

BaSO₄ : Eu-PTFE TLD 방사선 센서의 제작과 물리적 특성*

우 흥*, 김성환*, 이상윤**, 강희동**, 김도성***

Preparation of BaSO₄ : Eu-PTFE TLD Radiation Sensor and Its Physical Characteristics

Hong U, S.H. Kim, S.Y. Lee, H.D. Kang, and D.S. Kim

요 약

BaSO₄ : Eu 열형광체 분말을 제작하고 이를 PTFE로 중합한 디스크형의 BaSO₄ : Eu-PTFE고감도 TLD 방사선 센서를 제작하였다. BaSO₄ : Eu 열형광체는 BaSO₄분말과 활성체인·Eu(Eu₂O₃) 및 두가지 용제 NH₄Cl과 (NH₄)₂SO₄를 각각 1mol%, 6mol% 및 5mol%의 농도로 묶은 황산에 공침하여 건조시킨 후 질소분위기에서 1000°C로 1시간 동안 소결하여 제작하였을 때 X/γ선에 대해 최대감도를 나타내었다. 그리고 BaSO₄ : Eu glow 곡선의 주 피이크의 활성화에너지와 진동수인자 및 발광차수는 각각 1.17eV, 3.6×10¹¹/sec 및 1.25이었으며, 발광 스펙트럼의 피이크 파장은 425nm였다. 한편 BaSO₄ : Eu-PTFE TLD의 최적제작조건은 열형광체 분말의 함량은 40wt%, TLD의 두께는 105.7mg/cm²로, 중합조건은 380°C, 공기중에서 2시간으로 결정하였다. 그리고 γ선에 대한 TL 피이크 강도의 선량의존성은 0.01-20Gy영역에서 선형적이었으며, 감쇠율은 60시간에 약 10%였다.

Abstract

To develop the highly sensitive TLD radiation sensors, BaSO₄ : Eu-PTFE TLDs are fabricated by polymerizing the PTFE(polytetrafluoroethylene) with BaSO₄ : Eu TL phosphors. The BaSO₄ : Eu TL phosphors having the highest sensitivity of X/γ-rays are obtained by sintering at 1000°C in N₂ atmosphere a mixture of BaSO₄ powder with 1mol% Eu(Eu₂O₃), 6mol% NH₄Cl and 5mol% (NH₄)₂SO₄ which were co-precipitated in dilute sulfuric acid and then dried. The activation energy, frequency factor and kinetic order of BaSO₄ : Eu TL phosphor are 1.17eV, 3.6×10¹¹/sec and 1.25, respectively. And the spectral peak of BaSO₄ : Eu is about 425nm. The optimum TL phosphor content and thickness of the BaSO₄ : Eu-PTFE TLD are 40wt% and 105.7mg/cm². The optimum polymerization temperature and time for fabrication of BaSO₄ : Eu-PTFE TLDs are 380°C and 2 hours in air, respectively. The linear dose range to γ rays is 0.01-20Gy and fading rate is about 10%/60hours.

I. 서 론

* 慶北大學校 自然科學大學 物理學科

(Dept. of Physics, Kyungpook Nat'l Univ.)

** 正會員 : 慶北大學校 自然科學大學 物理學科

(Dept. of Physics, Kyungpook Nat'l Univ.)

*** 正會員 : 大邱大學校 師範大學 物理學教育科

(Dept. of Physics Education, Taegu Univ.)

〈접수일자 : 1992년 6월 16일〉

* 본 논문은 1990~1991년도 경북대학교 센서기술연구소의 연구비지원으로 수행되었음.

열형광선량계(thermoluminescence dosimeter, TLD)는 이온화 방사선에 대한 감도와 안정성이 높으며 적절한 열처리 과정에 의하여 재사용이 가능하므로 방사선 계측 및 개인용 방사선 선량계 개발 등의 연구에 널리 이용되고 있다.^[1~3]

TLD용으로 사용되고 있는 열형광체중에서 LiF와 Li₂B₄O₇을 모체로 한 열형광체는 유효원자번호가 생

제조직과 거의 등가라는 관점에서 개인용 방사선 선량계 개발을 위해 많은 연구가 이루어지고 있다.^[1-3] 한편 CaSO_4 와 BaSO_4 에 희토류원소인 Eu, Dy 및 Tm 등을 활성화한 열형광체는 생체조직과 비등가이긴 하지만 이온화 방사선에 대한 감도가 매우 높고 측정가능한 에너지영역이 넓으며 감쇠율이 적어 개인 선량계 및 환경방사능 monitoring용으로 널리 연구되고 있다. 특히 $\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ 열형광체로 만든 TL관널은 X선의 영상재생이나^[4-6] 전자빔의 profile 측정,^[7] 고에너지 hadron 및 전자기적 shower의 검출,^[8] 우주선 검출 등의^[9] 연구에도 이용되고 있다.

