

대단위 감마선 조사에 따른 방사선 계측기용 신호처리회로 부품의 내방사성 특성 평가

하장호 · 강상목 · 박세환 · 김한수 · 이재형 · 송태영
한국원자력연구원
E-mail: jhha@kaeri.re.kr

중심어 (keyword) : 방사선 계측기, 내방사성 평가, 방사선 조사, 감마선 조사

서 론

일반적으로 방사선측정 시스템은 방사선검출기, 전치증폭기, 주증폭기, 펄스분석 전자장치로 구성된다. 방사선검출기는 입사방사선과 반응하여 전자-이온쌍 또는 전자-정공쌍을 형성하고 전치증폭기는 검출기와 주증폭기 사이에 연결되어 검출기의 출력신호를 1차 증폭하고 초기 펄스 모양을 만들어주고 검출기 출력 임피던스와 주증폭기의 입력단의 임피던스를 정합시켜주는 역할을 한다. 또한 검출기에서 나오는 전하신호를 전압신호로 전환해서 주증폭기로 전달하는 기능도 한다. 주증폭기는 전치증폭기에서 전달된 신호를 분석이 용이한 형태까지 증폭을 하고 또한 전치증폭기에서 나온 전형적인 tail pulse를 가우시안 펄스 형태로 정형을 한다. 이것은 주증폭기 이후에 있는 MCA와 같은 펄스분석 전자장치에서 분석을 용이하게 하기 위해서이다[1]. 최근에는 이러한 전치, 주증폭기가 소형화된 칩 형태로 제작되어 방사선측정 시스템도 소형화 및 휴대용이 가능하게 되었다. 휴대용 방사선측정 장치는 방사선 이용시설에서 방호용으로 사용되고 있는데 방사선 누출사고로 인해 순간적으로 과도하게 방사선에 노출되거나, 낮은 선량에 장시간 노출되었을 때 부품의 이상으로 오작동 또는 고장이 발생할 수 있다. 이와 같은 문제가 측정 중에 발생하면 사용자의 안전이 확보될 수 없기 때문에 측정장치 부품에 대한 내방사성 평가가 필요하다. 본 연구에서는 자체 기술로 제작한 전치증폭기, 주증폭기를 사용하여 감마선 조사 전후의 변화를 분석하였다.

재료 및 방법

방사선계측 시스템을 구성하기 위하여 자체적으로 전치증폭기, 주증폭기 및 증폭기 동작에 필요한 $\pm 12V$ 내외의 DC 전원을 공급하기 위한 회로기판을 설계 및 제작하였다. 방사선 시설에서 사용하게 될 휴대용 장치에 사용하기 위한 목적으로 제작되었기 때문에 방사선에 노출되었을 때 어떠한 특성 변화가 나타나는지가 중요한 변수이다.

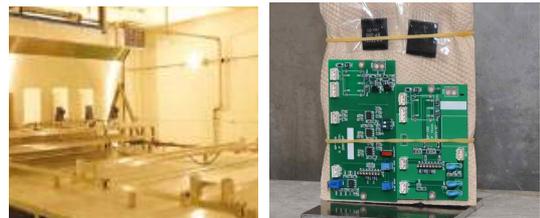


그림 1 정읍 방사선과학연구소가 보유하고 있는 대단위 감마선 조사 시설(좌측) 및 조사된 전단, 후단 증폭기 및 회로 기판(우측)

감마선 조사 실험은 한국원자력연구원 정읍 방사선 과학연구소에서 보유 중인 고준위 감마선조사장치를 이용하였다.(그림1) 정읍 방사선과학연구소에 설치된 감마선 조사장치는 캐나다의 MDS Nordion에서 제조되었고 핵종은 ^{60}Co 이며 허가용량은 490 kCi이다. 그리고 장치 유형은 Pencil type이고 차폐체는 물을 사용하고 있다[2]. 조사 대상 부품은 전치증폭기, 주증폭기, 각 증폭기의 동작 전원을 공급할 회로기판 총 4종류이다. 각 부품은 동일한 위치에서 총 120 kGy를 조사받았다.

