

新規機能発現に向けた低温成長 Bi 系 III-V 族半導体混晶

Low-temperature-grown dilute bismide III-V compound semiconductors for novel functions

広大先進理工¹, 北大量集セ², 金沢工大³, 明治大⁴

○富永 依里子¹, 石川 史太郎², 池永 訓昭³, 上田 修⁴

AdSE, Hiroshima Univ.¹, RCIQE, Hokkaido Univ.², Kanazawa Inst. Tech.³, Meiji Univ.⁴

○Yoriko Tominaga¹, Fumitaro Ishikawa², Noriaki Ikenaga³, Osamu Ueda⁴

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

GaAsBi に代表されるビスマス (Bi) 系 III-V 族半導体混晶は、Bi をわずかに数パーセント GaAs 結晶の中に取り込むだけで、禁制帯幅が急激に小さくなる、価電子帯上端が高エネルギーシフトする、禁制帯幅の温度依存性が低減するといった特異な物性を発現することが知られている[1-3]。結晶成長の観点からは、Bi の原子半径が Ga、As 両原子のものよりも大きいことから、Bi 系 III-V 族半導体混晶を成長するには 400℃以下の低温成長が元来必要であることも当該混晶の特徴の一つである[4]。本研究グループでは、最終的な研究対象を四元混晶の InGaAsBi に定め、分子線エピタキシー (MBE) 法を用いた低温領域の中でも更に低温の 300℃以下の成長に取り組んでいる[5-7]。この低温成長により、InGaAsBi 結晶内に意図的に点欠陥を取り込み、テラヘルツ時間領域分光法 (THz-TDS) における代表的な THz 波発生検出素子である光伝導アンテナ (PCA) 用半導体に求められる短キャリア寿命、高抵抗、高移動度の 3 つの物性を同時に得ようとしている[8]。

近年、2030 年に実用開始が目標とされている第 6 世代移動通信システム (6G) 時代の到来に向け、利用が想定されている 300 GHz 付近までのサブテラヘルツ帯の周波数帯域に関する研究開発が盛んになっている。6G の発展に伴い、THz 技術分野において長く使用され発展してきた THz-TDS を、こうしたサブテラヘルツ帯におけるトランジスタ等の素子用の電子材料の物性評価システムに応用するという要望がある。本研究で取り組んでいる低温成長 InGaAsBi は、GaAs 結晶に In、Bi 両原子を取り込むことで禁制帯幅を近赤外域に位置させることが可能であることから、前述の 3 つの物性を同時に得ることで、光通信帯光源を駆動源とした THz-TDS 用 PCA を実現できる可能性を秘めている。これにより THz-TDS システム全体を省スペース化、低コスト化したいと考えている[8]。

本講演では、低温成長 GaAsBi の MBE 成長条件からその結晶内に存在していると考えられる点欠陥、更には低温成長 InGaAsBi の MBE 成長条件に至るまでを総括する。当該 PCA の実現には In、Bi 両原子の組成制御に加えて点欠陥制御が要となるが、その制御を試みる過程で、従来から提唱されている Bi 原子の結晶成長時のサーファクタント効果が発揮されている傾向があるようにみえたため、そのことについても触れる予定である。

謝辞：本研究は、科研費 19H04548、21H01829、21H05566、21K04910 ならびに池谷科学技術振興財団の助成によって遂行された。

[1] K. Oe, Jpn. J. Appl. Phys., **41**, 2801 (2002). [2] A. Janotti et al., Phys. Rev. B, **65**, 115203 (2002). [3] Y. Zhang et al., Phys. Rev. B, **71**, 155201 (2005). [4] M. Yoshimoto et al., Jpn. J. Appl. Phys. **42**, L1235 (2003). [5] Y. Tominaga et al., J. Cryst. Growth, **544**, 125703 (2020). [6] Y. Tominaga et al., Appl. Phys. Express, **15**, 045504 (2022). [7] O. Ueda et al., J. Cryst. Growth, **601**, 126945 (2023). [8] 富永依里子、応用物理、**92**、617 (2023).