ヨウ化銅半導体シンチレータの赤色発光における温度依存性

Temperature dependence of red luminescence properties of copper iodide semiconductor scintillator

◦藤本 裕、浅井 圭介　(東北大院工)

◦Yutaka Fujimoto and Keisuke Asai (Tohoku Univ.)

E-mail: yutaka.fujimoto.c3@tohoku.ac.jp

【緒言】 核医学をはじめ、セキュリティや資源探査、宇宙・素粒子物理など幅広い分野において利用されているシンチレーション検出器は、不可視な放射線を数 eV 程度の光子に変換するシンチレータ、その光子を受光する微弱光検出器とから構成されており、事実上、最終製品の性能を左右する。この微弱光検出器の代表としては、光電子増倍管(PMT)が挙げられ、その最高感度波長領域は 300–450 nm であることから、これらと組み合わせるシンチレータも、この波長領域で発光する材料に限定されてきた。しかしながら近年、バイオイメージングや、半導体及び太陽電池評価技術の発達に伴い、Si 系のフォトダイオード(PD)やアバランシェフォトダイオード(APD)などの長波長領域(500–1000 nm)に感度を持つ検出器が著しい進歩を見せている。そこで我々は、より PD や APD との波長マッチングが良好であり、パルスカウンティング計測が可能な赤色発光型シンチレータの開発を進めている。特に我々が着目したのが、ヨウ化銅半導体結晶において観測される格子欠陥に起因した赤色発光であり、これまでに、溶液から育成した単結晶において、^{137}Cs-662 keV のガンマ線励起で約 80,000 ph/MeV の高い発光量を見出している[1]。本研究では、発光メカニズムの調査とそれに基づく更なる特性向上を企図し、温度依存性の評価を行った。

【実験内容と結果】 図 1 に、X 線励起におけるシンチレーションスペクトルの温度依存性の結果を示す。スペクトルより、少なくとも 3 つの発光バンド(400–450 nm、600–670 nm、650–800 nm)が観測された。まず、400–450 nm の発光バンドは、既報より、自由励起子(FE)及びドナーアクセプター(DA)対発光であると帰属される[2]。一方、残りの二つのバンドは、アニオン欠陥に関連する 2 種類の深いドナーとアクセプター(あるいは自由正孔)との再結合 (600–670 nm: Dd_1, 650–800 nm: Dd_2)に起因する[2]。それぞれの温度依存性について注目すると、FE 及び DA 対発光は、温度に対して負の挙動を示しており、室温での発光強度は極めて小さい。同様の挙動は、Dd_1 発光にも見られる。これに対して、Dd_2 発光は、200 K 付近から温度上昇とともに著しく発光強度が増大していく傾向が見られた。

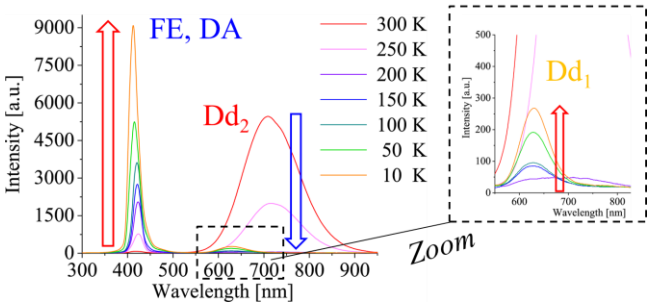

Fig. 1 Temperature dependence of scintillation spectrum of the γ-CuI single crystal.

[1] Y. Fujimoto et al., Jpn. J. Appl. Phys., 62 (2023) 010605.

[2] V. A. Nikitenko et al., J. Appl. Spectr., 86 (2019) 825–830.

© 2023年 応用物理学会