

ゾルゲルガラスで封止した白色 LED 用赤色蛍光体の信頼性向上

非会員 金 永模 (埼玉大学) 非会員 福田 武司 (埼玉大学) 専門会員 鎌田 憲彦 (埼玉大学)

非会員 小原 秀彦 (三菱化学科学技術研究センター) 非会員 横尾 敏明 (三菱化学科学技術研究センター)

非会員 木島 直人 (三菱化学科学技術研究センター)

Improvement in Durability of Red Phosphor Encapsulated by Sol-Gel Glass for Use in White Light-Emitting Diode

Non member **Eimo Kin** (Saitama University), Non member **Takeshi Fukuda** (Saitama University), Fellow member **Norihiko Kamata** (Saitama University), Non member **Hidehiko Ohara** (Mitsubishi Chemical Group, Sci. and Tech. Res. Center, Inc.), Non member **Toshiaki Yokoo** (Mitsubishi Chemical Group, Sci. and Tech. Res. Center, Inc.) and Non member **Naoto Kijima** (Mitsubishi Chemical Group, Sci. Tech. Res. Center, Inc.)

ABSTRACT

Transparent glass films with homogeneously doped light emissive molecules can be prepared by using the sol-gel process. As part of our work on improving the durability of water-soluble polysilanes against UV light irradiation, we fabricated $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ -doped sol-gel glasses and studied their optical characteristics. Using a three dimensional dense glass network protects the Eu complex from free oxygen and water in an ambient and also improves the durability without any loss of light output. By adding the $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ beyond the limit of solubility in a starting solution, we demonstrated that the glass encapsulation prevents oxidation of the Eu-complex and also preserves its excitation intensity at a wavelength of 400 nm.

KEYWORDS : sol-gel glass, phosphor, rare-earth complex, hybrid material

1. はじめに

発光ダイオード (LED) は、従来我々の生活の中で幅広く用いられてきた白熱灯や蛍光灯と比較して、高い発光効率や低い消費電力、そして長寿命といった利点を持つ。例えば、電気から光への変換効率は波長によっては 30% を超えるとも言われている。そのため、携帯電話やデジタルビデオカメラ、携帯情報端末 (PDA) などの電子機器のバックライト、そして大型ディスプレイや道路表示器などに幅広く普及している。また近年では、交通信号灯や自動車のヘッドライト、一般照明用光源としての普及も期待されている。

LED は、電子と正孔がそれぞれキャリアとなる p 型と n 型の半導体層を積層化した pn 接合を基本構造としている。電極から半導体層に注入された電子と正孔は異なるエネルギー帯 (伝導帯と価電子帯) をそれぞれ移動し、順方向電圧によって pn 接合部を越えるために両者の混在領域が接合部付近に生じる。この混在領域で電子と正孔が再結合することにより、伝導帯と価電子帯のエネルギー障壁の大きさ (バンドギャップ) に相当するエネルギーを持った光子を発生する。したがって LED ではバンドギャップエネルギーの異なる半導体材料を利用して高効率化を図ることにより、可視域波長の光を作り出すことが出来る。

このような LED の中でも、特に白色 LED は白熱電球を代替することが可能な固体照明光源として期待が大きい。白色 LED を実現する方法の一つの方法として、光の 3 原色である赤色・緑色・青色の LED から

の発光を合わせて白色を得る方法がある。しかし、この方式では 3 つの LED が必要で、LED を見る角度によって発光色が変わってしまうという問題がある。また、LED を駆動させる回路も 3 系統分が必要になり、コストや大きさの面で実用化には大きな課題が残る。

これに対して、現在では青色の LED と蛍光体を組み合わせた方式が主流になってきている。この方式では、蛍光体が青色 LED の発光を吸収して赤色から緑色の光を出し、この光と蛍光体を通過してきた青色の光が合成されることで擬似的に白色の発光を実現できる。しかし、蛍光体を通過する青色光の割合を正確にそろえることが難しいため、LED を製造する時の色温度の個体差が大きくなるという欠点がある。また、色温度の制御も難しく高い演色性の白色 LED を実現することが困難である。そのため、最近では蛍光灯と同様に赤色・緑色・青色の発光を示す蛍光体を近紫外 LED で励起して、白色光を発生させるという方式が検討されている¹⁾。近紫外 LED で励起して純度の高い赤色発光を示す蛍光体としては Eu 錯体のグループがあり、特に $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ は波長変換の効率がよく白色 LED 用の蛍光体として期待されている。ここで、TTA は 2-テノイルトリフルオロアセトン、Phen は 1, 10-フェenantroリンを示している。しかし、Eu 錯体は空気中での劣化が早く長期信頼性の点で課題が残されていた²⁾。

