

극 저준위 노블가스 분석을 위한 백그라운드 저감화 연구

이완로 · 정근호 · 김희령 · 강문자 · 전인 · 이승일 · 최근식 · 금동권 · 이창우
한국원자력연구원
E-mail: petor@kaeri.re.kr

중심어 (keyword) : 백그라운드, 비례계수기, 역동시 회로, 가드검출기

서론

대기 노블가스 중 ^{85}Kr 및 ^{133}Xe 은 재처리시설뿐만 아니라 지하핵실험탐지의 지표핵종으로 알려져 있다. 특히 재처리 시 핵연료봉을 절단하는 과정에서 상당수의 불활성 기체가 대기로 방출되기 때문에 시설 주변 대기의 ^{85}Kr 농도는 일반 평균 농도보다 크게 나타난다. 또한 세계기상기구(WMO)에서는 ^{85}Kr 를 이상기후 예측을 위한 대기 순환 연구 및 이상기후의 원인자로서 지속적으로 모니터링해야 할 핵종으로 분류해 놓고 있다. ^{133}Xe 역시 핵분열로 인해 생성되며 전체 방사성 노블가스 중 90%를 차지한다[1]. ^{133}Xe 의 경우 반감기가 5.3일로 짧아 몇 개월 내에 미미한 수준의 농도로 감소하기 때문에 빠른 시일에 분석해야 정확한 결과를 얻을 수 있다. 대기 중에는 약 $1.14 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ 정도의 Kr이 존재하며, Xe 역시 $0.087 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ 정도로 공기 중에 극미량 이 존재하므로 보통 방사능 검출기로는 직접 방사능을 측정할 수 없고 백그라운드 저감화를 시킨 특수 극저준위 시스템을 이용해야 한다. 본 연구에서는 극 저준위 노블가스 분석을 위해서 비례계수기를 이용한 백그라운드 저감화 최적조건을 연구하였다.

재료 및 방법

비례계수기는 Kr 분석 검출기 및 Xe 분석 검출기가 각각 있으며, 백그라운드를 줄이기 위해서 가드(guard) 검출기로 구성하였다.

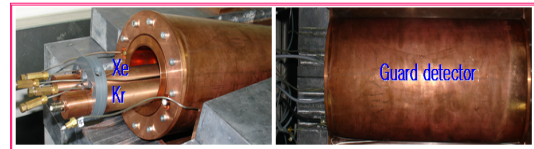


그림 1. 극 저준위 노블가스 분석용 비례계수기

그림 1에서 나타냈듯이 내부에 노블가스 측정용 비례수기 두개가 있고 외부에 백그라운드 제거용 가드검출기로 구성되어 있다. 위의 그림과 같이 구성했을 경우 가드검출기에 반응하고 내부의 제논 및 크립톤 검출기에 반응했을 경우 본 시스템에서는 백그라운드로 인식하여 제거하는 원리이다.

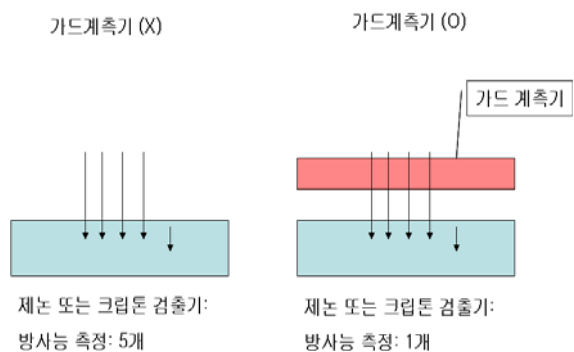


그림 2. 가드검출기를 이용한 백그라운드 저감 원리

그림 2에서 설명했듯이 만일 가드검출기가 없을 경우 내부검출기에서는 약 5개의 방사선이 들어온 것으로 측정하지만, 가드가 있을 경우에 4개는 백그라운드로 1개만 실제 방사선으로 인식하여 백그라운드를 저감화시키는 원리이다. 이렇게 가드검출기를 이용하여 측

정할 경우 백그라운드를 최적으로 저감화시키기 위해서 가드검출기와 반응하고 내부 검출기에 반응하는 시간등을 고려한 회로구성이 매우 중요하다. 그림 3에서는 백그라운드 저감화를 위한 회로 구성도를 보여주고 있다. 그림 3에서 나타냈듯이 적절한 백그라운드 저감화를 위해서는 검출기 1(Det #1) 및 검출기 2(Det #2)는 각각 Guard 검출기와 역동시 회로를 구성해야 하며 동시에 적절한 증폭기 이득 및 LLD(Low level discriminator)를 설정해야 한다. 또한 delay시간과 펄스를 확장이 필요하다. 그림과 같이 구성된 회로를 이용하여 백그라운드 최적조건을 찾기 위해서 각각의 파라미터를 조정하고 이를 통해서 각각의 백그라운드 저감율을 측정하였다.

