

PSD 방법을 이용한 오염도 측정용 ZnS(Ag)/BC-408 phoswich 검출기의 알파/베타선 분리도 시험 및 성능 평가

김계홍 · 서범경 · 박진호 · 정종현 · 이근우

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

ghkim@kaeri.re.kr

원자력연구시설의 해체 시 발생하는 폐기물의 처분 및 재활용을 위해서는 정확한 방사선학적 인 오염 특성이 평가되어야 한다. 또한, 방사선 관리 측면에서 원자력시설 해체와 더불어 발생되는 방사성 폐기물은 해체 작업 중에 작업자들의 방사선 피폭과 방사성 물질의 환경으로의 방출 가능성이 있기 때문에 철저한 방사선학적인 측정 및 평가가 요구되고 있다. 그러나 내부가 오염된 배관류와 같은 측정 대상은 기존의 측정 방법으로는 한계점을 가지고 있다. 서베이미터(survey meter)와 같은 장비를 이용하여 표면오염을 직접 측정하는 직접법의 경우는 장비를 배관 내부로 넣어서 직접 측정할 수가 없으므로 외부에서 오염도를 측정해야 하지만 알파와 베타선과 같은 경우에는 배관 자체에 의한 흡수에 의하여 외부에서 오염도를 측정할 수가 없다. 또한, 스메어 매질을 이용하여 시료를 채취하여 오염도를 측정하는 간접법의 경우도 배관 내부의 시료를 채취하기 위하여 배관을 절단하고 시료채취를 하여야하는 등 많은 문제점을 가지고 있다. 그러기 때문에 이러한 문제점을 해결하기 위하여 배관 내부의 알파/베타선 오염도를 직접 측정할 수 있는 장비 개발의 일환으로서 플라스틱 섬광체와 ZnS(Ag) 섬광체를 이용하여 배관 내부 알파/베타 동시 측정용 검출기를 제작하여 최적 조건 확인하고 그 특성을 평가하였다.

본 연구에서는 배관 내부 표면의 알파 및 베타선을 측정하기 위하여 그림 1과 같이 플라스틱 섬광체와 ZnS(Ag) 섬광체를 하나의 광전자증배관에 적용하여 검출기를 구성하였다. 검출기 제작에 사용된 베타선 검출용 플라스틱 섬광체는 최대 발광 파장이 425nm인 BC-408을 이용하였으며 알파선 검출 소재는 0.25mm의 polyester 플라스틱 필름에 두께 3.25 mg/cm²의 ZnS(Ag)를 코팅한 EJ-440 사용하였다.

알파선과 베타선이 공존하는 혼합방사선장에서는 알파선과 베타선을 분리하여 측정하여야 한다. 알파선과 베타선의 분리는 각각의 섬광체내에서 만들어지는 섬광 오름 시간이 다르기 때문에 일어나는 효과를 이용하는 파형분별(PSD:pulse shape discrimination) 방법을 이용하였다. 즉, 베타(감마)선이 알파선보다 섬광 오름 시간이 빠르기 때문에 알파와 베타선 신호 사이의 시간 차이를 측정하여 파형을 판별한다. 파형판별의 정도를 나타내는 방법에는 여러 가지가 있으나, 본 연구에서는 각각의 신호에 대한 피크 사이의 간격과 반치폭의 합으로 표현되는 FOM(figure of merit) 값을 사용하여 파형판별정도를 평가하였다.

배관 내부의 알파/베타 동시측정용 검출기의 최적 조건을 확인하기 위해 다음과 같은 평가를 수행하였다. 첫째, 플라스틱 섬광체 두께에 따른 베타선 검출 효율을 확인하기 위하여 플라스틱 섬광체의 두께를 변화시키면서 알파/베타(감마)선 검출 성능 및 분리도를 평가하였으며 이 검출시스템의 크기를 결정지을 수 있는 플라스틱섬광체와 ZnS(Ag) 섬광체 사이의 거리 그리고 원통형 ZnS(Ag) 섬광체의 직경에 따른 검출 성능을 평가하였다. 검출기 성능 평가를 위하여 방사선원은

^{241}Am , $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 을 이용하였으며 직경 55mm인 원통형 고분자 필름 내부에 도포하여 600 초 동안 측정하였다.

제작된 검출시스템의 ^{241}Am 과 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 에 대한 파형스펙트럼은 그림 2와 베타/감마선에 대한 파형 스펙트럼의 피크는 1,791 channel (1.221 nsec/channel)이며 알파선의 경우에는 1,908 channel 에서 나타났다. FOM 값은 약 2.7에서 3.2 사이의 값을 나타냈는데 현실적으로 PSD 시스템에서 각기 다른 방사선 형태의 완전분리가 불가능 하지만 FOM값이 1.5 이상이 되면 파형의 분리가 완전히 된 것으로 간주한다. 그리고 감마선이 베타선 신호에 미치는 영향, 원통형 ZnS(Ag) 섬광체의 직경에 따른 검출 성능, ZnS(Ag) 섬광체와 플라스틱섬광체 입사창 거리에 따른 성능을 확인할 수 있었다. 배관 내부와 같은 국소 지역의 오염도를 측정하기 위하여 배관 내부에 검출 시스템을 장착하여 알파/베타선에 의한 검출 특성을 평가하였다. 이 과정에서 배관 내부와 같이 접근이 곤란한 국소 지역의 알파/베타선을 동시에 측정할 수 있는 검출기 개발 가능성을 확인하였으며 이 시스템을 자동 이송장비와 결합할 경우 작업자의 안전성 확보 및 작업 시간을 단축할 수 있는 원격장치 개발이 가능할 것으로 판단된다.

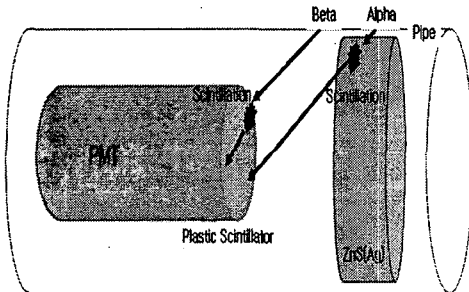


그림 1. 배관 내부 알파/베타선 동시측정 검출 시스템 구성도

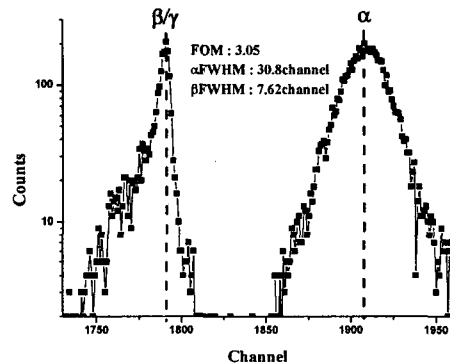


그림 2. ^{241}Am 과 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 에 대한 검출기의 파형스펙트럼