

情報担体を活用した集積デバイス・システム
2021年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

中塚 理

名古屋大学 大学院工学研究科
教授

狭ギャップIV族混晶による赤外多帯域受発光集積デバイス

主たる共同研究者:

末岡 浩治 (岡山県立大学 情報工学部 教授)

前田 辰郎 (産業技術総合研究所 デバイス技術研究部門 研究主幹)

王 冬 (九州大学 総合理工学研究院 准教授)

研究成果の概要

本年度においては「新 IV 族混晶・ヘテロ構造創製」および「デバイス・プロセス構築」に関する研究を推進した。また、「集積デバイス試作・検証」に向けたデバイス試作に向けて、IV 族混晶材料の転写技術構築と基礎的物性検証に取り組んだ。主な成果を以下に記す。

- (1) InP(001)基板の清浄化条件検討と物性評価から、高品質・高 Sn 組成 GeSn エピタキシャル層の形成プロセスを構築した。高温(380°C)清浄化の場合、InP 表面からの P 脱離に伴う In 粒形成が、Sn 析出と低 Sn 組成 GeSn 領域形成の原因となることを見出した。一方、TEM 観察等から、同試料の高 Sn 組成領域は、双晶成長などのない高品質エピタキシャル層であることを確認できた。
- (2) 高 Sn 組成 GeSn/InP 試料を用いて、混晶層転写および MSM 型のフォトディテクタ構造を試作した。ホール効果測定から、ホールキャリア密度 $\sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度、移動度 $25 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ の評価を得、転写前後で顕著な変化がないことから、GeSn 層に大きな損傷を与えない転写技術を構築できた。
- (3) 同 GeSn 層に対する波長 $1.5 \mu\text{m}$ の光の直接照射によって赤外感度特性を評価した。現時点の高 Sn 組成 GeSn エピタキシャル層は、高効率光検出には十分な結晶性を持たない可能性があり、感度向上に向けて、その結晶性改善の必要性が明らかとなった。
- (4) 低 Sn 組成ノンドープ GeSn 試料を用いて MIS・M/S 構造の基本プロセスを構築し、Sn 濃度に対する電気・光学特性の評価を中心に行った。MIS あるいは M/S 構造デバイスの電気的特性から、2.4~3.3%の低 Sn 組成 GeSn 層が、従来の報告に外れる n 型特性を示すことを見出した。
- (5) Extreme Learning Machine (ELM) 機械学習モデルによる Ge 結晶構造の全エネルギー予測の精度検証に取り組み、隠れ層のノード数を変化させることで Ge 結晶構造の全エネルギー予測において汎化能力を有し、人工ニューラルネットワーク(ANN)と同程度の精度を示すことを実証した。