この問題を解決する一つの手段として、我々のグループが研究を進めてきたゾルゲルガラスを用いた封止技術が適用可能と考えられる。今までに、ゾルゲルガラスで封止した水溶性ポリシラン有機薄膜の信頼性向上について報告してきた²⁾。一般にポリシランはSiを主鎖とする1次元鎖状高分子で、 σ 結合の非局在性により量子細線としての高い正孔移動度、及び励起状態の高い振動子強度を持っており³⁾⁴⁾、近紫外域の発光を示す有機EL素子が報告されている⁵⁾⁶⁾。また、我々は異種ポリシラン間⁷⁾や、ポリシラン-有機色素間での高効率な共鳴エネルギー移動過程を利用した高効率なエネルギーアクセプター発光を実証した⁸⁾。さらに、ポリシラン-有機色素間の高効率なエネルギー移動を使用したポリシラン-有機色素混合スピコート薄膜による可視域（赤色・緑色・青色、及び白色）でのEL素子も報告している⁶⁾⁹⁾。しかし、このポリシランにおいてもEu錯体と同様に紫外光の連続照射をすると、大気中の酸素と反応を起こしてSiの主鎖が容易に酸化されてしまう。そのため、大気中で安定して長期間使用し続けることが困難であるという問題がある。このような問題に対して、われわれはゾルゲルガラスで水溶性ポリシランの周囲を封止することで発光特性が劣化するのを大幅に抑制できることを実証した²⁾⁶⁾。

これらの結果は、ゾルゲルガラスが大気中の酸素からゾルゲルガラス中に閉じ込めたポリシランを遮断する機能があることを示している。つまり、このゾルゲルガラス中にEu錯体を閉じ込めることが出来れば、長期安定なEu錯体を実現出来ると考えられる。そこで、その初期的検討として赤色発光蛍光体であるEu(TTA)₃Phenのゾルゲルガラスでの封止を試みた。本論文ではEu錯体をゾルゲルガラスで封止し、紫外線照射時の蛍光強度劣化を抑制した結果について報告する。

2. Eu(TTA)₃Phenの光学特性

2.1 Eu(TTA)₃Phenについて

中心希土類イオンにEuなどを用いた希土類錯体では、 π 共役系配位子が光の吸収効率を増加させて、そのエネルギーを希土類イオンに移動する。また、希土類イオンの周囲に配位子があり、中心部分の希土類イオンを外部の消光因子から隔離し濃度消光を起こしにくくするため、高効率の発光が期待される。特に、本研究で用いた赤色蛍光体Eu(TTA)₃Phen（分子量：995.7 g/mol）はEu³⁺単体より吸収効率が高く濃度消光も少ないため、色純度や波長変換効率の高い近紫外LEDで励起可能な赤色蛍光体として期待されている。図1に、Eu(TTA)₃Phenの分子構造および蛍光(PL)、光励起(PLE)スペクトルを示す。ここで、PLやPLEの測定には蛍光分光測定装置（日本分光、FP-777）を用いた。また、PLスペクトル測定時の励起光源の波長は400 nmとした。PLスペクトルの中心波長は612 nmであり、このEu錯体は赤色の発光を示すことが分かる。また、PLEスペクトル測定時の発光波長は612 nmとした。PLEスペクトルから励起波長が380 nm以下で強い発光強度が得られることが分かる。つまり、紫外LEDを励起光源に用いた場合の赤色発光の蛍光体として高い発光効率を実現できると考えられる。

Eu(TTA)₃Phenの分子構造はTTA（2-テノイルトリフルオロアセトン）やPhen（1,10-フェナントロリン）のような複数の配位座を持つ配位子で構成されており、一つの配位子の中に二つ以上のドナー原子が適当な間隔をへだてて存在する場合、このような型の錯体を

金属キレート化合物と呼ぶ。安定度定数を熱力学的に解釈すると、安定度定数は可逆反応の平衡定数であるから、反応の原系と生成系の標準自由エネルギーの差 ΔF^0 は次の式(1)と(2)で表わされる。

$$\Delta F^0 = -RT \ln K_M \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta F^0 = \Delta H^0 - T \Delta S^0 \dots\dots\dots (2)$$

