

4H-SiC ウエハの放射光を利用した蛍光 X 線分析による 不純物評価

素子協^A、産総研^B 大柳孝純^A、山口博隆^B、松畑洋文^B、清水肇^A

電力の変換と制御を高速に効率よく行うためのエレクトロニクスである「パワーエレクトロニクス」は、電気自動車の普及、高度情報通信機器の増加などに加え、分散電源や電力貯蔵装置などを含む高電圧配電システムが電力系統に幅広く導入されるのに伴い、電力変換容量拡大、変換損低減と小型化が要求されている。一方、従来のシリコン (Si) を用いたパワーエレクトロニクスは Si の物性値の限界からさらなる性能向上は困難であり、新材料としてワイドギャップ半導体 SiC による超低損失化・小型化・軽量化を目指した研究開発が進められている。

SiC によるデバイス実現において大きな課題は結晶欠陥である。私たちはこの問題と取り組むために、放射光を利用した X 線トポグラフィーによる転位の評価を進め、SiC 基板、エピタキシャル膜や素子中の転位の非破壊的に観察より、デバイス特性の不良箇所と転位との関連を直接的に調べることに成功した。しかし、デバイス特性や信頼性を向上させて実用化の道を開くためには、転位がなぜ問題なのかを解明する必要がある。

これまでの研究で、デバイスの動作不良が転位と同一箇所で起こっていることが観察されている。しかし、同種の転位でも動作不良を起こさない場合もあり、転位そのものより、付加的要因によって引き起こされている可能性も示唆されている。本研究は、そのひとつの要因と考えられる転位に取り込まれた不純物元素について検証することを目的としている。

実験は BL4A において、14 keV のマイクロビームをウエハに照射し、SSD によって蛍光 X 線のエネルギースペクトルを測定した。問題箇所としての測定点は、転位 (X 線トポグラフによって場所を特定)、あるいは、エミッション顕微鏡での発光点であり、これらの位置でのスペクトルを、問題のない箇所でのスペクトルと比較した。これまでに、ウエハやエピ膜の製造者および、ウエハ内の測定点による不純物元素の種類や濃度の違いが観察された。一方、検出限界に近い希薄な汚染を示唆するケースもあり、PIXE や SIMS などによる分析結果とも併せて、不純物の効果を検討している。