## エピタキシャル HfGe2/Ge 接合の形成と結晶構造および電気伝導特性

Formation of Epitaxial HfGe2/Ge contact and its crystalline and electrical properties 1名古屋大院工,2名古屋大未来研,3学振特別研究員,4名古屋大未来社会創造機構

<sup>0</sup>千賀一輝<sup>1</sup>, 中塚理<sup>1,2</sup>, 鈴木陽洋<sup>1,3</sup>, 坂下満男<sup>1</sup>, 財満鎭明<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ., <sup>2</sup>Reserch Fellow of JSPS,

<sup>3</sup>IMaSS, Nagoya Univ., <sup>4</sup>IIFS, Nagoya. Univ.

°Kazuki Senga<sup>1</sup>, Osamu Nakatsuka<sup>1, 2</sup>, Akihiro Suzuki<sup>1, 3</sup>, Mitsuo Sakashita<sup>1</sup>, and Shigeaki Zaima<sup>1, 4</sup>

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

【研究背景】Si に代わる新しい高移動度チャネル材料として Ge が期待されている。しかし、n-Ge MOSFET においては高い寄生抵抗に起因する駆動電流不足が大きな問題である[1]。寄生抵抗低減 に向けて、金属/n-Ge界面のコンタクト抵抗率低減は重要な課題である。その原因の一つとして、 金属/n-Ge 界面におけるフェルミレベルピニング現象による、高いショットキー障壁高さ(SBH) が考えられており[2,3]、近年、このSBH制御に向けた多数の報告がある。この内、エピタキシャ ル金属/Ge 界面構造を用いた FeSi3/n-Ge(111)や Mn3Ge5/n-Ge(111)、NiGe/n-Ge(110)における SBH の 低減の報告があるが、エピタキシャル金属/n-Ge(001)界面の形成、電気伝導制御は未開拓の領域で ある。我々は最近、低い仕事関数および結晶構造の適合性から Ge(001)基板上へのエピタキシャル HfGe2 形成に注目し、その形成を実証してきた[4,5]。今回、Ge(001)基板上への様々な条件下にお ける HfGe2のエピタキシャル成長を探索し、その結晶構造評価および電気伝導特性評価を行った。

【試料作製】希弗酸を用いて洗浄した n-Ge(001)基板上に、スパッタ法を用いて室温において、膜 厚 10 nm の Hf 層を堆積し、酸化防止のため膜厚 5 nm の TiN 層を堆積した。その後、Hf 層のジャ ーマナイド化のため、窒素雰囲気中において400~700℃で熱処理を行った。形成されたジャーマ ナイド薄膜の結晶構造およびシート抵抗を調べた。さらに、ショットキーダイオードを作製し、 電気伝導特性を調査した。

【結果及び考察】400~700℃で熱処理を施した TiN/HfGe/n-Ge 試料の XRD (20/ω 法) 測定結果を Fig.1 に示す。600℃以上の熱処理後に、HfGe2 060 に由来する回折ピークが観測され、HfGe2 が n-Ge(001) 基板上にエピタキシャル成長することが示唆される。さらに様々な条件の試料を調べた結 果、堆積直後試料の XRD 測定において Hf 100 配向を強く示す試料で、600℃以上の熱処理後に HfGe2 060 回折ピークの強度がより強くなる相関性があることがわかった。すなわち堆積時の Hf 層の結晶構造が熱処理後のHfGe2エピタキシャル成長に影響を及ぼす可能性が示唆された。

熱処理後の試料のシート抵抗の熱処理温度依存性を Fig.2.に示す。600℃以上の熱処理後、エピ タキシャル HfGe2 層の形成に伴い、シート抵抗が低減することがわかる。当日は、エピタキシャ ル HfGe2/Ge 界面の電気伝導特性についても報告する予定である。

【参考文献】[1] G. Hellings et al., IEEE Electron. Dev. Lett. 30, 88 (2009). [2] A. Dimoulas et al., APL 89, 252110 (2006). [3] T. Nishimura et al., APL 91, 123123 (2007) etc. [4] O. Nakatsuka et al., in Abstra. of 17th IWJT, p. 47 (2017). [5] O. Nakatsuka et al., JJAP 57, 07MA05 (2018).



Fig. 1. Out-of-plane XRD ( $2\theta/\omega$ ) profiles of TiN/Hf/Ge samples after annealing at 400-700 °C.

Fig. 2. The sheet resistance of TiN/Hf/Ge samples as a function of the annealing temperature.

700