

2023 年度年次報告書

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

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

2023 年度ではまず、2022 年度に試作した GeSiSn/GeSn p-RTD デバイスで 10 K において発現した負性微分抵抗 (NDR) の動作起源解明に取り組んだ。TCAD による理論的な電流-電圧特性計算および nextnano による量子準位計算から、試作した p-RTD の 2 つの NDR の起源が、GeSn well 中に形成される第一量子準位および第二量子準位を介した量子トンネル電流であることを明らかにした。また試作ダイオードでは、barrier と well 層の厚みを 1.5 nm としたが、同シミュレーションを通し、より安定的に NDR を発現できる well 層の厚みを明らかにした。

次に、試作した GeSiSn/GeSn p-RTD の断面構造観察から、積層構造は完全に均質ではなく、ヘテロ界面が一部ミキシングし、揺らぎを含む構造であることが分かった。積層構造の均質化による動作温度および動作信頼性の向上を志向し、GeSiSn/GeSn 積層構造成長における分子状水素導入効果の解明に取り組んだ。積層構造成長時の H₂ の導入タイミングを最適化することにより、均質性の高い GeSiSn/GeSn ヘテロ界面の形成が可能なプロセス構築に成功した。

【引用した原著論文情報】

- 1) S. Ishimoto, M. Sakashita, M. Kurosawa, O. Nakatsuka, and S. Shibayama, “Experimental observation of negative differential resistance in GeSn/GeSiSn double barrier structure toward resonant tunneling diode applications”, 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2023), Nagoya (Japan), F-4-03 (2023).
- 2) 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における負性微分抵抗の観測”, 第 10 回 応用物理学会 SC 東海地区学術講演会 2023, 講演番号: B8 (2023).
- 3) 石本修斗、坂下満男、黒澤昌志、中塚理、柴山茂久, “GeSn/GeSiSn 二重障壁構造における負性微分抵抗の発現”, 特別研究会「電子デバイス界面テクノロジー研究会-材料・プロセス・デバイス特性の物理-」(第 29 回), 講演 ID: 32 (2024).
- 4) 柴山茂久、石本修斗、坂下満男、黒澤昌志、中塚理, “GeSiSn/GeSn 二重障壁構造で観測した負性微分抵抗と動作特性解析”, 2024 年 第 71 回 応用物理学会 春季学術講演会, 講演番号: 24p-P14-3 (2024).
- 5) 柴山茂久、高木孝明、坂下満男、黒澤昌志、中塚理, “In-situ Sb ドーピングによる n 型 Ge_{0.75}Sn_{0.25} エピタキシャル層の形成”, 2024 年 第 71 回 応用物理学会 春季学術講演会, 講演番号: 24p-P14-3 (2024).
- 6) S. Shibayama, K. Takagi, M. Sakashita, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, Mater. Sci. Semicond. Proc. **176**, 108302 (2024). (2024/4/18 available online)
- 7) T. Maeda, H. Ishii, W.H. Chang, S. Zhang, S. Shibayama, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, Mater. Sci. Semicond. Proc. **176**, 108304 (2024). (2024/4/14 available online)