

WDS 계수율 및 빔전류 감시 소프트웨어 개발

권형문, 이형권, 오완호, 손영준, 김성근, 김도식
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
django@kaeri.re.kr

1. 서론

SEM-WDS는 다양한 분야에서 활용되고 있는 대표적인 국부 정량분석 장비로 가압경수로 사용 후핵연료 연소성능의 중요 지표 중 하나인 Xenon 원소의 거동을 분석하는데 필수적인 장비이다. 화합물을 형성하기 어려워, 표준시편 제작이 불가능한 Xenon과 핵비확산 측면에서 민감한 물질인 Plutonium을 SEM-WDS로 정량분석하기 위해서는 표준시편을 사용하지 않고(Standardless) 분석할 수 있는 기술 개발이 요구된다.

Standardless 분석법은 주로 SEM-EDS 분석에 활용하던 방법이다. 이를 SEM-WDS에 적용하면 EDS에 비해 탁월한 분해능으로 표준시편의 취득이 어려운 원소에 대한 정량분석이 가능하게 된다. 더욱이 EDS로는 고선량의 사용후연료 시험은 불가능할 뿐만 아니라, 핵분열생성물과 같은 1% 이하의 미세 원소 분석이 어렵다.

한국원자력연구원 조사후연료시험시설에 설치된 차폐형 전자현미경은 Philips XL-30 기종으로 빔전류와 WDS 계수율 측정이 분리된 소프트웨어로 처리되어 두 측정값이 동기화되지 않는다. 이를 해결하기 위해 LabView로 빔전류 및 계수율을 동시에 감시하고, 데이터를 일괄처리할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

2. 본론

2.1 WDS 분석 방법

WDS 정량분석을 위해서, 시료에서 X선을 측정하기 전/후에 Faraday cup에서 빔전류를 측정해야 한다. Faraday cup에서 측정한 빔전류와 시료에서 측정한 빔전류의 안정도를 평가하여 측정 데이터의 유효성을 평가하게 된다. 다음 그림은 WDS 측정 절차를 보여준다.

유효성의 평가를 위해 사용되는 기준값은 빔전류의 상대표준편차로 1% 이내일 때, 유효한 값으로 설정하였다. 최종 측정값은 피크계수율로 다

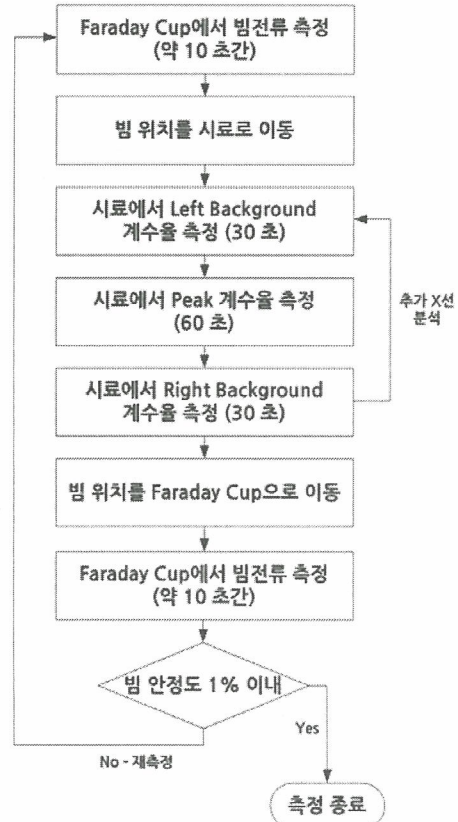


Fig. 1. WDS 분석 절차.

음과 같은 식에 의해 평가된다.

$$C = \frac{C_p - \left(\frac{C_{lb} + C_{rb}}{2} \right)}{I} \dots\dots\dots (1)$$

여기서,

C_{lb} : left background에서의 계수율, cps

C_{rb} : right background에서의 계수율, cps

C_p : peak에서의 계수율, cps

I : Faraday cup에서의 빔전류, nA

C : 피크계수율, cps/nA

피크계수율의 확장불확도값은 다음과 같은 식

으로 평가된다.

$$U = 2 \times \sqrt{\left(\frac{s_p}{\sqrt{t_p} \times I}\right)^2 + \left(\frac{s_{lb}}{\sqrt{t_b} \times 2I}\right)^2 + \left(\frac{s_{rb}}{\sqrt{t_b} \times 2I}\right)^2 + \left(\frac{C_p - \frac{C_{lb} + C_{rb}}{2}}{\sqrt{t_I} \times I}\right)^2} \quad (2)$$

여기서,

s_p : C_p 의 표준편차

s_{lb} : C_{lb} 의 표준편차

s_{rb} : C_{rb} 의 표준편차

t_p : 피크 측정시간

t_b : 배경계수 측정시간

t_I : Faraday cup에서의 빔전류 측정시간

2.2 사용자 환경

프로그램은 WDS 분석 데이터를 감시하고, 피크계수 및 불확도를 평가하는 주화면과 빔전류 측정용 Picoammeter의 제어화면, WDS 및 Picoammeter로부터 전달되는 정보를 감시하는 COM port monitor로 구성된다.

주화면 위상부에 실시간으로 계수율과 빔전류 값을 시각적으로 보여주는 그래프가 위치하고, 우하부에 측정종료후 평가결과를 보여준다. 또한 측정결과와 유효성을 평가하여 하단 상태바에서 적합/부적합 여부를 점멸 버튼으로 표시한다.

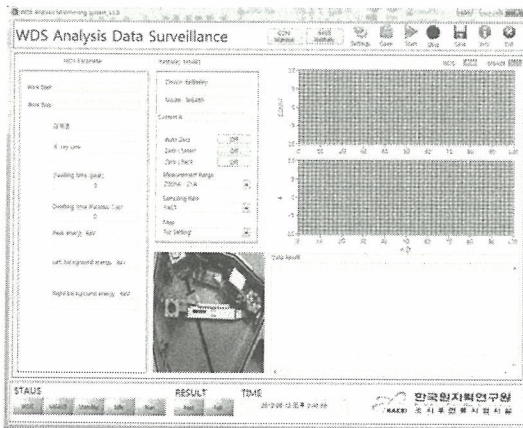


Fig. 2. 프로그램 주화면.

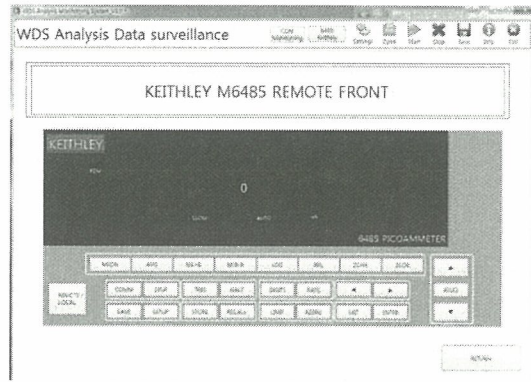


Fig. 3. Picoammeter 제어화면.

3. 결론

현재, 계수율 및 빔전류 감시 소프트웨어의 성능검사를 수행하고 있다. 성능검사는 T_e , S_b 등의 표준시료와 가압경수로 사용후핵연료 시료에 대해 수행하고 있다.

본 소프트웨어는 가압경수로 사용후핵연료의 Xe 거동 분석에 활용될 예정이며, 차폐형 전자현미경을 활용한 WDS 정량분석의 정밀도 향상에 도움이 될 것이다.