

## CsI(Tl) 섬광체를 이용한 교육용 방사선 검출시스템 개발

남영미 · 이재형 · 김한수 · 하장호 · 민병주  
한국원자력연구원  
E-mail: ymnam@kaeri.re.kr

중심어 (keyword) : CsI(Tl), 방사선 교육, 실험실습, 검출기, 스펙트럼

### 서론

방사선은 자연에 항상 존재하며 우리 생활 속에서 다양하게 사용되고 있지만, 교사와 학생들의 방사선에 대한 인식이 부족한 상태이다[1]. 방사선을 측정하는데 사용되는 방사선 검출기는 입자 종류별, 에너지 별로 다양하고 복잡한 양상을 띤다. 또한 일반 과학실험과 비교할 때 상대적으로 방사선 검출기는 복잡한 이론과 고가의 실험 장비로 수행되므로 교육장비로의 개발이 쉽지 않았다.

이러한 이유들로 중등학교 교육현장에서부터 대학 학부과정의 실험에서 방사선 측정이 도외시 되어 왔지만, 한편에서는 방사선 검출기를 학교 실험 교육에 적용하려는 연구들도 진행되어 왔다[2, 3].

최근 원자력 이용개발이 확대되면서 차세대 원자력 및 방사선 인식 제고를 위한 교육의 필요성이 대두되고 있다. 이러한 요구에 발맞추어 한국원자력연구원에서 새롭게 개발한 CsI(Tl)/PIN다이오드 센서[4] 이용하여 중등학교 및 대학의 실험 교육에 적용할 수 있는 방사선 검출시스템을 디자인하고 시작품을 제작하였다.

### 재료 및 방법

본 연구에서 CsI(Tl)/PIN다이오드 센서를 만들기 위해 선정된 CsI(Tl) 섬광체는 밀도가  $4.51 \text{ g/cm}^3$  이고, 흡수성이 약간 있으며, 경도가 2 Mohs였다. 제작 순서는 먼저 CsI(Tl) 잉곳을 다이아몬드 스트링 톱을

이용하여  $10(\text{W}) \times 10(\text{L}) \times 20(\text{H})$  크기로 절단하였고, PIN다이오드(Hamamatsu 3590-08)도 같은 방식, 같은 크기로 절단하였다. 절단한 CsI(Tl) 섬광체의 최대 발광스펙트럼은 550 nm로 PIN다이오드 재료인 실리콘의 흡수 스펙트럼과 잘 일치하였다. CsI(Tl) 섬광체와 PIN 다이오드를 광학적으로 결합할 때 광수율을 최대로 하기 위해 표면을 매끄럽게 연마하고, 결합에는 PTFE 테이프와 광학적인 윤활유를 사용하였다. 그림 1은 제작한 CsI(Tl)/PIN다이오드 센서이다[4].

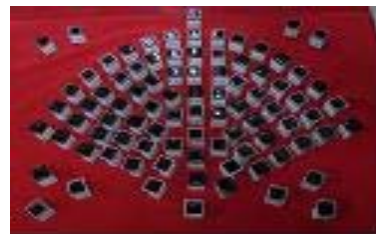


그림 1. CsI(Tl)/PIN다이오드 센서

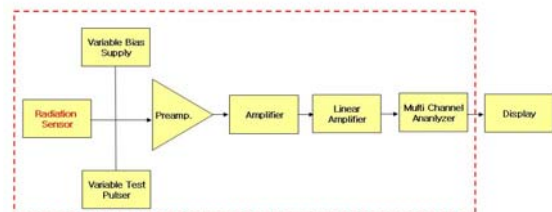


그림 2. 교육용 방사선 검출시스템 개념도

이 CsI(Tl)/PIN다이오드 센서와 전자회로를 조합한 방사선 검출시스템의 개념도는 그림 2와 같다. 그림에서 디스플레이를 제외한 점선으로 표시된 사각형 안의 전자회로들은 외부의 전자기적 잡음을 제거하고 전자부품을 보호하기 위해 스테인리스 케이스에 넣어

조립하였다. 개념도는 방사선원으로부터 방출된 방사선이 섬광체/PIN다이오드 센서, 전치증폭기(cremat CR-110), 증폭기(cremat CR-200), 비례증폭기, 다중채널분석기(Amptek portable MCA)를 거치면서 신호를 처리하여 디스플레이에 계수율 또는 스펙트럼으로 나타나는 것을 보여준다. 이 계수율 측정이나 에너지 스펙트럼 분석을 통해서 여러 가지 방사선 측정 실험이 가능하다.

