

Polycrystal Composite stilbene의 고속중성자에 대한 특성평가

이승규 · 조윤희 · 최창일 · 강병휘 · 이우교 · 김종경 · 김용균*
한양대학교

E-mail: ykkim4@hanyang.ac.kr

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

서 론

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.[1]

본 연구에서 사용한 polycrystal 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 감마선, 알파 입자 및 중성자에 대한 특성을 single crystal stilbene과 비교·평가하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 사용한 $\Phi 50 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$ 크기의 composite 스틸벤은 Bridgeman 단결정 육성 방식을 이용하여 만들어진 single crystal 스틸벤을 분쇄하여 얻어진 grain을 이용하여, 두 종류의 중합체 glue로 아크릴 container에 완전히 굳혀서 만드는 방법을 이용하였다. 이때 single crystal 스틸벤 grain의 size는 $\Phi 2.5 \text{ mm} \sim 1.5 \text{ mm}$ 의 것을 이용하였다.[2]

이와 함께 비교하기 위해 사용한 단결정 섬광체는

Bridgeman 육성법을 이용하여 만들어진 $\Phi 50 \text{ mm} \times 9 \text{ mm}$ 크기의 light yield 1.5×10^4 photons/MeV를 갖는 single crystal 스틸벤을 이용하였다.

본 연구에서 γ 선 source는 activity가 3×10^5 Bq (in 1992, $T_{1/2} = 30$ years)이며, γ -ray 에너지는 662 keV인 ^{137}Cs disk source를 사용하였다.

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

고속중성자 특성 평가를 위하여 ^{239}Pu -Be 선원이 사용되었으며, 백그라운드로 작용하는 γ 선을 분리하여 측정하기 위하여 감마선과 중성자의 섬광 신호에서의 energy loss dE/dx 의 차이에 의한 구별법을 이용한 discriminator를 사용하였다.

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

결과 및 고찰

본 연구에서는 γ -ray와 α -particle에 대하여 single crystal 스틸벤과 composite 스틸벤을 각각 20분간 측정하여, light yield를 비교 평가하였으며, 중성자에 대하여서는 각각에 대하여 1시간씩 측정을 수행하여 recoiling proton에 대한 count 수를 계산하여 중성자에 대한 반응성을 비교 평가하였다.

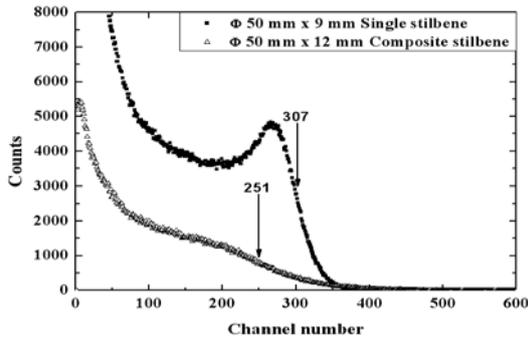


Fig 1. ¹³⁷Cs γ -ray 스펙트럼 비교

Fig 1 은 ¹³⁷Cs γ -ray 스펙트럼을 측정된 그림으로 이를 분석하여 photon에 대한 light yield를 구하는데 필요한 center of compton edge를 그림과 같이 얻었다.

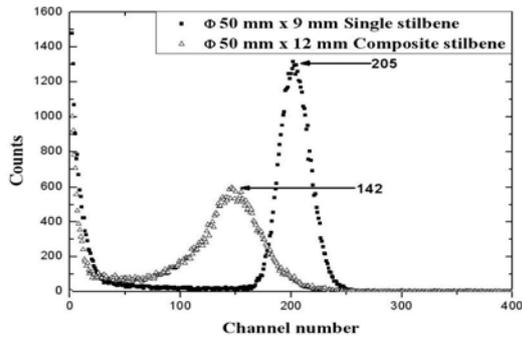


Fig 2. ²³⁹Pu α -particle 스펙트럼 비교

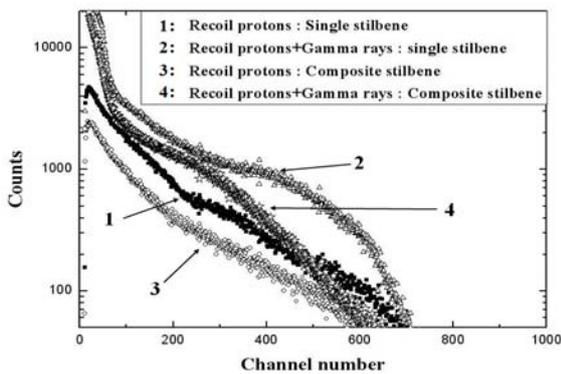


Fig 3. ²³⁹Pu-Be recoiling proton 스펙트럼 비교

Fig 2는 α -particle에 대한 스펙트럼이며, 이들 값들을 이용하여 composite 스틸벤의 relative light yield를 구한 값은 표1과 같다.

Fig 3.은 중성자에 의해 발생된 recoiling proton의 스펙트럼이며 total count 수에 대한 비교값은 표 1에 나타난 바와 같다.

표 1. Relative Light yield 계산값

	Single crystal 스틸벤	Composite 스틸벤
Light yield (γ -ray)	1.50×10^4 photons/MeV	1.21×10^4 photons/MeV
Light yield (α -particle)	945 photons/MeV	652 photons/MeV
Total counts (Neutron)	526832 counts	281787 counts

결론

Composite 스틸벤의 γ -ray에 대한 light yield의 값은 reference single crystal 스틸벤에 비해 약 80% 정도이며, α -particle에 대하여는 약 70%의 효율을 갖는다는 것을 확인 할 수 있었으며 중성자 측정에 있어서는 약 53.5 %의 효율을 보이는 것을 알 수 있었다.

이상의 연구 결과에서 보인바와 같이 새로운 방식으로 제작된 composite stilbene에서도 감마선, 알파 입자 및 중성자에 대한 측정이 가능하며, 단결정과 유사한 특성을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 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] G. F. Knoll, Radiation Detection and measurement, John Willey and Sons, New York, 220 (1999).
- [2] S. V. Budakovsky, N. Z. Galunov, B. V. Grinyov, N. L. Karavaeva, Jong Kyung Kim, Yong-Kyun Kim, N. V. pogorelova, O. A. Tarasenko, "Stilbene crystalline powder in polymer base as a new fast neutron detector" Radiation Measurements, 42 [4], 565 (2007).