

해체 대상 고방사능 시설의 오염도 원격 측정용 ZnS(Ag)/plastic phoswich 검출기 제조 및 특성 평가

서범경, 이보람, 이근우

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

bumia@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력시설의 개선·보수 또는 해체 시에는 시설 내부 및 기기들에 대한 정확한 방사선학적 오염 특성을 평가해야한다. 특히, 핵연료주기시설과 같은 고방사능 시설의 경우는 방사선량이 높기 때문에 작업자의 접근이 어렵고, 공간이 협소하여 기존의 검출기를 이용하여 오염도를 직접 측정하기는 어렵다. 이러한 이유로 고방사능 오염시설의 경우는 주로 smear 시료를 채취하여 실험실에서 계수하는 간접법을 이용하여 오염도를 측정하고 있으며, 간접법의 경우는 전이성 오염만 측정이 가능하기 때문에 시설 내부의 총오염도는 측정할 수 없는 단점이 있다.

고방사능 구역의 오염도를 원격으로 직접 측정하기 위하여 섬광체와 광섬유를 이용한 센서를 제조하여 알파선 또는 베타선 등을 측정할 수 있는 검출기를 개발하였다[1-3]. 이들 검출기들은 측정하고자 하는 방사선에 대응하는 섬광체를 사용하였고, 원거리 신호 전송을 위하여 플라스틱 광섬유를 사용하였다.

본 연구에서는 고방사능 구역에서 알파선과 베타선의 오염도를 원격으로 동시에 측정할 수 있는 검출소재를 개발하였다. 검출소재는 알파선 측정용 ZnS(Ag) 섬광체와 베타선 측정용 플라스틱 섬광체를 이층으로 결합하고, 에폭시 지지체에 광섬유를 삽입하여 측정 및 신호 전송이 동시에 가능한 일체형으로 제조하였다. 제조한 검출소재의 광학적 특성 및 방사선학적 특성을 평가하였고, 알파선과 베타선의 동시 측정 및 신호 전송 특성을 평가하였다.

2. 본론

2.1 섬광층 및 광섬유 지지체

오염도 측정용 센서의 지지체는 광도관으로서의 투명성과 신호 전송용 광섬유를 지지할 수 있는 기계적 강도가 요구된다. 특히, 방사선과의 상호작용에 의하여 생성된 섬광이 광섬유로 이동하는 과정에서 지지체 내부의 기포에 의한 산란을 최소화하기 위하여 제조 시에 기포의 발생이 최소화되어야 한다. 이

러한 조건을 만족시키기 위하여 에폭시 수지의 함량을 변화시키면서 지지체를 제조하였다.

지지체로서의 안전성을 평가하기 위하여 기계적 강도를 측정하였으며, 광도관으로서의 투명도는 가시광선 영역에서의 투과도를 측정하였다. 또한, 방사능 오염도 측정 시에 잡음으로 작용할 수 있는 에폭시 지지체 자체에서의 가시광선 영역에서의 발광 특성을 평가하였다.

2.2 베타선 검출용 플라스틱 섬광층

경화촉진제에 베타선 측정이 가능한 섬광체인 제1용질인 2,5-diphenyloxazde (PPO)와 wave shifter인 제2용질 1,4-bis[5-phenyl-2-oxazol]benzene (POPOP)를 첨가하여 투명한 에폭시 수지와 혼합하여 섬광검출 소재를 Fig. 1과 같은 형태로 제조하였다. 에폭시 수지와 경화제의 함량을 변화시키며 투명도, 경화속도, 기계적 강도 등을 분석하여 최적의 혼합비율을 정하고, 유기섬광체의 함량을 변화시켜 투과도 및 발광량을 평가하여 최적의 제조조건을 도출하였다.

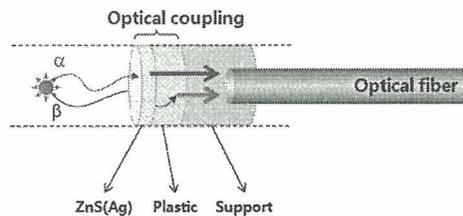


Fig. 1. Phoswich detector for the simultaneous counting of .alpha- and beta particles.

