S-8. 3 波長形蛍光ランプ用赤色蛍光体

竹村 博文 松田 直寿 榑原裕一 田屋 明
((株) 東芝) (東芝ライテック (株))

1. はじめに

3 波長形蛍光ランプは高効率でありかつ高演色性であるため、一般照明用光源として幅広く普及してきた。一方、演色性に対する性能改善の検討も行われてきており、従来 3 波長形蛍光ランプの平均演色評価数 R_a はピーク波長が 450 nm, 540 nm 及び 610 nm 付近の狭帯域の発光を有する青色、緑色及び赤色蛍光体の組み合わせで 80 程度であったが¹⁾、480 nm~520 nm に発光ピーク波長を有する青緑色成分の蛍光体を加えることで、 R_a は 88 程度まで向上してきている。ところが、赤色に対する演色性を表す特殊演色評価数 R_9 はそれほど高くない。この R_9 に注目して、より長波長側の赤色発光成分の蛍光体 (例えば、 $3.5\text{MgO}\cdot 0.5\text{MgF}_2\cdot \text{GeO}_2\cdot \text{Mn}$ 蛍光体、発光ピーク波長 658 nm) を加えることで改善が計られているが、視感度的には不利な方向であるため、この蛍光体の混合比率が高くなるにつれて光束は低下する。

このため、光束の低下をできるだけ抑えて R_9 の改善に有効に作用する赤色発光の蛍光体について検討を行ってきた。ここでは、その結果について報告する。

2. 赤色蛍光体の検討

R_9 を改善するためには、発光ピーク波長が 611 nm である $\text{Y}_2\text{O}_3\text{:Eu}$ 蛍光体よりも長波長域に発光を有することが必要である。また、 $3.5\text{MgO}\cdot 0.5\text{MgF}_2\cdot \text{GeO}_2\cdot \text{Mn}$ 蛍光体の発光ピーク波長 658 nm より短波長である方が視感度的には有利である。したがって、620 nm~630 nm 付近に発光ピークを持つ既知の赤色蛍光体について、高効率であることを重視し、Eu 付活蛍光体を中心に検討を行った。

表 1 検討した赤色蛍光体

蛍光体組成	発光ピーク波長	光束低下率 ^(注1)
$\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$	626 nm	-1.8 %
$\text{La}_2\text{O}_3\text{:Eu}$	626 nm	-1.5 %
単斜晶系 $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{:Eu}$	623 nm	-2.3 %
$\text{Y}_2\text{O}_3\text{:Pr}$	630 nm	-1.0 %
$\text{Y(P,V)O}_4\text{:Eu}$	619 nm	-2.6 %
$3.5\text{MgO}\cdot 0.5\text{MgF}_2\cdot \text{GeO}_2\cdot \text{Mn}$	658 nm	-2.6 % ^(注2)

注 1) 単色ランプの光束を仮定し、シミュレーションした R_9 10 ポイント
向上あたりの光束低下率

注 2) 実測値

$\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$ 蛍光体は発光ピーク波長が 626 nm であり、CRT 用蛍光体としての実績もあり、高効率なため R_9 の改善には最も有効であるが、蛍光ランプ用として使用する場合、黒化が発生し実用的ではない。ただし、黒化防止対策が可能なら R_9 の改善には最有力の蛍光体である。

$\text{La}_2\text{O}_3\text{:Eu}$ 蛍光体は $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$ 蛍光体と同様の六方晶系の結晶構造をとり、発光スペクトルも類似している。しかし、効率は低く、また、吸湿性が強く化学的に不安定なため、実用化は難しいと思われる。

Red emitting phosphors for three band fluorescent lamps, Hirofumi Takemura,
Yuuichi Sakakibara, Naotoshi Matsuda, Akira Taya

単斜晶系 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 蛍光体（以下、 $\text{m-Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ と表す）は $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ と同じ立方晶系の $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ を 1250°C 以上で焼成して急冷すると得られるが¹⁾、発光ピーク波長が 623 nm ¹⁾であり、発光スペクトルとしては R_c の改善効果は $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ 蛍光体等に比べて低いものの、化学的には安定であり、また蛍光ランプ試作時にも相変化の問題は無かった。発光効率は単斜晶系にすると立方晶系に比べてかなり低下するが、 R_c の改善には実用化が期待できる蛍光体と思われる。

$\text{Y(P,V)}\text{O}_4:\text{Eu}$ 蛍光体は高圧水銀灯用として実績のある蛍光体であるが、発光ピーク波長が 619 nm であるため、 R_c の改善効果は低くメリットは小さい。

$\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Pr}$ 蛍光体は発光ピーク波長が 630 nm であり、発光スペクトルとしては R_c の改善効果は大きいと思われるが、Eu付活蛍光体に比べて発光効率が低く実用的では無い。

3. 単斜晶系 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 蛍光体の特性評価

R_c の改善に実用的に最も有効と思われる $\text{m-Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ について、蛍光体の試作及びランプ特性の評価を行った。 $\text{m-Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 蛍光体はこれまで実用的に使用された例は無く、特に蛍光体の合成技術についてはまだ改善の余地があると思われる。合成方法としては $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 蛍光体と同様に、まず $(\text{Gd,Eu})_2\text{O}_3$ 共沈を生成し、次に単斜晶の相が得られる 1250°C 以上で焼成することで合成した。

$\text{m-Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 蛍光体の発光強度は発光スペクトルのピーク高さで比較すると、立方晶系 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ を100とすると40程度である。図1に $\text{m-Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 蛍光体の発光スペクトルを示す。 $\text{m-Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 蛍光体を3波長蛍光体に混合してランプ試作を行い特性評価を行った。 $\text{m-Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 蛍光体の混合比率を増して R_c を向上させたときの光束低下率を測定した。その結果を図2に示す。同時に $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ 蛍光体と $3.5\text{MgO}\cdot 0.5\text{MgF}_2\cdot \text{GeO}_2:\text{Mn}$ 蛍光体についても実施した。 $\text{m-Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 蛍光体は $3.5\text{MgO}\cdot 0.5\text{MgF}_2\cdot \text{GeO}_2:\text{Mn}$ 蛍光体を上回る R_c 改善効果がみられた。

図1 単斜晶系 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ の発光スペクトル

図2 R_c 向上と光束低下率の関係

4. まとめ

3波長形蛍光ランプの赤色に対する特殊演色評価数 R_c を改善するため、赤色蛍光体について検討を行った。発光スペクトル及び発光効率の点からは $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ 蛍光体が最適と思われるが、蛍光ランプの黒化防止対策が必要である。一方、単斜晶系 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 蛍光体は発光効率の点でまだ満足できるレベルではないが、今後の開発状況により、実用化の可能性は十分あると考えられる。

5. 参考文献

- 1) W. A. Thornton: J. Illum. Engng. Soc., 2, 29(1972)
- 2) R. S. Roth and S. J. Schneider: J. Research NBS, 64A, 309(1960)
- 3) L. Ozawa: "Cathodoluminescence", p. 172, VCH Verlagsgesellschaft(1990)