

플라스틱 섬광체와 무기 섬광체를 이용한 Phoswich 검출기의 설계와 제작

이우교, 김용균, 김정복, 정종은, 하장호, 박세환, 홍석봉, 김종경*

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

한양대학교*, 서울시 성동구 행당동 17번지

wglog@bcline.com

방사성 측정하는 검출기의 종류는 다양하다. 그러나 두 가지 이상의 방사선을 측정하여 방사선을 구별하는 검출기는 상용화 되지 않았다. 베타 입자와 감마선을 측정하는 방법은 각각의 방사선에 대한 검출기를 사용하여 구별하고 있다. 그러나 하나의 검출기로 방사선 입자를 구별하는 검출기가 phoswich 검출기이다. Phoswich 검출기는 두 개의 섬광체를 sandwich로 접합하여 만든 검출기를 총괄하는 명칭이다. Phoswich 검출기는 사용하는 섬광체의 종류에 따라 달라질 수 있다. 알파와 감마를 구별하기 위하여 사용하는 phoswich 검출기는 대부분 ZnS(Ag) 섬광체와 무기 섬광체를 주로 사용하고 베타와 감마 방사선을 구별하기 위하여 사용하는 phoswich는 대부분 유기 섬광체와 무기 섬광체를 주로 사용한다.

본 연구에서는 베타와 감마 방사선을 측정하기 위하여 플라스틱 섬광체와 CsI(Tl) 섬광체, BaF₂ 섬광체를 사용하였다. 베타와 감마 방사선을 측정하기 위한 phoswich 검출기를 제작하기 위하여 플라스틱 섬광체에서의 베타 입자의 비정을 계산하였고, 그리고 플라스틱 섬광체에서의 감마 방사선의 흡수를 계산하여 플라스틱 섬광체의 두께를 설계하였다.

그림 1은 플라스틱 섬광체와 CsI(Tl) 섬광체를 이용한 phoswich 검출기의 설계도이다. 설계된 phoswich 검출기는 외부로부터 물리적인 충격이나, 습기 및 빛 등을 차단하기 위하여 mylar 필름으로만 감쌌고 PMT housing과 접하는 부분에는 O-ring을 사용하여 빛을 차단하였다.

베타선 측정용 플라스틱 섬광체를 지름 2인치 원통으로 성형하여 cold mounting 하여 다양한 두께로 절단하여 사용하였고 CsI(Tl) 섬광체는 지름 2인치 길이 2인치를 사용하였다. 절단된 플라스틱 섬광체는 연마하여 다양한 두께(두께 = 1, 1.5, 2.2, 5, 10 mm)의 플라스틱 디스크로 polishing 하였으며 window 앞에 alpha 입자의 투과를 막기 위하여 17 μ m의 알루미늄 호일 사용하였고 외부의 습기 및 빛을 차단하기 위하여 알루미늄이 코팅된 mylar 필름(mmy3=0.067 mm) 사용하였다. 그리고 CsI(Tl) 섬광체의 평면은 polishing 하였고 원통 면은 테프론 테이프로 감싸 빛의 손실을 최소화 하였다. 플라스틱 섬광체에 감마선은 반응 없이 투과하고 beta 입자가 최적으로 반응하는 플라스틱 섬광체의 두께에 따른 beta 입자에 스펙트럼을 측정하여 플라스틱 섬광체의 최적두께 결정하였으며 베타 입자에 대한 플라스틱 섬광체의 최적 두께인 2.2 mm로 하여 플라스틱 + CsI(Tl) 섬광체 phoswich 검출기를 제작하였고, 플라스틱 섬광체와 BaF₂ 섬광체를 사용하여 또 하나의 phoswich 검출기를 제작하였다.

베타선과 감마선을 동시측정하기 위하여 timing filter amplifier, constant fraction discriminator, time to pulse height converter 등을 사용하여 PSD(pulse shape discrimination) 방법으로 측정하였다.

