

# Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Tb 소자의 기본 특성에 관한 연구

대구보건전문대학 방사선과

박명환 · 박종삼 · 권덕문 · 이준일

Abstract

## A Study of Fundamental Characteristics for Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Tb Phosphor

Myeong Hwan Park, Chong Sam Park, Duk Moon Kwon, Joon Il Lee  
*Dept. of Radiotechnology, Taegu Health Junior College*

The thermoluminescence(TL) response in changing annealing condition, triboluminescence, and darkroom temperature for Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Tb phosphor are examined.

The experimental results are summarized as follows :

1. The uniformity of TL intensity is better in the disinfected Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Tb than in contaminated one.
2. The triboluminescence of Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Tb is almost not detected even if numbers of Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Tb falling are increased.
3. The fading effect of Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Tb is scarcely affected by freezing room.

The followings are resulted from the study. The disinfected Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Tb phosphor should be used in the dose measurement and the immediate reading for Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Tb after exposure is better. And if the reading is not immediately taken, a low darkroom temperature for Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Tb storage is recommended.

### I. 서 론

방사선 취급기관에서의 방사선발생장치와 방사성동위원소의 사용 빈도가 증가됨에 따라 선량 평가 및 개인피폭선량의 보다 정확한 측정이 강조되고 있으며, 그리고 방사선작업종사자의 개인피폭선량을 측정하기 위하여 film badge, pocket dosimeter 및 열형광선량계(TLD) 등이 이용되고 있으며, 최근에는 특히 고감도

의 새로운 각종 열형광체가 개발되어 방사선 치료분야를 비롯한 의료피폭 및 원자력 관계시설에서 개인피폭관리와 방사선모니터링 등에 많이 사용되고 있는 추세이다.<sup>1~5)</sup>

TLD의 열형광소자 중에서 Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Tb는 X, γ선에 대하여 감도가 우수하므로 오래전부터 선량측정에 사용되었을 뿐만 아니라<sup>6,7)</sup> 여러 연구자에 의하여 물리적 특성이 조사 보고되었다.<sup>8~11)</sup> 그러나 방사선 진단영역의 선량측

정시 열형광소자에 관한 기본 특성은 매우 중요함에도 불구하고 그 특성에 대한 자료가 부족하기에 본 실험에서는 열형광소자를 반복 사용하기 위한 재생처리 과정에 따른 열형광량을 측정하고 또한 낙하에 따른 마찰형광(triboluminescence)과 암실에서 온도 변화에 따른 퇴행효과(fading effect)를 구하고자 한다.

## II. 실험기기 및 방법

### 1. 실험기기 및 재료

- X-선 발생장치(Dong-A, Model DXG-525 RF)
- TLD reader(Kyokko, Model 1200)
- TLD annealing oven(Kyokko, Model AO-SL)
- TLD Phosphor( $Mg_2SiO_4 : Tb$ ) : MSO-S, MSO-L, Holder F+MSO-S type
- 온·습도계

### 2. 실험방법

열형광소자를 반복 사용하기 위한 재생처리 과정의 조건에 따른 열형광량의 균일성을 측정하기 위하여 유리 캡슐내에  $Mg_2SiO_4 : Tb$ 를 넣어  $2\phi \times 12$  mm로 만든 Kyokko회사의 MSO-S 열형광소자 40개를 준비하여 먼저 20개의 열형광소자는 연한 중성세제, 증류수, 알코올 순서로 세정하였으며 나머지 20개는 그렇지 못한 경우로 먼지 등에 오염되어 있는 상태로 TLD annealing oven으로 동시에  $450^\circ C$ , 30분간 열처리하여 약 12시간 자연 냉각시켰다. 그리고 먼저 세정한 소자 10개와 오염된 소자 10개를 방사선을 조사하지 않은 상태에서 TLD reader로 판독하여 background 균일성을 구하여 비교하였으며, 또한 나머지 20개는 X-선발생장치로 100 kVp, 300 mA, 0.1 sec, FDD(Focus Detector Distance)=100 cm에서 X-선을 조사한 후 소자를 판독하여 상대적인 열형광강도를 측정하였다.

TLD로 선량 측정시 고의로 열형광소자에

충격을 주지는 않겠지만, 실수로 책상위나 바닥 등에 낙하 시킬 경우 소자의 종류에 따라 마찰형광에 따른 열형광량의 증가를 초래할 수도 있다는 문헌<sup>12)</sup>을 참고로 하여 열형광소자를 열처리한 후 MSO-S, TLD badge 형태의 MSO-L과 holder F에 MSO-S 소자를 넣은 후 방사선을 조사하지 않은 상태에서 30 및 130 cm 높이에서 0~10회씩 각각 소자 5개를 낙하시켜 마찰에 따른 열형광량을 측정하였다.