본 연구에서는 개인선량계 및 환경방사능 모니터링의 고감도 TLD 방사선 센서를 개발하기 위하여 Okamoto 등^[8]이 제시한 방법에 따라 $\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ 열형광체를 직접 제작하였다. 여기서 X선에 대한 감도를 향상시키기 위한 활성화제 Eu와 두가지 용제 $[\text{NH}_4\text{Cl}]$ 과 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 의 농도 및 소결조건을 최적화하였으며, glow 피이크에 대한 활성화에너지, 진동수인자 등을 결정하고 발광 스펙트럼을 측정하였다. 그리고 제작한 $\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ 열형광체를 PTFE(polytetrafluoroethylene)로 중합하여 디스크형의 TLD 방사선 센서로 개발하기 위한 제작조건을 결정하고 방사선 선량계로서의 기초적 특성을 조사하였다.

II. 실험장치 및 방법

1. 열형광 측정장치

본 실험에서 사용한 열형광 측정장치의 개요는 그림 1과 같다. 백금 플라넬트에 담은 시료를 세라믹 열판으로 가열하고 이 때 방출되는 TL을 광전증배관(Hamamatsu Co., Model R268)으로 검출하였다. 광전증배관과 시료사이에는 수정 필터를 두어 세라믹 열판으로부터 나오는 열선이 광전증배관에 영향을 주지 않도록 하였다. TL분석기(Top Electronics, Model 2001S)는 광전증배관에 전원을 공급하며 광전증배관으로 부터의 TL신호를 증폭 측정한다. 또한 ramp generator를 통해서 단위 시간당의 전압증가를 일정하게 한 직류전원을 세라믹 열판에 공급하고, 열전대(chromel-alumel)로 부터의 온도신호를 $2\text{V}/100^\circ\text{C}$ 가 되도록 증폭하며 ramp generator를 조절하여 세라믹 열판의 가온율을 조절할 수 있게 하였다. TL분석기로부터의 온도신호를 X축으로, TL강도 신호를 Y축으로

하여 X-Y기록기로 glow 곡선을 측정하였으며, 동시에 A/D 변환기를 내장한 개인용 컴퓨터로 glow 곡선을 측정하였다.

300-700nm범위의 파장을 갖는 간섭필터를 광전증배관의 앞에 설치하여 단일 파장의 glow 곡선을 측정하고 개인용 컴퓨터를 사용하여서 이를 각 온도에서의 스펙트럼으로 재구성함으로써 열형광 스펙트럼을 측정하였다.

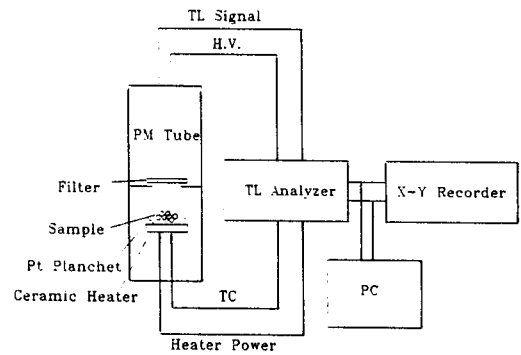


그림 1. 열형광 측정장치의 개요도

Fig. 1. The schematic diagram of TL measuring system.

2. X선 및 γ 선 조사

제작한 TLD 방사선 센서의 X선 및 γ 선에 대한 선량 의존성을 조사하기 위하여 선량율이 $2\text{Gy}/\text{min}$ 인 6 MV X선 발생용 선형가속기(Siemens Co., Mevatron KD 7074)와 ^{60}Co 원격 조사장치(Buchluer Co.)를 사용하였다. ^{60}Co 원격 조사장치를 사용할 때는 γ 선 조사용 셀(gamma irradiation cell)을 사용하여 선량율이 $0.417-51.57\text{cGy}/\text{min}$ 가 되도록 하였다. 그리고 국립보건원에서 검·교정한 조사선량율계(Capintec, Model 192A)와 ionization chamber(Capintec, Model PS033 및 PR-06C)를 사용하여 IAEA 보고서 No. 277^[10]의 절차에 따라 선량율을 측정하여 시료에 조사된 방사선의 선량을 측정하였다.

또한 제작한 TLD 방사선 센서의 에너지 의존성을 조사하기 위해서는 ^{60}Co γ 선원을 사용함과 아울러 X선 발생장치(C-Arm X-ray Unit)의 인가전압을 변화시키고 동시에 X선관 앞에 여러가지 필터를 두어 X선의 유효에너지를 증가시켜 사용하였다. 그리고 각 실험 조건에서 X선의 유효에너지는 반가층(half value layer, HVL)을 측정하여 결정하였다.

