

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | 化合物半導体におけるプロセス誘起欠陥の研究   |
| Author(s)    | 弓場, 愛彦  |
| Citation     |   |
| Issue Date   |   |
| Text Version | ETD   |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.11501/3054505">https://doi.org/10.11501/3054505</a> |
| DOI          | 10.11501/3054505  |
| rights       |   |
| Note         |   |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

|         |                       |       |    |       |
|---------|-----------------------|-------|----|-------|
| 氏名・(本籍) | 弓                     | 場     | 愛  | 彦     |
| 学位の種類   | 工                     | 学     | 博  | 士     |
| 学位記番号   | 第                     | 9621  | 号  |       |
| 学位授与の日付 | 平成3年3月14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  | 化合物半導体におけるプロセス誘起欠陥の研究 |       |    |       |
| 論文審査委員  | (主査)                  |       |    |       |
|         | 教授                    | 難波    | 進  |       |
|         | (副査)                  |       |    |       |
|         | 教授                    | 浜川 圭弘 | 教授 | 蒲生 健次 |
|         |                       |       | 教授 | 山本 錠彦 |

### 論文内容の要旨

半導体デバイスの機能向上や高集積化の実現を担う最先端の半導体プロセスでは、高い制御性や加工精度の期待できるビームプロセス技術が大きな領域をしめる。エネルギーの高いビーム照射により、格子欠陥が発生し材料物性に大きな影響を与える可能性がある。このため誘起欠陥の影響と挙動を把握することは、プロセス技術の可能性と限界を決定する大きな要因である。

本論文は化合物半導体 GaAs と InP について主としてイオンビーム照射によって誘起される深い準位をとともなう格子欠陥の挙動を DLTS 法と OTCS 法を用いて調べている。

GaAs では、プロトン照射によって3種またはそれ以上の欠陥準位が誘起される。これらの準位パラメータを決定し注入量依存性、アニール効果を調べた。プロトンおよびイオン照射欠陥と点欠陥的な電子線照射欠陥の相関を明らかにした。

さらに、GaAs について具体的なプロセス技術に関連した誘起欠陥の挙動を調べた。イオンビームエッチングでは誘起欠陥がイオンの飛程に比べ数倍ないし1桁以上深くまで分布することを示し、そのソースガス依存性、アニール特性を明らかにした。パルスレーザアニールでは基板にある欠陥準位の消滅過程を調べ、さらにプロトン照射欠陥のアニール特性を調べた。分子線成長結晶層基板界面に局在する深い準位を検出し、基板のイオン照射による影響を調べた。界面におけるキャリア密度の減少は、深い準位の寄与は少なく、主として酸化膜や汚染に起因する可能性が高いことを明らかにした。

さらに InP のビーム照射および熱アニールによる誘起欠陥を調べ、各々主要な誘起欠陥単位を検出した。これら欠陥準位の挙動からプロセスによる半絶縁性試料の電気抵抗の変化が説明できることを示した。またイオンビームエッチング層の評価を行い、欠陥がイオンの飛程より深く分布すること、反応性

エッチングの方が欠陥の影響を軽減できることを示した。

これらの研究によって個々のプロセス技術の適用にあたって考慮すべき知見を得るとともに、用いた評価方法の有用性を示した。

## 論文審査の結果の要旨

加工精度や制御性に優れたビームプロセス技術は、半導体デバイスの機能向上や高集積化に必須の技術である。ビーム照射が誘起する格子欠陥は、電気的に活性な局在準位をとめない、電子物性やデバイス特性に影響を与えるため、誘起欠陥の挙動を解明しその除去をはかることは基本的な課題である。

本論文は深い準位を高感度で検出できる分光的評価法であるDLTS (Deep Level Transient Spectroscopy) 法およびOTCS (Optical Transient Current Spectroscopy) 法を用いて、GaAsとInPにおけるイオンビーム照射欠陥を主とする誘起欠陥を研究した結果をまとめたものである。

GaAsでは、60keVおよび2MeVプロトンおよび60keV Arイオン照射によって誘起される欠陥準位を検出し、その各々について活性化エネルギー、捕獲断面積を決定するとともに、注入量依存性およびアニール特性を明らかにしている。さらに1MeV電子線照射欠陥の評価を行い、点欠陥とイオン照射欠陥の相関を解明している。イオン照射欠陥は、点欠陥の消滅の後も残留する熱的に安定なものが支配的であり、イオン種、エネルギーによらず3種の異なる欠陥準位が存在することを明らかにしている。

さらにGaAsについて、イオンビームエッチング、パルスレーザーアニールおよび分子線エピタキシャル成長のプロセスによって発生または消滅する欠陥の挙動を解明し、電気特性との関連を検討している。イオンビームエッチングでは、電子捕獲準位のほかにキャリア補償センタが誘起され、ともにイオンの飛程より著しく深い領域まで存在することを明らかにしている。パルスレーザーアニールでは、照射欠陥と固有欠陥が固相における短時間アニール過程で消滅する可能性を示している。また分子線エピタキシャル成長層を評価し、界面に局在する深い単位はキャリア密度の変動の主因ではないこと、基板のイオン照射欠陥に起因する成長層の特性劣化は少ないことを示し、ビームプロセスと結晶成長技術の複合化の有用性を示唆する知見を得ている。

InPでは、60keVイオン照射および熱アニールが誘起する欠陥準位を初めて検出し、そのイオン種、照射量依存性およびアニール特性を調べた。これらの誘起欠陥を考慮することにより、プロセスによる半絶縁性試料の電気抵抗の変化が矛盾なく説明できることを明らかにしている。さらにイオンビームエッチング層の評価を行い、反応性エッチングの方が誘起欠陥の発生を軽減できることを指摘している。

これらの研究成果は、GaAs、InPなどの化合物半導体におけるプロセス誘起欠陥の影響を統一的に理解するための基礎となる重要な知見であり、半導体工学の進歩に貢献するところ大である。よって工学博士の学位論文として価値あるものと認める。