

백색 LED용 형광체의 온도 특성 측정 장치

Temperature Characteristics Measurement Device of Phosphor for the White LEDs

이주엽, 김석원, 장호성*, 전덕영*, 박승남**

울산대학교 물리학과, 한국과학기술원 재료공학과*, 한국표준과학연구원**

juyup3338@hotmail.com

LED의 조명효율이 백열전구를 능가하고 실험실 수준에서는 형광등을 넘어가고 있기 때문에 일반 조명에 LED로 대체될 것이라는 기대가 한층 높아지고 있다. LED를 사용하여 일반 조명을 위한 백색 광원을 만드는 방법은 기본색을 혼색하거나 청색이나 자외선 LED를 여기광원으로 사용하여 형광을 유도하여 백색광을 만드는 방법이 알려지고 있다. 우리가 흔히 알고 있는 형광체(phosphor)는 YAG ($(Y_{1-a}Gd_a)_3(Al_{1-b}Ga_b)_5O_{12}$)에 Ce이 도핑된 것이다. 이런 형광체를 청색 LED로 여기시키면 phosphorescence와 청색 luminescence가 분광분포에 함께 보이게 된다. 또한 단색 LED의 조명효율 뿐만 아니라 중심파장은 LED 접합의 온도 변화에 따라 크게 달라지는 것으로 알려져 있다. 이런 LED에 형광체가 도포되었을 때 형광체의 온도는 접합의 온도 보다 높이 올라가는 것으로 알려져 있다. 따라서 형광체의 온도특성은 형광체를 사용한 백색 조명용 LED의 성능을 결정하는 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

이 발표에서는 이미 운용 중인 Photoluminescence(PL) 측정 장치에 간편하게 설치하여, LED용 형광체 형광 특성의 온도 의존성을 측정할 수 있는 장치를 소개하고, 이 장치를 이용하여 PL 효율의 온도 의존성을 측정한 결과를 시범적으로 제시하였다.

보통 YAG기반의 형광체는 분말로 제작되기 때문에 시료를 일정한 온도를 유지하기 위하여 일정한 온도가 유지되는 기판에 형광체를 고정하는 매우 중요하다. 이 연구에서는 분말 형태의 형광체를 고정하기 위하여 적분구 내부를 백색 분말로 부착하는 것을 같이 방법으로 진공 그리스를 사용하였다. 기판 위에 진공그리스를 얇게 바른 후 형광체 분말을 뿌린 후 두께가 균일하도록 펴서 발랐다. 그림1은 형광체의 온도를 변화시키기 위한 장치를 PL 장치 내부에 설치한 모습이다. 온도를 변화시키기 위하여 열전소자(thermoelectric cooler; TEC) (3 cm x 3 cm)를 사용하는데, 한 쪽 면은 기판으로 사용할 구리판(직경 1 cm, 두께 2 mm)을, 다른 반대쪽 면에는 heat sink (4 cm x 6 cm)를 TEC에 epoxy로 붙였다. 구리 기판을 부착한 TEC 면은 순방향 전류를 흘리면 냉각이 되지만 역방향으로 흘리면 가열되기 때문에 기판을 실은 보다 낮게 유지할 수 있을 뿐만 아니라 높게도 유지할 수 있다. 기판의 온도 제어를 위하여 구리 기판의 중심에 구멍을 내고 thermistor(30 kΩ @ 25 °C)를 심었으며, 이 온도센서의 신호를 받아 TEC의 전류를 조절하여 온도를 제어하는 데는 TEC Sourceter (KEITHLEY 2510-AT)를 사용하였다.

온도 센서의 온도 계수는 제작사에서 제공하고 있지만 실제 기판의 온도를 알 필요가 있기 때문에 sourceter 로 온도를 설정하여 안정시킨 후 기판의 표면 온도를 이미 교정된 적외선복사온도계로 측정함으로써 sourceter 온도 설정값을 교정하였다. 기판의 표면온도를 적외선복사온도계로 정확하게

측정하기 위해서 복사율이 높으면서, 복사율 값이 알려진 흑색 페인트(Pyromark[®])를 도포하였다. 이 흑색 페인트의 도포는 표면온도를 측정의 정확도를 높이는데 기여할 뿐 만 아니라 형광 효율 측정에서 여기광의 산란을 방지하는데도 도움이 된다. 그림 2는 온도제어기로 사용하는 sourcemeter의 온도 설정에 해당하는 구리 기판의 온도를 그린 것이다. 각 온도에서 기판의 온도 안정도는 복사온도계의 분해능인 0.1 °C보다 좋은 것으로 확인되었다.

