

AlGaAs 近接障壁層導入による量子ドット赤外線検出器の比検出能向上

Improved Specific Detectivity of QDIP with AlGaAs Proximity Barriers

NEC スマエネ研¹, 東大ナノ量子機構², 東大生研³○各務惣太^{1,2}, 五十嵐悠一^{1,2}, 白澤大輔¹, 渡邊克之², 白根昌之^{1,2},
大河内俊介², 萬伸一^{1,2}, 荒川泰彦^{2,3}NEC Corporation¹, NanoQuine², IIS³ the Univ. of Tokyo°S. Kagami^{1,2}, Y. Igarashi^{1,2}, D. Shirasawa¹, K. Watanabe², M. Shirane^{1,2},
S. Ohkouchi², S. Yorozu^{1,2}, Y. Arakawa^{2,3}

E-mail: s-kagami@ax.jp.nec.com

はじめに 量子ドット赤外線検出器(Quantum Dot Infrared Photodetector:QDIP)は量子ドットの強いキャリア閉じ込めや垂直の光入射に感度をもつなどの特徴から、高感度かつ低暗電流の赤外線検出器として研究されている。前回、我々は量子ドットに n 型ドーパントである Si を添加することで赤外線検出器の性能指数である比検出能 D^* が向上することを報告した[1]。今回我々は量子ドット層を含む量子井戸層の上下に AlGaAs 近接障壁層を導入することで、QDIP の比検出能 D^* の更なる向上を試みた。QDIP において比検出能 D^* は受光感度とノイズ電流の比であり、AlGaAs 近接障壁層は量子閉じ込め効果の増強により素子の受光感度を向上させることが期待されている[2]。

実験 QDIP の試作に用いた半導体基板は、MBE 装置により GaAs(001)基板上に成長された InAs 量子ドット層と InGaAs 量子井戸層、及びそれらを埋め込む AlGaAs 中間層を上下の n 型コンタクト層で挟み込んだ n-i-n 構造である。中間層よりも Al 組成比率の高い厚さ 2 nm の障壁層を、量子井戸層の上下に導入している (挿入図)。量子ドットの面内密度は約 $4 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ であり、量子ドット層は 7 層積層されている。基板を微細加工により直径 300 μm のメサ構造に加工して上下電極を作製し、バイアス電圧を印加させることで素子の動作を行った。測定は 77 K で行い、熱非照射時のノイズ電流値、黒体炉からの熱照射に対する受光感度、受光感度の波長スペクトル依存性である分光感度を評価した。それぞれの測定結果を用いて試作した素子の比検出能 D^* を算出した。

結果 図 1 に試作した QDIP の比検出能 D^* の測定結果を示す。AlGaAs 近接障壁層を導入していない試料 1 に対し、障壁層を導入した試料 2 においてはピーク波長が短波側にシフトするとともに比検出能が増加することを確認した。この結果は障壁層の導入で、サブバンド間遷移の終状態が中間層のバンド端側にシフトしたことで終状態の電子のトンネル確率が上昇し受光感度が向上したことに加え、束縛状態の電子の熱励起が抑制されノイズ電流が低減したことによるものと推察される。

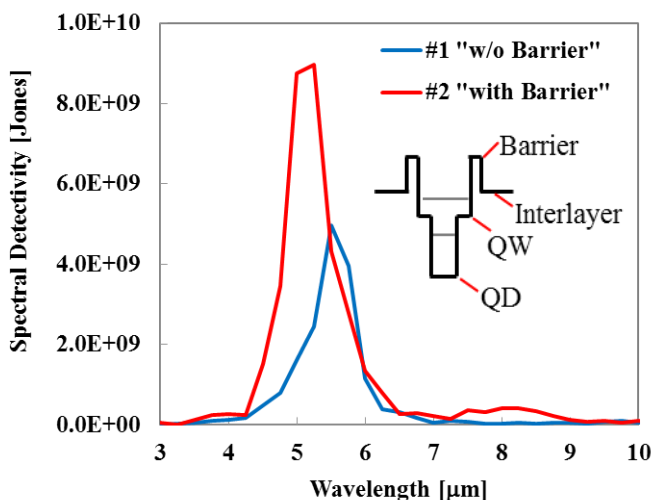


Fig. 1: Spectral detectivity for the QDIPs with/without AlGaAs proximity barriers

謝辞 本研究は文部科学省イノベーションシステム整備事業により遂行された。

文献

- [1] 五十嵐他、第 74 回応用物理学会秋季学術講演会 16a-A8-9 (2013).
[2] V. Barve *et al.* Appl. Phys. Lett. **99**, 191110 (2011).