

## Composite stilbene의 감마선 및 알파 입자에 대한 특성평가

이승규 · 조운호 · 강정수 · 박병현 · 강신양 · 최창일 · 강병휘 · 이우교 · 김종경 · 김용균\*  
한양대학교

E-mail: ykkim4@hanyang.ac.kr

중심어 (keyword) : 방사선 검출기, 스틸벤 특성 평가, 감마선 측정

### 서론

스틸벤은 중성자 검출에 널리 사용되어져 온 좋은 유기 섬광체로 알려져 있다. 스틸벤의 섬광 효율은 NaI의 30% 정도로 낮지만 하전 입자와 전자에 의해 생성된 섬광을 비교하는 데 좋은 장점을 가지고 있다는 점을 이용하여 백그라운드로 작용하는 감마선을 구별하여 중성자를 측정하는 데 널리 이용되어져 왔다. 그러나 스틸벤과 안트라센과 같은 유기 섬광체의 단점은 큰 결정을 얻기가 어렵고, 기계적인 강도에 약하다는 점이다.

본 연구는 유기 섬광체를 이용하여 대면적 검출을 가능하게 할 수 있도록 single crystal 스틸벤의 grain을 이용하여 제작한 composite 스틸벤을 제작하여 특성을 시험한 것이다. 이러한 방식을 이용하여 제작된 섬광체는 단일 결정 섬광체가 갖게 되는 강도에 약한 단점과 크기 제한을 극복하여 대면적 유기 섬광체의 제작을 가능하게 하는 기술이다.

본 연구에서는 이러한 composite 스틸벤을 이용하여 감마선과 알파 입자에 대한 특성을 single crystal stilbene과 비교·평가하였고, 각각에 대한 light yield의 값을 계산하였다.

### 재료 및 방법

$\Phi$  50 mm  $\times$  12 mm 크기의 composite 스틸벤을 polycrystal grain을 이용하여 제작하였다. 이 섬광체의 제작 방법은 Bridgeman 단결정 육성 방식을 이용하여 만들어진 single crystal 스틸벤을 분쇄하여 얻

어진 grain을 이용하여, 두 종류의 중합체 glue로 아크릴 container에 완전히 굳혀서 만드는 방법을 이용하였다. 이때 single crystal 스틸벤 grain의 size는  $\Phi$  2.5 mm ~ 1.5 mm 의 것을 이용하였다.

이와 함께 비교하기 위해 사용한 reference 섬광체는 단결정 육성법을 이용하여 만들어진  $\Phi$  50 mm  $\times$  9 mm 크기의 light yield  $1.5 \times 10^4$  photons/MeV를 갖는 single crystal 스틸벤을 이용하였다.

본 연구에서  $\gamma$ 선 source는 activity가  $3 \times 10^5$  Bq (in 1992,  $T_{1/2} = 30$  years)인  $^{137}\text{Cs}$  disk source를 사용하였다. 동시에 발생할 수 있는  $\beta$  particle을 차폐하기 위하여 thickness 9 mm의 Al을 이용하여,  $\gamma$ -ray만을 추출하였다.  $^{137}\text{Cs}$ 에서 발생하는  $\gamma$ -ray 에너지는 662 keV이다.

$\alpha$ -particle에 대한 특성을 평가하기 위하여 사용한  $\alpha$ -particle 방출 선원은 activity가 약  $2 \times 10^3$  Bq이고 알파입자 에너지가 5.15 MeV인  $^{239}\text{Pu}$  선원을 사용하였다. 측정시에 분해능을 좋게 하기 위해서  $\Phi$  1.5 mm의 hole이 뚫린 2 mm 두께의  $\Phi$  10 mm collimator를 사용하였다. 이 collimator를 통과한  $\alpha$ -particle은 약 4.97 MeV의 에너지를 갖게 된다.

본 연구에 사용한 PMT는 EMI 사의 6654A 모델이며, operating voltage는 1400V로 설정하였다.

### 결과 및 고찰

본 연구에서는  $\gamma$ -ray와  $\alpha$ -particle에 대하여 single crystal 스틸벤과 composite 스틸벤을 각각 20분간 측정하여, light yield를 비교 평가하였다.