결과 및 고찰

방사선 계측기용 신호처리부품에 대한 감마선 조사 전후의 특성 변화를 분석하기 위하여 자체적으로 제작된 4종류의 부품을 사용하였다. 조사 전후의 특성을 비교하기 위하여 CsI(Tl) 섬광체와 PIN 다이오드가 결합된 검출기를 전치증폭기에 연결하고 ^{137}Cs 방사성동위원소를 이용하여 스펙트럼을 측정하였다. ^{137}Cs 의 경우 662 keV main peak 이외에 저에너지 영역에서도 두 개의 peak를 형성하는 특징을 나타낸다. 이러한 각각의 peak 형성 여부를 관찰하였고, 측정된 스펙트럼의 에너지 분해능(FWHM)을 계산하여 비교 분석하였다.

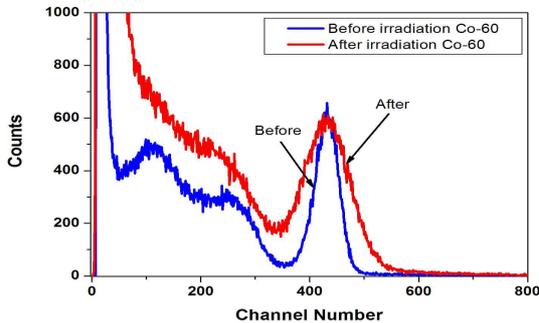


그림 2 전단, 후단 증폭기 및 회로 기판에 대한 감마선 조사 전후의 ^{137}Cs 스펙트럼

그림 2는 전단, 후단 증폭기와 검출기로 구성된 방사선 측정 시스템으로 획득한 감마선 조사 전후의 ^{137}Cs 방사선 반응 스펙트럼이다. 감마선 조사 전의 스펙트럼은 ^{137}Cs 를 방사선원으로 사용했을 경우 나타나는 3개의 peak가 관찰되었다. 감마선 조사 이후에 측정된 스펙트럼은 ^{137}Cs 의 662 keV main peak는 형성되었지만 저에너지 영역의 peak 2개는 노이즈로 인하여 관찰되지 않았다. 감마선 조사 이후에 측정된 스펙트럼은 전체적으로 노이즈가 증가하였고 662 keV main peak의 에너지 분해능도 감마선 조사 전의 15% 보다 떨어지는 26%로 분석되었다.

본 연구에서는 4종류의 부품을 동시에 감마선에 조사하였다. 부품별로 감마선에 대한 민감도를 분석하기 위하여 조사되지 않은 다른 부품을 사용하여 각각의 스펙트럼을 측정하였다. 먼저 감마선이 조사된 전치증폭기를 사용하고 나머지 주증폭기 및 전원공급 회로 기판은

조사되지 않은 다른 부품으로 측정 시스템을 구성하였다. 검출기는 전후 스펙트럼 비교에 사용된 CsI(Tl)+PIN 다이오드 섬광체 검출기를 사용하였고 방사선원도 ^{137}Cs 방사성동위원소를 동일하게 사용하였다. 측정된 스펙트럼을 비교한 결과 조사된 전치증폭기를 사용했을 경우의 에너지 분해능이 23.8%, 조사된 전치증폭기 동작전원 공급용 회로 기판을 사용한 경우는 15.3%, 조사된 주증폭기만을 사용하였을 경우에는 15.5%, 주증폭기 동작전원 공급용 회로 기판을 사용한 경우에는 15.2%의 분해능을 나타내었다.

결론

본 연구에서는 휴대용 방사선측정 시스템을 구성하기 위한 전치증폭기, 주증폭기, 동작전원 공급 회로 기판을 직접 제작하였고, 총 120 kGy의 감마선을 조사하고 전후 스펙트럼을 측정하여 에너지분해능 계산을 통해 비교 분석하였다. 감마선 조사 이후에 스펙트럼의 분해능은 15%에서 26%로 저하되었다. 부품별 감마선 민감도를 비교한 결과 전치증폭기가 가장 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 전치증폭기의 경우 검출기에서 발생한 미세한 신호를 입력신호로 받기 때문에 감마선 조사로 인한 미세한 변화가 검출기 신호에 직접적으로 영향을 미쳐 최종 분석 과정에도 큰 변화가 나타나는 것으로 판단된다.

Acknowledgment

This work has been carried out under the Nuclear R&D program of the Ministry of Education, Science and Technology(MEST) of Korea.

참고 문헌

1. 한국원자력연구원 인력개발센터, 방사선취급기술 (감독자용), (2007).
2. <http://www.arti.re.kr>, 한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소