

情報担体とその集積のための材料・デバイス・システム
2021 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

柴山 茂久

名古屋大学 大学院工学研究科
助教

非平衡系IV族混晶半導体ヘテロ接合によるテラヘルツ帯デバイスの創出

研究成果の概要

2022年度ではGeSiSn/GeSn二重障壁構造の正孔型の共鳴トンネルダイオード(RTD)の動作実証を目標とし、低欠陥密度なGeSnおよびGeSiSn作製に向けた成長時のH₂導入効果の検討や、理論シミュレーションによる構造最適化を行った。

理論シミュレーションでは、Trasfer Matrix法による透過率計算およびTsu-Esakiの式を用いて、GeSiSn/GeSn二重障壁構造における電流密度-電圧特性シミュレーションを行った結果、GeSiSn/GeSn二重障壁構造で、室温において負性微分抵抗が発現すること、GeSiSn barrier層の薄層化により、PVCRは最大で約3.5が得られる可能性があることを明らかにした。

本シミュレーション結果を踏まえたGeSn well層、GeSiSn barrier層の厚さの再設計・H₂導入雰囲気下におけるGeSiSn/GeSn二重障壁構造の結晶成長を実施し、RTDを試作したところ、10Kという低温ながら、GeSiSn/GeSn二重障壁構造において初めて、負性微分抵抗(NDR)の発現に成功した。様々な電極におけるNDRの発現や、同電極内において繰り返し電圧掃引しても、NDRが再現性よく発現することを確認できている。しかし同時に、NDR発現の電圧値が電圧掃引によって揺らぐことなど、RTDの安定動作に向けて、新たな課題の存在も明らかとなった。NDRが発現する電圧値の揺らぎは、GeSiSnやGeSn膜中または、GeSiSn/GeSn界面における欠陥へのキャリアのトラップ・デトラップが要因であると考えられるため、今後は、GeSn、GeSiSn膜中およびGeSn/GeSiSn界面の欠陥密度低減に更にフォーカスした研究を展開していく予定である。

【代表的な原著論文情報】

- 1) 西澤康平、坂下満男、黒澤昌志、中塚理、柴山茂久, “Ge_{1-x}Sn_x系IV族半導体混晶エピタキシャル層の電氣的欠陥密度の評価”, 第22回日本表面真空学会中部支部学術講演会, 講演番号: 10 (2022).
- 2) K. Nishizawa, S. Shibayama, T. Mori, M. Sakashita, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, “Crystalline and electrical properties of Ge_{1-x-y}Si_xSn_y epitaxial layers - Effect of Si incorporation and H₂ irradiation -”, Extended abstr. of 13th International Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Sendai (Japan), P-05 (2023).
- 3) S. Shibayama, S. Zhang, M. Sakashita, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, “Challenge and new opportunity of Ge_{1-x-y}Si_xSn_y/Ge_{1-x}Sn_x heterostructures for optoelectronic and electronic applications”, Extended abstr. of 13th International Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Sendai (Japan), I-06 (2023), *Invited*.
- 4) 石本修斗、坂下満男、黒澤昌志、中塚理、柴山茂久, “GeSn/GeSiSn共鳴トンネルダイオードの室温動作に向けた構造設計”, 2023年第70回応用物理学会春季学術講演会, 講演番号: 17a-A403-9 (2023).
- 5) T. Mori, S. Shibayama, K. Nishizawa, M. Sakashita, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, “Development of accurate characterization technique of electrical properties in Ge_{1-x}Sn_x-based group-IV epitaxial layers”, Extended abstr. of 13th International Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Sendai (Japan), P-08 (2023).