

## KCT-300 소자의 기계적 강도 향상 Improve mechanical strength of KCT-300 TL pellet

양정선 김두영 김장렬 장시영  
한국원자력연구소  
대전광역시 유성구 덕진동 150

### 요 약

한국원자력연구소에서는 자체 제조한 고감도의  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  TL 분말에 10mol%(약 7.8wt%)의 P 화합물( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ )을 접착매질로 혼합한 KCT-300소자를 개발하였다. 이는 기존의 Teflon을 접착매질로 한  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  TL 소자에 비해 고감도 및 우수한 선량계적 특성을 보인다. 그러나 KCT-300 소자는 Teflon 소자처럼 유연성이 없어 기계적 강도가 약하다는 단점이 있다. 본 논문에서는 소자의 기계적 강도를 향상시키기 위한 연구를 수행하여 소자의 제조 과정 중 한가지 과정을 추가함으로써 소자의 TL 감도는 거의 원래 감도로 유지하면서 기계적 강도를 향상시킬 수 있는 방법을 제시하였다.

### Abstract

P-compound of 10mol%(about 7.8wt%) embedded  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  TL pellet(KCT-300) was developed by KAERI. KCT-300 has high sensitivity and good dosimetric characteristics than Teflon embedded  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  TL pellet. But, mechanical strength of KCT-300 is not good. Essentially the mechanical strength is improved with increased the P-compounds concentration, but TL sensitivity is decreased relatively. In the case of high P-compounds concentration, surface of KCT-300 is rugged after sintering. So, it is too difficult that improve the mechanical strength of KCT-300 as raise P-compounds concentrate. This paper presented the method for raise mechanical strength of KCT-300. In this research, high temperature treatment process after P-compounds embedded  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  TL phosphor added to fabrication process of KCT-300.

### 1. 서 론

개인 선량계 및 환경 선량계로 널리 이용되고 있는  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  TL 분말은 자체로 소자

화 될 수 없어서 접착매질을 첨가하여 소자로 제작하여 사용한다. KAERI에서 소량의 P 화합물을 접착 매질로 이용하여 소자를 제작[1]하기 전까지 가장 많이 이용되던 접착매질은 Teflon 이었다. 그러나 Teflon을 접착매질로 이용한 소자의 경우 TL 분말의 함량이 상대적으로 적어(15~25wt%) 소자의 감도가 분말에 비해 낮을 수 밖에 없었고 반복 사용시 색바램 등으로 인해 감도 저하가 문제되어 왔다. 이런 이유로  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  분말에 Teflon이 아닌 다른 접착물질을 첨가시켜  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  TL 소자를 제조하는 논문들도[2,3] 발표되었지만  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$ 분말에 Teflon을 첨가하여 만든 소자에 비해 성능이 크게 향상되지는 못하였다. KCT-300 소자의 경우 소량(7.8wt%)의 P 화합물을 접착매질로 이용하므로 상대적으로 TL 감도가 높아 환경 선량계 등의 응용에 크게 기여 할 것으로 기대되었으나 소자의 기계적 강도가 약하다는 단점을 갖고 있었다. KCT-300 소자의 제작 과정에서 소자의 기계적 강도를 높이기 위해서는 P 화합물의 함량을 증가시키는 방법이 있으나 P 화합물의 함량을 증가시키는 경우 소자의 기계적 강도는 좋아지지만 소자 표면이 부풀어 오르면서 모양이 변하여 선량계로 이용하기에 부적합하였다. 이후로 소자의 기계적 강도를 향상시키기 위해 다른 첨가물을 첨가하는 등 여러 가지 연구를 행하였으나 감도를 유지하면서 소자의 기계적 강도를 증가시키는 방법을 찾지는 못하였다. 즉 KCT-300 소자의 기계적 강도를 높이는 가장 효율적인 방법은 P 화합물의 함량을 증가시켜도 표면이 부풀어 오르지 않고 소자의 모양을 유지 할 수 있는 방법을 찾는 것이다. 본 연구에서는  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  TL 분말에 P 화합물을 혼합한 후 혼합 분말을 열처리 하는 과정을 추가하여 기계적 강도가 높은 KCT-300 소자를 제작 할 수 있었다.

