

헬륨 계수관을 이용한 중성자 발생장치의 중성자 수율 측정

송병철, 임희정, 하장호, 박용준

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150

nbcsong@kaeri.re.kr

D-D 핵반응에 근거를 둔 중성자 발생장치는 2.5 MeV의 단파장을 갖는 중성자를 내기 때문에 좁은 에너지 영역의 깨끗한 열중성자를 얻을 수 있으며, 중성자 발생장치의 D-D 핵반응은 ${}^2_1H + {}^2_1H = {}^3_2He + {}^1_0n + 3.27 MeV$ 와 ${}^2_1H + {}^2_1H = {}^1_1H + {}^3_1H + 4.04 MeV$ 로서 일어난다. D_2 가스가 고주파에 의하여 생성되는 플라즈마에 의하여 D^+ 이온이 생성되고 고전압으로 가속되어 티타늄 표적에 이식되는 동시에 충돌을 일으켜 핵반응에 의해 중성자가 발생된다. 발생하는 중성자 속은 이온빔의 전류 와 가속 전압의 세기에 따라서 달라지며, 본 연구에서 사용된 중성자 발생장치는 수 mA의 빔 전류 와 100 kV 이하의 가속 전압을 사용하였으며, 발생하는 중성자 속은 1×10^8 n/s 이하이다.

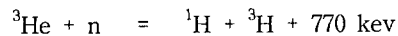
- D-D 중성자 발생장치

중성자 발생장치는 중성자를 발생시키는 선원부분과 HV 전원공급장치, RF 공급 및 접화장치 등이 필요하고 보조 장치로서 HV 냉각 시스템 과 진공 펌프 시스템이 필요하다. 가속장치 와 고출력 장수명 RF 유도 방출 플라즈마 발생장치의 단일 갭 사이에 고전압 차폐가 이루어지도록 하기 위하여 반도체 코팅 물질을 사용하였다.

플라즈마함은 열전도, RF 투명도 와 강도 때문에 Al_2O_3 를 사용하였으며, 고전압 연결부분은 완전히 차폐되어야하며, 중성자 발생장치 외부에 고전압이 누출되지 않도록 변압기 오일로 채워졌다. 표적물질은 구리 위에 티타늄을 부착시켰으며, 냉각수 와 고전압 전선이 이 연결점을 통하여 입력되게 되어있고, 표적을 감싸고 있는 부분은 표적에서 이차 전자를 유지하기 위하여 표적 보다 음극으로 편향 되었다.

- 헬륨 계수관

중성자 수율을 측정하기 위하여 헬륨 계수관이 이용되었으며, 헬륨 계수관은 열중성자와 반응하여 770 keV에서 열중성자 피크를 나타낸다.



D-D 핵반응에 근거를 둔 중성자 발생장치는 2.5 MeV의 단파장을 갖는 중성자를 내기 때문에 $E = 3/4 En$ 식에 의하여 1.875 MeV 이하에서 헬륨 리코일 피크가 나타난다.

Cf-252 중성자 선원을 기준 선원으로 사용하여 헬륨 계수관의 동작 전압이 설정 되었으며, 계수관의 검출 효율이 측정 되었다.

- 가속 전압 및 고주파 세기에 따른 이온 전류량의 변화

가속 전압이 40 kV ~ 80 kV로 변화할 때 수소이온 전류가 2 mA ~ 5 mA 까지 선형적으로 생성 되었으며, 또한 가속 전압 80 kV에서 고주파 세기에 따라서 이온 전류가 선형적으로 변화함을 확인하고, 최적 조건을 설정 하였다.

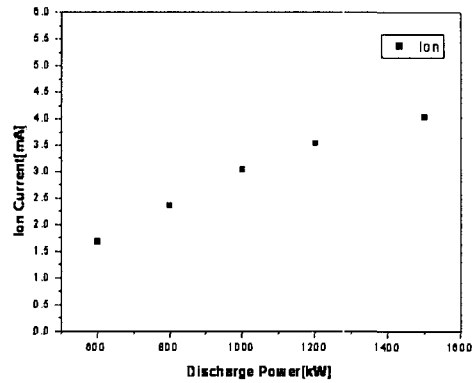
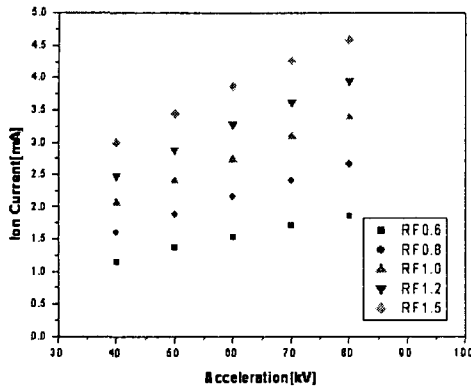


그림 1 가속전압 세기에 따른 이온전류량 변화 그림 2 RF 세기에 따른 이온 전류량 변화

- 중성자 수율 측정

D-D 중성자 발생장치에서 발생하는 중성자 수율을 측정하기 위하여 고주파세기 800 w, 가속 전압 80 kv에서 이온 전류량은 2.82 mA 이었으며, 헬륨 계수관으로 전 영역을 계수한 결과 5507 cps이었다. 또한 Cf-252 중성자 선원으로 구한 계수 효율은 9.1×10^{-4} 이었다. 이러한 결과로부터 계산된 D-D 중성자 발생장치의 중성자 속은 6.0×10^6 n/s으로 추정 되었다.

- 결론 및 향후 계획

D-D 중성자 발생장치에서 발생하는 중성자속을 헬륨 계수관을 이용하여 측정하였을 때 가속 전압 80 kv, 고주파세기 800 w 일 때 중성자 속은 6.0×10^6 n/s 로 계산되었으며, 가속전압 과 고주파 세기를 증가 시킴에 따라 중성자 생성량은 증가될것으로 사료된다.

향후 중성자 발생장치를 이용하여 방사성 폐기물 시료들에 대한 비파괴 성분원소 분석등에 적용될수 있을 것으로 기대된다.