암실중의 온도 변화에 따른 퇴행효과를 측정하기 위하여 MSO-S와 MSO-L 형태의 열형광소자를 열처리한 후 X-선발생장치로 100 kVp, 300 mA, 0.2 sec, FDD=100 cm에서 2회 조사하여 냉장( $6^\circ C$ )과 냉동( $-15^\circ C$ ) 암실 및 실온·암실( $27^\circ C$ )의 3조건에서 0~24시간 동안 방치시키면서 5개를 1조로 TLD reader로 판독하여 열형광강도를 구한 후 이를 평균하여 0시간 방치한 경우의 강도를 100%로 기준하여 시간경과에 따른 상대적 강도를 측정하여 열형광소자의 암실온도에 따른 퇴행효과를 구하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 열형광소자의 재생처리

열형광소자를 반복 사용하기 위한 재생처리 과정의 조건에 따른 열형광량을 측정한 결과는 X-선을 조사하지 않은 상태에서의 background 균일성은 Fig. 1과 같이 열형광소자를 연한 중성세제, 증류수, 알코올 순서로 세정하여 열처리 된 경우는 background가 평균 0.194 mR으로 균일성을 나타내었으나 그렇지 못한 경우로 먼지 등으로 오염된 상태의 열형광소자는 평균 19.83 mR으로 열형광강도가 증가하였으며 또한 각 소자의 열형광량의 불균일성을 나타내었다. 그리고 X-선을 조사한 경우도 유사한 경향으로 Fig. 2와 같이 세정하지 않은 경우는 상대적 열형광강도를 측정한 것으로 약 10% 범위의 오차를 나타낸 반면, 세정한 경우는 약 5% 이내로 Fig. 3과 같이 균일성이 양호하였으며, 이는 허 등<sup>13)</sup>의 TLD 소자간의 차이에

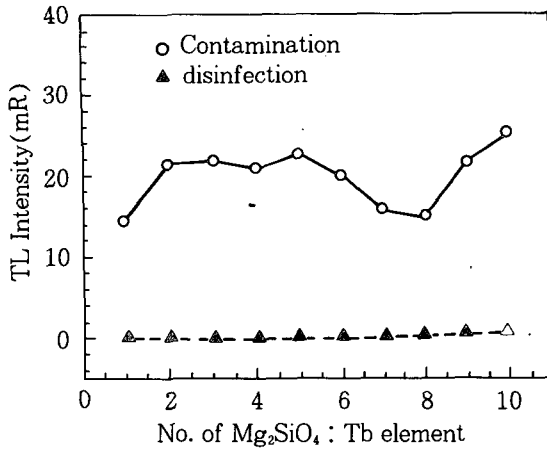


Fig. 1. Uniformity of TL intensity for  $Mg_2SiO_4 : Tb$  after annealing.

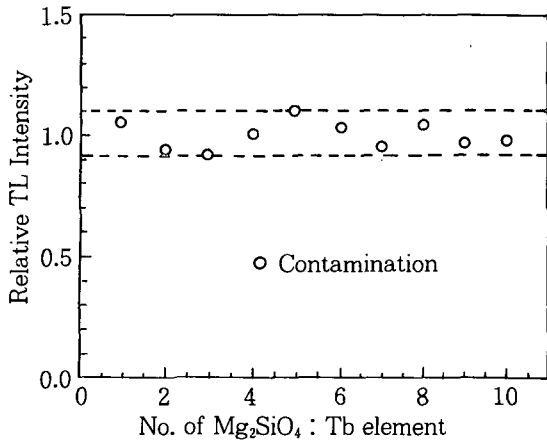


Fig. 2. Uniformity of TL intensity for  $Mg_2SiO_4 : Tb$  after exposure.

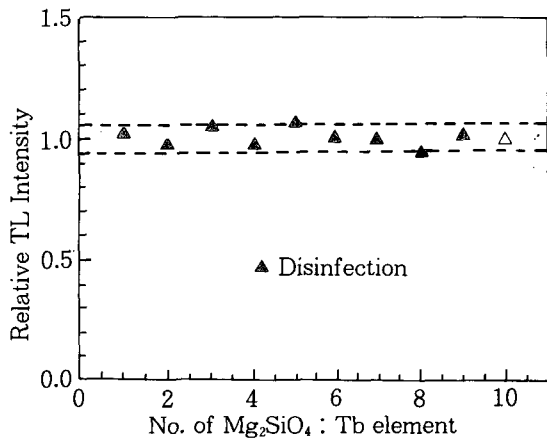


Fig. 3. Uniformity of TL intensity for  $Mg_2SiO_4 : Tb$  after exposure.

