

ダイヤモンド LED における励起子発光の温度依存性

Temperature dependence of exciton emission in diamond light emitting diodes

筑波大¹, 産総研エネ部門², CREST/JST³, ○桑原 大輔^{1,2,3}, 牧野 俊晴^{2,3},

加藤 宙光^{2,3}, 竹内 大輔^{2,3}, 小倉 政彦^{2,3}, 大串 秀世^{2,3}, 山崎 聡^{1,2,3}

Univ. of Tsukuba¹, ETRI, AIST², CREST/JST³, ○D. Kuwabara^{1,2,3}, T. Makino^{2,3}, H. Kato^{2,3},

D. Takeuchi^{2,3}, M. Ogura^{2,3}, H. Okushi^{2,3}, S. Yamasaki^{1,2,3}

E-mail: daisuke.kuwabara@aist.go.jp

深紫外線を出すLEDは殺菌用の光源を始め様々な分野への応用が期待されているなか、深紫外光源材料の一つとしてダイヤモンド半導体がある。ダイヤモンドの誘電率 ($\epsilon=5.7$) は、ワイドバンドギャップ半導体の中でも小さいため励起子の束縛エネルギーが80meVと室温のエネルギー26meVより大きく、ボア半径は1.5nmと小さい。そのため、室温においてもダイヤモンドの励起子は安定で高密度に存在することができる。この励起子を利用することで、ダイヤモンドは間接遷移型半導体でありながら高い発光効率をもつ。我々はこれまでに、(111) 表面ダイヤモンドp-i-n⁺接合LEDの作製に成功している。ダイヤモンドLEDは、電流注入量の増加に伴い励起子の発光出力が非線形に増加する現象や、室温から高温にかけて発光強度が増加するなどといった特性を報告してきた^[1]。本研究では、ダイヤモンドLEDの励起子発光の温度依存性についてより詳細に調べるために、これまで測定されていない低温からの温度領域 (80 K~473 K) で励起子発光を観測した。

図1に、本実験で使用したダイヤモンドLEDの構造を示す。低温でも動作を可能とするために、ホッピング伝導層であるp⁺,n⁺層でi層を挟み込んだp⁺-i-n⁺構造を作製した。図2にダイヤモンドLEDの電流-電圧特性を示す。温度が80Kから473 Kの環境下に整流性が確認されダイオードとして動作している。図3に注入電流30 mAにおける80,300,473 K時のダイヤモンドLEDの発光スペクトルを示す。80 Kと300 Kの励起子発光を比較すると、励起子の発光強度は温度が増加することで弱くなっている。一方で、300 Kと473 Kにかけて温度増加に伴い発光強度が増加する結果となった。低温から室温において一般的な光学特性の振る舞いを示している一方で、室温から高温においては低温時と異なる現象を示していると思われる。当日は、詳細なデータについて報告し、ダイヤモンドの励起子発光の温度依存性について考察する。

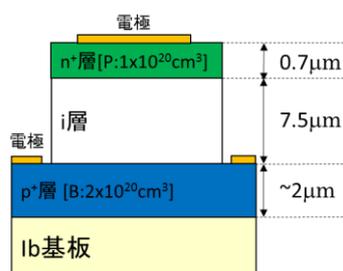


図1 ダイヤモンド p⁺-i-n⁺接合 LED

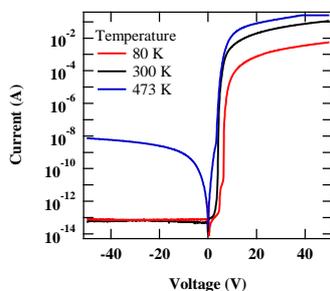


図2 電流-電圧特性

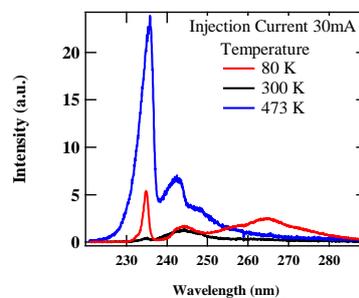


図3 発光スペクトル (@30mA)

謝辞 本研究の一部は、(独)産業技術総合研究所IBECの支援を受けて実施された。

[1] D. Kuwabara, T. Makino, D. Takeuchi, H. Kato, M. Ogura, H. Okushi, and S. Yamasaki, JJAP. 53, 05FP02 (2014)