ここで、Rは気体定数、Tは温度、 K_M は安定度定数である。したがって、キレート化合物の安定度定数は、熱力学的にはエンタルピーの変化とエントロピーの変化に左右される。キレート環の生成によってエントロピーは増加するため、キレート化合物は単座配位の錯体よりも安定であると考えられる。

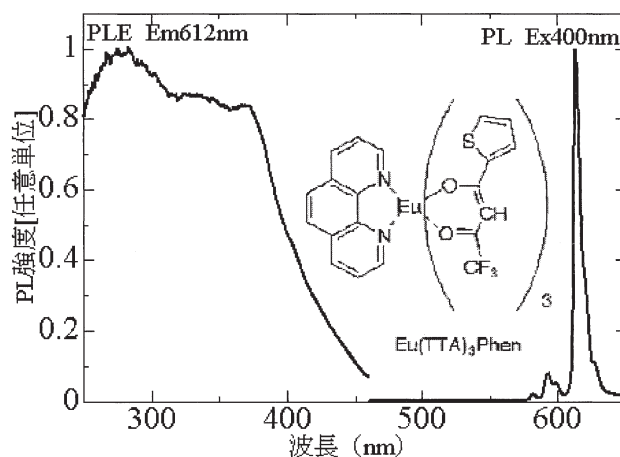


図1 赤色蛍光体Eu(TTA)₃Phen分子構造とPL及びPLEスペクトル
Fig.1 Molecular structure of Eu(TTA)₃Phen and PL/PLE spectra of Eu(TTA)₃Phen powders.

2.2 Eu(TTA)₃Phen薄膜の作製

Eu(TTA)₃Phenも他のEu錯体と同様に大気中での紫外線の連続照射によって蛍光強度が低下してしまい、長期間安定した発光を得ることが難しいという問題がある。そこで、Eu(TTA)₃Phenをスピコートした薄膜の経時変化を評価した。測定を行ったスピコート薄膜の作製条件は下記に示す通りである。初めに、Eu(TTA)₃Phenをジメチルホルムアルデヒド（DMF）に溶かした。次に、十分に攪拌を行ってから石英ガラス上に塗布し、1分間に1500回転で60秒間という条件でスピコートを行った。このような条件で作製したスピコート薄膜を波長400 nm、強度0.21 mW/cm²の紫外線を照射した状態で蛍光強度の経時変化を測定した。

2.3 Eu(TTA)₃Phen薄膜の蛍光強度の経時変化

図2にEu(TTA)₃Phenを石英ガラス上にスピコートした薄膜に紫外線を照射し続けた時の蛍光強度の経時変化を示す。ここで、測定は大気中と5×10⁻⁴ Paの真空下でそれぞれ行った。大気中で測定を行ったスピコート薄膜では、紫外線を照射する時間が長くなるに従って、蛍光強度が単調に減少していく傾向が見られ

た。例えば、紫外線照射時間が 80 分の場合では、初期蛍光強度の 55%まで減少した。一方、真空中で測定を行ったスピコート薄膜では、時間の経過と共に蛍光強度が減少する傾向は見られず、60 分経過後でも初期蛍光強度の 99%であった。これらの結果から、空气中の酸素や水分が $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ の蛍光強度を劣化させる要因になっていると考えられる。

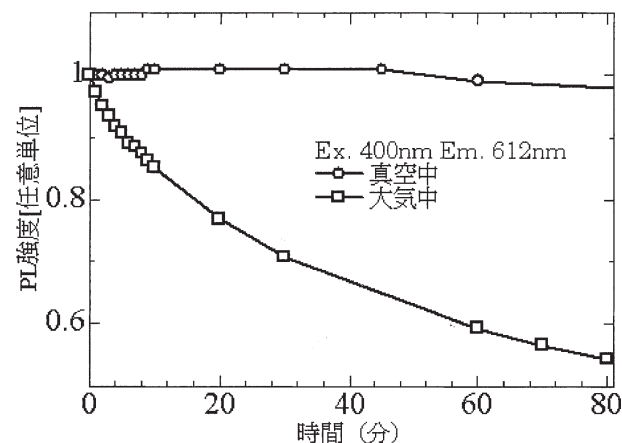


図2 赤色蛍光体 $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ のスピコート薄膜を真空中及び大気中紫外線を照射した時の蛍光強度の時間変化
Fig.2 PL intensity change of a spin-coated film of $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ under 400 nm excitation in air and vacuum.