따른 변동계수(CV)가 0.059~0.393의 값을 나타낸 결과와 비교하여 열형광소자가 세정된 경우는 변동계수 0.034로 우수함을 알 수 있었다. 따라서  $Mg_2SiO_4 : Tb$  열형광소자를 이용하여 선량측정시에는 반드시 먼지 등의 오염을 세정한 후에 열처리하여 측정하는 것이 TLD 소자간의 오차를 줄이고 보다 정확한 선량 평가를 위하여 다소 시간이 걸리는 문제는 있지만 열형광소자의 세정은 반드시 필요하다고 생각된다.

## 2. 마찰형광

각종 열형광소자를 먼저 책상 위 30 cm 위치에서 수직 낙하시킨 경우 충격과 마찰에 의한 열형광량의 변화는 Fig. 4와 같이 낙하 횟수를 0~10회로 변화시켰으나 소자의 종류에 관계없이 모두 마찰형광에 따른 열형광강도의 증가는 나타나지 않으며, 또한 130 cm의 경우도 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 열형광소자가 유리 캡슐 형태로 제작되어 있으므로 높은 위치에서 낙하 시킬 경우는 쉽게 파손되어 정확한 열형광량을 측정할 수 없었다. 이는 National TLD 피폭용 소자 기술자료<sup>12)</sup>에서 BeO계 소자는 낙하 높이와 횟수의 변화에 따라 triboluminescence로부터 1회 낙하에 수mR 정도의 열형광강도가 증가된다는 보고와는 상이한 결과를 나타내었으나,  $CaSO_4$ 계 소자가

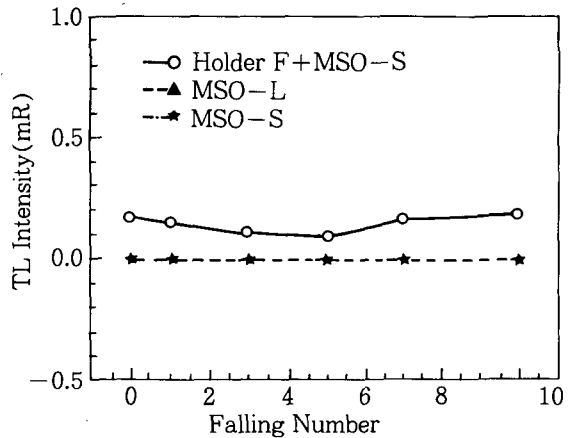


Fig. 4. Triboluminescence of  $Mg_2SiO_4 : Tb$  about falling number at 30 cm.

1 m 높이에서 1,000회 낙하 시켰을 때 0.5 mR 이하로 거의 열형광량이 증가되지 않는다는 보고<sup>12)</sup>와 유사한 경향을 나타냄을 알 수 있었다.

### 3. 퇴행효과

암실 중의 온도 변화에 따른 퇴행효과를 측정한 결과는 Fig. 5, 6과 같이 MSO-S와 TLD badge 형태의 MSO-L 소자에서 온도가 높은 실온·암실 상태에서의 fading은 다소 높게 나타났으며, 특히 MSO-L type은 X선 조사 후 즉시 관독한 경우와 24시간 방치한 후의 열형광강도는 약 24% 정도 퇴행효과가 나타남을

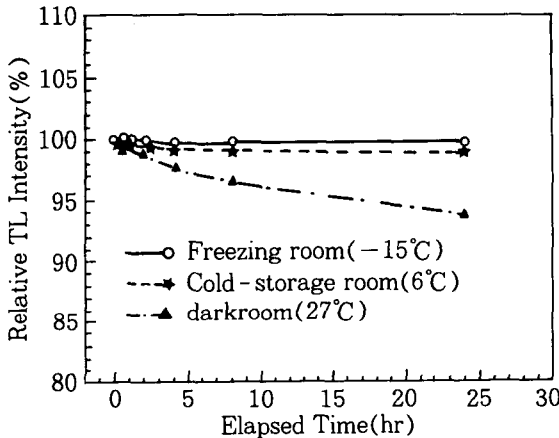


Fig. 5. Fading effect of MSO-S type [ $Mg_2SiO_4 : Tb$ ] about darkroom temperature.

