

ZnS(Ag) 섬광체를 이용한 알파선 검출용 센서 제조 및 특성 평가

서범경 · 박찬희 · 이동규 · 이근우
한국원자력연구원
E-mail: bumja@kaeri.re.kr

중심어 (keyword) : ZnS(Ag) 섬광체, 알파선, 센서, 오염도, 에폭시

서론

현재의 과학 기술은 다양한 분야의 기술적 융합을 통하여 발전하고 있으며, 방사선 계측기 개발 분야에서도 이러한 기술적 융합을 통하여 새로운 계측 시스템의 개발이 진행되고 있다. 최근에는 미래의 통신 수단으로서 가장 기대되는 것 중의 하나인 광섬유를 이용하여 원자력분야에 적용하고자 하는 시도가 많이 이루어지고 있다[1, 2]. 광섬유는 주파수 대역폭이 넓고, 감쇠비율이 작으며, 가볍고, 전자기적인 방해가 작기 때문에 이상적인 신호전송용 수단으로 각광을 받고 있다. 특히 이러한 광섬유는 사람의 접근이 어려운 시설에서 장거리 측정이 가능하고, 좁고 협소한 공간에서 실시간으로 지속적인 측정이 가능한 검출 시스템을 개발하기 위하여 많이 이용하고 있다.

이전의 연구[2]에서 전송용 광섬유를 이용하여 방사선 오염도 측정 검출기를 보다 안전하고, 간편하게 측정하기 위한 원격 측정이 가능한 센서를 제조하여 알파선 검출 가능성을 평가하였다. 본 연구에서는 실제 알파선 검출시의 ZnS(Ag) 섬광체를 이용한 센서의 알파선 검출용 섬광층의 제조조건에 따른 검출 성능을 평가하고 제조조건을 확립하였다. 확립된 조건을 바탕으로 광섬유를 결합시킨 일체형의 센서를 제조하여 알파선 검출 성능 및 광섬유를 이용한 원격 신호전송 성능을 평가하였다.

재료 및 방법

센서의 지지체는 투명 에폭시 수지(YD-128, 국도화학)와 경화촉진제 (D-230, 국도화학)를 이용하여 batch 당 에폭시 수지(50 g)에 대하여 경화제(5 ~ 20 g)의 양을 변화시키며 지지체를 제조하였다. 지지체로서의 안정성을 평가하기 위하여 기계적 강도를 측정하였으며, 광도관으로서의 투명도 평가를 위해 가시광선 영역에서의 투과도를 측정하였다.

알파선 검출용 섬광체는 장비의 틈새와 같은 좁은 구역의 오염도를 측정하기 위하여 알파선에 대한 섬광 효율이 우수하고 얇게 도포하여 소형으로 제조가 가능한 분말형의 무기섬광체인 ZnS(Ag)를 선정하였다. 알파선 검출용 섬광층은 분말의 ZnS(Ag)를 에폭시 수지 혼합물과 일정비율 섞어 고형화시킨 후, 그 위에 다시 에폭시 수지 혼합물(light guide 역할)을 붓고 경화시켜 제조하였다.

협소한 구역에서 오염도를 원격으로 측정하기 위한 검출 센서는 원격 신호전송용 광섬유와 지지체 역할의 에폭시 수지를 일체형으로 결합하여 제작하였으며, 에폭시 수지 등으로 제조된 혼합물이 고형화되기 전에 광섬유를 삽입하여 상온에서 경화시켜 일체형으로 제조하였다.

제조한 섬광층의 알파선 검출에 대한 최적 두께를 결정하기 위하여 섬광층의 면밀도를 변화시키면서 제조하고, 알파선의 검출 성능을 평가하여 최적 조건을 도출하였다.

결과 및 고찰

알파선 검출용 ZnS(Ag) 섬광층의 최적 두께를 결정하기 위하여 섬광층의 두께 변화에 따른 알파선 에너지 흡수 과정을 MCNPX를 이용하여 모사하였다. 알파선의 에너지는 평균 에너지인 5 MeV로 정하였고, 섬광층의 기하학적 조건은 실제 제조한 모양과 동일하게 유지하였다. ZnS(Ag) 섬광층의 면밀도를 5에서 40 mg/cm²로 변화시키면서 알파선의 반응확률을 계산하였다.