CsI(Tl)/PIN다이오드 센서의  $^{137}\text{Cs}$  및  $^{60}\text{Co}$ 의 에너지 분해능은 각각 660 keV에 대해서 7.9%, 1,330 keV에 대해서 4.9%였다. 그리고  $^{60}\text{Co}$ 의 1170과 1330 keV의 피크들은 명확히 구별되었다.

## 결과 및 고찰

그림 3은 교육용 방사선 검출시스템의 설계도면이고 그림 4에서는 이 설계도면에 따라 제작된 방사선 검출시스템의 시작품을 보여 준다. 교육 목적으로 내부의 전자회로를 쉽게 관찰할 수 있도록 상부 뚜껑을 슬라이드 방식으로 제작하였으며 케이스 윗면에 전자회로 개념도와 설명을 새겨 넣어서 검출시스템의 이해를 돕도록 하였다.

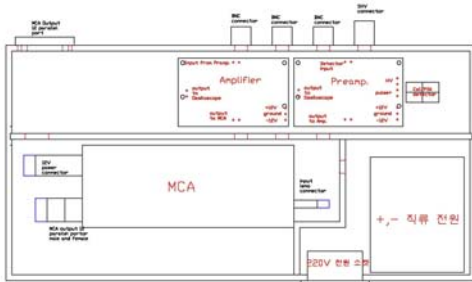


그림 3. 교육용 방사선 검출시스템 설계도면



그림 4. 교육용 방사선 검출시스템 시작품

개발된 교육용 방사선 검출시스템은 기초실험부터

에너지 스펙트럼 분석과 같은 고급실험까지 가능한 장비로, 실험교육에 적용할 수 있는 실험 모듈들을 다음과 같이 기초실험과 고급실험의 두 가지로 분류하였다.

중등학교 및 대학 학부에 적용 가능한 기초실험으로 i) 백그라운드 방사선 관찰, ii) 방사성물질의 방사능 측정, iii) 여러 가지 흡수물질의 종류 및 두께에 따른 방사선원의 계수율 관찰, iv) 거리의 함수로 나타나는 방사선원의 계수율 관찰, v) 반감기 측정 등의 실험 모듈을 개발 할 수 있다.

이 기초실험 과정을 마친 후나 핵공학 및 방사선 관련학과 대학원과정 등에서 가능한 고급실험으로는 i)  $^{137}\text{Cs}$  및  $^{60}\text{Co}$ 의 에너지 스펙트럼 분석, ii) 에너지 교정, iii) 효율 측정, iv) 분해능 결정, v) 미지선원의 핵종 분석, vi) 컴프턴 산란 실험 등이 있다.

## 결론

이상의 연구를 통해 CsI(Tl)/PIN다이오드 센서를 이용한 방사선 검출시스템을 제작하고 중등학교 및 대학의 실험 교육에 활용 가능한 실험 교과목들을 제시하였다.

차후 연구에서는 방사선 검출시스템을 활용한 실험 모듈들을 개발하여 현장에서 직접 실험 교육과정을 운영해 보는 것이 필요하다. 이를 통해 방사선 검출시스템을 활용한 구체적인 실험 결과의 도출 및 교육적 활용에 관한 타당한 검증이 이루어져야 할 것이다.

## 참고 문헌

1. 박상태 외 5인, 한국과학교육학회지 25권 5호, 603-609 (205)
2. R.M. Anjos, et al., Am. J. Phys. 69(3), 377-381 (2001)
3. 박주열, 학부 현대물리 실험교육에서의 방사선 검출 시스템의 활용, 한국교원대학교 대학원, 석사학위논문 (2005)
4. H.S. Kim et al., Fabrication and performance characteristics of a Cs(Tl)/PINdiode radiation sensor for industrial applications, Applied Radiation and Isotopes, 발간 예정