イオン注入技術の適用の現状

Present status of ion implantation tecnlogy to power device fabrication process

加地　徹（豊田中央研究所）

Tetsu Kachi (Toyota Central R&D Labs., Inc)

E-mail: kachi@mosk.tytlabs.co.jp

イオン注入技術は、微少量の不純物を、必要な所に、高精度でドーピングするために考案され、1970 年台前半までに基本技術が確立された。イオン注入技術の確立により、IC、LSI の実現が可能となり、シリコンデバイス製造の基幹技術となっている。イオン注入技術は、パワーデバイスでも広く採用され、近年の新材料である SiC、GaN デバイスでも採用あるいは採用が検討されている。本報告では、パワーデバイスへの適用の現状および課題について概観する。

【Si-IGBT】: 最先端のフィールドストップ（FS）型 IGBT では、導電性制御にイオン注入が駆使され、非常に高性能な IGBT が作製可能となっている。ドーパントとしては P と B が用いられ、p^-アノード、p ボディ、n^+ FS 層などドーピング量と位置が高精度に制御されている。FS 型 IGBT では、ドリフト層のドーピング量を均一に制御するため、イオン注入ではないが、中性子照射による Si→P 元素変換も利用されている。

【SiC-MOSFET】: SiC-MOSFET は高耐圧、低抵抗な次世代パワーデバイスとして実用化に向けて開発が加速されている。デバイス構造は Si-MOSFET と基本的には同じであり、p ボディ、n^+コンタクト、p^+コンタクトにイオン注入が用いられる。ドーパントとしては、P（または N）および Al が用いられる。SiC の特徴としては、非常に原子間の結合力が強い材料であるため、高いエネルギーでイオン注入を行う必要がある。その際、結晶欠陥の発生をできるだけ回避するため、イオン注入時に基板温度を 500℃程度に加熱するホットイオン注入が採用されている。また、結晶性を回復するためのアニール温度も 1700℃前後と非常に高く、保護膜がないと表面荒れを引き起こす。高温に耐える保護膜として C 膜が採用されるようになってこの問題は解決した。

【GaN パワーデバイス】: GaN デバイスの製造におけるイオン注入の採用は限定的である。原因の一つとして、GaN on Si の横型デバイスが開発の中心となっているため、高温処理を製造プロセスに導入することが難しいことがある。しかし、近年研究が活発になっている GaN on GaN の縦型デバイスでは、イオン注入技術の積極的な適用が検討されている。n 型ドーパントとしては、Si、Ge、O が候補となるが、Si が一般に使われる。アニール温度は 1100～1200℃で、ほぼ 100%の活性化率が得られる。一方、p 型ドーパントとしては、Mg と Be があるが、注入後の活性化が困難で、まだプロセス技術として使える段階に至っていない。GaN へのイオン注入技術は、結晶欠陥を多量に含んだ GaN on Sapphire の時代に主に検討されており、近年の結晶品質が向上した GaN 基板を使った注入及び活性化条件の再検討が必要である。

© 2015年 応用物理学会