

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲	第 10738号
------	-----	----------

氏 名 邓 云生

論 文 題 目

Control of Crystalline Structures and Electrical Properties of Metal Germanide/Ge Contact

(金属ジャーマナイド/Ge接合における結晶学的構造および電気的特性の制御)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	財満 鎮明
委員	名古屋大学	教授	鳥本 司
委員	名古屋大学	教授	宮崎 誠一
委員	名古屋大学	准教授	中塚 理

論文審査の結果の要旨

鄧 云生君提出の論文「Control of Crystalline Structures and Electrical Properties of Metal Germanide/Ge Contact(金属ジャーマナイド/Ge 接合における結晶学的構造および電気的特性の制御)」は、ゲルマニウム (Ge) 基板上におけるニッケル (Ni) ジャーマナイドのエピタキシャル成長機構を解明するとともに、NiGe/Ge 接合の電気伝導特性について明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。第 1 章は序論であり、本研究の背景となる半導体デバイスおよび集積回路工学技術の現状、課題、および本研究の目的について述べている。

第 2 章では、本研究で用いた薄膜成長装置および薄膜評価方法について述べている。

第 3 章では、Ge(110) 基板上における NiGe 薄膜のエピタキシャル成長について報告している。本研究では、Ni 蒸着前の Ge の表面状態が、最終的に形成される NiGe 層の結晶構造に影響を及ぼすことを明らかにした。また、本章では、形成された NiGe 層の結晶性や表面モフォロジーの熱処理温度依存性についても明らかにした。その結果、表面清浄化によって酸化層を除去した Ge 上においては、300~450 °C の幅広い温度領域において安定したエピタキシャル NiGe 層の成長が生じ、多結晶形成が進行することなく NiGe エピタキシャル成長を維持できることを明らかにした。

第 4 章では、Ge(001) 基板上における NiGe 薄膜のエピタキシャル成長について報告するとともに、均一平坦なエピタキシャル NiGe 層の形成を実現する二段階成長法を提案し、その有用性を実証している。Ge(001) 基板上において、従来の固相反応法では多結晶 NiGe 層が形成されるのに対して、基板温度を 350 °C に維持した反応性蒸着法によって極薄のエピタキシャル NiGe 層を形成できることを示した。また、本手法では、NiGe 層膜厚が 22nm を超えると多結晶層の成長が生じ、エピタキシャル成長に臨界膜厚が存在することを見出した。さらに、反応性蒸着法に続けて Ni 蒸着、固相反応法を組み合わせた二段階成長法によって、臨界膜厚を超えて 45nm 以上の厚いエピタキシャル NiGe 層を均一、平坦に形成できることを実証した。加えて、これらの知見から、反応性蒸着法における NiGe 層の成長機構を提案した。本技術は、Ge 基板上における均一平坦な NiGe/Ge 接合構造の形成を実現し得る有用な知見である。

第 5 章では、前章までに作製したエピタキシャル NiGe/Ge 接合構造を用いて、金属/n 型 Ge コンタクト界面の電気伝導特性について報告している。エピタキシャル NiGe(100)/n-Ge(110) ショットキーダイオードの順方向電流-電圧特性から評価されたショットキー障壁高さは、多結晶 NiGe/n-Ge(110) の場合に比較して、0.15eV 低い 0.42eV を示し、NiGe/Ge 界面におけるフェルミレベルピニング現象が緩和されていることを明らかにした。この結果は、Ge の電子デバイス応用に向けた低抵抗金属/Ge コンタクトの形成に有用な知見である。さらに、Ge(110) および Ge(001) 基板上に形成した界面結晶構造の異なる、さまざまな多結晶およびエピタキシャル NiGe/n-Ge 接合におけるショットキー障壁高さを評価し、界面の結晶構造がショットキー障壁高さに強く影響していることを系統的に明らかにした。これらの結果は、金属/半導体界面のショットキー障壁高さ、電気伝導機構の物理に関して基礎的に重要な知見を与えるものである。

第 6 章は、本研究の総括であり、本研究により得られた結論および今後の課題と展望について述べている。

以上のように本論文では、Ge(110) および Ge(001) の単結晶基板上への均一・平坦な薄膜・界面構造を有するエピタキシャル NiGe 層の成長機構を解明し、多結晶 NiGe に比較して高い熱的安定性を有するエピタキシャル NiGe/Ge 接合の形成技術を構築した。さらに、様々な結晶構造を有する NiGe/Ge 接合における電気伝導機構の系統的な評価によって、金属/Ge 接合における結晶構造と電子物性の関連性を解明すると同時に、フェルミレベルピニング現象を緩和する方法を提案、議論し、低抵抗金属/Ge 接合の形成に向けた工学的指針を明らかにした。

これらの結晶構造制御技術と結晶および電子物性評価から得られた成果は、次世代の省電力・高速・多機能電子デバイスへの Ge 材料の応用を実現するために極めて有用であり、関連する結晶工学、半導体工学分野の発展にも寄与するところが大きい。よって、本論文の提出者である鄧 云生君は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格があると判断した。