

審査の結果の要旨

氏名 佐久間 健

様々な波長で動作する発光ダイオード素子が実用化され、その素子が低価格で供給されることから、発光ダイオード素子を用いた消費電力の低い照明用LEDランプの開発が注目されている。特に、青色発光ダイオード素子と青色光によって黄色に発光する蛍光体との組み合わせは、構成が簡単であるため安価な白色LEDランプとして期待されている。これまでに、YAG:Ce系蛍光体を用いた白色LEDランプが実用化されているが、他の白色LED用の蛍光体の開発はその途上にあり、発光ダイオード素子の高効率化とともに、様々な材料の研究開発が必要と考えられる。本研究では、サイアロン系酸窒化物蛍光体を作製し、青色光励起による特性を評価するとともに、実際に蛍光体を素子に実装し、照明用白色LEDランプに必要な光学特性の評価を通して、従来より高い効率で広い相関色温度を実現する白色LEDランプの実用化を検討している。本論文は以下の7章からなる。

第1章は序論であり、照明用電力の削減の重要性を述べ、広く蛍光体を概観し、本研究で注目した α -サイアロン蛍光体の先駆的研究について述べ、本研究の目的や位置付けを明確化している。

第2章では、 Eu^{2+} イオンを添加したCa固溶 α -サイアロンの黄色蛍光体としての組成や焼成条件などを検討し、その光学特性の評価について述べている。窒化物を原料とした場合の最適 Eu^{2+} イオン濃度や発光波長の Eu^{2+} イオン濃度依存性やCaイオン濃度依存性を報告している。さらに、Ca及びEuの原料に安価な酸化物を用いた場合の黄色蛍光体としての最適組成範囲や作製条件の検討を行い、青色光励起による白色LEDランプの用途に適した黄色蛍光体の作製について述べている。

第3章では、第2章で作製した Eu^{2+} イオンを添加したCa固溶 α -サイアロン黄色蛍光体を青色発光ダイオード素子と組み合わせ、白色LEDランプを製作し、その光学特性の評価を行っている。具体的には、InGaN系青色発光ダイオード素子を用いて、従来の白色LEDランプでは成し得なかった相関色温度が低く、発光効率が高い白色LEDランプを実現している。発光効率は、投入電力に対する視感効率で、開発当時では最高効

率の 55 lm/W を実現している。また、得られた白色 LED の発光色度の温度による変化が従来のものより小さく安定していることを報告している。

第 4 章では、発光色度の制御を目的とし、Ca 固溶 α -サイアロンの Ca イオンの一部を Y イオンに置換した蛍光体を作製し、その光学特性の評価を行っている。発光ピーク波長が、置換量とともに長波長側へシフトすること、この蛍光体を用いることにより、さらに低い相関色温度が実現できることを見出している。

第 5 章では、LED ランプとして実装した Eu^{2+} イオンを添加した Ca 固溶 α -サイアロン黄色蛍光体の発光波長について検討を行っている。透明な樹脂中の蛍光体粉末の濃度が高い場合に発光波長が長波長側にシフトし、白色 LED ランプとして相関色温度が低くなることを見出している。さらに、励起波長が 500 nm よりも長波長になると発光波長が大きく長波長側へシフトする理由を、発光の再吸収に由来すると考え、配位座標モデルを用いて説明している。

第 6 章では、 Eu^{2+} イオンを添加した Ca 固溶 α -サイアロン黄色蛍光体に加えて Eu^{2+} イオンを添加した β -サイアロン緑色蛍光体とカズン赤色蛍光体を用いて、発光効率と演色性に優れた様々な相関色温度の白色 LED ランプを製作し、その光学特性の評価を行っている。相関色温度 6800K の昼光色から 2800K の電球色まで、いずれの白色 LED ランプにおいても平均演色評価数 Ra は 80 よりも高く、屋内の一般照明用光源として十分な性能を有するものであることを実証している。また、温度変化に対する色度の安定性にも優れ、投入電力に対する視感効率も 25~33 lm/W であり、白色 LED ランプとしては十分に高い効率を実現している。

第 7 章は以上の総括である。

以上を要するに、本研究は Eu^{2+} イオンを添加した Ca 固溶 α -サイアロン黄色蛍光体を開発し、青色発光ダイオード素子と組み合わせることで相関色温度の低い温かみのある白色 LED ランプの実用化が可能であることを示し、さらに、他の酸窒化物蛍光体とあわせて用いることにより、温度安定性に優れた高演色型白色 LED ランプを実現している。次世代の固体照明の分野に対して、新しい材料を提案し、その有効性を実証したことは、材料工学の発展に大きく寄与するものである。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。