

(001)GaAs 基板上的 $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ 薄膜の構造評価(2) 固相成長した $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ 薄膜中の欠陥の TEM 評価

Structural evaluation of $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ thin film on (001)GaAs substrate (2)

TEM evaluation of defects in $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ thin film obtained by solid-phase epitaxy

明治大¹, 金沢工大², 広島大³, 愛媛大⁴, 北海道大⁵ ○上田 修¹, 池永 訓昭²,

堀田 行紘³, 高垣 佑斗³, 西山 文隆³, 行宗 詳規⁴, 石川史太郎⁵, 富永 依里子³

Meiji Univ.¹, Kanazawa Inst. Tech.², Hiroshima Univ.³, Ehime Univ.⁴, Hokkaido Univ.⁵ ○O. Ueda¹,

N. Ikenaga², Y. Horita³, Y. Takagaki³, F. Nishiyama², M. Yukimune⁴, F. Ishikawa⁵, Y. Tominaga³

E-mail: nanotec4@meiji.ac.jp

【はじめに】我々は、前講演で熱処理した低温成長(LTG) $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ 薄膜中に、As 析出物、Bi-rich $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ 析出物、および Bi 析出物が形成されることや各々の析出物の挙動が Bi 組成、成長条件、および熱処理条件により影響を受けることなどについて明らかにした [1-3]。一方、非晶質薄膜を用いた固相成長(solid-phase epitaxy: SPE)では、不純物、点欠陥、および欠陥クラスタ(析出物を含む)などの均一な分布を実現できると期待される。そこで、我々は今回、非晶質 $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ 薄膜の固相成長を行い、薄膜中で形成される欠陥を TEM 評価し、既報 [1-3] と比較したので報告する。

【実験方法】実験に用いた試料は、(001) GaAs 基板上に 180℃で MBE 装置により作製した非晶質 $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ 薄膜 ($x=0.0095$)およびそれを 350℃および 600℃で 1 h SPE 処理したものである。また、TEM 用薄膜は FIB 加工により行い、TEM 評価は、分析電顕 JEOL JEM-2100F を用いて行った。

【結果と考察】上記、3 種類の試料の TEM 評価結果について以下に述べる。(1) 180℃で作製した $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ 薄膜: 電子線回折により非晶質と判明した。(2) 350℃で 1 h SPE 処理した $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ 薄膜: (110)断面の STEM 像を図 1 に示す。薄膜は、 $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_{x-1}$ および $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_{x-2}$ の 2 層に分かれており、電子線回折像から、それぞれ多結晶層および単結晶層と判明した。また、epi/sub 界面の A で示す領域およびその直上の B で示す領域には、それぞれ As 析出物 (約 5 nm 径)、および Bi-rich $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ 析出物および Bi 析出物 (タイプ B) が観察された。さらに、両層の界面領域には、T で示す双晶ラメラが歪緩和により形成されている。(3) 600℃で 1 h SPE 処理した $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ 薄膜: 図 2 上部および下部は、それぞれ薄膜全体の断面明視野像および epi/sub 界面領域の高分解能 TEM 像である。薄膜は上層まで単結晶化している。また、As 析出物は観察されず、Bi-rich $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ 析出物および Bi 析出物 (タイプ B) が epi/sub 界面直上のみ観察された。以上の結果から、中温 SPE で見られた多結晶層は高温 SPE では下層エピ層に浸食され、全層エピ層化したと考えられる。また、As 析出物、Bi-rich $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ 析出物、および Bi 析出物の生成挙動や分布に関して、本 SPE 法と従来の LTG 結晶の熱処理法との相違点の起源についても議論する。

【参考文献】[1] Wu et al., Nanotechnology 25, 205605 (2014); [2] 上田他、本講演会、本講演の前講演; [3] O. Ueda et al., J. Cryst. Growth 601, 126945 (2023).

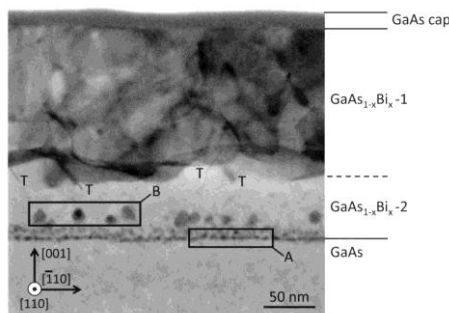


Fig. 1 A (110) cross-sectional STEM image of a thin film after annealing of $\alpha\text{-GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ layer for 1 h at 350 °C.

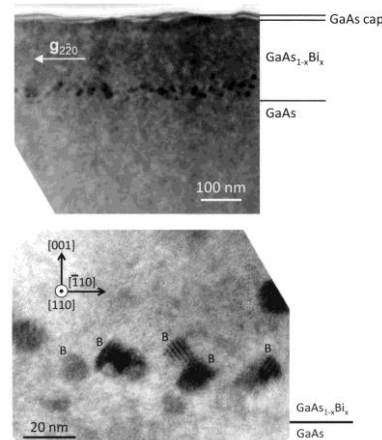


Fig. 2 TEM images of a thin film after annealing of $\alpha\text{-GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ layer for 1 h at 600 °C.