



Title	ガスソース分子線を用いたナロウギャップ半導体の結晶成長とエッチングに関する研究
Author(s)	山本, 和彦
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40160
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、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	やまもと かず ひこ 山 本 和 彦
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 1 8 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 9 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電磁エネルギー工学専攻
学 位 論 文 名	ガスソース分子線を用いたナロウギャップ半導体の結晶成長とエッチングに関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 権田 俊一 教 授 西川 雅弘 教 授 中井 貞雄 教 授 堀池 寛 教 授 飯田 敏行 教 授 三間 罔興 教 授 西原 功修

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ガスソース分子線を用いたナロウギャップ半導体の結晶成長とエッチングに関する研究の成果をまとめたもので、以下に示す 8 章から構成されている。

第 1 章では、本研究の背景及び目的について述べるとともに、本論文の構成を示している。

第 2 章では、本研究で用いたガスソース分子線エピタキシー法の概略を述べ、特に有機金属原料を使用する有機金属分子線エピタキシー (MOMBE) 装置について述べている。さらに有機原料に含まれる炭素が不純物として混入する問題点を指摘している。

第 3 章では、炭素混入量の低減が期待できる有機 V 族原料としてトリスジメチルアミノアンチモン (TDMASb) の使用を試み、その特徴であるエッチング効果を明らかにしている。またエッチング過程は表面からの V 族分子の脱離によって律速されるモデルを提案している。

第 4 章では、アンチモン系半導体の成長速度を増加させる目的で、高指数面基板を利用した有機 III 族原料の分解促進を試みている。成長速度は (311) 面を中心に増加し、表面ステップ密度の差から、この依存性を説明している。

第 5 章では、V 族原料ガスとして TDMASb を用いたアンチモン系半導体の MOMBE 成長を行い、エッチング効果を有する TDMASb でも、高指数面基板上では、エッチング速度よりも成長速度が上回るために結晶成長が可能であることを明らかにしている。さらに得られた GaSb 薄膜の結晶性評価から、炭素混入量の低減を確認している。

第 6 章では、有機 V 族原料のエッチング効果を利用した選択エッチングを行い、試料断面構造の形成機構を明らかにしている。またエッチングと結晶成長を連続して行い、反射高速電子線回折 (RHEED) の強度振動を利用した原子層レベルでの制御が可能であることを示している。

第 7 章では、新たに提案した TlInGaP をガスソース MBE 法により初めて作製し、X 線回折測定から結晶成長を確認している。また RHEED 観察から最適な結晶成長条件を明らかにしている。

第 8 章では、本研究の総括として、前章までに得られた研究成果をまとめて述べている。

論文審査の結果の要旨

光情報伝送や大気中の有害ガスの検出等には長波長領域の発光受光素子が必要であり、この領域のエネルギーに関連する禁制帯幅をもつナロウギャップ半導体材料の開拓とそのプロセス技術の開発が望まれている。本論文はこのような材料とそのプロセスの開発を目的として、ⅢⅤ族半導体を中心として行った研究をまとめたもので、主な成果を要約すれば以下の通りである。

- (1) 有機Ⅴ原料として TDMASb, TDMAAs, TIPSb を用い、これを基板に照射したときに生じるエッチング効果を詳しく調べ、その特性を明らかにしている。その原因を調べ、エッチング種は基板の表面で分解した有機ラジカルであること、また有機ラジカルはⅢ族原子と結合して脱離するために、表面に過剰なⅤ族原子が存在する場合にはエッチングが妨げられ、したがってエッチングは表面からのⅤ族分子の脱離状況によって律速されることを明らかにしている。
- (2) 成長速度の遅い Sb 系半導体の結晶成長特性の改善を目的として、通常の (100) 基板に対して [011] 方向に傾斜させた高指数面基板を用いて成長特性を調べ、特にステップ密度の高い (311) 基板を中心に成長速度が増加すること、これは表面ステップにおいて有機Ⅲ族原料の分解が促進されるのが原因と考えられることを示している。
- (3) エッチング効果を有する TDMASb を用いて結晶成長を行うために、成長速度が増大する高指数面基板を用いて成長特性を調べ、特に (311) 基板を中心に結晶成長が可能となり、表面ステップは有機Ⅲ族原料の分解を促進するが、エッチングに対する影響は少ないことを明らかにしている。得られた GaSb の電気的特性は、TESb を用いた場合に比べて正孔濃度が $1/10$ 以下に低減され、結晶成長に TDMASb が有効であることを示している。また TDMASb を用いた AlSb 成長では、アミノ基から生じる窒素が Al と反応して結晶成長できない問題点を明らかにし、この対策として TDMASb を熱分解すれば結晶成長が可能であることを示している。
- (4) エッチング効果を有する有機Ⅴ族原料を利用して、エッチングと成長が同一 MOMBE チャンバー内でできれば、微細構造の作製に有効であることに着目し、エッチング速度を増加させる目的で TDMAAs の一つのアミノ基を塩素で置換した BDMAClAs を提案し、エッチングと成長のいずれに対しても有効な原料ガスであることを示している。さらに、絶縁膜マスクを利用した選択エッチングを行い、その溝部分には結晶構造の違いに起因するエッチング速度の差によって高指数面が形成されることを明らかにしている。
- (5) $10\mu\text{m}$ 以上の長波長領域にも対応可能で禁制帯幅が特異な温度依存性をもつと推定される TlInGaP 系材料を新たに提案している。Tl を含む系の結晶成長には低温成長が可能なガスソース MBE 法が適していることを示し、実験的にも初めて結晶成長に成功している。

以上のように本論文は、ナロウギャップ半導体の新しいプロセス技術を開発し、新しいナロウギャップ材料の開拓を行って、長波長領域の発光受光材料とそのデバイスの開発に役立つ基礎技術を前進させたもので、光・電子材料工学、素子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。