

GaP の MBE 成長における Ga 吸着子の表面拡散長の定量化

Quantification of Ga Adatom Surface Diffusion Length in GaP Growth by MBE

豊橋技科大, Toyohashi Tech.

°(M2)塩田 幸輝, 山根 啓輔, J. A. Piedra-Lorenzana, 関口 寛人, 岡田 浩, 若原 昭浩

°K. Shiota, K. Yamane, J. A. Piedra-Lorenzana, H. Sekiguchi, H. Okada, A. Wakahara

E-mail: shiota-k@int.ee.tut.ac.jp

GaP 系 III-V-N 混晶は、N 組成制御により Si と格子整合し、広範囲のバンドエンジニアリングが可能である。このことから、Si 基板上の多接合型太陽電池や発光デバイスの材料として期待されている¹⁾。しかしながら、GaP/Si ヘテロエピタキシーでは積層欠陥やアンチ・フェーズ・ドメインの発生が大きな問題になっている。これらの欠陥を抑制するためには、成長原子の振る舞いを正しく理解する必要がある。本研究では、成長メカニズムに関する知見を得るために、分子線エピタキシー(MBE)法により成長した GaP 層における Ga 吸着子の表面拡散長を定量化する。

吸着子の表面拡散長の評価手法には、Fig. 1 に示すような隣接した異なる面間の原子の拡散現象を利用した。拡散理論を用いた 1 次元成長モデル(式 1)を適用することにより、テラス上での膜厚分布 $T(X)$ から表面拡散長 λ を見積った²⁾。

$$T(X) = T_{\text{direct}} \pm T_{\text{diff}} e^{-\frac{X}{\lambda_i}} \quad (\text{式 1})$$

ここで、 T_{direct} および T_{diff} はそれぞれ、分子線に起因する成長膜厚および面間拡散に起因する成長膜厚である。フォトリソグラフィとウェットエッチングによって、(001)テラス面および(111)側壁面を有するストライプ加工 GaP(001)基板を作製した。テラス幅(溝幅)および溝深さはそれぞれ、4-8 μm および 1 μm とし、ストライプの方向は、 $\langle 110 \rangle$ および $\langle 1-10 \rangle$ 方向の 2 種類を用意した。その上に AIP マーカー層を介して、成長温度 500、550、600 $^{\circ}\text{C}$ で膜厚 100 nm の GaP 成長層を成膜し、面間拡散によりテラス上で生じた膜厚分布を透過型電子顕微鏡(TEM)観察により見積もった。

Fig. 2 に成長層の膜厚分布の例(成長温度 600 $^{\circ}\text{C}$)および成長層の断面 TEM 像を示す。図より面の境界($X=0$)からテラスの中央に向かって、成長層の膜厚が減少している。このことから、結晶成長中の面の境界近傍における Ga 吸着子の流れは、斜面側からテラスの方向であることが分かる。Fig. 3 に成長温度を変化させた場合の $\langle 110 \rangle$ と $\langle 1-10 \rangle$ 方向におけるテラス上での表面拡散長のアレニウスプロットを示す。成長温度 600 $^{\circ}\text{C}$ では、 $\langle 1-10 \rangle$ 方向が $\langle 110 \rangle$ 方向より表面拡散長が長く、その関係は低温で逆転する傾向を示した。挿入図には成長温度 600 $^{\circ}\text{C}$ で成長した GaP 層の AFM 像を示している。 $\langle 1-10 \rangle$ 方向が長い楕円の形状をした自己形成島が観察されるが、これは表面拡散長の異方性を反映していると考えられる。

[謝辞]

本研究は、(公財)村田学術振興財団、(公財)中部電気利用基礎研究振興財団の援助を得て行われた。

[参考文献]

- 1) K. Yamane et al., Japan Crystal Growth 486 (2018) 24-29.
- 2) T. Nishinaga et al., Thin Solid Films 343-341 (1999) 495-499.

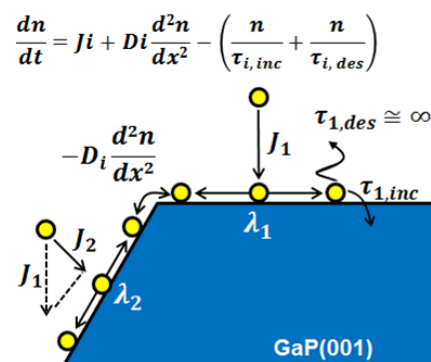


Fig. 1 Schematic model of adatom surface diffusion.

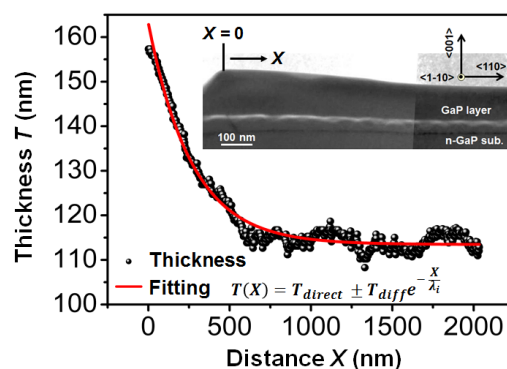


Fig. 2 Thickness distribution of grown layer (Growth temperature 600 $^{\circ}\text{C}$) along $\langle 110 \rangle$. Inset shows TEM image of the sample.

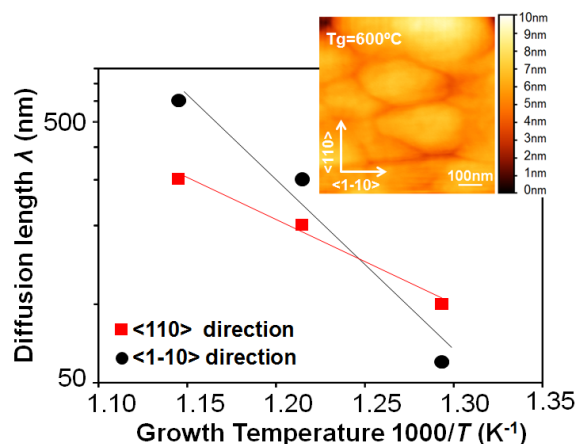


Fig. 3 Diffusion length of Ga adatoms on (001) surface in the $\langle 110 \rangle$ and $\langle 1-10 \rangle$ directions of as a function of growth temperature. Inset shows $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ AFM image of the sample (Growth temperature 600 $^{\circ}\text{C}$).