

코팅에 의한 LED 적색 형광체의 신뢰성 개선

(Reliability improvement of LED's red phosphor by coating)

심재민, 김재범, 김영우, 송상빈, 유영문, 김재필

(Jae-Min Sim, Jae-Bum Kim, Yeoung-Woo Kim, Sang-Bin Song, Yeoung-Moon Yu, Jae-Pil Kim)
Korea Photonics Technology Institute, Gwangju 500-779, Korea

요약

본 연구에서는 실리케이트 적색 형광체의 신뢰성을 향상시키기 위하여 SiO₂ 박막을 졸-겔(sol-gel) 방법으로 코팅하였으며, 봉지재의 종류에 따른 코팅된 형광체의 신뢰성 변화를 조사하였다. 졸-겔 코팅 후 형광체 표면을 관찰한 결과 졸-겔 코팅이 잘 이루어 졌음을 알 수 있었으며, 4회 코팅 후 박막의 두께는 약 150nm였다. 코팅 하지 않은 형광체의 경우 봉지재에 따른 차이는 있었지만 500시간 경과 후 효율 감소율은 30% 이상이었으며 코팅 한 형광체의 경우는 에폭시, JCR6175가 10~25%, EG6301은 10% 이내의 효율 감소율을 보였다. 한편 색 좌표 경우 에폭시 봉지재가 약 0.02의 변화를 EG6301 봉지재의 경우 0.01 이내의 변화를 보였다.

1. 서 론

최근 백색 LED(light emitting diode)의 기술 개발 방향은 일반조명에 응용하기 위해 초점이 맞추어져 있다. 일반적으로 백색 LED 광원은 청색 LED에 황색 형광체(YAG)를 조합하여 백색 LED를 구현 한다. 그러나 황색 형광체가 신뢰성, 발광 효율은 뛰어나지만 CRI 값이 낮아 일반조명 및 디스플레이용으로 이용하는 데 한계를 가지고 있다. 이에 청색 LED에 녹색, 적색 형광체를 혼합 하여 백색 구현을 시도 하는 것이 대두 되고 있다. 그렇지만 적색 형광체(실리케이트 계열)는 색 온도 제어가 가능하고, 색 순도가 높아져서 색 재현성이 높아지지만, 봉지재와 혼합 시 효율이 떨어져 광원의 색 좌표가 떨어지는 문제를 보이고 있다. LCD BLU의 색 재현성을 올리거나, 일반조명에 사용하기 위해서는 형광체 효율 변화가 일정 조건에서 10% 이내이어야 하는데, 아직까지 적색의 실리케이트 형광체는 이 조건을 충족하지 못하고 있다. 본 연구에서는 적색 형광체를 일반 조명에 적용하기 위해서, 졸-겔 물질의 코팅을 통하여, 적색 형광체의 신뢰성을 개선하는데 초점을 맞추었다.

2. 본 론

본 연구에서 사용한 형광체는 적색의 실리케이트 계열(스트론튬 바륨 실리케이트)이다. 평균 입자의 크기는 2~20um이며, 무정형이다. 코팅 물질은 TEOS를 이용하여 졸-겔 용액을 제조한 후 이루어졌다.[1,2] 코팅 공정은, 5wt% TEOS가 함유된 이소프로필 알콜 준비-->0.01N HCl촉매 첨가-->에이징-->형광체 칩

