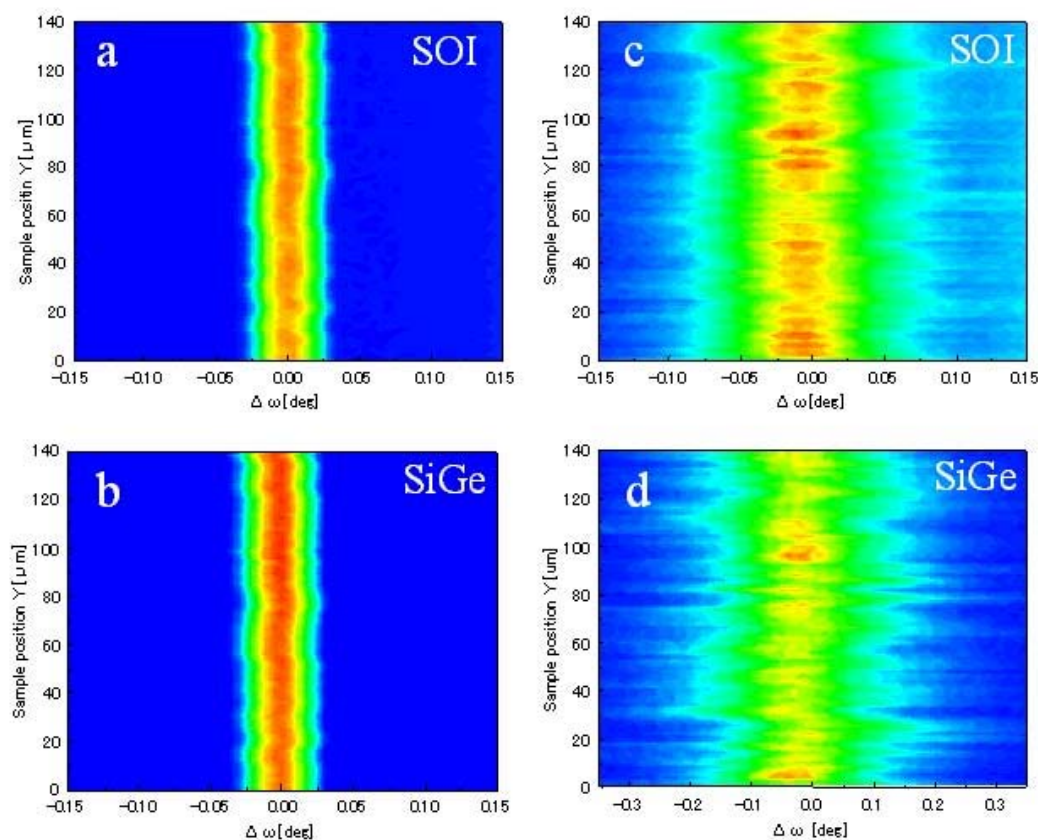


Fig. 1. Dependences of the rocking curve on the measurement position in the sample surface. (a) and (b) show the rocking curves of the SOI and the SiGe layers of the as-grown sample, respectively. (c) and (d) show the rocking curves of the SOI and the SiGe layers of the sample oxidized at 1000℃ for one hour, respectively.