3. $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ 添加ゾルゲルガラスの作製と蛍光特性

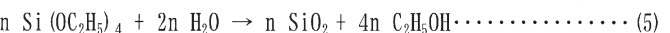
3.1 $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ 添加ゾルゲルガラスについて

ゾルゲル法では、金属の有機および無機化合物の溶液から出発し、溶液中での化合物の加水分解や重合によって溶液を金属酸化物または水酸化物の微粒子が溶解したゾルとする。そして、さらに反応を進ませてゲル化し、作製した多孔質のゲルを加熱して非晶質やガラス、多結晶体をつくる製法である。また、ゾルゲル法は低温合成で均質性、生産性の向上、新組成での合成等が可能である反面、原料が高価、細孔の残留、炭素や水酸基の残留、製造工程に長時間を要する等の短所がある¹⁰⁾。

代表的な原料であるテトラエトキシシラン (TEOS) を原料にして加水分解・重合反応を進める場合の反応式は次の式 (3) と (4) で表わされる。



したがって、これらの式から TEOS の加水分解・重合反応は、次の式 (5) で表される。



また、ゾルゲル法は水溶液からガラスを作製する過程で母体の中にシラノール基が残り、作製したガラスの特性を低下させてしまう。この問題を解決する一つの方法として、ゾルゲルガラスを 800℃

以上の高温で熱処理することが知られている。しかし $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ 等を含む場合は熱分解されてしまうため高温での熱処理は出来ず、 $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ 添加ゾルゲルガラスに適した熱処理方法が必要となる。 $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ 添加ゾルゲルガラスでは組成や熱処理温度の違いによってゾルゲルガラス中の $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ の構造、シラノール基の残留、薄膜の緻密さなどが異なる。そのため、ゾルゲルガラスの組成や熱処理温度といったパラメータが PL や PLE 特性および劣化抑制の効果に影響を与えていると考えられる。以下では、高効率発光、劣化抑制に効果的な熱処理条件について検討を行った結果を示す。

3.2 $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ 添加ゾルゲルガラスの作製と評価

図 3 に $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ 添加ゾルゲルガラスの作製フローを示す。ゾルゲルガラスの作製にはテトラメトキシシラン (TMOS)、テトエトキシシラン (TEOS)、エタノール (EtOH)、水 (H_2O)、水酸化アンモニウム (NH_4OH)、DMF を用いた。初めに、 $\text{TMOS}:\text{DMF}:\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}=1:1.4:2 \times 10^{-3}$ という割合で混合する。次に、この溶液と $\text{EtOH}:\text{H}_2\text{O}:\text{NH}_4\text{OH}=2.7:10:0.00037$ という割合で混合した別の溶液を混合しながら攪拌する。マグネッスターラーを用いて 40℃ に保持しながら 30 分間溶液を攪拌させた後、ディップ法によりガラス基板上に薄膜を形成した。作製した薄膜の膜厚は約 1 μm であった。その後、大気中で熱処理を行って、 $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ 添加ゾルゲルガラスを作製した。ここで、ゾルゲルガラスの組成と $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ の添加濃度は表 1 に示す通りである。

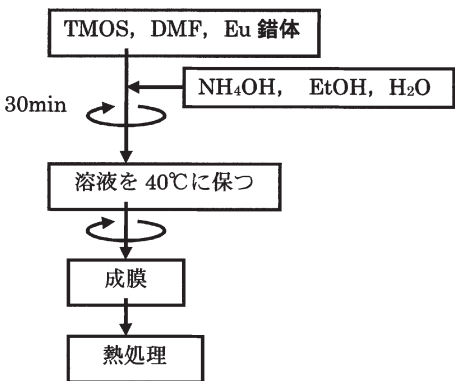


図 3 $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ 添加ゾルゲルガラスの作製プロセス

Fig.3 Fabrication process of sol-gel glass-encapsulated $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$.

表 1 $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ 添加ゾルゲルガラスの組成比

Table 1 Composition in volume ratio of sol-gel glass encapsulated $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$.

