

氏名	吉村 健一
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	博甲第8501号
学位授与年月日	平成30年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理物質科学研究科
学位論文題目	

酸窒化物蛍光体材料を用いた固体照明デバイスの高機能化に関する研究

主査	筑波大学教授(連係大学院)	理学博士	関口 隆史
副査	筑波大学教授(連係大学院)	博士(工学)	武田 良彦
副査	筑波大学教授(連係大学院)	博士(工学)	深田 直樹
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	櫻井 岳暁
副査	物質・材料研究機構フェロー	工学博士	広崎 尚登

論文の要旨

白色 LED は、従来の白熱電球や蛍光ランプに比べて低消費電力、長寿命でかつ低環境負荷の光源として、一般照明、液晶バックライト用の光源として広く普及している。白色 LED が普及し始めた 2000 年代前半は、青色 LED チップに黄色 YAG 蛍光体を組み合わせた、いわゆる疑似白色方式が主流であった。しかし、疑似白色方式は、一般照明に使用した場合は赤色のスペクトル成分が足りない為、暖色系の照明光を実現できず、また生肉等の食品の鮮度が悪く見えるといった課題があった。また、疑似白色 LED を液晶バックライトに使用した場合も、黄色蛍光体からの黄色光を緑色、赤色に色分離することが困難である為、液晶 TV の色再現性が蛍光ランプを用いたものより悪化するという課題があり、白色 LED のアプリケーションは限定的であった。

しかし、これらの実用上の課題が、2000 年代に入って発見された赤色の CASN 蛍光体、緑色の β サイアロン蛍光体といった新規の酸窒化物系蛍光体材料の登場により解決され、2000 年代後半より白色 LED が本格的に普及し始めた。2017 年現在では、先進国の市場において、一般照明用白熱電球、液晶バックライト用蛍光ランプは市場からほぼ駆逐され、ほとんどが白色 LED に置き換わっている。

近年、照明用途では、白色 LED より高輝度なレーザー照明が次世代固体照明光源として期待されており、その為には高エネルギーで励起されても安定して発光する蛍光体が必要となる。また、液晶バックライトとしては、現状より大幅に色再現域を拡大できる新規のバックライト光源が求められており、その為にはよりシャープな発光スペクトルの蛍光体が必要となる。

本研究ではこれらの新規の市場要求に対応する為に、固体照明光源の更なる性能向上を目的として、酸窒化物蛍光体材料技術をベースにして、蛍光体材料及びそのパッケージ技術の改良を行った。具体的には、液晶バックライトと、レーザー照明の2種類について、用途別に2つの異なる技術的観点で検討した。

液晶バックライト用途では、酸窒化物蛍光体(Sharp β サイアロン+CASN 蛍光体)を使用した LED バックライトで、次世代の色域規格(BT.2020)を満たす為に色再現域をさらに拡大することを目的とし、より発光スペクトルのシャープな蛍光体の使用を検討した。レーザー照明用途では、高エネルギー密度の励起光により蛍光体発光部が高温になる為、高温でも安定して発光する発光部を実現することを目的とし、蛍光体の温度特性とパッケージ技術について検討した。

本論文では、第1章で、研究の背景と、蛍光体材料に関する基礎知識、解析手法を述べた。第2章では、液晶バックライト用途についてまとめた。従来の許容遷移の Eu^{2+} 蛍光体より、高い輝度と広い色再現域を実現する禁制遷移の蛍光体の使用を検討した。赤色蛍光体として Mn^{4+} 賦活蛍光体を、緑色蛍光体として Mn^{2+} 賦活蛍光体を用いたバックライト LED について、輝度、色再現域、安定性を評価した。

第3章では、レーザー照明用途について述べた。レーザー照明の輝度を向上させる為に、高温で安定して発光する発光部を研究した。高温で安定して発光するレーザー照明を実現する為、YAG 蛍光体より、温度特性に優れるサイアロン蛍光体を用いることと、シリカガラスによるパッケージ技術について検討し、高エネルギーのレーザー光で励起した際の色度、照度を評価した。

第4章では、研究のまとめを行い、開発した技術の将来的な展望を述べた。

審 査 の 要 旨

[批評]

本論文は、固体照明デバイスに用いる酸窒化物蛍光体の開発を、液晶バックライトとレーザー照明の応用分野について述べたものである。液晶バックライト応用では、緑色の Eu 賦活 Sharp β サイアロンと赤色の禁制遷移の Mn^{4+} 賦活 KSF 蛍光体の組み合わせにより、4KTV に要求される色再現域を実現させた。さらに γ -AlON 蛍光体を用いて次世代の色域規格(BT.2020)を満たす蛍光体を開発した。レーザー照明応用では、高温で安定して発光するサイアロン蛍光体を選定し、これをシリカガラスでパッケージする技術を開発した。これらの研究によって、酸窒化物蛍光体を用いた LED 照明は、次世代 TV の液晶バックライトやレーザー照明に十分応用できることが示され、また製品としても実現されている。

以上の理由から、本論文は博士論文として十分と判断された。

[最終試験結果]

平成30年2月15日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文についての説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

[結論]

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。