

超低損失パワーデバイス実現のための 基盤構築に関する研究

SATテクノロジー・ショーケース2015

■ はじめに

現在の高度情報化社会は、シリコン(Si)半導体を基盤としたエレクトロニクスの発展と共に成長を続けてきた。今後もSi半導体の重要度は変わらないと思われる。しかしながら、今後はSiでカバーできない領域、例えばオプト・パワー・高温エレクトロニクスが重要となってくる。

現在、私たちはSiの物性値より優れた新しい半導体材料の一つである、ダイヤモンド半導体に注目している。ダイヤモンド半導体は、ダイヤモンド固有の物性が多く存在し、デバイスを動作させた時にも考える必要があることが分ってきている。高濃度不純物ドーピングによるホッピング伝導や電子正孔の再結合過程、水素終端表面による負性電子親和力などがその例である。我々は、これらのユニークな物性に注目し研究を進めている。[1]

■ 活動内容

ダイヤモンド特有の電子正孔再結合過程

ダイヤモンドの小さい誘電率は、電子正孔の再結合過程にも大きな影響を与える。小さな誘電率より、ダイヤモンドの励起子束縛エネルギーは80meVと室温のエネルギー(26meV)よりも大きい。よって、ダイヤモンドは室温においても励起子が安定に存在することができる。ダイヤモンドはSiと同じ間接遷移型半導体でありながら励起子を利用することで、高効率発光することが可能である。図1にダイヤモンドLEDからの発光スペクトルを示す。235nmに強い励起子による発光ピークが観測することができる。長波長に観測されるブロードな発光は、欠陥経路の発光である。ダイヤモンドの再結合過程は、間接遷移型半導体のデバイス物理で説明できない特性を示す。本研究では、ダイヤモンド特有のデバイス物理の構築を目指す。これは、ダイヤモンドLEDに限らず、ダイヤモンドによる電子デバイスの動作を考える上でも基礎となる重要なものである。

● 励起子発光の非線形増加

図2にダイヤモンドLEDにおける励起子・欠陥経路の発光強度の電流注入依存性を示す。欠陥経路の発光強度は電流注入が増加してくにつれて、飽和傾向にあるのに対し、励起子発光強度は、非線形に増加しているのが分かる。この現象は、通常のSiで考えられるSRH(schockley-Red-Hall)統計による再結合過程ではなく、ダイヤモンド特有の再結合過程によるものである。[2]

● ダイヤモンドLEDにおける励起子発光の温度依存性

図3にダイヤモンドLEDにおける励起子発光スペクトルの温度依存性を示す。励起子の発光強度は、温度が200℃以上の高温においても発光ピークを観測することができる。また、励起子の発光強度は温度上昇とともに増加しているのが分かる。市販のLEDにおいては、温度が上昇すると発光強度は減少する傾向を示す。よって、このダイヤモンドLEDにおける励起子の温度特性はダイヤモンド特有の現象であり、非常に興味深いものである。[3]

■ 文献

- [1] 山崎 聡： 個体物理, 47, 177 (2012)
- [2] T. Makino, S. Kanno, S. Yamasaki, H. Kato, and H. Okushi, Phys. Status Solidi A 209, 1754 (2012).
- [3] D. Kuwabara, T. Makino, D. Takeuchi, H. Kato, M. Ogura, H. Okushi, S. Yamasaki, 53, 05FP02 (2014)

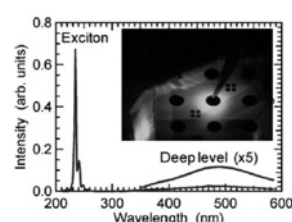


図1. ダイヤモンドLEDの発光スペクトル

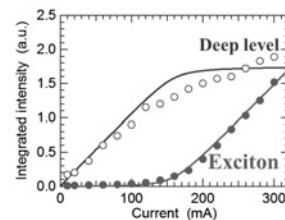


図2. 励起子・欠陥発光強度の電流注入依存性

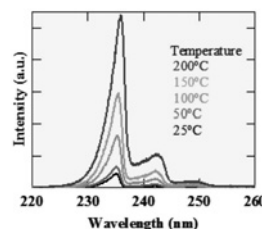


図3. ダイヤモンドLEDにおける励起子発光の温度依存性

代表発表者 桑原 大輔 (くわばら だいすけ)

所属 筑波大学 数理物質科学研究科
電子・物理工学専攻

問合せ先 〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1

(独)産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門

電力エネルギー基盤グループ

daisuke.kuwabara@aist.go.jp