



Title	マイクロプローブRHEED法によるGaAs MBE成長中のGa原子の表面拡散に関する研究
Author(s)	畑, 雅幸
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38656
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 はた 雅 幸

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 1 0 7 8 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 6 年 2 月 1 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第2項該当

学 位 論 文 名 マイクロプローブ RHEED 法による GaAs MBE 成長中の
Ga 原子の表面拡散に関する研究

論文審査委員 (主査)
教 授 中島 尚男

教 授 平木 昭夫 教 授 白藤 純嗣 教 授 青木 亮三

教 授 村上 吉繁 教 授 佐々木孝友

論 文 内 容 の 要 旨

平坦なヘテロ界面や、量子細線、量子箱等の微細構造の作製のため、分子線エピタキシャル成長 (MBE) の成長機構を解明することが要求されている。本論文では、走査型マイクロプローブ反射高速電子線回折 (μ -RHEED) 法を用いて MBE 成長中の GaAs 表面をマイクロスコピックに観測し、付着 Ga 原子の表面拡散距離を測定し、MBE 成長機構について考察している。

本論文は次の7章から構成されている。

第1章では、表面拡張現象等の MBE 成長機構に関する研究の背景と現状について述べ、本研究の目的を示している。

第2章では、マイクロプローブ電子銃を組み込んだ MBE 装置の詳細を説明し、MBE 成長中の GaAs (001) 表面を μ -RHEED 法を用いて観察した結果について述べている。RHEED の鏡面反射点の強度変化を用いて、表面構造に非常に敏感な走査型反射電子顕微鏡像を得ることができ、 μ -RHEED 法が、MBE 成長中の表面の実時間観察のための非常に有効な方法であることを明確に示している。

第3章では、 μ -RHEED 法を用いてメサ溝を形成した GaAs (001) 基板上の MBE 成長を調べ、(111) A 面と接する (001) 面上の成長速度の増加を観測している。この成長速度の増加は、(111) A 面から (001) 面への付着 Ga 原子の表面拡散によるもので、この成長速度の増加分の分布から、付着 Ga 原子の表面拡散距離が、[110] 方向へは約 $1\ \mu\text{m}$ であることを明らかにしている。この長い表面拡散距離から、付着 Ga 原子の原子層ステップへの付着率が1よりかなり小さいことを推定している。

第4章では、表面拡散に関する理論的考察から新しい MBE 成長機構を提案している。付着原子の原子層ステップの付着率が $1/n$ ($n>1$) のとき、MBE 成長中の付着原子の表面拡散距離は、2次元核の平均距離に比べほぼ \sqrt{n} 倍長いことを導いている。また、たとえ微斜面上のテラス幅より表面拡散距離が長いときでも、隣り合う安定核間の平均距離とテラス幅との関係に依存して、微斜面上での成長モードが変化することを示している。

第5章では、 μ -RHEED 法を用いて、(111) B 面と接する (001) 面上の成長速度の減少を観測している。

この成長速度の減少分の分布から、付着 Ga 原子の表面拡散距離が、560°C で $[\bar{1}10]$ 方向へは約 $8\ \mu\text{m}$ であり、 $[110]$ 方向よりも、 $[\bar{1}10]$ 方向への表面拡散距離の方が約 8 倍長いことを明らかにしている。また、 $[\bar{1}10]$ 方向、 $[110]$ 方向への表面拡散距離の活性化エネルギーは、それぞれ約 0.4 eV、約 0.7 eV であることを示している。

第 6 章では、付着 Ga 原子の表面拡散距離の砒素フラックス依存性を調べている。低砒素フラックスの下では、表面拡散距離が長くなり、特に表面再構成構造の (2×4) 構造と (3×1) 構造との変化に際して、急に表面化拡散距離が変化することを明らかにしている。

第 7 章では、本研究の総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

超格子および量子井戸等の量子構造を作製する上で、MBE 成長法は不可欠の技術であり、その成長機構を解明することは重要である。本論文は μ -RHEED 法により MBE 成長中の GaAs 表面をその場で観察し、成長機構に関する研究をまとめたものであり、その主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) μ -RHEED 法により、MBE 成長中において GaAs 表面の走査型反射電子顕微鏡像を得、表面の実時間観察が可能であることを示している。
- (2) (111) A 面と接する (001) 面上の成長速度分布を μ -RHEED 法により調べ、付着 Ga 原子の表面拡散距離を定量的に求め、原子層ステップの間隔より 1 桁以上長いこと、および原子層ステップへの Ga 原子の付着率が 1 より小さいことを見出している。
- (3) Ga 原子の原子層ステップへの付着率が $1/n$ ($n > 1$) のとき、表面拡散距離は 2 次元核の平均距離の \sqrt{n} 倍であることを理論的に示している。さらに、微斜面上の成長モードは 2 次元核の平均距離とテラス幅との関係に依存して変化することも理論的に明らかにしている。
- (4) 表面拡散距離の異方性を実験的に検討し、 $[\bar{1}10]$ 方向への表面拡散距離は $[110]$ 方向より長いことを示している。また、温度依存性より $[\bar{1}10]$ 方向および $[110]$ 方向への表面拡散距離の活性化エネルギーは、それぞれ約 0.4 eV および 0.7 eV であることを示し、その異方性と表面再構成構造との関係を考察している。
- (5) 付着 Ga 原子の表面拡散距離の砒素フラックス依存性を実験的に求め、低砒素フラックス下では、表面拡散距離が長くなり、さらに表面再構成構造の変化に伴い急激に変化することを明らかにしている。

以上のように、本論文は GaAs MBE 成長中での Ga 原子表面拡散過程を μ -RHEED 法を用いた詳細な実験により解明し、MBE 成長機構に関して多くの新しい知見を与えており、半導体工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。