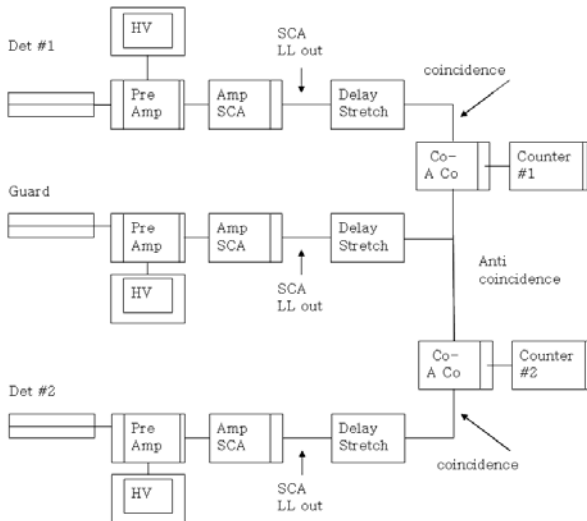


그림 3. 백그라운드 저감화를 위한 회로도

결과 및 고찰

검출기 부분의 회로와 가드 검출기 회로를 각각 조정 한 후 그 다음에 연동된 회로를 조정하여 최종 최적 파라미터를 설정하였다. 먼저 검출기 파라미터를 보면 다음과 같다. 검출기 파라미터에서는 지연회로에서 20 μsec 의 신호의 지연 및 3 μsec 의 신호확장을 하였다. 또한 주 증폭기에서는 신호증폭을 50배 및 LLD를 0.4 V로 설정하였다. 가드 검출기의 경우는 신호의 지연없이 확장을 100 μsec 이상을 하였으며, LLD를

0.1 V로 설정하여 백그라운드를 저감화하였다. 그림 4에서는 가드 검출기의 신호처리 방식을 보여주고 있다. 그림 4에서 나타냈듯이 지연회로에서 지연없이 100 μsec 이상의 확장이 필요했다. 그 이유는 가드검출기에 반응하고, 내부검출기에 동시에 검출했을 경우 백그라운드로 처리하는 역동시회로를 위해서 필요하다. 너무 짧게 설정할 경우는 백그라운드 신호인데 실제 신호로 잘못판단 할 수 있고 너무 길게 했을 경우에는 검출기에서 생성된 신호인데 백그라운드 잘못 판단할 수 있기 때문에 100 μsec 가 가장 적절하였다. 이렇게 최적조건을 설정하여 구성했을 경우 1 cpm이하로 측정되었으며, 가드검출기를 이용하지 않았을 경우보다 1/30배 이상 백그라운드가 저감화되었다.

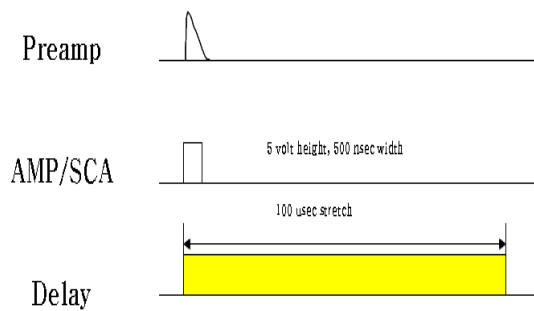


그림 4. 가드검출기 신호처리 방식

결론

가드검출기를 이용한 역동시 회로 및 최적신호처리 조건을 통해서 1 cpm이하의 백그라운드를 달성했으며 저감화된 시스템을 이용했을 경우에 최소검출농도(MDA)를 약 5.5배 이상 향상시켰다. 최소검출농도 향상을 통해서 극 저준위 대기 노블가스 중 Xe 분석에 매우 유용하게 이용할 수 있었다.

참고 문헌

1. 한국원자력연구원, 대기 중 Kr-85 분석기술 개발, (2004).