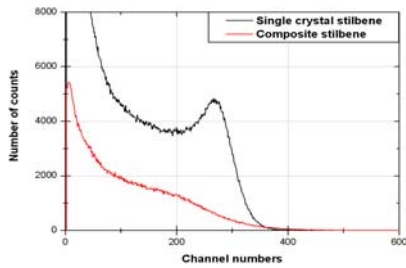


Fig 1. <sup>137</sup>Cs  $\gamma$ -ray 스펙트럼 비교

표 1. Center of compton edge 측정값

	Single crystal 스틸벤	Composite 스틸벤
1차 측정	304 channels	251 channels
2차 측정	298 channels	246 channels
3차 측정	310 channels	254 channels

Fig 1 은 <sup>137</sup>Cs  $\gamma$ -ray 스펙트럼을 측정한 그림으로 이를 분석하여 photon에 대한 light yield를 구하는데 필요한 center of compton edge를 표 1과 같이 얻었다.

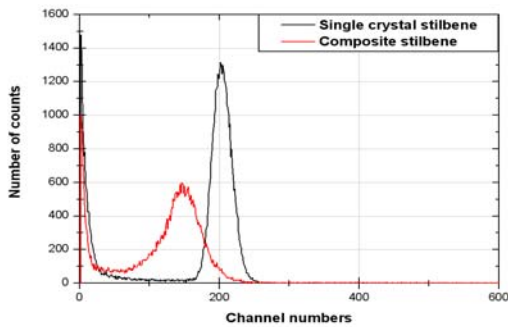


Fig 2. <sup>239</sup>Pu  $\alpha$ -particle 스펙트럼 비교

표 2.  $\alpha$ -particle center of peak 측정값

측정순서	Single crystal 스틸벤	Composite 스틸벤
1차 측정	203 channels	140 channels
2차 측정	203 channels	141 channels

표 3. Light yield 계산값

	Single crystal 스틸벤	Composite 스틸벤
Light yield ( $\gamma$ -ray)	$1.50 \times 10^4$ photons/MeV	$1.21 \times 10^4$ photons/MeV
Light yield ( $\alpha$ -particle)	945 photons/MeV	652 photons/MeV

Fig 2는  $\alpha$ -particle에 대한 스펙트럼이고, 표 2는 이를 이용하여 구한  $\alpha$ -particle에 대한 center of peak의 값을 나타내었다. 이들 값을 이용하여 composite 스틸벤의 light yield를 구한 값은 표 3과 같다.

## 결론

표 3에서와 같이 섬광체의 효율 판단의 지표가 되는 light yield의 값을 통하여 composite 스틸벤의 특성을 평가할 수 있었다.

Composite 스틸벤의  $\gamma$ -ray에 대한 light yield의 값은 reference single crystal 스틸벤에 비해 약 80% 정도이며,  $\alpha$ -particle에 대하여는 약 70%의 효율을 갖는다는 것을 확인 할 수 있었다.

이상의 연구를 통해서 단결정 성장 방법이 아닌 스틸벤의 grain을 이용하여 제작된 composite 스틸벤에서도 방사선에 대하여 충분한 효율을 가지고 반응을 한다는 것을 알 수 있었다. 이런 장점으로 하여 향후 물리적 충격에 약하여 큰 단결정 성장이 어려웠던 유기 섬광체의 단점을 극복하여 대면적 검출이 가능한 유기 섬광체의 제작이 가능할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부 원자력기술개발사업과 지식경제부 원전방사선 안전성 향상기술 연구센터 과제의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고 문헌

- [1] A. Arulchakkaravarthi, et al., 'Pulse shape discrimination of the neutron and two gamma component by using combined <sup>22</sup>Na and <sup>252</sup>Cf sources from trans-stilbene crystals grown by selective self seeding Bridgman technique as scintillator', Materials Letters, Volume 56, Issue 4 (2002) 373-378
- [2] S.V. Budakovsky, et al. 'Stilbene crystalline powder in polymer base as a new fast neutron detector' Radiation measurements, Volume 42 (2007) 565-568