

다중기체산란형 양성자 에너지 측정장치 제작

한상효^a, 조용섭

^a PEFP, Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, 305-600, Korea, twios96@hananet.net

1. 서론

양성자 가속기의 빔에너지는 일반적으로 Time of Flight 로 측정하고 있으나 RF 파워 등의 가속조건에 따른 에너지 분산, 평균에너지 변동 분석에는 표면장벽형 검출기와 같은 반도체 하전입자 검출기가 이용되고 있다[1,2]. 표면장벽형 검출기는 하전입자 포격으로 인한 손상과 신호처리 한계로 인해 허용 빔플럭스를 $10^5/\text{sec}$ 이하로 제한해야 한다. 본 연구에서는 다중기체산란을 이용한 양성자 에너지 측정장치를 제작하였으며 산란모의시험 및 진공특성시험을 수행하였다.

2. 양성자 에너지 측정 방법과 장치 제작

다중산란을 이용하여 RFQ 빔의 에너지와 전류를 동시에 측정할 수 있는 빔에너지/전류 측정장치를 설계 및 제작하였다. 이 장치는 Xe 기체산란실, 버퍼진공실, 콜리메이터, 표면장벽형 검출기(surface barrier detector), Faraday cup 등으로 구성되어 있다. 다중기체산란 에너지 측정장치는 고선속의 입사 양성자빔을 Xe 기체와 탄성충돌시켜 퍼지게 하고 이 양성자빔의 일부만을 콜리메이터에서 통과시켜 표면장벽형 검출기로 에너지를 측정하게 된다.

2.1 SRIM 양성자빔 산란 모의시험

그림 1 은 SRIM 시뮬레이터를 이용하여 양성자빔의 산란모의시험을 수행한 결과를 나타낸다. 본 모의시험에서 사용한 산란기체는 Xe 이며, 압력과 산란실 길이는 각각 10^{-3} atm., 1 m 로 하였다. 그리고 다중산란에 의한 빔의 발산을 증가시키기 위하여 고 원자번호 기체인 Xe 을 이용하였다. SRIM 의 출력데이터를 분석한 결과 양성자빔이 0.2 mm 직경의 콜리메이터를 통과할 확률은 0.03%로 나타났다. 그리고 통과한 양성자빔의 에너지 손실은 28 keV 이며 표준편차는 5.94 keV 로서 표면장벽검출기의 에너지 분해능보다 낮음을 알 수 있었다.

2.2 에너지 측정장치 제작

그림 2 는 양성자빔 에너지/전류 측정장치의 개략도를 나타낸다. 양성자의 에너지를 측정하기 위한 표면장벽형 검출기로는 Ortec CA-014-

100-1000 을 사용하였으며 이 검출기의 depletion 영역의 깊이는 1 mm 이다. Xe 기체의 유입량은 Dosing valve(LEYBOLD, EV 016 DOS AB)로 조절하도록 하였으며 Xe 기체산란실의 길이와 압력은 각각 1 m, 1 Torr 이다. RFQ 의 진공도는 10^{-6} Torr 이며 이로인한 Xe 기체산란실과의 압력 차이 문제를 해결하고 Xe 의 RFQ 유입을 방지하기 위하여 버퍼진공실을 두고 그 아래 진공펌프를 설치하였다. 버퍼진공실의 압력을 10^{-6} Torr 이하로 유지하기 위해 콜리메이터의 콘덕턴스를 계산하였으며 이에 따라 콜리메이터의 직경과 두께는 각각 0.2 mm, 2 mm 로 결정하였다.

양성자빔의 전류를 측정하기 위한 Faraday cup 은 에너지 측정장치의 전면에 설치되어 있으며 탄탈전극과 바이어스전극으로 구성되어 있다. 특히 탄탈전극은 입사 양성자에 대해 빔덤프 역할을 하게 되며 양성자빔에 의해 생성된 X-선을 자체적으로 흡수할 수 있도록 4 mm 두께로 설계하였다. Faraday cup 의 탄탈전극에는 양성자빔이 통과할 수 있도록 0.6 mm 직경의 구멍을 두었으며 이로 인한 빔전류 측정값의 오차는 10%미만으로 추정된다.

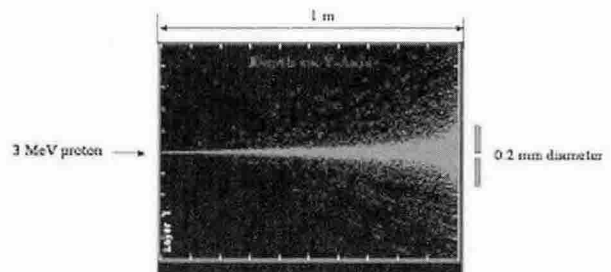


Figure 1. Gas scattering calculation by SRIM code.

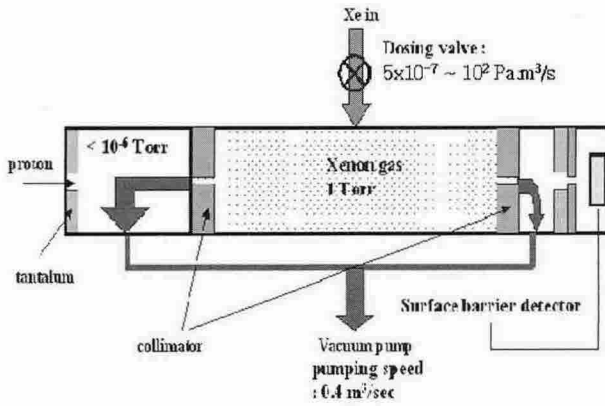


Figure 2. Schematic of the gas scattering energy monitor system.

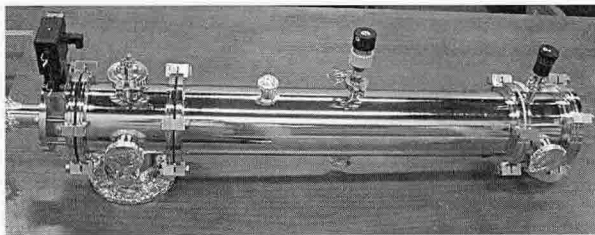


Figure 3. Energy monitor to measure the beam energy of the RFQ.

그림 3 은 제작된 에너지 측정장치를 나타낸다. 에너지 측정장치의 진공테스트를 수행한 결과 초기 배기 후 Dosing valve 를 개방하여 Xe 산란실이 1 Torr 로 안정되는데 2 시간이 소요됨을 알 수 있었다.

3. 결 론

PEFP 양성자빔의 에너지와 전류를 동시에 측정하기 위해 표면장벽형 반도체 검출기를 이용한 다중기체산란형 에너지 측정장치를 제작하였다. Xe 기체에 대한 SRIM 모의시험을 수행한 결과 3 MeV RFQ 후단에서의 양성자빔에 대해 1% 미만의 에너지 손실과 오차로 에너지 측정이 가능함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] J.P. Duke, D. J. S. Findlay, A. P. Letchford, J. Thomason, "Improved Results from the Gas Scattering Energy Spectrometer on the ISIS RFQ Test Stand", PAC 2003, Chicago, June 2001.
- [2] J.P. Duke, D. J. S. Findlay, et al., "Measurements of Beam Energy Using the Gas Scattering System in the ISIS RFQ Test Stand", EPAC 2002, France, June 2002.