Large Area Composite stilbene과 Single Crystal stilbene의 Neutron-Gamma ray Separation 비교

이승규 · 강병휘 · 이우교 · 김종경 · 김용균*
한양대학교
E-mail: ykkim4@hanyang.ac.kr

중심어 (keyword) : 방사선 검출기, 스틸벤 특성 평가, 중성자-감마선 분리실험

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 대형 단결정 육성이 어려워 사용에 제한이 있으므로, Bridgeman 단결정 육성 방식이 아닌, 단결정 스틸벤의 grain을 이용한 polycrystal 방식의 composite 스틸벤을 제작하여 특성을 시험하였다. 이러한 방식은 단결정 섬광체가 갖게 되는 강도에 약한 단점과 크기 제한을 극복하여 대면적 유기 섬광체의 제작을 가능하게 하는 기술이다.

본 연구에서는 polycyrstal 방식으로 제작된 대면적의 composite 스틸벤을 제작하여 중성자와 감마선의 분리실험을 수행하였다.

재료 및 방법

Polycrystal 방식을 이용하여 Φ 200 ㎜ × 20 ㎜ 크기의 대면적 composite 스틸벤을 제작하였다. 이 섬광체는 Bridgeman 단결정 육성 방식으로 만들어진 단결정 스틸벤의 분쇄된 grain을 이용하여, 두 종류의 중합체 glue로 아크릴 container에 완전히 굳혀서 만들어진다.[1]

대면적 composite 스틸벤과 비교하기 위해 사용한 단결정 섬광체는 Bridgeman 단결정 육성법을 이용하여 만들어진 Φ 25 ㎜ × 20 ㎜ 크기의 단결정 스틸벤을 이용하였다.

대면적 composite 스틸벤을 검출기로 제작하기 위하여 Fig.1과 같이 알루미늄 housing을 사용하였으며, 총 4개의 PMT를 사용하여 광손실을 최소화 하도록 하였다.

Fig.1 대면적 composite 스틸벤의 housing

중성자와 감마선에 대한 분리 실험은 activity가 10 μCi (370 kBq)인 ^{252}Cf (2007/06/07 기준)을 사용하였다. 이때 사용한 중성자와 감마선의 신호 측정 시스템은 Flash Analog to Digital Convertor(FADC)이고, PMT는 2“ RCA 8575를 사용하여, operating voltage는 1700V로 설정하여 측정하였다..

^{252}Cf 중성자 선원에 대하여 단결정 스틸벤과 대면적 composite 스틸벤 검출기에서 발생된 신호를 각각 30분간 측정하여, 스펙트럼을 비교하였다.

결과 및 고찰

Fig.2와 Fig.3은 단결정 스틸벤과 대면적 composite 스틸벤에 대한 중성자와 감마선의 분리 측정 결과로 tail to body ratio 스펙트럼이다.

FADC는 신호 처리시에 발생하는 중성자와 감마선 signal의 shaping 시간에 따른 pulse shape 비교 방법

으로 중성자와 감마선을 구별하였다. 10 bit, 400 MHz의 데이터 처리 속도를 갖는 FADC를 이용하여, 중성자와 감마선의 혼합장에서 발생하는 각각의 pulse shape에서 signal의 전체 peak width와 tail width의 차이로 두 signal을 분리하였다.

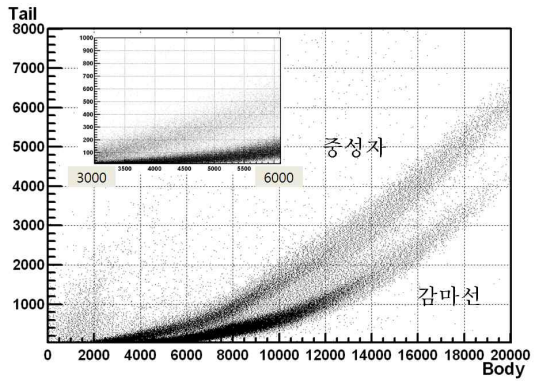

Fig.2 단결정 스틸벤의 Tail to Body ratio

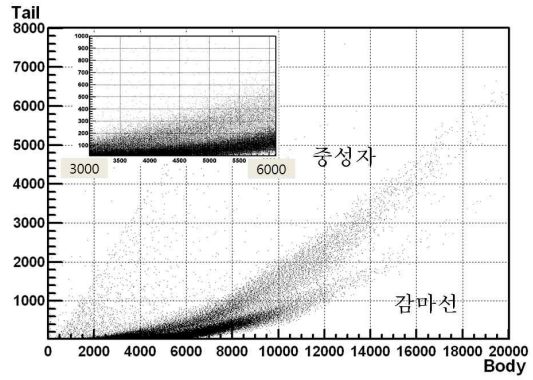

Fig.3 대면적 composite 스틸벤의 Tail to Body ratio

단결정 스틸벤과 대면적 composite의 중성자와 감마선 분리 스펙트럼에서 threshold body를 4000으로 설정하여 분석을 한 결과는 표 1.과 같으며, 이때 중성자와 감마선의 분리비는 표 2.와 같다.

표 1. 중성자와 감마선 분리 확률

Property	단결정 스틸벤	대면적 composite 스틸벤
Total events	2500000	2000000
Separation events	1041124	340642
Separation /Total	42 %	17 %

표2. 중성자와 감마선의 분리비[2]

Property	^{252}Cf events	단결정 스틸벤	대면적 composite 스틸벤
Gamma events	10	885685	292469
Neutron events	3.757	155466	48173
Neutron/ Total	27.30%	15 %	14 %

결 론

중성자 측정시에 가장 중요한 백그라운드로 작용하는 감마선을 분리해내는 점에 있어서 대면적의 composite 스틸벤도 Fig.3에서와 같이 signal의 shaping 시간에 따른 pulse shape 비교 방법으로 구별이 된다. 대면적 composite 스틸벤에서도 중성자와 감마선의 분리 측정이 가능함을 확인하였으며 표 2.에서와 같이 단결정 스틸벤에 대하여 분리비가 90 % 이상의 효율을 갖는다.

기존에는 물리적인 강도에 약하다는 단점을 극복하기 위하여 유기 용매에 녹인 액체 섬광 물질 또는 이들을 중합한 플라스틱 섬광체가 많이 사용되었지만, 단결정 grain을 이용한 polycrystal 방식으로 중성자와 감마선의 분리가 뛰어난 대면적의 스틸벤 유기섬광체의 제작이 가능하다는 것을 이상의 연구를 통하여 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부 원자력기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다. (20090081806)

참 고 문 헌

[1] S.V. Budakovsky, et al. 'Stilbene crystalline powder in polymer base as a new fast neutron detector' Radiation measuerments, Volume 42 (2007) 565-568

[2] Bohumil JANSKY, et al. 'Mixed Neutron and Gamma spectra Measurements and Calculations in Pure Iron Benchmark Assembly with Cf-252 Neutron Source' Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY,supplement 2, (2002) p 1033-1036