그림 2는 PSD 측정 회로도를 나타낸 것이다. 검출기에서 나온 신호는 다시 두 개로 분리되어 TFA에 각각 입력되어 출력이 CFD에 입력된다. CFD의 미적분 시정수가 적은 것의 출력은 TAC의 start에 입력되고, 미적분 시정수가 큰 것의 출력은 TAC의 stop에 입력된다. TAC의 출력은 두 개로 분할되어 각각 TSCA와 LGS의 linear에 입력된다. TSCA의 출력은 LGS의 gate에 입력되고 LGS의 출력은 MCA에 입력되어 시간 스펙트럼을 측정하여 베타와 감마선을 구별하고, 시간 스

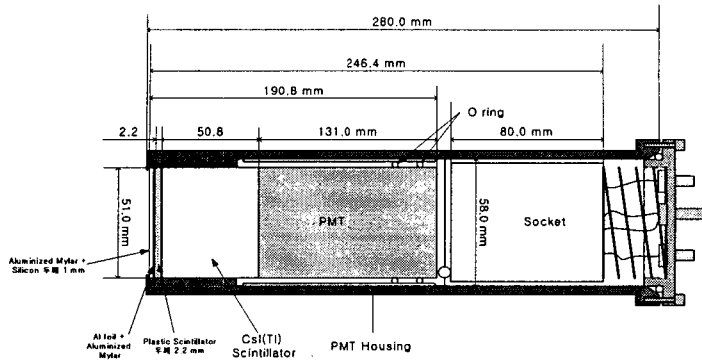


그림 1. CsI(Tl) 섬광체를 이용한 phoswich 검출기의 상세 설계도

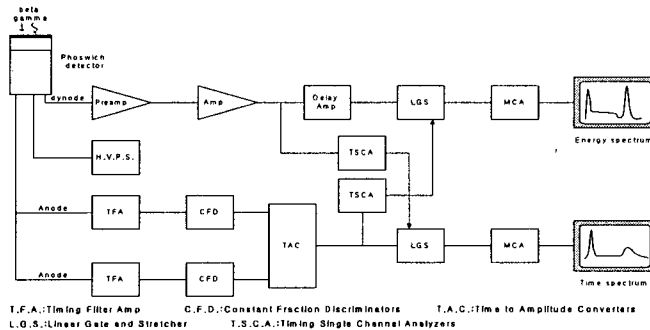


그림 2. Phoswich 검출기용 PSD 회로도.

펙트럼을 관찰하면서 TSCA를 조정할 수 있도록 하였다. TAC에서 나온 신호를 각각 TSCA의 입력과 LGS의 linear에 입력하면 검출기에서 측정된 베타와 감마선의 시간 스펙트럼을 computer의 monitor에서 구할 수 있다. monitor의 시간 스펙트럼을 보고 TSCA의 lower level, upper level을 조정하면 베타 혹은 감마 방사선에 대한 시간 peak만 선택되어지고, TAC의 신호 대신에 amp의 신호를 입력하면 시간 스펙트럼에서 조정된 구간에 대한 베타나 감마의 에너지 스펙트럼을 알 수 있다.

그리고 amp에서 나온 신호가 각각 TSCA의 입력과 LGS의 linear에 입력되면 phoswich에서 측정된 베타와 감마의 에너지 스펙트럼을 computer의 monitor에서 구할 수 있다. monitor의 에너지 스펙트럼을 보고 TSCA의 lower level, upper level을 조정하면 에너지 스펙트럼의 일정 부분만 선택되어지고, amp의 신호대신에 TAC의 신호를 입력하면 에너지 스펙트럼에서 조정된 구간에 대한 베타와 감마의 측정비를 알 수 있다.

베타와 감마선에 대한 에너지 스펙트럼을 구하기 위하여 시간 스펙트럼에서 조정된 TSCA와 amp의 출력을 LGS에 입력하면 시간 스펙트럼에서 조정된 하나의 입자에 대한 에너지 스펙트럼을 구할 수 있다.

제작된 베타 감마 동시측정용 플라스틱 섬광체와 CsI(Tl) 섬광체, 플라스틱 섬광체와 BaF₂ 섬광체 조합으로 이루어진 phoswich 검출기를 이용하여 베타선과 감마선에 대한 시간 스펙트럼을 측정하여 beta 선에 의한 peak와 gamma 선에 의한 peak를 각각 분리하였고, 시간 스펙트럼에서 나온 각각의 peak를 파고 스펙트럼의 gate 신호로 입력하여 beta와 gamma 선에 대한 파고 스펙트럼으로 분리하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 원자력연구개발사업과 한양대학교 iTRS의 지원에 의해 수행되었습니다.