모사한 결과, 섬광층의 면밀도가 25 mg/cm² 일 때, 알파선의 에너지 흡수가 거의 최대가 된다는 것을 확인하였다. 실제 섬광층 내부에 흡수된 알파선의 에너지는 광으로 전환된 후에 섬광층 외부에 위치한 광계수 장치에 도달하여 계수되기 때문에, 알파선의 최대 검출 효율은 전체의 에너지가 흡수된 섬광층 두께보다는 작은 것으로 예상되며, 실제 섬광층에서의 알파선 검출 효율을 평가하기 위하여 면밀도를 각 10, 15, 20, 25 mg/cm²로 변화시키면서 센서를 제조하였다.

섬광층의 제조조건에 따른 검출효율을 평가하기 위하여 알파선 표준선원인 Am-241을 이용하였으며, 측정 조건은 섬광층 전면에 알파선원을 배치한 후에 검출 효율을 평가하였다. 본 연구에서는 고유검출효율을 평가하였으며, 이는 섬광층 내부로 들어온 알파선 중에서 실제로 검출된 양을 평가하는 것으로서, 일반적인 검출 효율은 측정의 기하학적 조건에 따라 변하기 때문에 섬광층 자체의 성능을 평가하기 위하여 고유검출효율을 평가하였다.

알파선 오염도 측정용 검출소재의 ZnS(Ag) 면밀도 15 mg/cm² 일 때 가장 우수한 알파선 검출 성능을 나타냈으며(그림 1), 이는 실제 섬광층 내부에서 변환된 섬광들이 불투명한 섬광층을 투과하여 광계수장치에 도달하여야 하기 때문에 실제 전체 에너지가 흡수되는 섬광층 두께인 25 mg/cm²보다는 작은 면밀도에서 최대 검출 효율을 보인다는 것을 알 수가 있었다.

제조조건(면밀도 15 mg/cm²)에 의하여 도출된 센서를 이용하여 광섬유 결합형의 일체형 센서를 제조하였으며, 광섬유의 기하학적 조건에 따른 알파선 검출 신호의 전송 성능을 평가하였다.

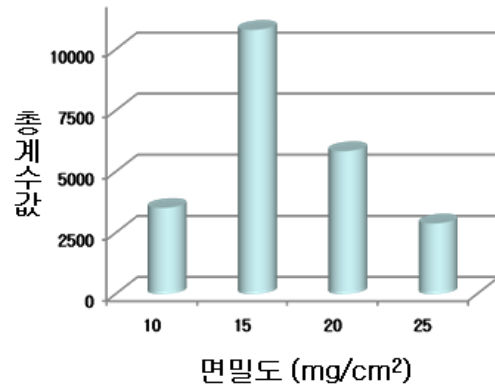


그림 1. 섬광층의 면밀도 변화에 따른 알파선 계수치 비교.

결론

원자력시설 내부의 장비 틈새와 같이 오염도 측정이 어려운 구역의 알파선 오염도 측정이 가능한 소형의 ZnS(Ag) 섬광체 센서를 제조하여 성능을 평가하였다. 알파선 검출용 섬광층은 15 mg/cm²인 경우 가장 우수한 알파선 검출 성능을 보였다. 또한, 원거리 신호전송이 가능한 섬광체-광섬유 일체형의 센서를 제조하여 원거리 신호 전송 성능을 평가하여, 원자력 시설의 오염도 측정 시 작업자의 안전성을 확보할 수 있는 센서 제조 기술을 확보하였다.

참고 문헌

- [1] R. Van Green, "Optical Fibere Sensing and Systems in Nuclear Environments" Proceeding of SPIE, Vol 2425, Mol, Belgium (1994).
- [2] 서범경, 박찬희, 이동규, 이근우, "광섬유를 이용한 알파선 원격 측정용 ZnS(Ag) 무기섬광체 센서 개발", 2008년도 대한방사선방어학회 추계학술발표회, 11. 20-21 (2008).