GaN へのイオン注入技術

Ion Implantation Technology for GaN

名大未来研，加地　徹

Nagoya University, IMaSS

E-mail: kachi@imass.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】イオン注入技術は、部分的に n 型、p 型領域を形成できるため、デバイス設計の自由度の拡大、工程の短縮など大きなメリットを有し、パワーデバイスのプロセス技術として必須の技術となっている。しかし、SiC を除く化合物半導体への適用例は少なく、GaN においても発展途上の段階である。

【n 型イオン注入】n 型のドーパント種としては Si, Ge が候補となるが、Si が広く用いられている。Si, Ge の注入イオンの活性化率は 50%を越えており [1,2]、コンタクト層形成などに適用されている。イオン注入する際のスルー膜、アニール保護膜としては SiO_2 が多く用いられるが、注入時のノックオン、あるいは活性化アニール時の Ga と Si, O の相互拡散により、GaN 表面に Si, O が混入する。SiO_2 使用の際には注意が必要である。また GaN へのイオン注入の特徴として、注入後ランダム相が現れず、したがってホット注入の効果が小さいことが挙げられる [3]。また Si は AlGaN, AlN でもイオン注入による、n 型化が可能であり適用範囲が広い [4,5]。応用例として、AlGaN/GaN-HEMT の電極部分に Si をイオン注入し、ノンアロイで良好なオーミックコンタクトが得られている [6]。このように n 型イオン注入は実用できる段階に来ている。

【p 型イオン注入】p 型のイオン注入は GaN の大きな課題である。これまで Ca,Be と Mg の活性化の報告があるが [7-10]、その再現実験による検証は不十分である。このうち、Mg が最も重要なドーパント原子となる。Mg の活性化は Si の活性化温度より高いとされており、1200℃以上が必要とされる。こうした高温アニールを制限している要因は保護膜であり、その選定が重要となる。最も安定な膜は AlN であるが、1300℃に近付くと GaN との反応が無視できなくなり、それ以上の温度での検証は不可能となる。その対策として近年二つの方法が試みられている。一つは、高温の熱分解に強い N 面にイオン注入する方法である [11]。N 面では 1200℃以上まで保護膜無しで鏡面が保たれ、1230℃のアニールで Mg の活性化が確認されている。もうひとつは、アニール温度における N の平衡蒸気圧以上の超高圧 N 中でのアニールである [12]。 1 GPa の超高圧 N 中で 1300℃～1480℃のアニールで非常に強い DA 発光を観察し、Mg の活性化が報告されている。さらに、イオン注入で誘起される欠陥の解析も進められ、活性化メカニズムの解明も進展している [13]。

【まとめ】GaN へのイオン注入技術は着実に進展しており、n 型だけでなく p 型イオン注入もプロセス技術として確立できる期待が高まっている。

【謝辞】本研究の一部は文部科学省「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」の委託を受けたものです。

参考文献 1) Y. Irokawa, et al, JAP **97**, 083505(2005). 2)Y. Nakano and T. Kachi, APL **79**, 1468(2001). 3) Y. Irokawa, et al, APL **86**, 112108 (2005). 4)Y. Irokawa, et al, APL **86**, 192102(2005). 5) M. Kanechika and T. Kachi, APL **88**, 202106(2006). 6) F. Recht, et al, IEEE Electron Device Lett. **27**, 205(2006). 7) J.C.Zolper, et al, APL 68, 1945(1996). 8) D.G.Kent, et al, JAP **90**, 3750(2001). 9) T.J.Anderson, et al, Electronics Lett. **50**, 197(2014). 10) T. Niwa, et al, Appl. Phys. Express **19**, 091002(2017). 11) T. Narita, et al, Appl. Phys. Express **10**, 016501(2017). 12) Sakurai, et al, IWN2018, ED2-6, Nov. (2018). 13) K. Kojima, et al, Appl. Phys. Express 10, 061002(2017).

© 2019年 応用物理学会