

다중 감마선 공간분포 측정을 위한 고감도 검출센서 및 탐지모듈 개발

황영관 · 이남호
한국원자력연구원

Development of High-Sensitivity Detection Sensor and Module for Spatial Distribution Measurement of Multi Gamma Sources

Young-Gwan Hwang · Nam-Ho Lee
Korea Atomic Energy Research Institute
E-mail : yghwang@kaeri.re.kr

요 약

스테레오기반의 공간방사선 탐지장치는 방사선원에 대한 공간분포정보 뿐만 아니라 탐지장치로부터 선원까지의 거리정보를 얻을 수 있어 기존 방사선 영상화 장치보다 선원에 대한 효율적인 정보를 제공한다. 또한 감마선원의 스펙트럼 및 종류에 대한 정보를 고속으로 제공하기 위해서는 감도가 높은 고감도 검출센서가 필요하며 고선량에서의 포화되는 현상을 해소할 수 있는 기법이 필요하다. 본 논문에서는 다중 감마선 공간분포 측정을 위해 고감도 센서를 구성하고, 검출모듈의 기능을 개선하여 고선량에서의 포화상태를 해소함으로써 단일센서로 탐지범위 증대를 위한 연구를 수행하였다. 본 논문의 결과는 향후 스테레오기반의 감마선 탐지장치의 성능개선을 위해 활용될 것이다.

ABSTRACT

Stereo-based spatial radiation detection devices can obtain not only spatial distribution information about the radiation source but also distance information from the detection device to the source. And it provides more efficient information on the source than the existing radiation imaging device. In order to provide high-speed information on the spectrum and type of gamma-ray source, a high-sensitivity detection sensor with high sensitivity is required, and a technique capable of solving the saturation phenomenon at a high dose is needed. In this paper, we constructed a high sensitivity sensor for the measurement of multiple gamma - ray spatial distributions using improved function of detection module to solve saturation to high dose and conducted research to increase the scope of a single detector. The result of this paper improves the performance of gamma ray.

키워드

감마선 영상화, 스테레오 감마선 영상화, 감마선 검출, 감마선 센서

1. 서 론

최근 원자력 발전시설의 사고에 대한 우려로 인해 노후원전에 대한 폐쇄 및 해체를 검토하고 있으며, 이로인한 원전 해체의 관심이 증가하고 있다. 또한 후쿠시마 원전 사고로 인해 방사선 노출 시 발생하는 문제의 심각성을 인지하고 이러

한 노출 방사선에 대한 제염작업의 필요성이 부각되었다. 원전의 해체나 제염작업에 있어서 가장 중요한 것은 신속하고 정확한 오염원의 제거이며 안전하게 제거하기 위해서는 오염원에 대한 정확한 정보가 필요하다. 본 논문에서는 방사선원의 정확한 정보를 얻기 위해 고안된 스테레오 기반의 방사선 탐지장치와 검출센서의 개선에 대하여

연구하였다. 다중 방사선원에 대한 분석이 가능하도록 하기 위해 검출 센서의 감도 및 섬과엿의 크기를 개선하였으며 이때 발생하는 방사선용 포화를 제한하기 위해 탐지 모듈의 기능을 개선하였다.

II. 방사선 공간분포 탐지장치

방사선원에 대한 공간분포 탐지장치는 가시영상카메라와 방사선 탐지 그림 1과 같이 구성하고 팬틸트 장치를 통해 방사선의 분포를 탐지하는 기능을 갖는다.[1-2]