## 2. KCT-300 소자의 제작

### 2.1 소자의 제작 방법

그림 1은 KCT-300 소자의 기본적인 제작 과정을 보여준다. 자체 제조한  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  TL 분말(63-100 $\mu\text{m}$ )에 접착매질인 P 화합물의 모물질  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 를 소량의 증류수로 혼합하여 건 조시킨 후 압축 성형 후 소결(600 $^\circ\text{C}$ , 30분)한다. 이렇게 제작했을 경우 접착매질인 P 화합물의 첨가량이 많아질수록 기계적 강도는 좋아지지만 열처리 후 표면이 부풀어올라 강도가 약해지는 단점이 있었다. 이는 소자로 압축 성형 후 소결 과정에서  $\text{NH}_3$ 와  $\text{H}_2\text{O}$ 가 증발하면서 발생하는 현상으로 보인다. 이러한 현상을 막기 위해  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 를 TL 분말과 혼합한 후 분말상태에서 미리 열처리를 하여 소자를 제작하였다. 혼합 분말의 열처리 과정에서 최적온도를 알기 위하여 200 $^\circ\text{C}$ 부터 500 $^\circ\text{C}$ 까지 온도를 변화시키면서  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  분말의 함량을 7.8wt%(기존의 KCT-300)부터 20wt%(4:1) 25wt%(3:1), 33wt%(2:1), 50wt%(1:1), 66wt%(2:1)의 비율로 변화시키면서 소자를 제작하여 감도를 측정해보았다. 그 결과 400 $^\circ\text{C}$ 에서 10분 열처리를 한 후 소자로 제작한 경우  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 분말의 함량이 33wt%까지 소자의 표면이 부풀어 오르는 현상이 생기지 않았다. 200 $^\circ\text{C}$ 에서 350 $^\circ\text{C}$ 까지는 소자의 표면이 부풀어오르는 현상이 감소하긴 하였으나 소자로 이용하기엔 부적합한 정도였고, 500 $^\circ\text{C}$ 에서는 소자의 기계적 강도가 더 약해졌다. 따라서 KCT-300 제작 과정 중 접착매질을 혼합한 분말의 열처리 조건은 400 $^\circ\text{C}$ 에서 10분으로 결정하였다. 그림 2는 새로운 과정을 추가한 KCT-300 소자의 제조 과정을 나타낸 그림이다.

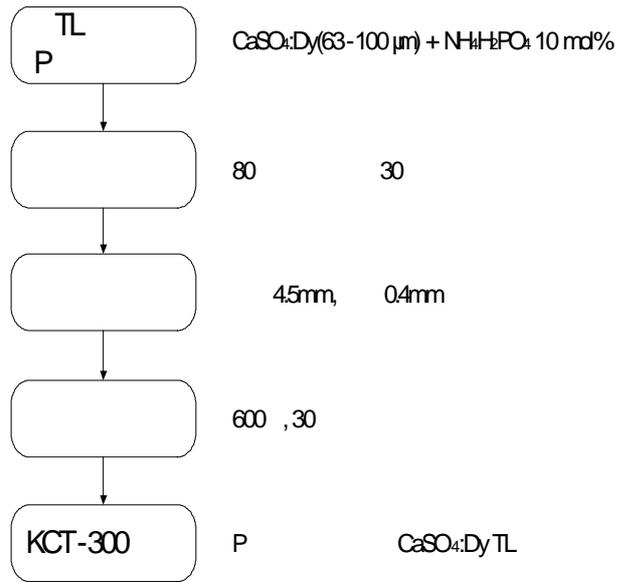


그림 1. KCT-300 소자의 기존 제조 과정.