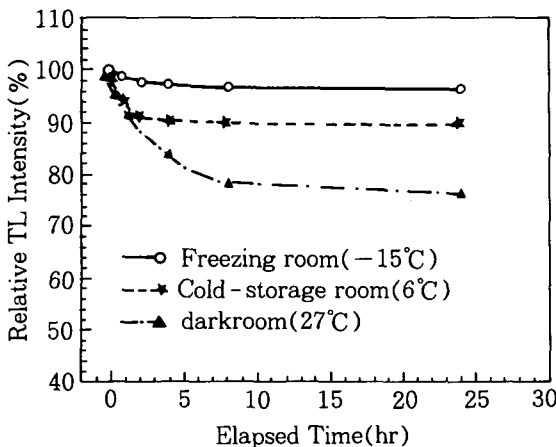


Fig. 6. Fading effect of MSO-L type [ $Mg_2SiO_4 : Tb$ ] about darkroom temperature.

알 수 있었으나 냉장이나 냉동 암실의 경우는 소자의 종류에 관계없이 경미한 fading 현상만을 확인할 수 있었다. 이는 노<sup>14)</sup>의  $CaSO_4$ 가 실온·암실조건에서 30일에 약 5% 퇴행되었다는 보고와 비교하여  $Mg_2SiO_4 : Tb$ 의 퇴행효과가 증가됨을 알 수 있었다.

### IV. 결 론

$Mg_2SiO_4 : Tb$  열형광소자는 재생처리 과정에서 세정한 경우가 먼지 등에 오염된 경우보다 열형광강도의 균일성이 우수하였으며, 또한  $Mg_2SiO_4 : Tb$  소자는 낙하 높이와 횟수에 따른 충격으로 마찰형광의 변화는 나타나지 않았으나 낙하 높이가 높을 경우 파손되기 쉬우므로 주의가 요망된다. 그리고  $Mg_2SiO_4 : Tb$ 의 각종 열형광소자는 X-선 조사 후 냉동·암실 및 냉장·암실의 경우가 실온·암실보다 퇴행효과가 적으므로 선량 측정시 소자를 저온·암실상태에서의 보관이 필요하다고 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. 小寺昇·鳥生敬郎:新心熱螢光線量計用 螢光體の開発 粉体および粉冶金, 19(7), 271-280, 1973.
2. 高橋昇外:診断領域に於けるTLDの使用について, 第37回日本放射線技術學會總會 予稿集, 637, 1981.
3. Oberhofer, M. and Scharmann, A.: Applied thermoluminescence dosimetry, Pergamon Press, Oxford 1981.
4. Pradhan, A.S.: Thermoluminescence dosimetry and its applications, Rad. Protec. Dosim., 1(3), 153, 1981.
5. 이재기: 베타, 감마 및 X-선 외부피폭 감시를 위한 개인선량계 시스템의 선택, 동원소회보, 9(2), 58-64, 1994.
6. Nakajima, T.: Property of dosimetric thermoluminescent dosimeter, Radioisotopes, 27, 676-686, 1978.
7. Kato, Y., Hashizume, T., Karashima, H.,

- et al. : A study of intercomparison of diagnostic X-ray exposure by mailing  $Mg_2SiO_4 : Tb$  thermoluminescent dosimeter, Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi-Nippon Acta Radiologica, 41(9), 857-867, 1981.
8. Yamamoto, C. and Koga, S. : Properties of thermoluminescent dosimeters( $Mg_2SiO_4 : Tb$ ,  $MgB_4O_7 : Tb$ ) and the clinical applications, Clin. Radiol, 21, 819-824, 1976.
  9. Kato, K., Antoku, S., Sawada, S., et al. : Calibration of  $Mg_2SiO_4 : Tb$  thermoluminescent dosimeters for use in determining diagnostic X-doses to adult health study participants, Med. Phys., 18(5), 928-933, 1991.
  10. Nakajima, T. : Optical and thermal effects on thermoluminescence response of  $Mg_2SiO_4 : Tb$  and  $CaSO_4 : Tm$  phosphors, Health Phys., 23, 133-136, 1972.
  11. Li, L. B., Kai. M. and Kusama, T. : Some characteristics of  $Mg_2SiO_4(Tb)$  phosphor for measuring doses from diagnostic X-rays, Rad. Protec. Dosim., 59(2), 149-152, 1995.
  12. 松下電氣産業(株) 編 : National TLD 被曝用素子 技術資料, 18-34, 1980.
  13. 허 준, 김정민, 이선숙 등 : 열형광선량계의 기본특성에 관한 실험, 화상연구, 1(2), 22-29, 1993.
  14. 盧京錫:熱螢光線量計를 利用한 X-線의線量測定에 관한 研究, 靑剛 李炯揆 博士古稀紀念論文集, 907-923, 1994.