

微細領域に選択エピタキシャル成長した Ge 薄膜の局所歪揺らぎ検出 Local strain in Ge epitaxial thin films selectively-grown in small area

大原 悠司^a, 海老原 洪平^a, 加藤 哲司^a, 山下 鎮^a, 吉川 純^a, 中村 芳明^a,
酒井 朗^a, 中塚 理^b, 今井 康彦^c, 木村 滋^c, 坂田 修身^c

^aYuji Ohara, ^aKohei Ebihara, ^aTetsuji Kato, ^aMamoru ^aYamashita, ^aJun Kikkawa,
^aYoshiaki Nakamura, ^aAkira Sakai, ^bOsamu Nakatsuka, ^cYasuhiko Imai,
^cShigeru Kimura, and ^cOsami Sakata

大阪大学^a, 名古屋大学^b, 高輝度光科学研究センター^c

^aOsaka University, ^bNagoya University, ^cJASRI

SPring-8 のビームライン BL13XU を使用して X 線マイクロ回折法を行い、局所領域に選択成長した Si(001)基板上の Ge 層の歪緩和・構造変化を調べた。その結果、アニール処理を施すことで、Ge 層の結晶性の改善、歪緩和、Si と Ge のミキシングが促進されることがわかった。また、Ge 層をマイクロメートルサイズまで微細化すると、アニール処理による歪緩和効果が低減することが観測された。

The X-ray microdiffraction study revealed annealing-induced change in local strain and structure of Ge microcrystals epitaxially grown on Si (001) using the undulator beamline (BL13XU) in SPring-8. The annealing process induced crystallinity improvement, strain relaxation, and Si-Ge mixing. For Ge microcrystals, the strain relaxation effect became milder compared with large Ge films.

キーワード: X線マイクロ回折法、Ge/Si、選択エピタキシャル成長、歪緩和

背景と研究目的: Si 基板上のエピタキシャル Ge 薄膜は、次世代 MOSFET の高移動度チャネル材料として注目を浴びている。Ge チャネルの産業ベースでの応用を考えた場合、酸化膜パターンング技術を用いて微細な領域にのみ Ge を選択エピタキシャル成長するプロセスが有効である。サブミクロンサイズ領域への選択エピタキシャル成長は、単なる二次元薄膜成長機構とは異なるため、微細な三次元的成長形態を考慮した上で歪緩和や欠陥導入を伴う成長機構を理解することが必要となる。しかしながら、選択成長によるミクロンサイズ Ge 結晶の歪や欠陥の評価が現在まで行われていない。

我々は、放射光を光源とする高輝度 X 線マ

イクロビームを用いることで、局所領域の歪と結晶性を高精度に検出してきた[1,2]。本研究では、この X 線マイクロ回折法を用いて、CVD 法により局所領域に選択成長した Si(001)基板上 Ge 層の歪緩和を評価することを目的とした。

実験: Si(001)基板上の Si 酸化膜をパターンングし、この基板上に CVD 法を行うことで、 $\langle 110 \rangle$ 方向に $2\mu\text{m}$ の辺をもつ正方形領域に Ge 層 ($\mu\text{-Ge}$ 層) をエピタキシャル成長した。この選択エピタキシャル成長した Ge/Si 試料に対して、様々な温度 ($550\text{-}850^\circ\text{C}$) で熱処理を行った。SPring-8 (BL13XU)にて、ゾーンプレートを通して形成したビーム径 $0.6 \times 1.6\mu\text{m}^2$ の

X線マイクロビームを用いて、これら Ge 層の二次元逆格子空間マップを測定した。X線ビームは<110>方向から、照射領域が μ -Ge 層内に含まれるように入射した。

結果、および、考察： Figure 1 は、アニール処理を行った μ -Ge 層 (500°C(a)、850°C(b))と 300 μ m以上の領域をもつ Ge 薄膜(850°C(c))の 113 逆格子点近傍における逆格子マップの測定結果である。