組成	添加比
$\text{TMOS}:\text{H}_2\text{O}:\text{EtOH}:\text{NH}_4\text{OH}:\text{DMF}$ 1:10:2.7:0.00037:1.4	$\text{SiO}_2:\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ 99.8:0.2

作製した $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{Phen}$ 添加ゾルゲルガラス薄膜は PL と PLE スペクトル、さらに紫外線連続照射時の蛍光強度の経時変化を測定

した。PL と PLE スペクトルは蛍光分光光度計（日本分光，FT-777）を用いて測定を行った。また，紫外線照射時の蛍光強度の経時変化は蛍光分光光度計（日本分光，FT-777）を用いて紫外線を薄膜に常時照射した状態で蛍光強度を連続的に測定した。

3.3 Eu(TTA)₃Phen 添加ゾルゲルガラスの PL/PLE スペクトル

図4に熱処理条件を変化させて作製したEu(TTA)₃Phen 添加ゾルゲルガラス薄膜の PL スペクトルの測定結果を示す。ここで，熱処理条件は80℃で2h，100℃で1h，120℃で1h，そして140℃で1hの4種類を行った。

いずれの条件で熱処理を行った薄膜においても，PL スペクトルの中心波長は612 nm であり，この発光はEu³⁺の⁵D₀→⁷F₂の遷移であると考えられる¹³⁾。また，100℃で1時間の条件で熱処理を行った薄膜が最も PL 強度が高くなるという結果になった。この結果は，より低温側ではシラノール基の除去が不十分であるために PL 強度が低下したものと考えられる。また，より高温側ではEu(TTA)₃Phen の構造が変化してしまったために PL 強度が低くなったものと推測される。

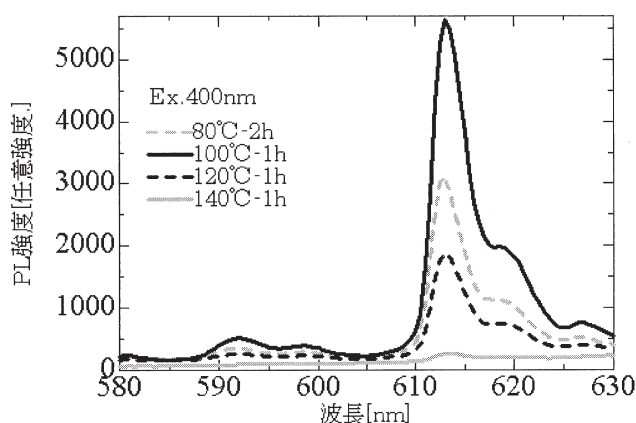


図4 熱処理条件を変化させたEu(TTA)₃Phen 添加ゾルゲルガラスの PL スペクトル

Fig.4 PL spectra of glass encapsulated Eu(TTA)₃Phen films annealed at different conditions.

次に，図5に上記の4種類の条件で熱処理を行ったEu(TTA)₃Phen 添加ゾルゲルガラス薄膜の PLE スペクトルの測定結果を示す。ここで，PLE スペクトル測定時の発光波長は612 nm とした。

PLE スペクトルの結果から，作製したEu(TTA)₃Phen 添加ゾルゲルガラス薄膜では400 nm 以下で急激に蛍光強度が増加しており，紫外LED 励起の赤色発光蛍光体として充分適用可能であることが分かった。また，PL スペクトルの結果と同様に100℃で1時間の条件で熱処理を行った薄膜が最も蛍光強度が高いという結果になった。いずれの熱処理条件においても PLE スペクトルが短波長側にシフトする傾向が観測されず，近紫外域の励起光でも効率良く波長変換することを示唆している。

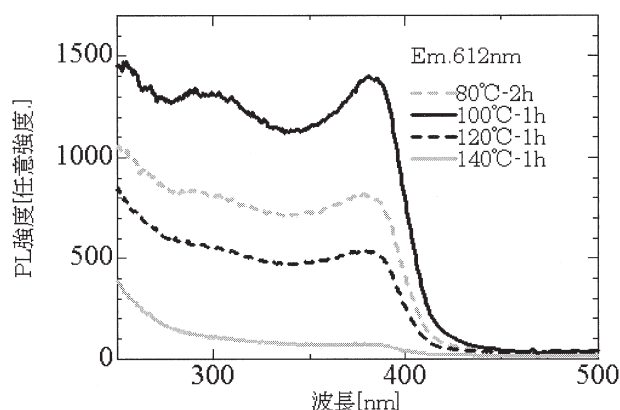


図5 熱処理条件を変化させたEu(TTA)₃Phen 添加ゾルゲルガラスの PLE スペクトル

Fig.5 PLE spectra of glass encapsulated Eu(TTA)₃Phen films annealed at different conditions.

