

ラングミュアの吸着等温式に基づく低温成長 $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ の成長条件

Growth condition for low-temperature-grown $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$

on the basis of the Langmuir adsorption model

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³

○梅西 達哉¹, 高垣 佑斗², 富永 依里子^{1,2*}, 行宗 詳規³, 石川 史太郎³

Grad. School of Adv. Sci. Eng¹, AdSM², Hiroshima Univ., Grad. School of Sci. Eng, Ehime Univ.³

○Tatsuya Umenishi¹, Yuto Takagaki², Yoriko Tominaga^{1,2*}, Mitsuki Yukimune³, and Fumitaro Ishikawa³

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

1. 研究背景: 本研究では、光通信帯に波長を有するファイバーレーザを光源とした省スペースかつ低コストなテラヘルツ (THz) 時間領域分光システムの実現を最終目標としている。その代表的な THz 波発生検出素子は光伝導アンテナ (PCA) であり、本研究グループでは当該 PCA 用半導体として Bi 系 III-V 族半導体混晶を提案している。禁制帯幅を光通信帯に適合させた最終的な PCA 作製のため、Bi 含有率 x が 6 - 8% の低温成長 $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ の成長をまず目標としている。本研究では、270 °C 以上で成長した $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ のラングミュアの吸着等温式に基づく成長モデル[1]から、250 °C で成長した $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ の成長条件と Bi 含有率の相関を成長前に割り出すことに成功したため報告する。

2. 実験方法: $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ は、GaAs(001) 基板上に分子線エピタキシー (MBE) 法を用いて 250 °C で低温成長した。成長条件は、成長モデルに用いる理想的な結晶構造に近づけるため、Bi が $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ に均一に取り込まれる低温 MBE 成長条件[2]を基に検討した。Ga と As₄ の分子線量 (BEP) はそれぞれ 6.8×10^{-7} Torr と 6.8×10^{-6} Torr にそれぞれ固定し、Bi の BEP を $6 \times 10^{-9} - 10^{-8}$ Torr の範囲で変化させ、4 つの試料を成長した。Bi 含有率はラザフォード後方散乱法 (RBS) と X 線回折 (XRD) 法で測定し、実測値と成長モデルに基づく計算値を比較した。成長モデルは、成長温度が 270 °C を下回ると MBE 成長中の $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ 表面上での Bi 原子のマイグレーションが不十分となり、Bi 原子と成長層最表面で未結合手を持つ Ga 原子が会う確率が減少することを考慮し、独自のパラメータを加えた。

3. 結果及び考察: 図 1 に、当モデルによって求めた Bi/As 分子線強度比 (BIR) に対する Bi 含有率の計算値と、RBS と XRD 法により求めた各サンプルの Bi 含有率の実測値を示す。計算値は、RBS の測定結果から求めた値とよく一致した。XRD 法[3]により求めた値がこれらの値より大きいのは、低温成長によりアンチサイト As (As_{Ga}) が結晶格子に取り込まれ、格子が本来よりも膨張していることを示唆している。これに対し、RBS は $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ 薄膜内の Bi 原子の総量を反映した結果であるため、今回得た成長モデルとよく一致したと考えられる。当モデルの有用性を示すことができた。一方で図 1 は、Bi 原子が $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ 結晶内への As_{Ga} の導入を阻害することも示唆している。発表当日はこれについても説明する。

謝辞: XRD 測定の一部は、島根大学 梶川靖友 教授にご協力いただきました。本研究は、科学研究費補助金 18K14140、19H04548、21H01829、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] X. Lu, *et al.*, APL, **92**, 192110 (2008). [2] Y. Tominaga, M. Yukimune, and F. Ishikawa, *et al.*, under review at Materials Today Communications. [3] M. Yoshimoto, *et al.*, JJAP **42**, L 1235, (2003).

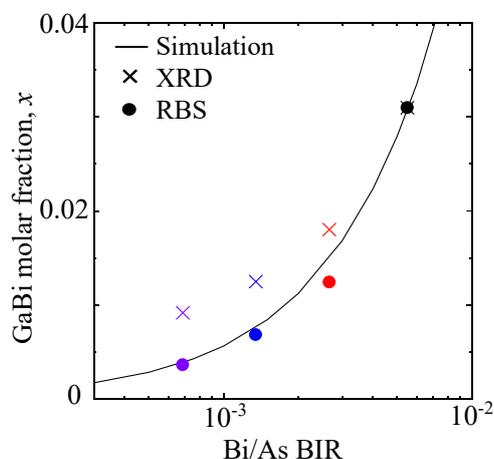


Fig. 1. Calculated and measured relationship between GaBi molar fraction and Bi/As BIR.