지-->여과-->200°C에서 24시간 동안가열 하여 수행 하였으며, 최대 코팅 횟수는 6회 였다. 코팅 횟수에 따른 형광체의 신뢰성을 검토하기 위해서 포탄형 패키지에 실장 하였으며, 이 때 사용한 칩(chip)은 Elite사의 460nm의 소면적 칩이다. 봉지재는 형광체의 반응성을 알아보기 위해, (주)대주사의 에폭시(DC5260)와 다우 코닝사의 실리콘(JCR6175, EG6301)등 3가지를 선택하였다. 형광체의 첨가 비율은 10wt%였으며, 신뢰성 검사 조건은 85°C, 85Rh%였다. 그림 1은 코팅 횟수에 따라, 형광체 표면 변화 모습을 나타낸 것이다. 코팅 횟수가 반복될수록 형광체 표면의 코팅 물질은 두께가 두꺼워 지는 것을 알 수 있었다. 1회 코팅시에는 형광체 표면의 성상이 조금 바뀌는 정도였으나 4회 코팅 후에는 약 150nm 가량의 필름이 형성되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 SiO₂ 물질에 형광체의 표면에 코팅되었음을 확인할 수 있었다.

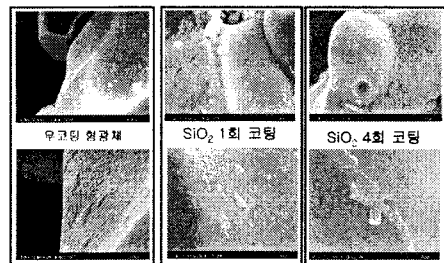


그림 1. 코팅 횟수에 따른 형광체 표면
Fig. 1. Surface of coated phosphor

그림 2는 봉지재 별로 나타난 형광체 효율 변화이다. 대주 에폭시의 경우 코팅 전 효율 감소가 500시간 경과 후 약 35%인 반면 4회 코팅된 형광체는 약 15%

의 감소율만 보여 신뢰성이 개선되었음을 보였다. JCR6175의 경우는 코팅 전 약 15%의 효율 감소를 보였으며 코팅 후에는 10%가량의 효율 감소를 보였다. 한편 EG6301의 경우는 코팅 전 약 15%의 효율 감소가 있었으나 코팅 후에는 10%이내의 효율 감소를 보였다. 봉지재에 따른 형광체의 효율 감소는 에폭시가 가장 컸으며 JCR6175, EG6301의 순서로 나타났으며, 코팅을 하면 봉지재 종류에 관계없이 신뢰성이 현저히 향상됨을 알 수 있었다. 이는 형광체 표면에 코팅된 SiO₂ 박막이 형광체와 봉지재의 반응을 막아주고 외부에서 침투하는 수분과 같은 물질의 형광체 내부로의 침투를 막아주기 때문으로 사료된다.

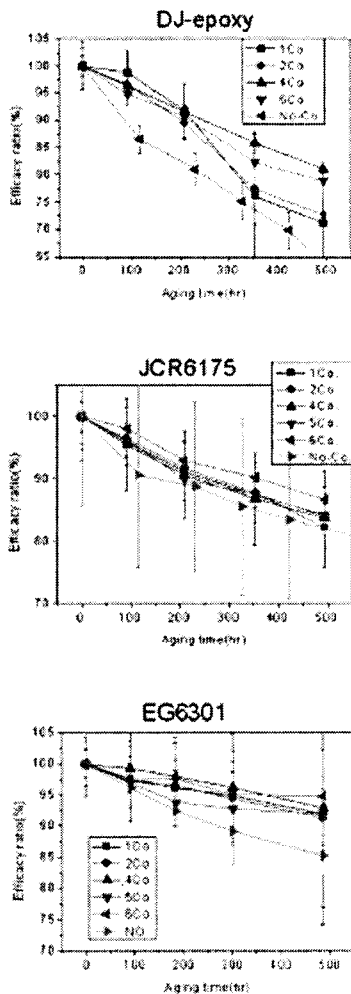


그림 2. 봉지재에 따른 코팅된 형광체 효율 변화
Fig. 2. Efficacy of coated phosphor with resin

그림 3은 무코팅 형광체와 코팅 형광체의 봉지재에 따른 x색좌표 변화를 나타낸 것이다. 전체적으로 에폭시의 경우 색좌표 변화가 실리콘보다 약 0.01 가량 더

컸으나 큰 차이는 아니었다. 이는 형광체가 고온 고습 조건에서 효율이 감소할 때 강도의 변화만 보이고 스펙트럼의 형상은 변하지 않기 때문으로, 즉 발광파장은 변하지 않기 때문으로 사료된다. 이는 발광스펙트럼의 형상을 비교하여서도 확인할 수 있었다. 한편 y축의 색좌표 변화는 x축 색좌표의 변화와 비슷한 경향을 나타내었다.