3.4 Eu(TTA)₃Phen 添加ゾルゲルガラスの蛍光強度の経時変化

図6にEu(TTA)₃Phen 添加ゾルゲルガラス薄膜と比較のためにEu(TTA)₃PhenをDMFで溶かした溶液で作製したスピンコート薄膜に紫外線を照射し続けた時の蛍光強度の経時変化を示す。ここで，励起光の中心波長は400 nm，強度はEu(TTA)₃Phen 添加ゾルゲルガラス薄膜の場合では0.30 mW/cm²，Eu(TTA)₃Phenの場合では0.21 mW/cm²とした。

ゾルゲルガラスで封止していない薄膜では，紫外線照射と共に蛍光強度は単調減少していき，80分経過後では初期蛍光強度の55%まで低下するという結果になった。一方，ゾルゲルガラスで封止した薄膜では蛍光強度の劣化は観測されず，60分経過後でも初期蛍光強度の105%という高い発光強度を達成した。

ゾルゲル反応時に，触媒として用いたNH₄OHの効果によってSi(OR)₄の最初の加水分解は起こりにくいが，一旦あるOR基がOH基に置換されると，加水分解反応を受けやすくなり残りのOR基は急速にOH基に置換されると推測される。ゾルゲルガラスの主鎖であるケイ酸分子は重縮合可能な部分が4個あるので，重縮合は3次的に進み架橋結合の著しい重合体になる。つまり，3次的に構造が形成されて，Eu錯体を水や酸素などの蛍光特性に影響を与える外部因子から隔離することで，PL強度が低下を抑制できると考えられる。また，図6に示した通りゾルゲルガラスで封止したEu(TTA)₃Phenの劣化特性は真空中でEu(TTA)₃Phenを測定した図2の結果と同程度であり，これらの結果は本論文で示したゾルゲルガラスを用いた方法がEu錯体の封止に有効であることを示している。

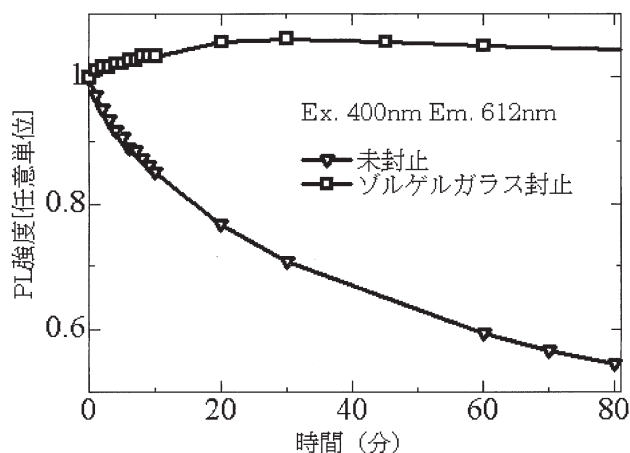


図6 ゾルゲルガラスで封止した場合と未封止の場合における

Eu(TTA)₃Phenの蛍光強度の経時変化

Fig.6 PL intensity change of sol-gel glass-encapsulated and spin-coated Eu(TTA)₃Phen films.

4. まとめ

白色LED用近紫外励起型赤色蛍光体Eu(TTA)₃Phenの信頼性向上のためにゾルゲルガラスを利用した封止技術の検討を行った。Eu(TTA)₃Phen添加ゾルゲル薄膜においては、熱処理条件によってPL/PLEスペクトルが変化し、100℃-1時間の条件で最も高いPL強度を得た。また、ゾルゲルガラスで封止したEu(TTA)₃Phenでは紫外線を連続照射した状態でも80分間は蛍光強度が劣化しないという、高い信頼性を示すことを実験的に確認した。

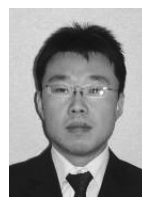
ゾルゲル法を活用することで、有機分子の優れた機能性を損なわずに無機ガラスで補強し、従来の材料では実現が困難であった優れた特性を示した。このような相乗的な効果を効率的に利用して、白色LED用蛍光体の封止だけでなく、幅広く無機・有機ハイブリッド材料の可能性が広がるものと期待される。