3. BaSO₄:Eu-PTFE TLD 방사선 센서의 제작

BaSO₄:Eu 열형광체 분말 및 BaSO₄:Eu-PTFE TLD의 제작과정은 그림 2와 같다. BaSO₄:Eu 열형광체는 Y. Okamoto 등^[8]이 제시한 방법에 따라 제작하였다. 모체인 BaSO₄ 분말과 활성체인 Eu를 첨가하기 위한 Eu₂O₃ 및 용제인 NH₄Cl과 (NH₄)₂SO₄를 10% 황산용액에 일정농도로 고르게 섞어 공침하고, 적외선 등으로 48시간 동안 건조한 후 질소분위기의 전기로에서 소결하였다. 이 때 Eu는 0~2.5mol%, NH₄Cl과 (NH₄)₂SO₄는 0~10mol%의 농도범위에서, 소결온도는 700~1200°C로, 소결시간은 0.5~3시간으로 변화시키면서 BaSO₄:Eu 열형광체를 제작하여 BaSO₄:Eu 열형광체의 감도가 최대가 되는 최적제작조건을 조사하였다. 제작한 열형광체 분말은 200mesh의 분말로 만들어 실험에 사용하였다.

그리고 BaSO₄:Eu-PTFE TLD 방사선 센서를 제작하기 위하여 제작한 BaSO₄:Eu 열형광체 분말을 액체질소 온도에서 PTFE와 혼합하고 직경 8mm의 디스크 형태로 압축·성형한 후 PTFE의 용점인 327°C보다 높은 380°C에서 2시간 동안, 공기중에서 열처리하여 중합시켰다. 이 때 열형광체 분말의 함량을 5~50% wt까지, TLD의 두께를 70.5mg/cm²~440.6mg/cm²까지 각각 변화시키면서 TLD를 제작하여 BaSO₄:Eu-PTFE TLD 방사선 센서의 최적제작조건을 조사하였다.

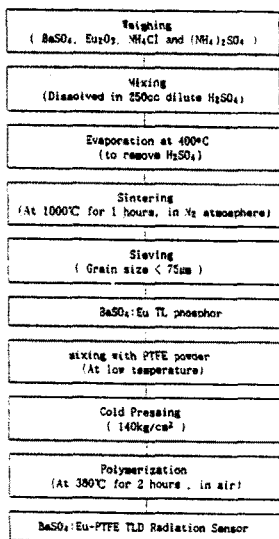


그림 2. BaSO₄:Eu-PTFE TLD의 제작과정
 Fig. 2. Preparation procedure of BaSO₄:Eu-PTFE TLD.

III. 결과 및 고찰

1. BaSO₄:Eu 열형광체의 제작조건

BaSO₄:Eu 열형광체 제작시 먼저 용제의 농도변화가 Eu의 활성화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 BaSO₄에 첨가하는 Eu의 농도를 고정시키고, NH₄Cl과 (NH₄)₂SO₄의 농도를 변화하면서 1000°C에서 1시간 동안 소결하여 열형광체 시료를 제작하고 주 피이크의 강도변화를 조사하였다.

그림 3은 Eu의 농도가 1.0mol%, (NH₄)₂SO₄의 농도가 5mol%일 때 NH₄Cl의 농도변화에 따른 주 피이크의 강도변화를 나타낸 것으로서 NH₄Cl의 농도가 6mol%일 때 주 피이크의 강도가 최대였다.

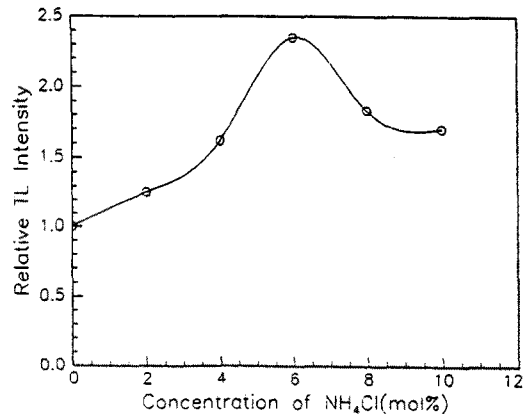


그림 3. NH₄Cl의 농도에 따른 BaSO₄:Eu 열형광 피이크 강도의 변화

Fig. 3. The variation of TL peak intensity of BaSO₄:Eu as a function of concentration of NH₄Cl.

그림 4는 Eu의 농도가 1.0mol%, NH₄Cl의 농도가 6mol%일 때 (NH₄)₂SO₄의 농도변화에 따른 주 피이크의 강도변화를 나타낸 것으로서 (NH₄)₂SO₄의 농도가 5mol%까지는 주 피이크의 강도가 다소 증가하였으나 그 이상에서는 감소하는 것으로 나타났다.

그림 5는 BaSO₄에 첨가한 NH₄Cl의 농도를 6mol%, (NH₄)₂SO₄의 농도를 5mol%로 고정하고 Eu의 농도를 변화하면서 1000°C에서 1시간 동안 소결하여 제작한 시료의 주 피이크의 강도변화를 나타낸 것이다. Eu의 농도가 증가함에 따라 주 피이크의 강도가 급격히 증가하여 1mol%에서 최대를 이룬 후 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 BaSO₄:Eu 열형광체를 제작하기 위한 첨가물의 최적농도로 Eu를 1.0mol%,

NH_4Cl 및 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 의 농도를 각각 6mol% 및 5 mol%로 결정하였다.