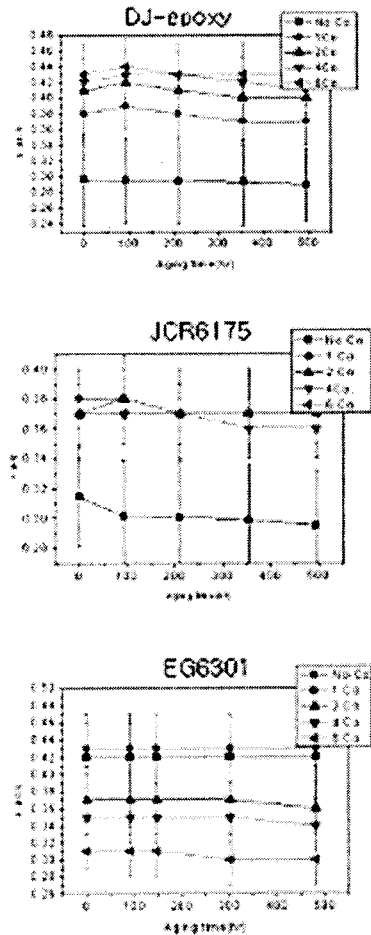


그림 3. 봉지재에 따른 코팅된 형광체 색 좌표 변화
Fig. 3. Chromaticity of coated phosphor with resin

실제 구동 조건에서 형광체의 신뢰성을 검토하기 위하여 조사하였으며 그 결과를 그림 4에 나타내었다. 전류는 20mA를 인가하였으며 기타 실험 조건은 상기 신뢰성 측정 조건과 동일하였다. 봉지재는 상기 실험 조건 중 가장 신뢰성이 좋았던 EG6301을 선택하였으며, 형광체의 효율 감소율은 측정에 사용된 전계 LED 광원의 효율에서 칩의 효율 감소 부분을 제외한 형광체의 효율 감소율이다. 측정 결과 실제 구동 조건에서 형광체의 효율 감소율은 10% 이내로 매우 안정적이었다.

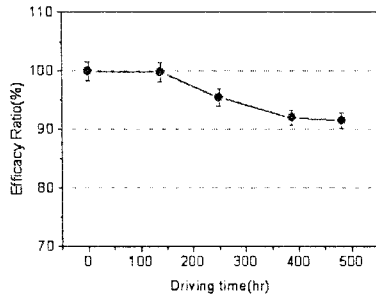


그림 4. 코팅된 형광체의 신뢰성 테스트(@ 20mA)
 Fig. 4. Reliability result of coated phosphor (@20mA)

3. 결 론

본 연구에서는 실리케이트 적색 형광체의 신뢰성 개선에 대하여 연구하였다. 졸-겔 용액을 이용하여 형광체의 표면에 SiO₂ 박막을 코팅할 수 있었다. 형광체의 효율 감소는 예폭시가 가장 컸으며 실리콘 계열의 EG6301이 가장 작았다. 봉지재가 EG6301인 경우 SiO₂를 1회만 코팅하여도 효율 감소는 10% 이내로 줄어들었다. 색좌표 변화는 예폭시가 봉지재인 경우 0.02이내, 봉지재가 실리콘인 경우 0.01 이내였다.

References

- [1] J. P. Kim, "Hydrolysis and condensation of fluorine containing organosilicone" *Optical Materials*, pp445-450, 2002.
- [2] Guillermo R. Villalobos "Protective silica coating on zin-sulfide-based phosphor particles" *Communication of the American ceramic society*, vol.85, No. 8, pp 2128-2130, August 2002.