

## LiF:Mg,Cu,Si TLD의 발광곡선 분석

장인수<sup>1,2</sup> · 이정일<sup>1</sup> · 김장렬<sup>1</sup> · 정기수<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국원자력연구원 방사선안전관리팀

<sup>2</sup>한양대학교 원자력공학과

<sup>3</sup>경상대학교 물리학과

E-mail: insujang@kaeri.re.kr

중심어 : LiF:Mg,Cu,Si, TLD, 열자극발광, 발광곡선분석, glow curve

### 서론

Thermoluminescence (TL)은 방사선등에 노출된 절연체나 반도체 물질에 열자극이 주어질 때 발광하는 현상이다. TL 물질에서의 방출광량은 물질이 흡수한 방사선량에 비례하는 특성을 가지며 이 특성을 이용하여 누적된 개인피폭선량을 측정하는 법정선량계로 쓰인다. TL은 물질이 가지고 있는 전자트랩(Trap)의 수에 따라 하나 이상의 Peak를 가지는 발광곡선으로 구성되며 이 발광곡선을 Curve deconvolution 과정을 거쳐 각각의 트랩에 의해 만들어진 Peak들로 분해할 수 있다. 분해된 Peak는 형태를 분석하여 Trap이 가지고 있는 물리적 특성에 대한 정보를 얻을 수 있다.

이번 실험에서는 고감도 TL 물질의 하나인 LiF:Mg,Cu,Si 시료의 발광곡선을 4가지 발광곡선 분석모델을 사용하여 5개의 Peak로 Curve deconvolution 한 후 각 Peak가 가지고 있는 물리적 특성을 비교와 분석했다.

### 재료 및 방법

정밀한 TL 발광곡선을 얻기 위해서는 전체 시료에 온도구배를 최소화시킬 필요가 있다. 본 실험에서는 지름 3.6 mm, 두께 0.42 mm 의 얇은 디스크 형태의 LiF:Mg,Cu,Si TL 물질을 사용하여 TL 물질의 두께로 인해 발생하는 온도 구배 발생을 줄이고자 했다.

수동 Thermoluminescence dosimeter (TLD)판독장치인 Harshaw 4500을 사용했으며 온도상승률은 1 °C/s 로 설정하였으며 발광곡선을 취득하기 위한 측정 온도범위는 50 °C에서 300 °C이다. TL 물질은 감마 표준선원을 10 mGy를 조사하였다.

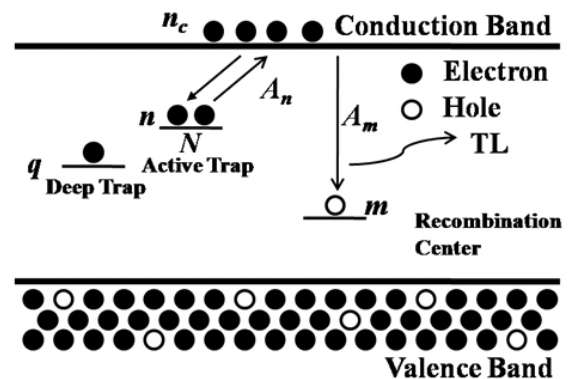


Fig. 1 Simple model of thermoluminescence

그림 1은 표현된 간략화된 열자극 발광 모델을 보이고 있으며 발광곡선 분석 모델은 간략화된 열자극 발광 곡선 모델에서 주어진 파라미터에 조건과 상황에 따른 가정을 추가하여 정의된 식으로 표현이 된다.<sup>1)</sup>

측정된 발광곡선을 분석하기 위해 4가지의 발광곡선 분석 모델이 설정되었고 사용된 발광곡선 분석 모델은 First order kinetics (1OK), General order kinetics (GOK)<sup>2)</sup>, General approximation (GA)<sup>3)</sup> 그리고 General approximation plus (GAP) 모델이다. 위의 발광곡선 분석 모델을 적용하고 Curve deconvolution하여 분석할 수 있는 프로그램인 ToLAnal을 사용하여 발광곡선을 분석하였다.

## 결과 및 고찰

GOK 모델을 사용하여 측정된 LiF:Mg,Cu,Si TL 물질의 발광곡선을 분석한 결과가 그림 2에 나타내었다.