2.3 알파선 검출용 ZnS(Ag) 섬광층

알파선 검출이 가능한 섬광층은 Fig. 1과 같이 알파선 계수용 무기섬광체 ZnS(Ag)를 플라스틱 섬광층 위에 도포하여 제조하였다. ZnS(Ag) 섬광체는 분말 상태로만 존재하기 때문에 투명한 섬광체와 달리 알파선의 에너지를 충분히 흡수하고, 섬광을 광섬유

로 전송하기 위하여 섬광층의 두께 조절이 중요하다. 섬광층의 두께를 결정하기 위하여 Fig. 2와 같이 MCNPX 전산코드를 이용하여 모사하였다. 알파선의 에너지는 평균 에너지인 5 MeV로 정하였고, 섬광층의 기하학적 조건은 실제 제조한 모양과 동일하게 유지하였으며, ZnS(Ag) 섬광층의 면밀도를 5에서 40 mg/cm²로 변화시키면서 알파선의 반응확률을 계산하여 알파선의 에너지를 최대로 흡수할 수 있는 두께를 결정하였다. 결정한 최대 두께를 근거로 하여 실제 섬광층을 제조하여 알파선의 검출이 최대가 되는 섬광층 두께를 결정하여 실험 조건을 선정하였다.

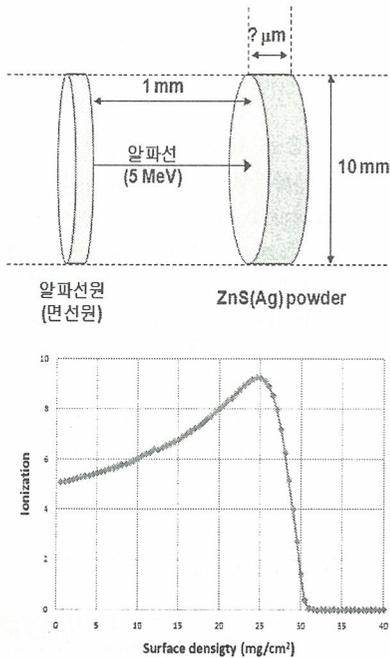


Fig. 2. The simulation condition of the alpha particle detection for determination of the optimal layer thickness and absorption curve of the alpha particles in the counting material.

3. 결론

핵연료주기시설과 같은 고방사능 시설의 해체에 요구되는 알파선과 베타선의 오염도를 원격으로 측정할 수 있는 검출소재를 개발하였다. 투명 에폭시 지지체에 알파선 측정용 ZnS(Ag) 섬광층과 베타선 측정용 플라스틱 섬광층을 이층으

로 배치하여 알파선과 베타선을 동시에 측정할 수 있으며, 원거리 신호전송이 가능한 광섬유를 일체형으로 결합하여 신호 전송효율을 높일 수 있었다. 이러한 원격 측정용 검출소재는 고방사능 시설의 오염도 측정 시에 작업자의 안전성을 확보할 수 있으며, 현장에서 신속한 오염도 측정이 가능하다.

4. 참고문헌

[1] S. Usuda, "Development of ZnS(Ag)/NE102A and ZnS(Ag)/Stilbene phoswich detectors for simultaneous α and $\beta(\gamma)$ counting", J. Nucl. Sci. Tech. 29, pp.927-929 (1992).

[2] S. Usuda, K. Yasuda, and S. Sakurai, "Simultaneous counting of radiations emitted from actinides with improved phoswich detectors by applying optical filters", J. Alloys and Compounds 271, pp.58-61 (1998).

[3] K. Yasuda, S. Usuda, and H. Gunji, "Development of scintillation-light-transmission type phoswich detector for simultaneous alpha- and beta-(gamma) ray counting", IEEE Trans. Nucl. Sci. 47(4), pp. 1337-1340 (2000).