18p-F6-14

## X線マイクロ回折法による埋め込み Ge<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>/Ge 微細構造内部の局所歪評価

Characterization of Local Strain in Embedded Ge<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>/Ge Fine Structures

by using X-ray Microdiffraction Measurement

<sup>1</sup>名大院工,<sup>2</sup>産総研 GNC,<sup>3</sup>学振特別研究員(PD),<sup>4</sup>JASRI

<sup>0</sup>池進一<sup>1</sup>,守山佳彦<sup>2</sup>,黒澤昌志<sup>1,3</sup>,田岡紀之<sup>1</sup>,中塚理<sup>1</sup>,今井康彦<sup>4</sup>,木村滋<sup>4</sup>,手塚勉<sup>2</sup>,財満鎭明<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Eng. Nagoya Univ., <sup>2</sup>AIST-GNC, <sup>3</sup>JSPS Research Fellow (PD), <sup>4</sup>JASRI

<sup>o</sup>S. Ike<sup>1</sup>, Y. Moriyama<sup>2</sup>, M. Kurosawa<sup>1, 3</sup>, N. Taoka<sup>1</sup>, O. Nakatsuka<sup>1</sup>, Y. Imai<sup>4</sup>,

S. Kimura<sup>4</sup>, T. Tezuka<sup>2</sup>, and S. Zaima<sup>1</sup>

E-mail: sike@alice.xtal.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】省電力 CMOS デバイスの開発に向けて、MOSFET の微細化のみに依存しない性能向上技術が求められている。その一つとして、高移動度チャネル材料と歪技術を併用した歪 Ge チャネルが挙げられる。特に、高い正孔移動度が期待できる一軸圧縮歪 Ge において、チャネル領域への歪印加のためのソース/ドレイン (S/D) ローカルストレッサとして Ge より格子定数の大きな Ge<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub> 混晶の導入が提案されている[1]。平面基板上の Ge<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub> 薄膜の結晶成長については報告が増えている一方で[2]、立体的な局所領域への結晶成長、埋め込み Ge<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>/Ge 構造内部の局所歪および結晶構造に関しては世界でもほとんど報告がない。微細チャネルの歪制御のためには、局所領域における歪分布や結晶構造の理解と制御が不可欠である。本研究では、サブミクロンオーダの空間分解能を有し、歪構造を直接的に観察できる X線マイクロ回折法[3]を用いて埋め込み Ge<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>/Ge 構造内部の局所歪分布を調べた。

【実験方法】Ge(001)基板表面に細線状のSiO<sub>2</sub>層を形成後、化学エッチングによりパターニング基板(Ge 細線幅/ピッチ = 25~60/500 nm, リセス深さ130 nm)を作製した。化学洗浄および超高真空中熱処理により表面清浄化した基板上に、固体ソースMBE法を用いて基板温度150°CにおいてSn組成2.9~6.5%、 膜厚120~130 nmの埋め込みGe<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>層をエピタキシャル成長した。作製試料に対して、0.38×0.26 $\mu$ m<sup>2</sup>~0.82×0.26 $\mu$ m<sup>2</sup>の領域に集光したエネルギー8 keV の放射光を用いてマイクロ回折測定を行なった。

【結果および考察】細線幅 25 nm における Ge<sub>0.935</sub>Sn<sub>0.065</sub> 層成長直後の断面 SEM 像を Fig.1 に示す。Fig.2 には、細線幅 25~60 nm の Ge 細線を横切るように 50 nm 間隔で X 線マイクロビームを走査して得られた Ge004 および GeSn004 Bragg 反射の回折プロファイルの分布図を示す。無歪の Ge 基板および埋め込まれた歪 GeSn の回折ピークに加えて、Ge 細線領域の局所歪を反映した回折ピークが得られる。細線幅の縮小に伴い、歪 Ge ピーク位置がシフトすることから、歪量の増大を確認できる。ピーク位置から、基板面直方向の平均伸張歪  $\epsilon_{\rm Y}$  は、細線幅 60 nm から 25 nm において 0.46%から 0.83%へと推移し、面内一軸歪  $\epsilon_{\rm X}$  を仮定した場合、それぞれ 0.80%から 1.4%の圧縮歪の印加が見積もられた。以上のように、マイクロ回折法によって、ナノメートルスケールの Ge<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>/Ge 微細構造における個別の局所歪の直接評価が実現され、個々のチャネルにおける歪量の分布やバラつきの評価も可能となることを実証した。

[1] B. Vincent *et al.*, Microelectron. Eng., **88**, 342 (2010). [2] T. Asano *et al.*, Thin Solid Films, *in press*. [3] S. Takeda *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **45**, L1054 (2006).



Fig.1: Cross-sectional SEM image of the patterned Ge sample after  $Ge_{0.935}Sn_{0.065}$  deposition.