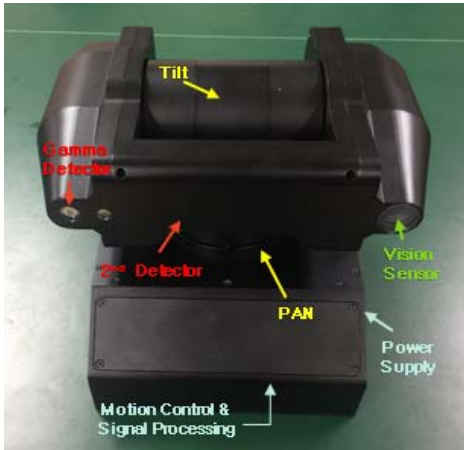


그림 1. 방사선 공간분포 탐지장치

방사선 분포 탐지 장치를 통해 획득할 수 있는 정보는 방사선율, 방사선 탐지 영상과 가시영상을 통한 공간분포 영상 및 방사선원의 거리 탐지가 가능하다. 그러나 다중의 방사선원을 탐지하기 위해서는 방사선을 탐지하는 검출기의 감도 및 크기 에 대한 분석이 필요하다.

III. 다중 감마선 탐지를 위한 검출기

다중의 방사선을 탐지하기 위해서는 각각의 동위원소가 갖는 에너지와 해당 에너지를 탐지할 수 있는 센서가 필요하다. 기 개발된 탐지장치는 스캔형 탐지기로 입사구의 크기가 제한되어 있기 때문에 감도에 대한 문제 해결이 필요하고, 또한 고 에너지를 투과하지 않고 반응할 정도의 크기가 필수적으로 요구된다. 섬광체의 크기증가는 차폐체 및 검출부 자체의 크기를 증가시키기 되므로 기구부의 제약으로 인해 크기 증가는 제한될 수 있다. 개발된 검출센서는 직경 1인치, 높이는 15mm의 NaI(Tl) 섬광체와 유효면적이 15mm인 수광소자를 사용하여 구성하였다. 그림 2는 제작한 검출 센서의 모습을 나타낸 것이다.



그림 2. 감마선 탐지용 검출센서

방사선 공간분포 탐지장치 입사구의 크기는 직경 5mm이지만 검출기의 유효면적 증가로 감도가 증가하게 되어 고선율에서는 분포탐지가 제한되는 현상이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 신호측정 모듈의 전치증폭단에 펄스계수 카운터 및 리셋을 통해 검출기의 포화되는 영역을 넓힘으로써 단일 센서를 통한 탐지 가능 선량율의 범위를 개선하였다.[3]

IV. 감마선 조사시험

검출 센서 및 신호측정 모듈에 대한 성능시험을 위해 감마선 조사시설을 이용하여 Cs-137 감마선원에 대한 시험을 수행하였다. 그림 3의 우측 박스는 Cs-137 감마선원이 위치한 것을 나타내며 좌측은 검출 센서를 감싸고 있는 차폐체의 형태를 보여준다.

차폐체는 텅스텐 재질로 제작하였으며 지향성을 갖기 위해 콜리메이터를 두었고 입사구의 크기는 직경 5mm로 설계되었다.

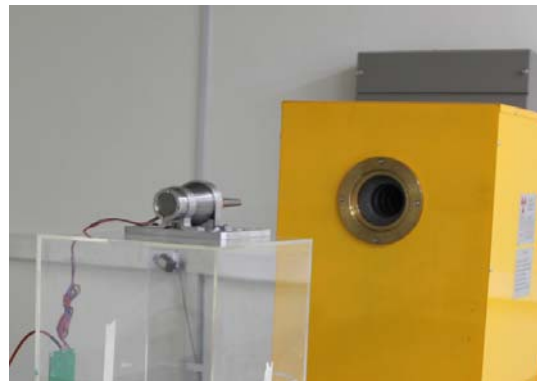


그림 3. Cs-137 감마선 조사시험 구성

그림 4는 감마선 조사시설을 통해 Cs-137 감마선원을 대상으로 50uSv/h부터 200mSv/h 까지 선량율 구간에 대한 감마선 조사시험 결과를 나타낸 것이며 개선된 탐지 모듈을 통한 측정 결과 고선량에서의 포화되는 현상을 최소화 하여 저선

을부터 200mSv/h까지 매우 선형적인 특성을 나타냄을 확인하였다.

