



|              |                                                                                                                                                 |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | 集束イオン注入ドーピングのMBE結晶成長への応用に関する研究                                                                                                                  |
| Author(s)    | 高森, 晃                                                                                                                                           |
| Citation     | 大阪大学, 1989, 博士論文                                                                                                                                |
| Version Type |                                                                                                                                                 |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/36682">https://hdl.handle.net/11094/36682</a>                                                             |
| 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

|         |                                |           |           |
|---------|--------------------------------|-----------|-----------|
| 氏名・(本籍) | たか<br>高                        | もり<br>森   | あきら<br>晃  |
| 学位の種類   | 工                              | 学         | 博 士       |
| 学位記番号   | 第                              | 8 4 8 5   | 号         |
| 学位授与の日付 | 平 成 元 年                        | 3 月       | 2 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  | 集束イオン注入ドーピングのMBE結晶成長への応用に関する研究 |           |           |
| 論文審査委員  | (主査)<br>教 授 三石 明善              |           |           |
|         | 教 授 志水 隆一                      | 教 授 興地 斐男 | 教 授 後藤 誠一 |

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、集束イオンビームによるマスクレスイオン注入をMBE結晶成長に応用して行った、微細構造の3次元不純物ドーピングGaAs, AlGaAs 結晶成長と結晶界面の特性に関する基礎的研究の成果をまとめたもので、本文5章から構成されている。

第1章では、研究の背景と目的を明らかにするとともに、MBE結晶成長装置と100 kV 集束イオンビーム注入装置を超高真空試料搬送路で結合したFIBI-MBE真空一貫結晶成長システムの開発を行い、液体金属イオン源の特性、イオンビーム径、注入層の形状などの基本特性を明らかにしている。

第2章では、GaAs 結晶中に、SiまたはBeのサブミクロン微細ドーピング層を形状および位置を制御しながら3次元に形成できることを示している。イオン注入層上のMBE成長層についてフォトルミネッセンスによる結晶評価を行い、注入後のポストアニール処理を行わなくても高品質の結晶成長ができることを明らかにしている。

第3章では、MBE再成長界面付近の深い準位密度、汚染物質の濃度、およびフォトルミネッセンス強度が、成長中断中に結晶表面がおかれている雰囲気、すなわち真空度と成長中断時間に依存することを示し、その相関関係を明らかにしている。その結果、試料搬送路およびイオン注入試料室の真空度が、 $1 \times 10^{-9}$  Torr 以下の圧力に保たれるならば、イオン注入層上の界面においても電子素子や発光素子の作製上、問題のないことを明らかにしている。また、Si のマスクレスイオン注入層上に活性層を形成したGaAs/AlGaAs ダブルヘテロレーザを試作し、室温でのパルス発振を確認している。これにより、新しく開発したFIBI-MBEシステムがOEIC用の新しいプロセス技術として実用にあたえることを実証している。

第4章では、FIBI-MBE真空一貫システムに水素ラジカル ( $H^*$ ) クリーニング室を増設し、 $H^*$  ビーム照射によるGaAs結晶のMBE再成長界面のクリーニング効果について明らかにしている。 $H^*$  ビーム照射は、GaAs結晶表面に吸着した酸素、および従来のサーマルクリーニングでは除去できなかった炭素原子を400℃程度の低温プロセスで、基板結晶をエッチングすることなく、また、表面の平坦性を損なうことなく、除去し得ることを明らかにしている。しかし、 $1 \times 10^{-9}$  Torr 以下の超高真空中で成長中断をした場合と同じ程度までに界面でのキャリア濃度減少や、Cの取り込みを抑制することはできないことが明らかにされている。

第5章では、本研究で得られた結果を総括し、新しい結晶成長プロセスとしてのFIBI-MBE真空一貫プロセスの発展性とその課題について述べている。

## 論文の審査結果の要旨

本研究はGaAs系のOEIC (Optoelectronic Integrated Circuits) を実現するための新しいプロセス技術として、FIBI (Focused Ion Beam Implantation) -MBE真空一貫プロセスを取り上げ、その装置を新たに開発し、これを用いた微細構造の3次元不純物ドーピング結晶成長技術を確立するとともに、3次元ドーピング結晶界面の電氣的・光学的特性およびこれらの特性と成長条件の関係を明らかにし、実際にレーザ発光素子作製への応用を試みた研究をまとめたもので、主な成果は次のようなものである。

- (1) MBE結晶成長装置と100 kV 集束イオンビーム注入装置を超高真空試料搬送路で結合したFIBI-MBE真空一貫結晶成長システムを開発し、その基本特性を明らかにし、GaAs結晶中へSiまたはBeを分布形状を制御してマスクレスに注入する技術を確立している。
  - (2) MBE成長とFIBI注入を繰り返すことにより、GaAs結晶中にSiまたはBeのサブミクロン微細ドーピング層を形状および位置を制御しながら3次元に形成できることを確認している。
  - (3) イオン注入層上の成長中断界面について電氣的・光学的特性を評価し、真空度が $1 \times 10^{-9}$  Torr 以下の圧力に保たれていれば電子素子、発光素子の作製上問題のないことを明らかにしている。また、界面準位と真空度および成長中断時間との相関を明らかにし、さらに界面準位に関与する物質が炭素原子および酸素原子であることを解明している。
  - (4) Siのマスクレスイオン注入層上に活性層を形成したGaAs/AlGaAsダブルヘテロレーザを試作し、室温でのパルス発振を初めて確認している。
  - (5) FIBI-MBE真空一貫システムに水素ラジカル ( $H^*$ ) ビームクリーニング室を増設し、 $H^*$  ビーム照射によるGaAs結晶のMBE再成長界面のクリーニング効果について明らかにしている。
- 以上のように、本論文はFIBI-MBE真空一貫結晶成長システムを開発し、これにより半導体素子作製のプロセスについて基本的な研究を行ったもので、半導体工学の分野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。