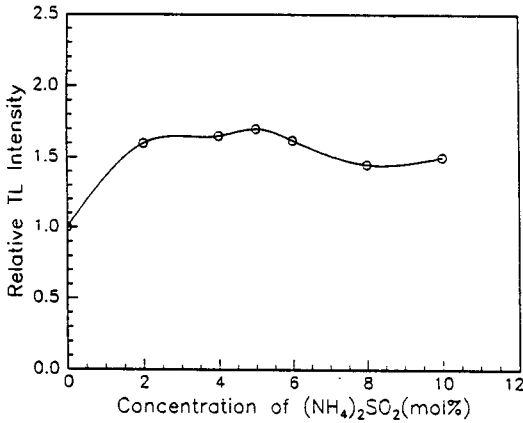


그림 4. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 의 농도에 따른 $\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ 열형광 피이크 강도의 변화

Fig. 4. The variation of TL peak intensity of $\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ as a function of concentration of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

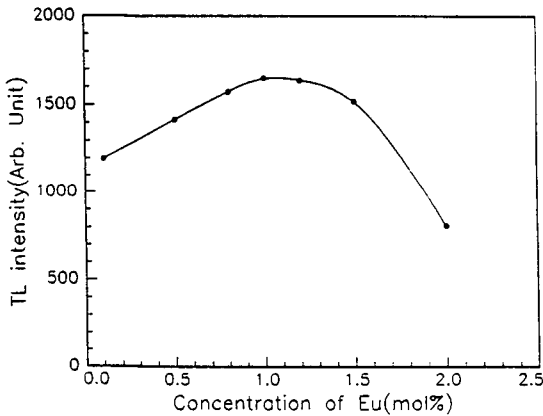


그림 5. Eu의 농도에 따른 $\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ 열형광 피이크 강도의 변화

Fig. 5. The variation of TL peak intensity of $\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ as a function of concentration of Eu.

BaSO_4 에 Eu를 1mol%, NH_4Cl 을 6mol%, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 를 5mol%로 첨가하고 소성온도를 변화하면서 질소분위기에서 1시간 동안 소결하여 측정된 주 피이크 강도의 변화는 그림 6과 같았다. 주 피이크의 강도는 1000°C 에서 소결하였을 때 최대였으며 그 이상의 온도에서는 급격히 감소하였다. 한편 1000°C 에서 소결할 경우 소결시간을 변화하면서 주 피이크의 강도 변화를 조사하였으나 소결시간을 1시간으로 하였을 때 주 피이크의 강도가 최대였다. 따라서 Eu의 활성화에

적합한 소결조건을 1000°C , 질소분위기에서 1시간으로 정하였다.

2. Glow 곡선과 발광스펙트럼

활성체인 Eu를 1.0mol%, 용제인 NH_4Cl 를 6.0mol%, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 를 5.0mol% 첨가하여 1000°C 에서 1시간 동안 질소분위기에서 소결한 $\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ 에 γ 선을 조사한 후 가운을 $17.5^\circ\text{C}/\text{s}$ 로 측정된 전형적인 glow 곡선은 그림 7과 같았으며 2개의 glow 피이크를 가진다. 여기서 피이크 II에 비하여 피이크 I의 열형광 강도가 더 크고 피이크 온도가 선량평가에 적합한 범위에 있으므로 피이크 I을 주 피이크로 정하였다.

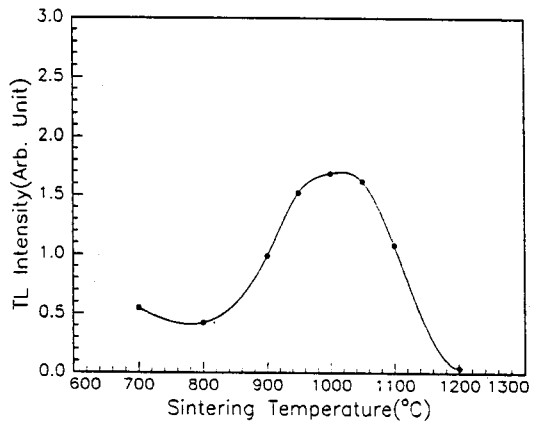


그림 6. 소결온도에 따른 $\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ 열형광 피이크 강도의 변화

Fig. 6. The variation of TL peak intensity of $\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ as a function of sintering temperature.

$\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ -PTFE TLD의 glow 곡선은 열형광체 분말에 비해 상대적 감도가 다소 낮고 피이크 온도가 고온으로 이동하였으나 glow 곡선의 형태는 동일하였다. 한편 동일한 선량을 조사한 TLD-100(LiF)의 열형광 강도에 비하여 $\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ 의 열형광 강도가 30배 정도 높게 나타났는데 이것은 $\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ 의 유효 원자번호($Z_{\text{eff}}=45.7$)가 매우 큰 것에 기인하는 것으로 생각된다.

