

| | |
|---------|--|
| 氏名(本籍) | 李 雄 (韓国) |
| 学位の種類 | 博士(工学) |
| 学位記番号 | 博甲第6040号 |
| 学位授与年月日 | 平成24年3月23日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当 |
| 審査研究科 | 数理物質科学研究科 |
| 学位論文題目 | Cathodoluminescence study of surface defects in HVPEgrown GaN (カソードルミネッセンス法によるHVPE法で成長したGaN結晶の表面欠陥の研究) |
| 主査 | 筑波大学教授 理学博士 関口隆史 |
| 副査 | 筑波大学教授 理学博士 秋本克洋 |
| 副査 | 筑波大学教授 博士(工学) 末益崇 |
| 副査 | 筑波大学准教授 博士(理学) 中山知信 |
| 副査 | 物質・材料研究機構特別研究員 工学博士 原田博文 |

論文の内容の要旨

窒化ガリウム (GaN) は、ワイドギャップ半導体であり、化学的にも安定であることから、青色発光ダイオード・青色レーザーをはじめとして、高出力デバイスへの応用が期待されている。現在、GaNの成長は、サファイア基板上へのエピタキシャル成長が主流であり、本来のGaNの特性を利用するためには、GaNウエハを使うことが望ましい。ところが、成長コストの問題や種基板の不足などからGaNウエハは殆ど使われていない。また、厚膜成長したGaNウエハには特有のピット型欠陥が存在し、これがウエハの均一性を下げる原因となっている。

本研究では、このピット型欠陥の特徴を、カソードルミネッセンス (CL) を中心とした各種の走査電子顕微鏡法により明らかにし、ピットの生成、成長、消滅のメカニズムを解明することで、欠陥の低減方法を見出すことを目的とした。

実験では、ハイドライド気相成長 (HVPE) 法により、サファイア基板上に、成長厚みの異なる4種類のGaN (0001) 厚膜を成長させた。このGaN厚膜上のピット型欠陥の特性を、カソードルミネッセンス、特性X線 (EDX)、二次電子像等を用いて調べた。ピットの成長履歴を明らかにするために、断面研磨機 (Cross-sectional Polisher:CP) によって、試料の断面を加工して観察を行なった。

まず、平面観察で、ピットの底が鋭いものと鈍いものの2種類が存在するのを確認し、それぞれVピット、Uピットと名付けた。どちらもピットも、斜面は $\{10\text{-}11\}$ 面で形成されていた。CLでは、ピット内の $\{10\text{-}11\}$ 面が、背景の (0001) 面の部分より明るくなり、発光ピークもバンド端発光より約 30 meV 低エネルギー側にシフトしていた。またUピットの中心の浅くなっている部分では、強度とピーク位置が、両者の中間になっていた。EDX測定では、CLの明るい部分でOが観察され、CLの分布を作る原因が、Oの含有量によることが確認された。(0001) 面はGa極性を有するが、 $\{10\text{-}11\}$ 面はN極性である。これらより、ピットは、N極性面で成長することでO不純物を多く取り込み、CLの明るいコントラストを作ることが結論された。

次に、断面観察により、ピットの生成、成長、消滅のメカニズムを調べた。転位密度の考察より、ピットは10本程度の貫通転位が核になり、成長が始まる。いったんVピットが形成されると、 $\{10\bar{1}1\}$ 面の成長が(0001)面の1/5程度と小さいため、ピットは拡大する。しかしながらある程度大きくなると、ピットの中心に $\{10\bar{1}2\}$ 面ができて、底が埋まりUピットへと移行する。 $\{10\bar{1}2\}$ 面の成長が速いために、Uピットは次第に埋まって、ピット自身が消滅する。断面観察の結果は、GaN膜が成長するに従って、高密度の小さなVピットが消滅して、低密度の大きなVピットが成長していく様子をはっきり示していた。さらに、成長時のパラメーターを制御することで、Vピットの成長の抑制、Uピットへの移行の促進、さらにはピットの消滅が可能であることが提案された。

本研究の成果は、気相成長法で育成したGaN厚膜・ウエハの品質向上に有益な指針を与えるものとして期待される。

審査の結果の要旨

本研究は、GaN厚膜あるいはGaNウエハに現れるピット型の欠陥の特性を調べ、ピット型欠陥の生成、成長、消滅の過程を明らかにしたものである。

本研究結果は、気相成長法によるGaN厚膜・ウエハの品質を向上させるために有益な知見を与えただけでなく、極性面成長の特徴、拡張欠陥の生成・消滅に関して新たな知見をもたらした。

以上の理由から、本論文は博士論文として十分と判断された。

平成24年2月14日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。