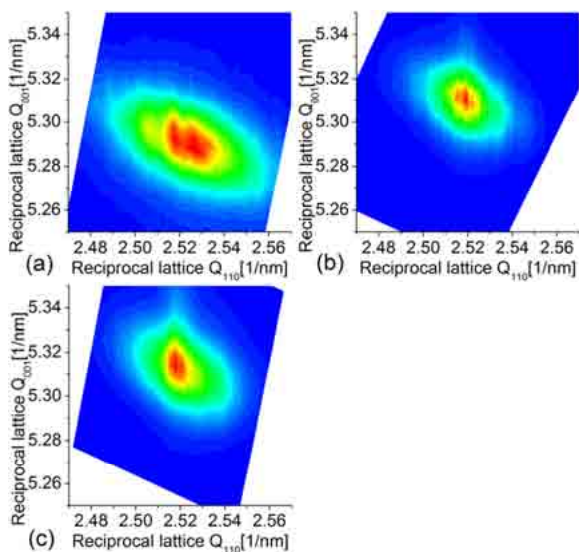
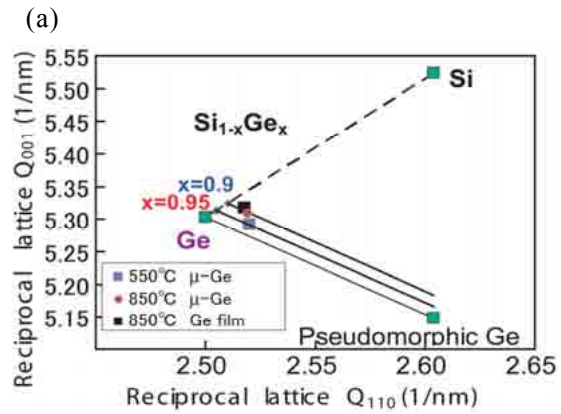


Fig.1 Reciprocal lattice maps around 113 diffraction spots of μ -Ge annealed at 500 (a) and 850°C(b) and Ge films annealed at 850°C (c).

逆格子点の半値幅は、Fig.1 (a)、(b)、(c)の順で大きい値を示した。このことから、高温アニール処理を行うことで、結晶性が改善されることがわかる。各々の試料の逆格子点ピーク位置と歪緩和率を Fig.2 に示す。この結果は、アニール処理を施すことで、Ge 層の歪緩和と Si と Ge のミキシングが促進することを示している。また、Fig.2(b)の結果から、Ge 層を薄膜からミクロンサイズへと微細化することにより、上述のアニールによる歪緩和効果が、低減することがわかる。この Ge 層サイズ依存性は、微細化に伴う二次元から三次元

への Ge 層形状変形に起因した歪緩和機構の変化に由来すると解釈できる。このミクロンサイズ微結晶の歪緩和は本研究においてX線マイクロ回折法を用いて、はじめて観測可能となったといえる。



(b)

	550°C μ -Ge	850°C μ -Ge	850°C Ge film
<110>	85%	90%	91%
<001>	85%	89%	92%

Fig.2 (a)113 diffraction spot positions in reciprocal space. (b)Strain relaxation at each direction.

今後の課題： 本研究によって、Ge 層サイズが、歪緩和過程に影響を与えることがわかった。しかしながら、Ge 層のサイズや形状が歪緩和過程に影響を与えるメカニズムを明らかにするには、更なる研究が必要である。

参考文献

- [1] S. Mochizuki, A. Sakai, N. Taoka, O. Nakatsuka, S. Takeda, S. Kimura, M. Ogawa, and S. Zaima, Thin Solid Films **508**, 128 (2006).
- [2] S. Mochizuki, A. Sakai, O. Nakatsuka, H. Kondo, K. Yukawa, K. Izunome, T. Senda, E. Toyoda, M. Ogawa, and S. Zaima, Semicond. Sci. Tech. **22**, S132 (2007).