18a-A20-6

# MBE 成長における As 原料シャッター遮蔽性能の評価

Evaluation of arsenic source shutter performance on MBE

東大ナノ量子機構 [1], 東大生研 [2]

°影山 健生 [1], 渡邉 克之 [2], 角田 雅弘 [1], 岩本 敏 [1,2], 荒川 泰彦 [1,2]

NanoQuine, Univ. of Tokyo[1], IIS, Univ. of Tokyo[2]

°T. Kageyama[1], K. Watanabe[2], M. Kakuda[1], S. Iwamoto[1,2] and Y. Arakawa[1,2]

E-mail: tkage@iis.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】　我々は歪補償構造導入[1]により量子ドット(QD)レーザの更なる性能向上を目指している. GaAs 基板上 InAs 量子ドットへの歪補償には GaP や GaAsP, GaInP などの材料が検討されている[1, 2]. 一方, 分子線エピタキシー(MBE)法において, V 族原料のシャッター遮蔽性能が 1 未満, つまりビームが漏れていることが指摘されており, III-$V_{1-x}V_x$ 型混晶エピにおいてはヘテロ界面劣化の原因となる[3]. 今回成長した $GaAs_{1-x}P_x$ 混晶組成 $x$ の V 族原料比依存性を利用して, As ビームに対するシャッター遮断性能を評価し, あわせて As 種依存性も検討したので報告する.

【実験】MBE には, As および P 原料にバルブドクラッカーセルを装備した RIBER 社製 Compact 21 を用いた. $As_2$ および $As_4$ の切り替えはクラッカー温度変更(950°C または 600°C)により行った. 成長温度は 530°C, GaAs 成長速度は 0.64 μm/h とした. シャッターおよびバルブを開けて $GaAs_{1-x}P_x$/GaAs 超格子構造を成長し, 組成 $x$ の V 族 flux 比 $V_P = P/(P+As)$依存性を調べた. P 組成 $x$ は X 線回折測定により評価した.

次に As シャッターの遮蔽性能 $\eta_s = 1-As_{closed}/As_{open}$ を調べるために, As バルブは開けたまま As シャッターのみを閉じて Ga(As)P/GaAs 超格子構造を, $As_4$ の場合と $As_2$ の場合の 2 通り成長した. このときの As-flux 強度は $As_{open}$=4.0×10$^{-5}$Torr 相当のバルブ開度, P-flux 強度は $P_0$=2.0×10$^{-5}$Torr とした. 上記で得られたシャッターを開けて成長した $GaAs_{1-x}P_x$ での P 組成 $x$ の V 族 flux 比 $V_P$ 依存性と照らし合わせることにより, シャッターが閉じているときの実効 P-flux 比 $V_{P\text{-closed}}=P_0/(P_0+As_{closed})$を見積もり, 基板表面での As-flux 強度 $As_{closed}$ を求め, シャッター遮蔽性能 $\eta_s$ を評価した.

【結果と考察】Fig. 1 に, 成長した通常の $GaAs_{1-x}P_x$ 中の P 組成 $x$ の V 族 flux 比 $V_P$ 依存性を示す. $V_P$ を制御することにより $As_2$, $As_4$ 共に, すべての組成範囲で制御が可能であることがわかった. これにシャッターを閉じた状態で成長した $GaAs_{1-x}P_x$ の P 組成 $x$ と, Fig. 1 の曲線から見積もった, 実効 P-flux 比 $V_{P\text{-closed}}$ を Fig. 1 の fitted point のように見積もり, 成長に用いた $P_0$, および $As_{open}$ から $As_{closed}$ を求め, 最終的に算出されたシャッター遮蔽性能 $\eta_s$ を table 1 に示す.シャッター遮蔽性能 $\eta_s$ は $As_4$ と $As_2$ で同等の値(0.80, 0.85)が得られた. つまり As 種にかかわらずシャッター遮蔽性能は概ね一定であり, シャッターを閉じた場合でも, 約 15-20%程度の As ビームは基板表面に到達していることが分かった.

【謝辞】　本研究は文部科学省イノベーションシステム整備事業および最先端研究開発支援プログラムにより遂行された. また一部は NEDO の「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」により委託を受けたものである.【参考文献】[1] 渡邉他, 今回発表予定. [2] J. Tatebayashi *et al.* J. Phys.D; Appl. Phys. 42 (2009) 073002. [3] K. Umeno *et al.* JCG311(2009)1748.

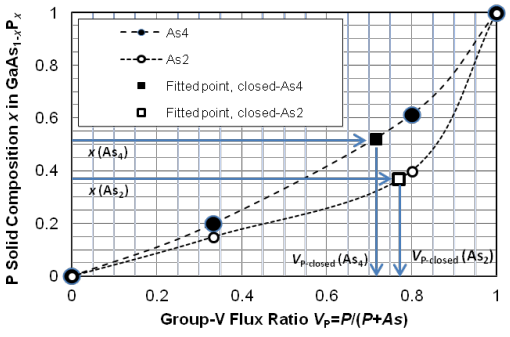



Fig. 1　Group-V flux-ratio $V_P$ versus P solid composition $x$ in $GaAs_{1-x}P_x$ grown by MBE using $As_4$ (closed circle) and $As_2$ (open circle). Dash lines are the guide to the eye. Fitted points for *As-shutter-closed* Ga(As)P growth with $As_4$ (closed square) and $As_2$ (open square) were also shown.

Table 1　Summary of P solid composition $x$ in $GaAs_{1-x}P_x$, effective flux ratio $V_{P\text{-closed}}$, and estimated shutter-efficiency of As-cell $\eta_s$ grown under *As-shutter-closed* condition with $As_4$ and $As_2$.

| | P Solid composition $x$ in $GaAs_{1-x}P_x$ | Effective flux ratio $V_{P\text{-closed}}$ | Shutter-efficiency $\eta_s$ |
|---|---|---|---|
| $As_4$ | 0.52 | 0.72 | 0.80 |
| $As_2$ | 0.37 | 0.77 | 0.85 |



© 2014 年　応用物理学会