한편 glow 곡선의 피이크들은 열형광체내의 금지대내에 있는 포획준위들에 대한 정보를 가지고 있으므로 $\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ 열형광체의 주 피이크에 대한 포획매개변수를 결정하였는데 초기상승법, peak shape법, 가운율법 및 등온붕괴법 등^[2]으로 분석한 포획매개변수는 표 1과 같았다.

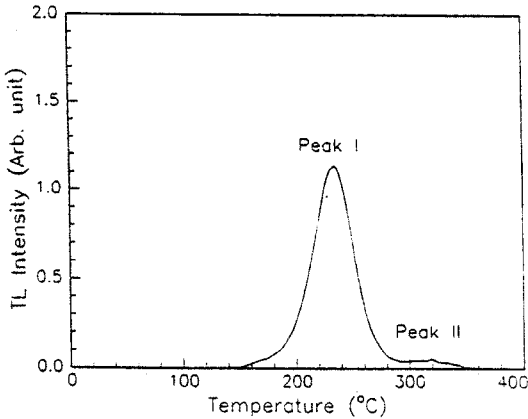


그림 7. BaSO₄ : Eu 열형광체의 전형적인 glow 곡선
 Fig. 7. The typical TL glow curve of BaSO₄ : Eu TL phosphor.

표 1. BaSO₄ : Eu 열형광체 glow 곡선의 주 피이크에 대한 포획매개변수

Table 1. The determined trapping parameters of the main glow peak of BaSO₄ : Eu TL phosphor

Method	E(ev)	S(s ⁻¹)
Initial Rise	1.12 ± 0.03	(2.9 ± 1.3) × 10 ¹¹
Peak Shape	1.14 ± 0.10	—
Different Heating Rate	1.26 ± 0.13	(4.31 ± 1.44) × 10 ¹¹
Isothermal Decay	m = 1.25 ± 0.12	

간섭필터를 사용하여 측정한 단파장의 glow 곡선을 개인용 컴퓨터를 사용하여 재구성한 BaSO₄ : Eu의 열형광체 분말의 스펙트럼은 그림 8과 같았으며, 425nm 근처에서 피이크가 나타났다. 한편 BaSO₄ : Eu-PTFE TLD의 발광 스펙트럼은 열형광체 분말에 비해 상대적 TL 강도는 다소 낮으나 스펙트럼의 모양과 피이크 파장은 동일하였다.

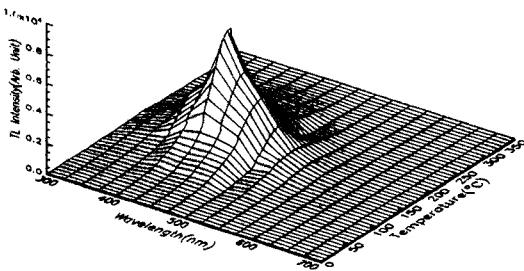


그림 8. BaSO₄ : Eu 열형광체의 발광 스펙트럼
 Fig. 8. The TL emission spectrum of BaSO₄ : Eu TL phosphor.

3. BaSO₄ : Eu-PTFE TLD 방사선 센서의 제작조건

BaSO₄ : Eu-PTFE TLD의 최적제작조건을 구하기 위하여 PTFE에 첨가하는 BaSO₄ : Eu 열형광 분말의 함량변화에 따른 열형광 강도의 변화는 그림 9와 같았다. BaSO₄ : Eu 열형광체 분말의 함량이 많아질수록 열형광 강도가 상대적으로 증가하지만 30wt%부터 포화되는 경향이 나타나기 시작하였으므로 BaSO₄ : Eu-PTFE TLD의 기계적 강도와 열형광강도를 고려하여 BaSO₄ : Eu-PTFE TLD에 첨가하는 열형광체 분말의 최적 함량을 40wt%로 정하였다.

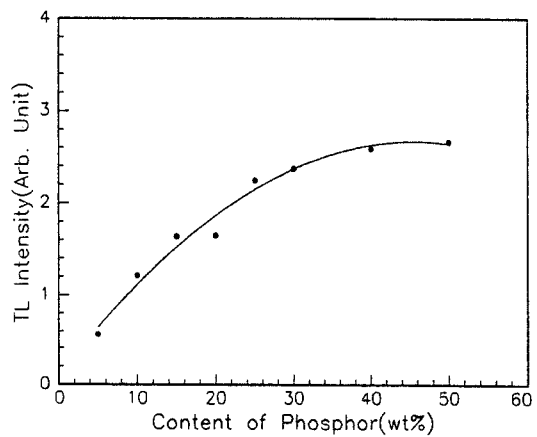


그림 9. BaSO₄ : Eu-PTFE TLD의 열형광체 분말의 함량에 따른 열형광 강도의 변화
 Fig. 9. The variation of TL intensity vs. content of TL phosphor in BaSO₄ : Eu-PTFE TLD.