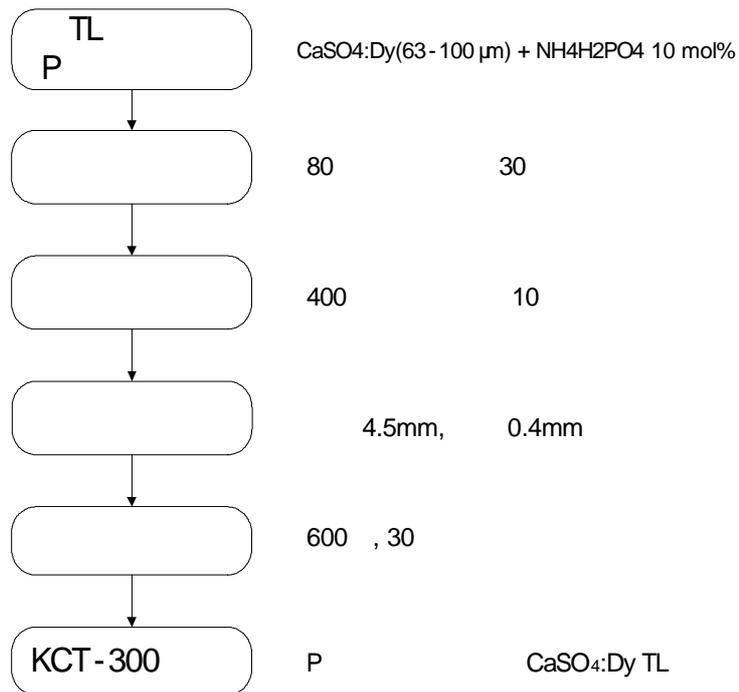


그림 2. 새로운 KCT-300 소자의 제작과정.

## 2.2 기계적 강도 향상을 위한 P 화합물 함량 결정

CaSO<sub>4</sub>:Dy TL 분말과 접착매질인 NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 분말을 혼합한 후 400°C에서 10분간 열처

리 한 후 소자로 제작할 경우 표면이 부풀어오르는 현상 없이 접착매질의 함량을 증가시킬 수 있다. 접착매질의 함량이 증가할수록 TL 분말의 함량은 감소하여 TL 감도가 저하될 수도 있지만 KCT-300 소자의 TL 감도가 기존의 Teflon TL 감도의 약 6배 정도로 매우 우수하기 때문에 약간의 감도 저하는 문제되지 않는다. 소자의 기계적 강도를 향상시키기 위해 접착매질의 함량을 20wt%(4:1) 25wt%(3:1), 33wt%(2:1), 50wt%(1:1), 66wt%(2:1)로 변화시키면서 400°C에서 10분간 열처리 한 후 소자를 제작하고 감도를 측정하였다. 그림 3은 측정된 소자의 감도 변화를 그래프로 나타낸 것이다.

그림 3에서 보면 33wt%부터는 소자의 감도가 급격하게 감소하며 7.8wt%(기존의 KCT-300) 일때는 소자의 기계적 강도가 약하고 접착매질인  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 분말 20wt%(4:1) 25wt%(3:1) 일때 소자의 감도가 최적을 나타낸다. 그 중에서도 접착매질의 함량이 25wt%일때 감도는 20wt%일때와 크게 다르지 않으면서 기계적 강도는 좋으므로 최적의 P 화합물의 함량을 25wt%로 결정하였다.