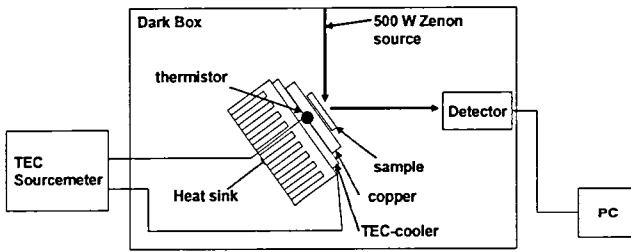


그림 1. 온도 controller를 이용한 형광체의 PL(photo luminescence) 측정 장치도.

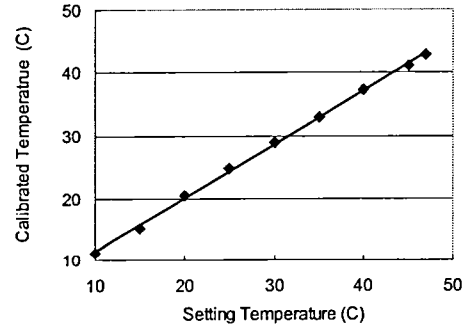
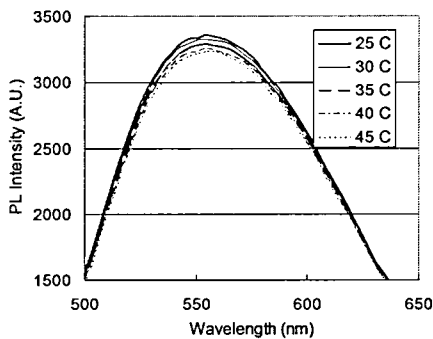


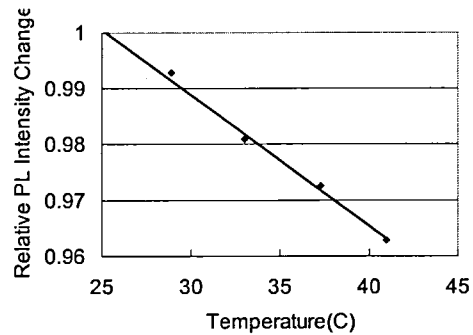
그림 2. 기판 온도 설정값의 교정 결과

형광체 샘플을 그림 1과 같이 PL측정 장치에 설치한 후 500 W 제논 광원을 분광하여 450 nm 파장의 단색광을 형광체에 조사하여 방출되는 형광을 수광부 분광기에 설치된 PMT 검출기로 받아서 PC로 측정하였다. 그림3은 한 가지 형광체에 대하여 PL 신호의 온도 의존성을 시범적으로 측정한 결과이다. 그림2(a)는 형광의 분광분포는 온도가 증가함에 따라 전체적으로 그 세기가 변하는 것을 보여주고 있다. 그림2(b)는 온도 변화에 대한 형광 최대 신호의 상대적인 변화를 보인 것으로 그 변화율은 $-0.23 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$ 인 것을 알 수 있다.

앞으로 이 장치를 이용하여 온도 변화에 대한 형광 중심 파장의 변화, 세기의 변화 등을 측정하여 이 변화가 색좌표, 휘도 등 LED 조명에 미칠 수 있는 효과를 연구할 계획이다. 또한 여기광의 파장과 세기를 다르게 하거나, YAG에 Ce의 도핑 비율을 다르게 합성하여 이 형광체들의 온도 특성을 측정할 예정이다.



(a)



(b)

그림3. 온도 변화에 따른 형광체의 (a)분광분포의 변화, (b)세기의 상대 변화

참고문헌

[1] E. F. Schubert, *Light-emitting diodes*, (Cambridge university press, United Kingdom, 2003)