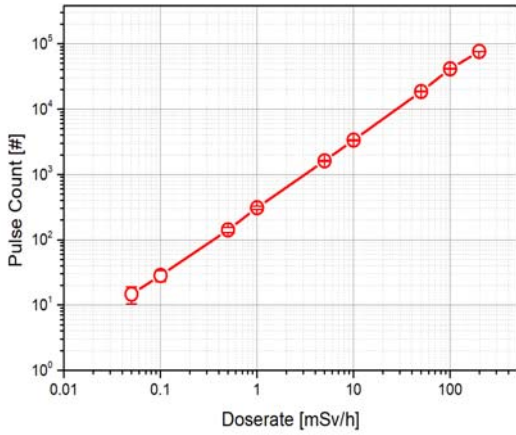


그림 4. 감마선 조사시험 결과

그림 5는 Cs-137 감마선원에 대한 스펙트럼을 확인한 결과이며 다중의 핵종에 대한 스펙트럼을 확인하게 된다면 탐지장치를 통해 스캔 후 핵종을 구분할 수 있는 기능을 갖게 됨을 알 수 있다. 그림에 대한 스펙트럼은 10mSv/h의 선량에 대해 약 1분간 누적된 데이터를 통해 나타낸 결과이다.

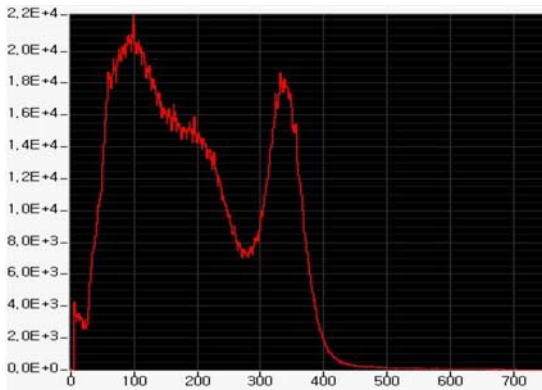


그림 5. Cs-137 감마선 스펙트럼 결과

감마선 조사시험 결과 탐지센서의 크기 증대에 따른 감도 고선량율에 대한 포화문제를 해결하여 탐지선율 200mSv/h 에 대한 선형성을 확보하였으며 스펙트럼 확인결과 검출 센서를 통해 감마선원의 스펙트럼 측정이 가능함을 확인하였다.

V. 결 론

방사선 공간분포 탐지기는 제염해체 및 방사선 사고발생시 빠른 제염작업을 위해 보다 효율적인 오염물질 제거를 위한 방사선 정보를 제공하도록 고안되었다. 하지만 소형검출기의 한계로 인해 핵종 분석을 위한 검출이 불가능하였고 이를 해결하기위해 다중 방사선원을 탐지 할 수 있도록 고감도 검출기를 제작하였으며 감도 분석 결과 탐지범위 50uSv/h구간부터 200mSv/h에 대해 선형적인 탐지 성능을 확인하였고, 이를 통해 Cs-137감마선원에 대한 에너지 스펙트럼을 확인하였다. 본 논문의 결과를 통해 방사선 공간분포 탐지장치에 개선된 검출센서를 적용한다면 방사선원에 대한 공간분포 정보, 선율정보 및 거리정보와 함께 핵종에 대한 분석 기능을 갖게 될 것이며 이는 방사선 오염물질 제거 작업의 효율성을 증대 시킬 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 국방과학연구소의 민간기술협력센터의 지원을 받아 수행된 연구임

참고문헌

- [1] Fisher A and Chard P, "Use of a gamma-imaging device to optimise measurement of uranium hold-up", Proc. Of the 25 Annual Safeguards Research and Development Association (ESARDA) Symposium on Safeguards and Nuclear Materials Management, Stockholm, 2003.
- [2] Y. G. Hwang, N. H. Lee, S. H. Park, S. H. Jeong, J. R. Kim, "The Analysis of the Collimator & Radiation Shield for Radiation sensor for the 3Dimension Radiation Detection" in Conference of KIICE, Vol 18, No 1, 2014.
- [3] S. N. Ahmed, "Physics and engineering of radiation detection," Academic Press is an imprint of Elsevier, chapter 6, pp.319-421, 2007.