参考文献

- (1) 清水恵一：白色LEDはどの方式を選ぶべきか，照学誌，89-8B，pp.508-510 (2005).
- (2) H. Satoh, N. Kamata, et al. :Improved UV Light Emission of Quantum Wires Embedded inside Glass Matrices, Springer Proc. in Physics, 87, pp.1669-1670 (2001).
- (3) R. West :The polysilane high polymers, J. Organomet. Chem., 300, pp.327-346 (1986).
- (4) T. Kagawa, M. Fujino et al. :Photoluminescence of organo-polysilane, Sol. Sta. Comm., 57, pp.635-637 (1986).
- (5) K. Ebihara, S. Koshihara et al. :Polysilane-Based Polymer Diodes Emitting Ultraviolet Light, Jpn. J. Appl. Phys., 35, pp.L1278-L1280 (1996).
- (6) N. Kamata, D. Terunuma et al. :Efficient Energy Transfer from Polysilane Molecules and Its Application to Electroluminescence, J. Organomet. Chem., 685, pp.235-242 (2003).

- (7) S. Aihara, N. Kamata et al. :Efficient Intermolecular Energy Transfer between Polysilanes Revealed by Time-Resolved Photoluminescence, Jpn. J. Appl. Phys., 37, pp.4412-4416 (1998).
- (8) S. Aihara, N. Kamata et al. :Efficient Intermolecular Energy Transfer between Soluble Polysilanes, J. Lumi., 87-89, pp.745-747 (2000).
- (9) N. Kamata, R. Ishii et al. :Electroluminescence of Mixed Organic Dyes via Resonant Energy Transfer from Polysilane Molecules, Appl. Phys. Lett., 81, pp.4350-4352 (2002).
- (10) 作花清夫：ゾルゲル法の科学，アグネ承風社 (1988).

(受付日 2008 年 5 月 1 日/採録日 2008 年 6 月 3 日)



金 永模 (非会員)

埼玉大学理工学研究科

〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 255

1978 年 1 月 3 日生まれ。2006 年 3 月埼玉大学大学院理工学研究科機能材料専攻博士前期課程修了。同年、埼玉大学大学院理工学研究科物質科学専攻博士後期課程進学。応用物理学会、日本ゾルゲル学会会員。



福田 武司 (非会員)

埼玉大学理工学研究科

〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

1976 年 7 月 19 日生まれ。2001 年早稲田大学大学院理工学研究科物理学及応用物理学専攻博士前期課程修了。同年、株式会社フジクラ光電子技術研究所へ入所。2008 年、埼玉大学工学部機能材料工学科助教。博士(工学)。2007 年 IEEE polytronic Best Paper Award。応用物理学会、電子情報通信学会会員。



鎌田 憲彦 (専門会員)

埼玉大学理工学研究科

〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

1955 年 5 月 25 日生まれ。1983 年 3 月東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻修了(工学博士)。同年 4 月 NHK 放送科学基礎研究所入所。1988 年埼玉大学工学部電子工学科。1990 年フィンランド国立半導体研究所招聘研究員。1992 年より機能材料工学科担当。専門は光物性、光素子工学。照明学会、応用物理学会、日本物理学会、電子情報通信学会、蛍光体同学会会員。



小原秀彦 (非会員)

(株)三菱化学科学技術研究センター R&D部門 生産技術研究所

〒227-8502 横浜市青葉区鴨志田町 1000

昭和34年1月30日生まれ、昭和58年3月京都大学大学院工学研究科修士課程卒、同年4月三菱化成工業株式会社に入社、平成14年より今年3月まで蛍光体の開発に従事、主任研究員、日本化学会会員。



横尾 敏明 (非会員)

(株)三菱化学科学技術研究センター

〒227-8502 横浜市青葉区鴨志田町 1000 番地

昭和43年8月22日生まれ、平成6年3月京都大学大学院工学研究科工業化学専攻修了、同年4月三菱化成株式会社入社。



木島 直人 (非会員)

(株)三菱化学科学技術研究センター

〒227-8502 横浜市青葉区鴨志田町 1000 番地

昭和32年1月23日生まれ、昭和56年3月東京工業大学大学院総合理工学研究科材料科学専攻修了、同年4月三菱化成工業株式会社入社。平成元年～3年 Lawrence Berkeley National Laboratory 研究員、平成4年理学博士、平成13年～東京農工大学客員教授、平成16年～大阪大学客員教授、電気化学会蛍光体同学会会員。