그림 10은 BaSO₄ : Eu-PTFE TLD의 두께 변화에 따른 glow 곡선의 변화를 나타낸 것으로 TLD의 두께가 두꺼워질수록 주 피이크의 온도는 고온쪽으로 이동하고 열형광 강도는 105.7mg/cm²에서 최대치를 나타낸 후 그 이상에서는 감소하였다. 이와같이 BaSO₄ : Eu-PTFE TLD의 두께가 두꺼워질수록 주 피이크 온도가 고온쪽으로 이동하는 것은 PTFE의 열전도율이 매우 낮기 때문에 TLD의 표층과 심부사이의 열전도에 의한 온도 차이에 기인하는 것으로 생각된다.

그림 11은 그림 10의 결과로부터 BaSO₄ : Eu-PTFE TLD의 두께에 따른 열형광 강도의 관계를 정량적으로 나타낸 것이다. TLD의 두께가 105.7mg/cm² 부근에서 최고의 열형광 강도를 나타내며 그 전후에서는 열형광 강도가 급격히 감소하였다.

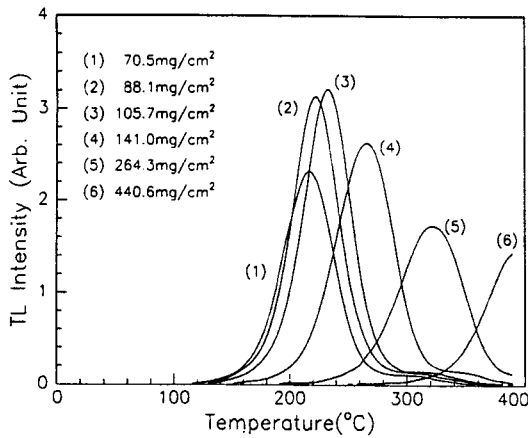


그림 10. BaSO₄:Eu-PTFE TLD의 두께변화에 따른 glow 곡선의 변화

Fig. 10. The TL glow curves for the different thickness of BaSO₄:Eu-PTFE TLD.

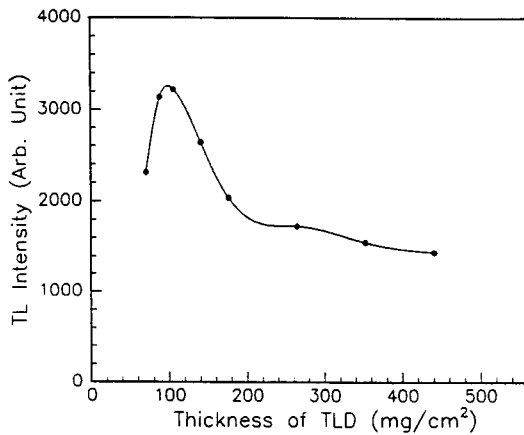


그림 11. BaSO₄:Eu-PTFE TLD의 두께변화에 따른 열형광 강도의 변화

Fig. 11. The variation of TL intensity vs. thickness of BaSO₄:Eu-PTFE TLD.

그림 12는 BaSO₄:Eu-PTFE TLD의 두께변화에 따른 주 피이크의 온도의 변화를 나타낸 것으로서 TLD의 두께가 두꺼워짐에 따라 피이크 온도는 고온 쪽으로 이동하였으며 105.7mg/cm²에서의 주 피이크의 온도는 BaSO₄:Eu 열형광체 분말과 비교할 때 약 20°C 높아진 것이다.

한편 본 실험에서 사용한 열형광 측정장치의 특성을 고려할 때 약 300°C 이상에서는 열판으로부터 열선이 광전증배관에 영향을 주어 열적잡음이 커지고 TLD 방사선 센서에 큰 손상을 줄 것으로 판단된다. 따라서 BaSO₄:Eu-PTFE TLD의 두께변화에 따른 열형광 감

도와 피이크온도의 이동을 고려하여 TLD의 최적두께를 105.7mg/cm²로 정하였다.

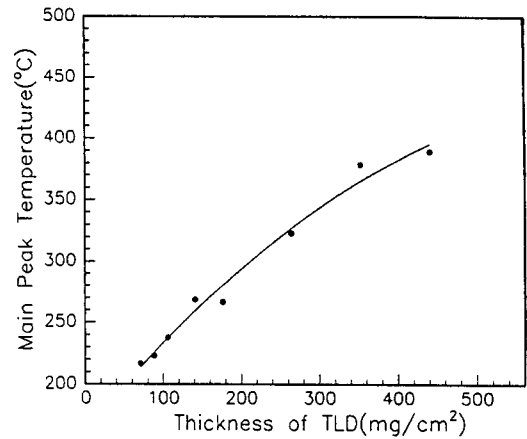


그림 12. BaSO₄:Eu-PTFE TLD의 두께변화에 따른 주 피이크의 온도변화

Fig. 12. The variation of the main glow peak temperature vs. thickness of BaSO₄:Eu-PTFE TLD.

