19p-E13-3

蛍光 SiC の窒化物系白色 LED への応用に向けた研究

Study on a fluorescent SiC for application to nitride-based white LEDs

名城大・理工 [1]、名古屋大・赤﨑記念研究センター[2]

°上山 智 [1],岩谷 素顕 [1], 竹内 哲也 [1], 赤﨑 勇 [1,2]

Fac. Sci. & Technol., Meijo Univ. [1], Akasaki Research Center, Nagoya Univ. [2],

°Satoshi Kamiyama[1], Motoaki Iwaya[1], Tetsuya Takeuchi[1], Isamu Akasaki[1,2]

E-mail: skami@ccalumni.meijo-u.ac.jp

1990 年代前半に窒化物系青色 LED が実用化され、従来の赤色、緑色 LED との組み合わせによるフルカラー表示や、蛍光体との組み合わせによる白色 LED などが次々と登場した。これらの新デバイスはディスプレイ用途、照明用途など、産業規模の非常に大きいアプリケーションに用いられるようになり、LED の産業応用上の重要性が、青色 LED 登場以前と比べて飛躍的に向上したことは周知である。なかでも白色 LED は、地球上の電力消費の約 20%を占める照明用途において、多大な省エネルギー効果を生み出すことが期待されている。

しかしながら、上記の白色 LED には（1）高効率と高演色の両立が困難、（2）高電流密度動作での効率低下、（3）高温動作時の効率・信頼性の低下、（4）高コストなどの課題が残されており、将来の照明用光源の主流にするためには、これらの課題を解決することが必須となっている。　我々は、白色光生成のための新しい蛍光材料である“蛍光 SiC”の研究を行っている。蛍光 SiC は、6H 型 SiC 単結晶にドナーおよびアクセプタ不純物を供添加した材料であり、光励起下でドナー・アクセプタ・ペア再結合による演色性に優れた白色光を生成可能である[1,2]。また、励起用の窒化物系 LED 積層構造のエピタキシャル成長用基板として用いることができるので、モノリシック型の白色 LED が実現可能である。

間接遷移型半導体である 6H-SiC は、励起キャリアの緩和時間が長いため、注入励起による発光には不向きな材料であるが、光励起では数十～数百μm の厚さ方向の励起が可能となり、この体積効果によって単位時間当たりのフォトン変換数を稼ぐことが可能となる。またワイドギャップ半導体の共通の特長である、熱的、化学的な安定性や、高い熱伝導性などを有し、大電力での動作にも適していると考えられる。ただし、複雑なキャリア緩和過程を含み、実用レベルの性能が得られるかどうか、未だ明らかではない。図 1 に、蛍光 SiC のバンドダイヤグラムを示すが、伝導帯端は間接遷移バレーに位置し、さらにその上方、約 2.8eV には直接遷移バレーに位置するバンドが存在している。このエネルギー差は、バンドギャップよりも小さいため、伝導帯に多数の電子が分布している場合には、この直接バンドへの遷移による励起フォトン吸収、また伝導帯から価電子帯への遷移と結びついたオージェ再結合が生じる。したがって、多量の電子を伝導帯に分布することがない状況下での蛍光体動作が不可欠となる。その他、非発光再結合の原因と思われる、$Z_{1/2}$ 準位、刃状・螺旋転位、基底面転位、積層欠陥や、表面準位など、多くの結晶欠陥を十分に低減することが求められる。

本講演では、蛍光 SiC の動作機構、およびキャリア緩和過程を解説するとともに、現状得られている結晶品質と、キャリア緩和過程の実験結果などを示し、最終目的とする白色 LED 用蛍光体としての展望を議論する。

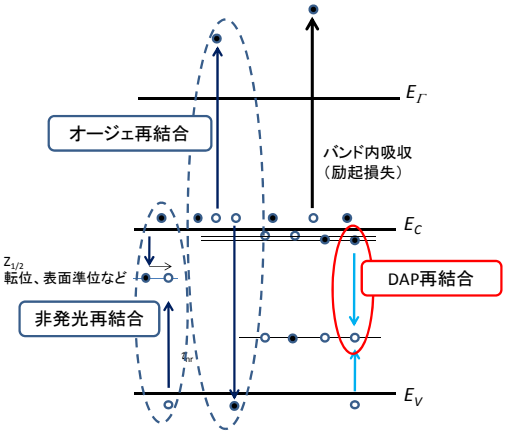

図 1　蛍光 SiC のバンドダイヤグラム

【参考文献】

[1] S. Kamiyama, et al., J.Appl. Phys., **99**, 093108 (2006).

[2] S. Kamiyama, et al., Thin Solid Films, **522**, 23 (2012).

© 2014 年　応用物理学会