



Title	ヘテロ接合バイポーラトランジスタ高性能化のための分子線エピタキシャル成長に関する研究
Author(s)	和泉, 茂一
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40289
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	和 泉 茂 一
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 8 5 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 9 年 3 月 18 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	ヘテロ接合バイポーラトランジスタ高性能化のための分子線エピタキシャル成長に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 権 田 俊 一 (副査) 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 教 授 白 藤 純 嗣

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ヘテロ接合バイポーラトランジスタを高性能化するために行った分子線エピタキシャル結晶成長に関する研究の成果をまとめたもので、7章から構成されている。

第1章では、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ (Heterojunction Bipolar Transistor: HBT) の高性能化を実現するための問題点と本論文の目的を示している。

第2章では、高集積デバイスを高歩留まりで形成するために必要な、イレギュラーディフェクトや隆起量の大きいオーバルディフェクトの低減のために、新しいAsクラッキングセルを開発し、これを用いて表面欠陥密度 10 cm^{-2} 以下を達成し、この理由についても考察している。

第3章では、GaAs基板/MBE成長層界面の不純物蓄積について調べ、そのデバイス特性への影響を明らかにしている。更に清浄成長層界面を得る方法を検討し、処理液と蓄積不純物の関係を明らかにしている。MBE成長の前処理フリー化について調べ、As被膜を利用する方法の有効性を示している。

第4章では、直流電流増幅率とn-AlGaAsエミッタ層中の酸素濃度の関係を明らかにしている。更にエミッタ層からの注入電流に対する再結合電流 (エミッタ/ベース接合間の再結合電流, ベース層中の再結合電流, 真性再結合電流) の占有割合の見積もりを行っている。

第5章では、格子不整合系 n^+ -InGaAs結晶をHBTのエミッタコンタクト層へ適用することを提案し、作製条件と特性の関係を調べている。更に、ICTS (Isothermal Capacitance Transient Spectroscopy) を用いたエミッタ/ベース接合近傍に介在する準位の評価を行い、n-AlGaAsエミッタ層およびInGaAs/AlGaAsヘテロ接合界面付近の結晶性とICTS信号との関係を明らかにしている。

第6章では、2～5章で述べたMBE成長技術を用いて試作した高出力HBT, およびその評価結果について述べ、その良好な評価結果から本研究での成果が高性能HBTの実現に有効かつ不可欠であることを明らかにしている。

第7章では、本論文での結果をまとめ、総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

ヘテロ接合バイポーラトランジスタ (Heterojunction Bipolar Transistor: HBT) は、マイクロ波通信システム用電力増幅器の次期デバイスとして注目されているが、このためにはその性能をさらに向上させることが求められている。本論文は限界性能を引出す基盤となる GaAs 系分子線エピタキシャル結晶成長技術における課題の解決を目指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次の通りである。

- (1) GaAs 材料のイレギュラーディフェクトやオーバルディフェクトの低減のために新しく As クラッキングセルを開発し、これを用いることにより、 10 cm^{-2} 以下の低いディフェクト密度を達成している。この理由としては、As 酸化物の熱分解により As のみが表面に到達するためという可能性を示している。しかし、n-AlGaAs では As クラッキングを行うことで、Si ドープメントの活性化率が低下するという相反する効果を示し、最適 As クラッキング温度は 700°C 程度であることを明らかにしている。
- (2) GaAs 基板/MBE 成長層界面のキャリア蓄積と、そのデバイス特性への影響について調べ、成長前基板前処理として H_2SO_4 処理を用いた場合は、デバイスは良好な特性を示すのに対し、HF 処理の場合はリーキーな特性になることを示し、その原因は表面処理の差による界面での酸素など不純物の蓄積量の差によるものであることを明らかにしている。
- (3) HBT 結晶中の混入酸素と直流電流増幅率 β の関係を調べ、 β の大きさとエミッタ層中混入酸素量とは逆比例の関係にあり、 β のばらつきは主にエミッタ/ベース接合部の再結合電流成分のばらつきによること、AlGaAs エミッタ層での酸素濃度が $3 \times 10^{17}\text{ cm}^{-3}$ 以下であれば β の初期特性に影響しないことを明らかにしている。
- (4) 格子不整合系 $\text{n}^+\text{-InGaAs}$ 結晶の HBT のエミッタコンタクト層への適用について調べ、GaAs 超周期構造を In-GaAs 層に挿入することにより良好なコンタクト層が得られること、ヘテロ界面の評価に ICTS (Isothermal Capacitance Transient Spectroscopy) を用いてエミッタ層中の酸素が深い準位を形成している可能性などを示している。
- (5) 本論文で研究した MBE 成長技術を用いて高出力 HBT を試作し、マルチフィンガ ($1.5 \times 20\text{ }\mu\text{m}^2 \times 10$) 高出力 HBT で 12GHz において出力電力 1.0W 、電力付加効率 72% の良好な特性を得ることに成功している。

以上のように本論文は、ディフェクトを少なくする MBE 法の基本的な研究からディフェクトと HBT の動作特性の関係を明らかにし、高性能な電子デバイスを得るプロセスを明らかにしたもので電子材料工学、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。