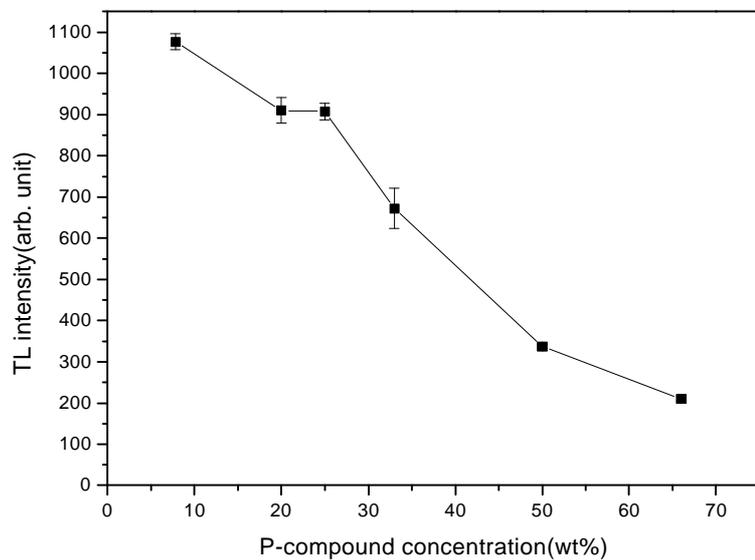


그림 3. 400°C에서 열처리 후 소자 제작시 접착매질 함량변화에 따른 감도변화.

그림 4는 기존의 KCT-300 소자의 제작 과정에 따라 25wt%의 P 화합물을 혼합하여 제작한 소자와 새로운 방법을 추가하여 25wt%의 P 화합물을 혼합하여 소자를 제작 한 후 600°C에서 30분간 열처리 후 표면의 상태를 비교한 그림이다. 그림 4에서 확연히 알 수 있듯이 새로운 방법을 추가하여 소자를 제작했을 때 표면의 부풀어 오르는 현상이 확실히 해결됐음을 알 수 있다.



그림 4. 새로운 방법 추가 전(좌) 후(우)의 소자의 표면  
(P 화합물함량 : 약 25wt%)

### 3. 결론

CaSO<sub>4</sub>:Dy TL 물질에 Teflon이 아닌 P 화합물을 혼합하여 고감도의 소자를 개발하였으나 기계적 강도가 약하다는 단점이 있었다. 이런 단점을 개선하기 위해 KCT-300 소자의 제조과정 중 TL 분말과 P 화합물을 혼합한 단계에서 소자로 압축성형 하기 전에 400°C에서 10분간 열처리를 한 후 소자로 제작하였다. 이런 단계를 거치면 기존에 P 화합물의 함량이 높을 경우 소자 열처리 후 표면이 부풀어 오르는 문제를 해결할 수 있었다. P 화합물의 함량이 높아도 표면이 부풀어 오르지 않으므로 접착매질인 P 화합물의 첨가량을 높여 소자의 기계적 강도를 높일 수 있었다. 이런 방법으로 P 화합물의 함량을 기존의 7.8wt%에서 현재 25wt%까지 높인 KCT-300 소자를 제작하였으며 새로운 방법으로 제작된 소자는 TL 분말의 함량이 상대적으로 줄어들어 약 15%정도의 감도 저하가 있었으나 KCT-300의 기존 감도가 Teflon 소자의 6배 이상으로 매우 우수하기 때문에 감도면에서는 문제가 되지 않는다. 본 연구를 통해 기계적 강도가 보완된 고감도의 KCT-300 소자를 제작함으로써 선량계 및 기타 응용분야에 적용함에도 문제가 없음을 알 수 있었다.

### 참고문헌

- [1]. 양정선, 김두영, 김장렬 이정일 김봉환, 장시영. Development of Phosphorus-compound CaSO<sub>4</sub>:Dy(KCT-300) TL pellets. J. Korean Nuclear Society Vol. 34, No.2, 142-145(2002)
- [2]. S.S.Shastry, S.S.Shinde and R.C.Bhatt. Thermoluminescence response of CaSO<sub>4</sub>:Dy sintered pellets. Int. J. Appl. Radiat.Isot 31, 244-245(1980)
- [3]. S.P.Morata, A.M.P.Gordon, E.N.D.Santos, L.Gomes, L.L.Campos, L.Prado, M.M.Vieira and V.N.Bapat. Development of a state dosimetry based on thermoluminescent CaSO<sub>4</sub> crystals. Nucl. Instrum. Methods. 200, 449-455(1982)