

InAs_{1-x}Bi_x/GaAs 量子ドットの実現に向けた MBE 成長条件の検討

MBE growth condition towards realization of InAs_{1-x}Bi_x/GaAs QDs

広島大学大学院 先進理工系科学¹・先端物質科学²両研究科,
愛媛大学大学院 理工学研究科², 東レリサーチセンター³, 情報通信研究機構⁴,
°吉岡 顕大¹, 横手 竜希², 岡村 祐輝¹, 藤野 翔太郎², 富永 依里子^{1,2*},
行宗 詳規³, 石川 史太郎³, 林 将平⁴, 赤羽 浩一⁵

Grad. Sch. Adv. Sci. Eng.¹, AdSM², Hiroshima Univ., Grad. Sch. Sci. Eng., Ehime Univ.³,
Toray Research Center⁴, National Institute of Information and Communications Technology⁵

°Kenta Yoshioka¹, Ryuki Yokote², Yuki Okamura¹, Shotaro Fujino², Yoriko Tominaga^{1,2*},
Mitsuki Yukimune³, Fumitaro Ishikawa³, Shohei Hayashi⁴, Kouichi Akahane⁵

E-mail: ytominag@hiroshima-u.ac.jp

1. 研究背景: 近年のインターネット通信量の拡大における光通信システムの低消費電力化のため、我々は Bi 系 III-V 族半導体量子ドット (QDs) レーザーを提案している。Bi 系 III-V 族半導体半金属混晶からなる QDs を活性層に用いることで、禁制帯幅としきい値電流、両方の温度依存性の低減[1,2]を活用し、動作特性が温度無依存な光通信用半導体レーザーが実現可能であると考えている。しかし、Bi 系 III-V 族半導体で構成した QDs は未開拓である。そこで本研究では、GaAs(001) 基板上の積層 InAs_{1-x}Bi_x QDs の設計と成長に取り組み、その構造評価を行ったので報告する。

2. 実験方法: InAs_{1-x}Bi_x/GaAs QDs 試料は、半絶縁性 GaAs(001) 基板の上に分子線エピタキシー法を用いて 280°C で成長した。積層周期数は 10 とし、最表面に InAs_{1-x}Bi_x QDs を形成して成長を完了した。成長中の分子線照射量は、先行研究における Bi 系 III-V 族半導体の 300 °C 以下での低温成長時の V 族/III 族両元素の供給原子数比を約 1 とする必要があるという知見[3, 4]を基に設定した。また、参照試料として同じ構造の積層 InAs/GaAs QDs も 500°C で成長した。構造観察及び評価には原子間力顕微鏡 (AFM) と走査透過電子顕微鏡 (STEM)、エネルギー分散 X 線分光法 (EDX) を用いた。

3. 結果及び考察: 図 1 に InAs 及び InAs_{1-x}Bi_x 両 QDs 試料の断面 STEM 像を示す。図 1(a) では InAs QDs が積層に沿って一列に形成された一方で、成長時に Bi を照射した試料 (図 1(b)) では QDs は形成されず層状構造のみを確認した。これは、低温成長の影響を受け、In、As、Bi 各原子の表面マイグレーションが充分ではなく、三次元構造である QDs が適切に形成できなかったことを示している。低温成長における QDs の形成メカニズムは今後明らかにすべき課題の一つである。当日は、AFM や EDX マッピングを用いた InAs QDs 内部への Bi 原子の取り込みに関する詳細についても報告する。

謝辞: 本研究は、村田学術振興・中国電力技術研究・古川技術振興各財団ならびに科学研究費補助金 21H01829、21K04914、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業 (広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所) の助成および支援によって遂行されたものです。

参考文献: [1] 吉本昌広, 応用物理 第 85 巻 第 2 号, 2016 年. [2] 菅原充, 量子ドットエレクトロニクスの最前線 第 2 編 第 2 章, pp.249-250, 株式会社エヌ・ティー・エス, 2011 年. [3] Y. Tominaga, et al., *under review*. [4] P. T. Webster, et al, J. Vac. Sci. Technol. B, 32, 02C120 (2014).

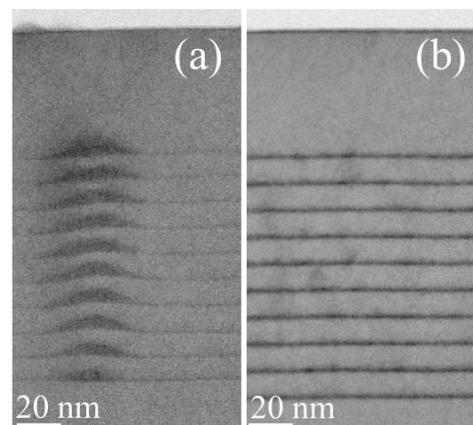


Fig 1. Cross-sectional STEM images of (a) InAs QDs and (b) InAsBi (QDs) samples.