4. 선량계 특성

4. 1 TLD 감도의 선량 의존성

BaSO₄:Eu 열형광체 분말과 BaSO₄:Eu-PTFE TLD 방사선 센서의 γ 선에 대한 TL 감도의 선량 의존성을 조사한 결과는 그림 13과 같았다. BaSO₄:Eu 열형광 분말은 0.01Gy 이하에서는 직선성을 보이지 않고 0.01~20Gy의 선량영역에서 선형적인 선량 의존성을 나타내었으며, 이 영역의 선량범위내에서 glow 곡선의 모양이나 피이크 온도는 변화하지 않았다. 한편 디스크로 제작한 BaSO₄:Eu-PTFE TLD는 0.3mGy~10Gy의 선량영역에서 선형적인 선량 의존성을 나타내어 우수한 선량계 특성을 보였다.

4. 2 TLD 감도의 에너지 의존성

그림 14는 BaSO₄:Eu-PTFE TLD의 에너지 의존성을 나타낸 것으로서 원은 측정치이며 실선은 질량-에너지 흡수계수를 고려하여 계산한^[1] 이론치이다. 그림에서 알 수 있듯이 50keV 이상에서는 측정치와 이론치가 잘 일치하였으나 그 이하에서는 잘 맞지 않았는데, 저에너지에서의 에너지 의존성을 보상하기 위해서는 측정된 실험치를 사용하여야 할 것이다. ⁶⁰Co γ 선(1.25MeV)에 대한 열형광 강도를 기준으로 하였을 때 50.9keV에서의 열형광 강도가 약 100배로서 최대값

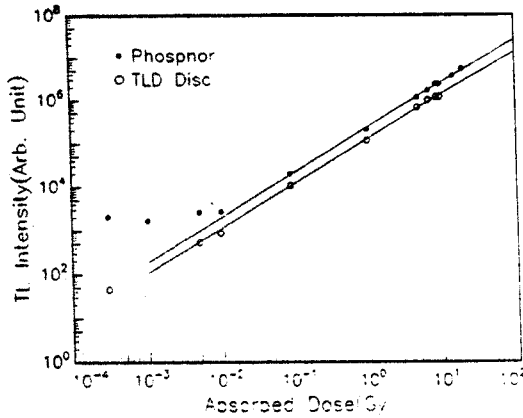


그림 13. BaSO₄:Eu 열형광체와 BaSO₄:Eu-PTFE TLD의 선량의존성

Fig. 13. The dose dependence of BaSO₄:Eu TL phosphor and BaSO₄:Eu-PTFE TLD.

을 나타내었으며, 17.6keV부터 57.8keV까지의 에너지 영역에서 20-100배 정도의 열형광 강도를 나타내었다. 이와 같이 BaSO₄:Eu의 에너지의존성이 큰 것은 BaSO₄의 유효원자번호($Z_{eff}=45.7$)가 크기 때문인 것으로 생각된다.

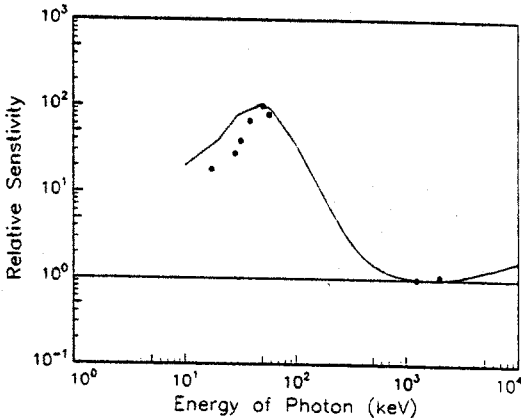


그림 14. BaSO₄:Eu-PTFE TLD의 에너지의존성

Fig. 14. The energy dependence of BaSO₄:Eu-PTFE TLD.

4. 3 감쇠율 특성

BaSO₄:Eu를 실온의 암실에서 보관하였을 때의 주 피이크 강도의 감쇠율 특성을 조사한 결과는 그림 15와 같았다. 주 피이크의 강도가 경과시간에 따라 거의 선형적으로 감쇠하여 60시간경과에 약 10%의 비교적

큰 감쇠율을 나타내었으며, BaSO₄:Eu-PTFE TLD의 감쇠율은 분말의 것과 동일하였다.

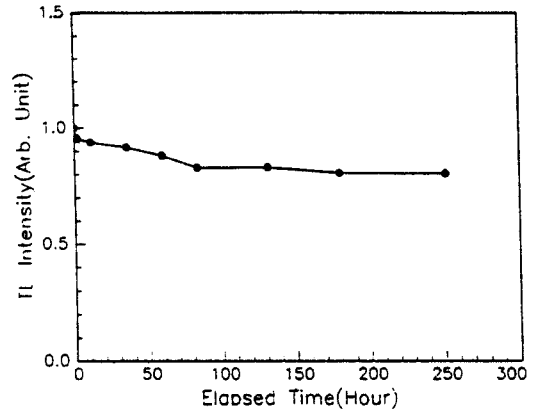


그림 15. BaSO₄:Eu-PTFE TLD의 감쇠율 특성:

Fig. 15. The fading characteristics of BaSO₄:Eu TL phosphor.

