

\*課題番号 : F-12-NU-0073  
 \*支援課題名 (日本語) : 次世代半導体デバイスのための材料およびプロセス開発研究  
 \*Program Title (in English) : Research and development of materials and processing for next generation semiconductor devices  
 \*利用者名 (日本語) : 横井淳、田岡紀之  
 \*Username (in English) : Jun Yokoi, Noriyuki Taoka  
 \*所属名 (日本語) : 名古屋大学大学院工学研究科  
 \*Affiliation (in English) : Graduate School of Engineering, Nagoya University

※概要 (Summary) :

CMOS 高性能化に向けてより高いキャリア移動度を実現する Ge(110)面を用いた MOSFET が期待されている。一方、フェルミレベルピンング (FLP) によるショットキー障壁高さ (SBH) 制御の困難性による金属/n 型 Ge 界面の高いコンタクト抵抗が懸念されている。本研究では、Ge(110)MOSFET の実用化に向けて、金属/Ge(110)界面の電気伝導特性の解明と制御を目指し、NiGe/Ge(110)コンタクトにおける結晶構造および電気伝導特性の評価を行った。その結果、エピタキシャル NiGe/Ge(110)コンタクトの形成により、FLP が解消され、SBH の低減を実現できることを実証した。

※実験 (Experimental) :

n 型および p 型 Ge(110)基板をフッ酸および超純水を用いて洗浄後、超高真空中における熱処理によって Ge 清浄表面を形成した。続けて超高真空中、室温において、膜厚 20 nm の Ni 層を電子銃蒸着した。試料を大気中に取り出し、350℃~600℃の窒素雰囲気中熱処理によって Ni ジャーマナイド層を形成した。さらに Al 電極を表裏両面に形成し、Schottky ダイオードを作製した。作製した試料の構造を、高分解能走査

電子顕微鏡 (HRSEM) によって観察した。各温度で熱処理を施した Ni/Ge(110)試料に対して、X 線回折法 (XRD) および透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いて結晶性の評価を行った。

※結果と考察 (Results and Discussion) :

HRSEM 観察によって、所望の試料構造の形成を確認した。XRD および TEM 分析によって、Ge(110)基板上において NiGe(100)//Ge(110)、NiGe[001]//Ge[100]の関係を有するエピタキシャル NiGe 層が一定の領域で形成されることがわかった。一方、Ge(001)系の場合においては、特定の配向性を示さない多結晶 NiGe 層が形成される。

次に NiGe/Ge(110)試料の電流密度-電圧 (J-V) 特性から SBH を評価した。550℃熱処理で形成した NiGe/n-Ge(110)試料の各測定温度における J-V 特性を Fig. 1 に示す。NiGe/n-Ge(110)の J-V 特性は良好な熱放出伝導を示す。更に同試料の J-V 特性から評価された SBH は 0.45~0.48 eV となり、多結晶 NiGe/n-Ge(001)系の SBH (0.61 eV) と比較して、より低い値が得られた。この結果は、エピタキシャル NiGe/n-Ge(110)界面における FLP 解消の結果としての SBH の低下を示唆している。

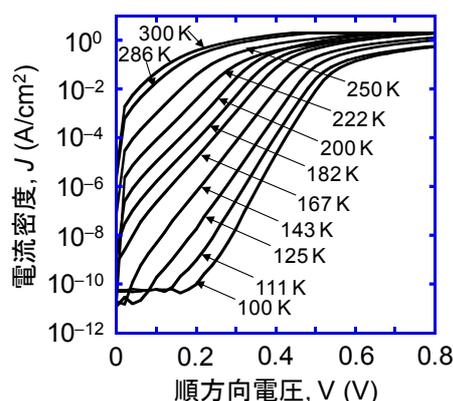


Fig 1. J-V characteristic of the NiGe/n-Ge(110) contact after annealing at 550°C for various measurement temperatures.

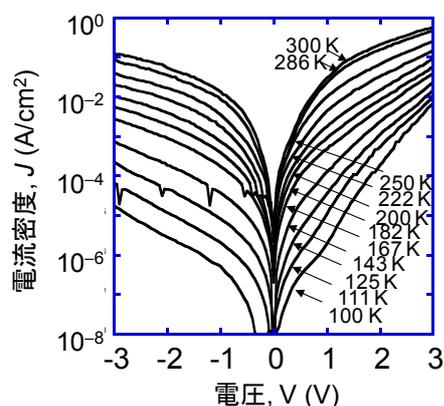


Fig 2. J-V characteristic of the NiGe/p-Ge(110) contact after annealing at 550°C for various measurement temperatures.

NiGe/p-Ge(110)試料の各測定温度における J-V 特性を Fig. 2 に示す。一般に、金属/p-Ge 界面における J-V 特性は FLP による低い SBH に起因して、Ohmic 特性を示すことが知られている。しかし、今回の NiGe/p-Ge(110)界面から得られた J-V 特性には整流性が現れており、その傾向は低温になるに従って顕著である。この試料の SBH は 0.16 eV と評価された。n 型および p 型の NiGe/Ge(110)から得られた SBH の和は 0.61~0.64 eV と、Ge のバンドギャップに近くなることから、一般的な金属/Ge 界面に比べて FLP 状態の変調が示唆される。同様の SBH の変化は、エピタキシャル Fe<sub>3</sub>Si/Ge(111) やエピタキシャル Mn<sub>5</sub>Ge<sub>3</sub>/Ge(111)系においても報告されている [1, 2]。

以上の結果より、Ge(110)上において、エピタキシャル NiGe/Ge(110)界面が形成される結果、従来の FLP が局所的に解消され、一部の領域において SBH 変調が生じることが明らかになった。

※その他・特記事項 (Others) :

参考文献

- [1] K. Yamane et al., Appl. Phys. Lett. 96, 162104 (2010).
- [2] T. Nishimura et al., Microelectron. Eng. 88, 605 (2011).

共同研究者等 (Coauthor) :

中塚理 (名古屋大学大学院工学研究科)  
坂下満男 (名古屋大学大学院工学研究科)  
財満鎮明 (名古屋大学大学院工学研究科)

論文・学会発表

(Publication/Presentation) :

“NiGe/Ge(110)コンタクトにおける電気伝導特性の評価”,  
横井淳, 中塚理, 田岡紀之, 坂下満男, 財満鎮明, 第 12  
回日本表面科学会中部支部 学術講演会, 2012 年 12 月  
22 日, 名城大学名駅サテライト.

関連特許 (Patent) :

なし