The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | GaAs気相エピタキシャル成長の研究 |
| Author(s) | 米野, 純次 |
| Citation | 大阪大学, 1983, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/33820 |
| 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">大阪大学の博士論文について</a>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

【45】

| | |
|---|---|
| 氏名・（本籍） | 米野純次（こめ の じゅん じ） |
| 学位の種類 | 工学博士 |
| 学位記番号 | 第 6202 号 |
| 学位授与の日付 | 昭和58年10月31日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第5条第2項該当 |
| 学位論文題目 | **GaAs気相エピタキシャル成長の研究** |
| 論文審査委員 | （主査）教授 犬石 嘉雄<br>教授 木下 仁志　教授 山中千代衛　教授 藤井 克彦<br>教授 鈴木 胖　教授 横山 昌弘　教授 中井 貞雄<br>教授 黒田 英三　教授 小山 次郎　教授 藤田 広志 |

## 論文内容の要旨

本論文はハロゲン輸送法によるGaAs単結晶の気相エピタキシャル成長に関する理論的及び実験的研究をまとめたもので，以下の7章から構成されている。

第1章では，Ⅲ－Ⅴ族化合物半導体結晶に関する研究の重要性及び本研究が対象としたGaAs単結晶の気相エピタキシャル成長の研究の歴史的背景を述べ，併せて本研究の目的及び意義を明らかにしている。

第2章では，ハロゲン輸送気相成長法における成長化学反応の平衡定数と化学ポテンシャルとの関係を導き，気相から固相である結晶が析出する原理を化学ポテンシャルを用いて明らかにしている。さらにGaAs気相成長において，成長速度の律速過程として輸送速度律速と反応速度律速が存在することを明確にし，エピタキシャル成長がどの律速過程に従うかは成長温度及び反応ガス分子の供給速度に依存することを明らかにしている。

第3章では，GaAs気相成長における不純物の挙動に関する実験的考察を行い，エピタキシャル成長層の主たる残留不純物種を明らかにするとともに，n型不純物のドーピング法の確立を行っている。さらにGaAs気相成長結晶において支配的な数種の深い不純物準位を明らかにし，これらの不純物準位密度と成長条件との相関を初めて明らかにしている。

第4章では，ハロゲン輸送法気相成長において，従来困難とされていた多数枚ウェーハの同時成長法を実用化する方法について論じている。ここでは，基板結晶の配置法についての流体力学的解析を行っている。その結果に基づき，横型反応炉を用いたGaAsハロゲン系気相成長において初めて多数枚ウェーハ同時成長法を確立している。

第5章では，筆者が見出したGaAs気相成長における不純物ゲッタリング現象について論じ，この現象の機構を解明している。さらに，この現象を利用する気相成長法を開発し，従来困難とされていた低キャリア濃度層と高キャリア濃度層との界面領域におけるキャリア濃度分布の急峻化を初めて可能にしている。

第6章では，従来の熱力学的解析では解明されなかった基板結晶上の成長速度分布について，層流境界層モデルに基づいた理論的解析を行い，基板上の成長速度分布式を初めて導出している。さらに，成長速度分布の実験的解析を行い基板上の成長速度分布とそれに及ぼす成長条件の影響を初めて明らかにしている。そして，エピタキシャル成長層の膜厚及びキャリア濃度分布の高均一化には反応速度律速領域を用いる気相成長法が最適であることを実証し，高均一気相成長法を初めて確立している。

第7章では，本研究の成果を総括して本論文の結論を述べている。

## 論文の審査結果の要旨

最近，ガリウム砒素（GaAs）単結晶を用いた高速電界効果トランジスタ，半導体レーザ，ＥＬダイオードなどの電子素子が広く実用化されるにつれて均一で高品質，かつ量産に適したGaAs単結晶のエピタキシャル成長技術の確立が基本的に重要な課題として注目されている。

本研究はこのような要請に基いてGaAs気相エピタキシャル成長に流体力学的，熱力学的考察を加えるとともに，それに基いて新しい方法を工夫することによって高品質で均一な膜の量産のための方法と最適条件を確立し，その応用として優れた均一性をもつGaAs MESFET を作成した結果を述べたもので，多くの新知見を得ている。その主なものをあげると，

(i) GaAsの気相エピタキシャル成長の成長速度が輸送速度律速領域と反応速度律速領域に区別できることを指摘し，前者については，層流境界層モデルを初めて提案して，基板に沿っての成長速度の分布を解析するとともに成長温度とその勾配，ガス流速の影響等を明らかにし，高度に均一なエピタキシャル膜の成長のための最適条件とその問題点を明らかにした。

(ii) 反応速度律速領域でエピタキシャル膜厚の均一度に及ぼす成長温度および$AsCl_3$とキャリアガスのモル比の影響を調べて最適条件を明らかにするとともに，この方法によって大面積基板上にGaAsMESFETを試作しイオン注入などの技術によるものと較べて劣らない高性能が得られることを明らかにした。

(iii) $AsCl_3 - Ga - H_2$系，及び$AsCl_3 - Ga - N_2$系を用いたGaAs気相エピタキシャル成長の比較を行い，残留アクセプタ不純物がそれぞれSiおよびCであることを明らかにし，前者が反応生成物のＨＣｌと石英器壁の反応によって生じることを示唆している。

(iv) 横型成長炉の円周に沿って多数の基板を配列することによって均一な多数枚ウェハーの同時成長を行う方法を初めて確立し，実用量産技術への道を開いた。

(v) GaAs気相エピタキシャル成長時の硫黄ドーピングの方法を確立し，特に基板に対向して別のGaAs板をおくことによって基板上のエピタキシャル膜中の硫黄濃度を2桁程度自由に制御する方法を開発

し，キャリア濃度分布の急峻化に成功した。

以上述べたように本論文はガリウム砒素エピタキシャル単結晶作成上，重要な多くの新知見を含むとともに製作技術上の指針を与えるもので電気・電子材料工学上寄与する所が大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。