IV. 결 론

개인선량계 및 환경방사능 모니터용의 고감도 TLD 방사선 센서를 개발하기 위하여 BaSO₄:Eu 열형광체 분말을 제작하고 이를 PTFE로 중합한 디스크형의 BaSO₄:Eu-PTFE TLD 방사선 센서를 제작하여 이의 물리적 특성 및 선량계 특성을 조사하여 다음의 결론을 얻었다.

BaSO₄:Eu 열형광체는 BaSO₄분말과 활성체인 Eu(Eu₂O₃) 및 두 가지 용제 [(NH₄Cl과 (NH₄)₂SO₄]를 각각 1mol%, 6mol%, 5mol%의 농도로 묽은 황산에 공침하여 건조시킨 후 질소분위기에서 1000°C로 1시간 동안 소결하여 제작하였을 때 X/γ선에 대해 최대감도를 나타내었다. 그리고 BaSO₄:Eu glow 곡선의 주 피이크의 활성화에너지와 진동수인자 및 발광차수는 각각 1.17eV, $3.6 \times 10^{11}/\text{sec}$ 및 1.25였으며, 발광 스펙트럼의 피이크 파장은 425nm였다.

한편 BaSO₄:Eu-PTFE TLD의 최적제작조건은 열형광체 분말의 함량을 40wt%, TLD의 두께는 105.7 mg/cm²로, 중합조건은 380°C, 공기중에서 2시간으로 결정하였다. 그리고 γ선에 대한 TL 피이크 강도의 선량의존성은 0.01~20Gy영역에서 선형적이었으며, 에너지의존성은 BaSO₄:Eu의 유효원자번호가 커서 매우 높게 나타났고 감쇠율은 60시간에 약 10%였다.

따라서 BaSO₄:Eu 열형광체는 감쇠율은 다소 크나

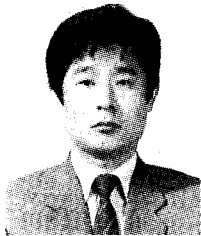
열형광 감도가 매우 높아 영상기억판넬 등의 개발에 유용할 것이며, 제작한 BaSO₄:Eu-PTFE TLD 방사선 센서는 에너지존성을 적절히 보상하면 개인선량계 등으로 충분히 실용화 할 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

[1] M. Oberhofer and A. Scharmann, "Applied Thermoluminescence Dosimetry," Adam Hilger Ltd., Bristol, 1981.
 [2] R. Chen and Y. Kirsh, "Analysis of Thermally Stimulated Processes," Pergamon Press, Oxford, 1981.
 [3] A.S. Pradhan, Rad. Protec. Dosim., 1, 3, 153, 1981.
 [4] N. Yamashita, I. Yamamoto, K. Ninagawa, T.

Wada, Y. Yamashita, and Y. Nakao, Jpn. J. Appl. Phys., 24, 9, 1174, 1985.
 [5] Y. Yasuno, H. Tsutsui, O. Yamamoto, and T. Yamashita, Jpn. J. Appl. Phys., 21, 6, 967, 1982.
 [6] 이동명, 강영호, 라병욱, 김도성, 도시홍, 응용물리, 2, 4, 419, 1989.
 [7] S. Miono, Nucl. Instru. Meth., 128, 173, 1975.
 [8] Y. Okamoto, S. Kawaguchi, S. Kino, S. Miono, T. Kitajima, A. Misaki, and T. Sato, Nucl. Instru. Meth., A243, 219, 1986.
 [9] I. Yamamoto, T. Tomiyama, H. Miyai, T. Wada, and Y. Yamashita, Nucl. Instru. Meth., 224, 573, 1984.
 [10] IAEA Technical Report no.277, Vienna, 1987.

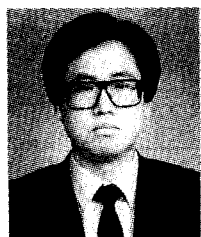
著 者 紹 介



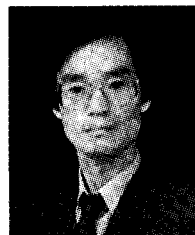
우 흥
 1992년 현재, 경북대학교 대학원 박사과정 재학중. 1986년 3월~1992년 현재 경북대학교 의과대학 치료방사선과 조교.



강 희 동
 1980년 3월 프랑스 Paul Sabatier 대학졸업(이학박사). 1968년 8월~1989년 3월 한국원자력연구소 책임연구원(핵융합연구실장). 1989년 4월~1992년 현재 경북대학교 자연과학대학 물리학과 부교수.



김 성 환
 1992년 현재 경북대학교 대학원 석사과정 재학중.



김 도 성
 1987년 2월 경북대학교 대학원 졸업(이학박사). 1981년 3월~1992년 현재 대구대학교 사범대학 물리교육과 부교수.



이 상 윤
 1984년 8월 부산대학교 대학원 졸업(이학박사). 1963년 3월~1992년 현재 경북대학교 자연과학대학 물리학과 교수.