

高密度電子線励起による蛍光体の輝度劣化とその改善に関する研究

松清, 秀次

<https://hdl.handle.net/2324/1441347>

出版情報：九州大学, 2013, 博士（学術）, 論文博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（2）

(別紙様式2)

氏 名 : 松清 秀次

論文題名 : 高密度電子線励起による蛍光体の輝度劣化とその改善に関する研究

区 分 : 乙

論 文 内 容 の 要 旨

陰極線管 (CRT: Cathode Ray Tube) などの表示デバイスにおいて重要な役割を担っている材料の1つが蛍光体である。画像の高精細化, 高輝度化, 更には大画面化等のニーズに応えるため、蛍光体を励起する電子銃の改良が進められ、電子ビーム径が縮小するとともにビーム電流が増加することで、蛍光体の励起電流密度が上昇している。高い電流密度で蛍光体を励起すると、経時的な輝度の低下 (輝度劣化) が顕著化する。したがって、表示デバイスの信頼性向上には、高密度電子線励起における蛍光体の輝度劣化の抑制が極めて重要である。

本論文は、表示デバイスの性能を決定づける蛍光体材料について、励起電流が高密度化している技術動向に対応すべく、高密度電子線励起における輝度劣化現象の機構を解明するとともに、その抑制手法を明らかにすることを目的としたものであり、5章から構成されている。

第1章は序論であり、本論文の研究背景と目的、及び本論文の構成について述べた。

第2章では、蛍光体の輝度劣化を定量的に評価するため、高密度電子線励起が可能な蛍光体発光特性の評価装置と、熱発光を利用した蛍光体結晶中の欠陥準位の評価装置を開発した。発光特性評価装置の特長は、励起電流密度及び試料温度を広範囲に可変できることである。これにより、蛍光体の発光特性に及ぼす励起電流密度及び試料温度の影響を定量的に評価することが可能になった。一方、欠陥準位評価装置の特長は、昇温速度を高精度に制御できることであり、欠陥準位を正確に解析することが可能となった。

第3章では、蛍光体の輝度劣化に与える電流密度の影響を評価した。その結果、輝度劣化は、面積当たりの電子線照射量に依存するのみでなく、照射電流密度にも依存することを明らかにした。これまで長時間を要していた実球での劣化試験では、低い励起電流密度が用いられていたが、励起電流密度を上昇することで、より短時間での劣化試験が可能となった。つぎに、電子線照射時の蛍光体からの脱ガスと輝度劣化の相関を検討し、電子線照射による酸素脱離が輝度劣化の要因であることを見いだした。さらに、輝度劣化に及ぼす蛍光膜作製プロセス条件の影響を評価し、蛍光膜の密度を上げて熱伝導性を高め、蛍光膜の過熱を防ぐことで、輝度劣化を低減できることを明らかにした。

第4章では、緑色発光材料として重要な蛍光体 $Y_3(Al,Ga)_5O_{12}:Tb^{3+}$ [P53(Ga)] の高密度電子線励起による輝度劣化の機構を検討した。まず、P53(Ga)の輝度劣化には、蛍光体結晶中の酸

素空孔（電子捕獲準位: $E_c - 1.5\text{eV}$ ）が深く関与しており、電子線照射により色中心が形成して発光が低減すること、酸素雰囲気中での高温熱処理により空孔密度を低減できることを明らかにした。また、微量（100ppm程度）の Yb^{3+} をP53(Ga)に添加することにより、輝度劣化が抑制されることを見いだした。さらに、この現象は、 Yb^{3+} が蛍光体結晶中に形成する電子捕獲準位 ($E_c - 1.1\text{eV}$) が蛍光体に供給された電子を捕獲するため、色中心を形成する準位 ($E_c - 1.5\text{eV}$) による電子捕獲が抑制されることに起因するとのモデルを提案した。 Yb と類似の電子的性質を持つ Eu や Sm についても同様の検討を行った結果、これらの元素添加により輝度劣化が抑制されること、その抑制効果は各元素が蛍光体結晶中に形成する準位の深さと良い相関を示すことが明らかになった。これは、上記の提案モデルを支持する結果である。更に、 Sc^{3+} の添加により、高密度電子線励起における短時間領域での輝度劣化が著しく低減できることを見いだすとともに、この現象は Sc^{3+} 添加による酸素空孔密度の低減に起因することを明らかにした。

第5章では、本論文を総括し、今後の展望を示した。