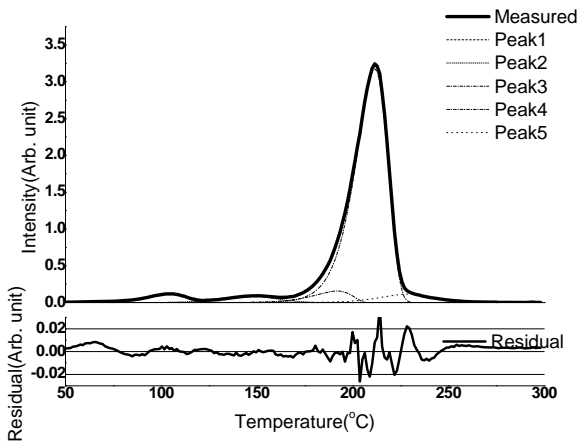


Fig. 2. Computerized glow curve deconvolution for the glow curve of LiF:Mg,Cu,Si

그림 상부에 그래프는 측정된 발광곡선과 Curve deconvolution된 각 Peak 형태이다. 모두 5개의 Peak로 분해되었으며 Curve fitting된 곡선과 발광곡선의 오차 정도는 그림 하부에 Residual 값으로 표시했다..

발광곡선 분석으로 얻을 수 있는 중요한 물리적 특성의 하나인 열적 활성화 에너지(E)는 Peak를 형성시키는 Trap과 Recombination center 사이의 에너지 차이를 의미하며 표 1에 분석된 열적 활성화 에너지를 나타내었다.

Table 1. Activation energy for LiF:Mg,Cu,Si

	1OK	GOK	GA	GAP
peak 1	1.20	1.11	1.18	1.17
peak 2	1.11	1.33	1.40	1.39
peak 3	2.00	1.70	2.11	2.16
peak 4	2.38	2.42	2.42	2.42
peak 5	1.49	1.94	2.29	2.38

활성화 에너지 만큼 중요한 특성으로는 Trap에서 전자의 진동수를 나타내는 진동 상수(Frequency factor)가 있으며 이는 표 2와 같이 분석되었다.

Table 2. Frequency factor for LiF:Mg,Cu,Si

	1OK	GOK	GA	GAP
P1	9.55E+14	6.71E+13	5.00E+14	4.95E+14
P2	1.37E+12	8.04E+14	1.19E+16	1.27E+16
P3	8.26E+20	2.23E+17	9.89E+21	3.51E+22
P4	7.64E+23	1.79E+24	1.87E+24	1.84E+24
P5	4.35E+13	2.37E+18	8.69E+21	1.01E+23

LiF:Mg,Cu,Si 물질의 경우 전체 발광량의 85% 이상을 차지하는 메인발광 Peak의 열적활성화에너지는 2.38~2.42. eV 정도인 것으로 분석 되었다. 그리고 진동 상수는  $7.64 \times 10^{23} \sim 1.87 \times 10^{24}$  Hz로 분석되었다. 메인 발광 Peak의 열적활성화에너지와 진동상수는 분석에 사용한 4가지 발광곡선 분석 모델의 종류를 달리하여도 큰 차이가 없는 것으로 확인 되었다.

## 결론

LiF:Mg,Cu,Si TL 발광곡선으로부터 TLD시료가 가지고 있는 Trap의 물리적 특성을 분석 할 수 있었다. 분석된 결과는 물질의 성능을 향상시키고 TL 물질의 활용범위를 넓히는 곳에 사용된다. 차후 지속적인 연구로 다른 종류의 TLD 물질이 가지고 있는 Trap의 물리적인 특성을 분석하는 과정을 통해 각 물질의 특성을 분석하는 연구가 필요하며, TLD 물질 종류와 특성에 따라 최적의 발광곡선 분석 모델을 선정하는 기법에 대한 연구가 필요 할 것이라고 생각한다.

## 참고 문헌

1. S.W.S. McKEEVER, Thermoluminescence of solid (Cambridge: Cambridge Solid State Science Series, 1985)
2. D Yossian and Y S Horowitz. Mixed-order and general-order kinetics applied to synthetic glow peaks and to peak 5 in LiF:Mg,Ti (TLD-100) Radiation Measurement. Vol.27, no. 3, 1997:465-471.
3. K S Chung, H S Choe, J I Lee, and J L Kim. A new method for numerical analysis of thermoluminescence glow curve. Radiation measurements Vol.42, no.4, 2007:731-734.