

エピタキシャル HfGe₂ 形成による金属/*n*-Ge コンタクト抵抗率の低減

Reduction of metal/*n*-Ge contact resistivity by epitaxial HfGe₂ formation

¹名大院工, ²名古屋大未来研 °千賀一輝,¹ 柴山茂久,¹ 中塚理^{1,2}

¹Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ., ²ImaSS, Nagoya Univ.

°Kazuki Senga,¹ Shigehisa Shibayama,¹ Osamu Nakatsuka^{1,2}

E-mail: nakatsuka@nagoya-u.jp

【研究背景】Ge チャネル CMOS トランジスタ実用化に向け、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。高抵抗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ンニング現象による、高いショットキー障壁高さ (SBH) がある[1,2]。我々は、界面構造に注目し、固相反応によりエピタキシャル HfGe₂/*n*-Ge(001)界面構造を形成することで SBH を 0.33 eV まで低減できることを報告した[3-5]。本講演では、低抵抗コンタクトの実現に向け、HfGe₂/*n*⁺-Ge(001)界面におけるコンタクト抵抗率を評価した結果について報告する。

【試料作製】不純物濃度が約 $1.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ の *p*-Ge(001)基板に対してリン (P) のイオン注入を行い、不純物濃度 $N_D = 1.1 \times 10^{19}$ および $7.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の *n*⁺-Ge を形成した。リソグラフィによるコンタクト領域を開口後、スパッタリング法により Hf (膜厚 30 nm) および TiN (50 nm) を順次室温において堆積した。その後、リフトオフにより Circular Transmission Line Model (C-TLM) の電極パターンを形成した。最後に、エピタキシャル HfGe₂/*n*⁺-Ge 界面を形成するため、600 °C、30 s の窒素熱処理を行った。X 線回折法により、*n*⁺-Ge(001)上への HfGe₂ エピタキシャル成長を確認した (掲載省略)。四端子測定により HfGe₂/*n*⁺-Ge(001)コンタクト抵抗率を評価した。

【結果及び考察】電流-電圧 (*I*-*V*) 特性から、Hf/*n*⁺-Ge および HfGe₂/*n*⁺-Ge は、 $N_D = 1.1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上で、共にオーミック特性を示す (Fig. 1)。また、HfGe₂/*n*⁺-Ge の方が *I*-*V* 特性の傾きが急峻であり、コンタクト抵抗率の低減が示唆される。様々な電極間距離に対して測定された抵抗をプロットした結果を Fig. 2 に示す。切片より Hf/*n*⁺-Ge および HfGe₂/*n*⁺-Ge 試料のコンタクト抵抗率はそれぞれ、 1.8×10^{-6} および $6.7 \times 10^{-8} \Omega \text{ cm}^2$ と求められた。*n*⁺-Ge 層のシート抵抗に相当する傾きは、HfGe₂ 形成前後で変化しておらず、このコンタクト抵抗率低減は、SBH が 0.42 eV から 0.33 eV に低減されたことに由来すると考えられる。また、エピタキシャル HfGe₂/*n*⁺-Ge コンタクトは、最も高いドーピング濃度の試料 ($N_D = 7.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) において $2\text{--}5 \times 10^{-9} \Omega \text{ cm}^2$ の低コンタクト抵抗率を示し、より高い SBH を有する Al や NiGe/*n*⁺-Ge コンタクトと比較しても低い値であった。

【謝辞】本研究の一部は、キオクシア株式会社 (旧社名 東芝メモリ株式会社) の支援をうけて実施された。

【参考文献】[1] A. Dimoulas *et al.*, APL **89**, 252110 (2006). [2] T. Nishimura *et al.*, APL **91**, 123123 (2007) etc. [3] O. Nakatsuka *et al.*, JJAP **57**, 07MA05 (2018). [4] 千賀一輝ら, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 19a-233-3. [5] K. Senga *et al.*, in *Abstra. of 19th IWJT*, p. 91 (2019).

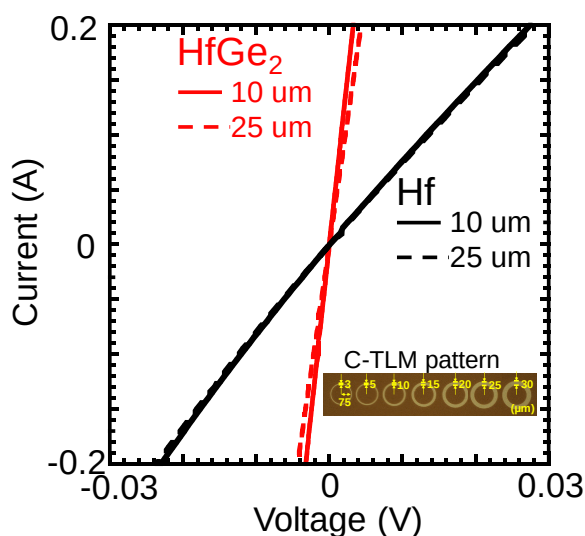


Fig. 1. *I*-*V* characteristics of Hf and HfGe₂/*n*⁺-Ge ($N_D = 1.1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) C-TLM contacts at 300 K.

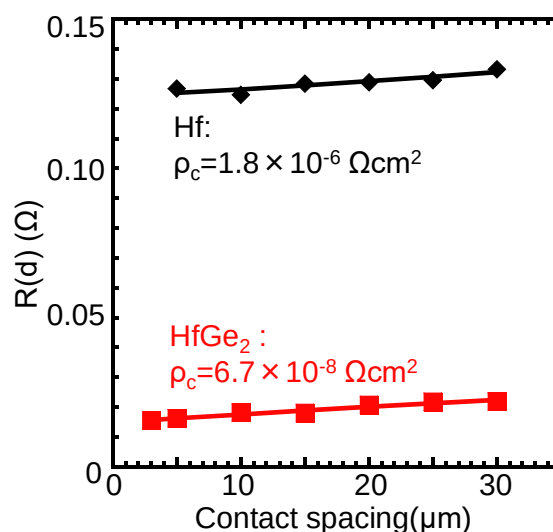


Fig. 2. Resistance vs contact spacing data with analytical fitting for Hf and HfGe₂/*n*⁺-Ge ($N_D = 1.1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) C-TLM contacts at 300 K.