

## 중성자 계측센서용 센싱 물질 특성 분석

문주현, 이상훈, 박병기\*, 김신\*\*, 이봉수\*\*\*

동국대학교, 경상북도 경주시 석장동 707

\*순천향대학교, 충남 아산시 신창면 읍내리 646

\*\*제주대학교, 제주도 제주시 제주대학로 66

\*\*\*건국대학교, 충청북도 충주시 단월동 322

[ihmoon86@dongguk.ac.kr](mailto:ihmoon86@dongguk.ac.kr)

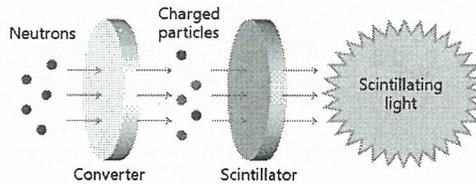
### 1. 서론

본 연구에서는 광섬유 중성자 센서를 개발하기 위해, 필요한 중성자 센싱 물질에 대한 특성을 분석하였다. 중성자는 중성자와 반응하여 입자선을 방출하는 10B, 6Li, 3He 등의 전환체를 이용하여 측정할 수 있다. 전환체에서 방출되는 입자선들은 이온전리함이나 타 방사선 계측기를 이용하여 측정할 수 있으나, 본 연구에서는 신호의 장거리 전송이 유리하고 초소형으로 제작할 수 있는 광섬유 방사선 센서를 채택하였다. 방사선 계측에 있어 광섬유 방사선 센서는 고분해능 측정 가능, 실시간 계측 가능, 절대 방사선량 계측 가능, 온도, 압력 등으로부터의 계측 독립성, 계측 안정성 및 재현성 등의 장점이 있다.[1]

### 2. 본론

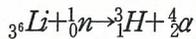
#### 가. 이론적 배경

광섬유 방사선 센서는 주로 섬광체, 광섬유, 광 계측장비로 구분된다. 특히 중성자 계측을 위한 광섬유 방사선 센서는 <그림 1>과 같이 섬광체 주위에 전환체를 두어 중성자와 반응하여 전환체에서 발생하는 입자선과 섬광체와의 반응으로 발생하는 섬광량 계측을 그 기본원리로 한다.



<그림 1> 섬광체를 이용한 중성자 계측의 원리

중성자는 그 에너지에 따라 크게 열중성자와 속중성자로 분류할 수 있으며, 각각의 중성자에 반응하는 전환체로는 10B, 6Li, 3He과 232Th 등이 있다. 본 연구에서는 손쉽게 다룰 수 있고 안정적인 6LiF를 전환체로 이용하여 열중성자를 측정하였다. 6Li은 아래 수식과 같이 열중성자와 반응하여 α선을 방출한다.



섬광체는 크게 유기섬광체와 무기섬광체로 구분되며, 필요에 따라 선택하여 사용할 수 있다. 본 연구에서 전환체로부터 발생하는 α선을 검출하기 위해 사용된 섬광체는 파우더 형태의 무기섬광체인 ZnS:Ag이다. ZnS:Ag는 주로 α선과 반응하여 최대 파장이 455 nm인 섬광을 방출한다.

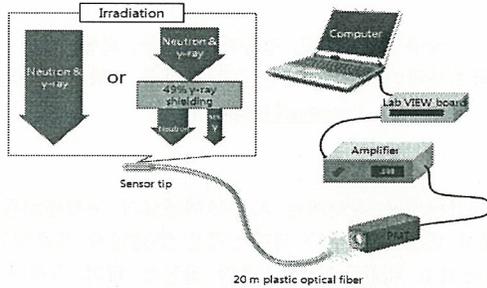
#### 나. 실험장치 구성

<그림 2>는 ZnS:Ag 섬광체 특성평가를 위해 중성자와 감마선이 6:1 비율로 조사되는 원자력병원의 사이클로트론을 이용한 실험 장치 구성을 그린 것이다. 중성자 및 감마선에 의해 섬광체에서 발생하는 섬광은 20 m길이의 광섬유를 통해 광증배관-증폭기 시스템으로 전달되고 전기 신호로 변환·측정된다.

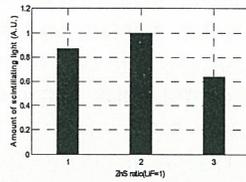
### 3. 결과 및 논의

원자력병원의 사이클로트론을 이용하여 ZnS:Ag 섬광체 특성을 평가한 결과를 <그림 3>에 정리하였다. 본 실험에서는 전환체로 6LiF를 사용하였으며, 6LiF와 ZnS:Ag의 적정 혼합비율 및 중성자와 감마선의 구분능력을 평가하였다. <그림 3-(a)>를 살펴보면, 6LiF와 ZnS:Ag를 1:2의 비율로 혼합하였을 경우 가장 많은 섬광량이 검출되었음을 알 수 있다. 후속실험은 이 결과에 따라 동 비율로 진행하였다. <그림 3-(b)>는 납을 이용하여 감마선의 비율을 49% 감소시켜 측정된 결과를 이용하여 중성자와 감마선의 비

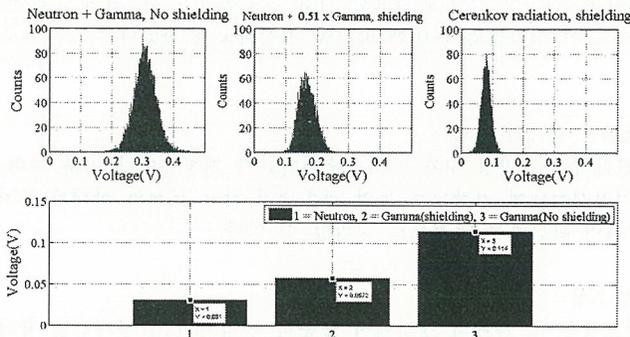
을 계산한 결과이다.



<그림 2> ZnS:Ag 섬광체 특성평가를 위해 원자력병원의 사이클로트론을 이용한 실험 구성



(a)



(b)

<그림 3> 원자력병원의 사이클로트론을 이용한 ZnS:Ag 섬광체 특성평가 실험 결과

ZnS:Ag의 경우 주로  $\alpha$ 선과 반응하나 중성자-감마선의 혼합영역에서 감마선에 의해서도 섬광빛을 방출하므로 감마선에 의한 영향을 제거해야만 중성자에 의한 섬광량만을 측정할 수 있다. 중성자가 납에 의해 감쇄되지 않는다는 가정 하에 차폐 없이 측정한 결과에서 감마선을 49% 차폐한 결과를 감해주면 49% 감마선에 의한 섬광량을 구할 수 있으며 비례식을 이용해 100% 감마선에 의한 섬광량을 계산할 수 있다. 그러므로 차폐 없이 측정한 결과에서 100% 감마선에 의한 섬광량을 감해주면 중성자에 의해 발생된 섬광량을 구할 수 있다. 실험결과, ZnS:Ag의 경우, 중성자에 의해 6LiF에서 발생된  $\alpha$ 선과도 반응하지만, 감마선에도 민감하게 반응하는 것을 확인할 수 있다.

#### 4. 참고문헌

[1] D. H. Cho, et al, "Measurements and comparisons of PDDs using ion chamber and fiber-optic dosimeter irradiated by high energy photon beam," J. of the Korean Sensors Society 18(2) pp.173-178, (2009).

#### 사사

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국과학재단의 원자력기술개발사업으로 지원받았습니다.(과제번호:M20806000028-08B0600-02810)