

중이온빔을 이용한 ERD 분석 장치 개발

Construction of ERD analysis system using heavy ion beam

김석권, 김인중, 선광민, 변수현, 최희동

서울대학교
서울특별시 관악구 신림동 산56-1

요 약

서울대학교 기초과학교육연구공동기기원의 질량분석 이온빔가속기 (Accelerator Mass Spectrometer : SNU-AMS)의 -10° 빔포트에 ERD (Elastic Recoil Detection) 분석을 위한 빔라인과 표적함을 구성하였다. 현재 빔라인의 조립 단계에 있고, 표적함 및 부속 장치가 완비되면 ERD 분석을 위한 예비 실험을 수행할 것이다.

Abstract

The beam line and target chamber to be used for the ERD (Elastic Recoil Detection) analysis are constructed at -10° beam port of the Accelerator Mass Spectrometer (SNU-AMS) in the National Center For Inter-University Research Facilities of Seoul National University. Now the beam line is being installed, and the preliminary experiments for the ERD analysis will be performed.

1. 서 론

서울대학교에서는 1999년 초반에 기초과학교육연구공동기기원에 질량분석 이온빔가속기 (SNU-AMS : Accelerator Mass Spectrometer)를 설치하여 가동 중인데 [1], 현재로서는 탄소 이온빔의 질량분석에만 그 응용이 제한되고 있다. 따라서, 아직 이온빔 분석을 수행할 수 있는 장치는 마련되지 않고 있다. AMS 장치는 3 MV Tandatron으로 C-14의 연대측정을 위하여 도입되었으나, 이 가속기는 AMS 이외에도 다양한 이온빔의 종류와 에너지를 이용하기 위하여 다목적빔라인 (MPS : Multi-Purpose System)이 설치되어 있다. 이를 위해서 low-energy end에 두 종류의 이온원 - Duoplasmatron과 Sputtering 이온원 - 이 설치되어 있으며, high-energy end에 5개의 다목적 빔라인을 설치할 수 있는 포트가 마련되어 있다. 표 1은

Table 1. The specification of SNU-AMS.

Component	Specification
Terminal Voltage	0.4 - 3.0 MV - Stability $1.3 \times 10^{-2}\%$ (V_{pp}) at 2.25 MV - Ripple $0.8 \times 10^{-2}\%$ (V_{pp}) at 2.25 MV
High Energy Magnet	5 port split : +30°, +10°, 0°, -10°, -30° - Mass energy product : 285 AMU MeV (port $\pm 10^\circ$) 32 AMU MeV (port $\pm 30^\circ$)
Ion Source (beam current)	$^1\text{H}^+$ (10 μA), $^2\text{He}^{+2}$ (1 μA), $^{11}\text{B}^{+3}$ (10 μA), $^{16}\text{O}^{+3}$ (40 μA), $^{28}\text{Si}^{+3}$ (50 μA), $^{31}\text{P}^{+3}$ (20 μA), $^{58}\text{Ni}^{+3}$ (5 μA), $^{63}\text{Cu}^{+3}$ (5 μA), $^{197}\text{Au}^{+2}$ (15 μA), ...

SNU-AMS 가속기의 성능을 나타낸 것이다. 본 연구를 통해서 SNU-AMS 장치를 이용한 이온빔 분석법의 타당성을 확인하고 빔라인 및 표적함 설계 및 제작, 장착해서 이온빔 분석을 시행할 수 있을 것이다. SNU-AMS 장치를 이용할 경우 가속 정전압을 0.4 ~ 3.0 MV까지 달성할 수 있어서 낮은 에너지 영역에서 고에너지 영역까지 안정된 이온원을 바탕으로 균일한 빔 전류를 얻을 수 있게 된다. 가속정전압의 안정도는 2.25 MV에서 약 $1.3 \times 10^{-2}\%$ 정도로 아주 우수하다. 빔 전류는 Au^{2+} 이온의 경우에 15 μA 까지 얻을 수 있다.

2. 장치 구성

사진 1은 SNU-AMS 장치의 high-energy EQD (Electrostatic Quadrupole Doublet), X-Y electrostatic steerers 부분과 분석용 전자석을 나타낸 것이다. 사진의 왼쪽은 가속관으로 이어지고 분석용 전자석의 오른쪽은 사진 2로 이어진다. 사진 2의 오른쪽 두 번째 포트가 ERD 장치가 설치될 빔포트 부분이다. 그림 1은 장치 구성을 위한 빔라인 및 표적함의 위치를 나타낸 것



Photo 1. EQD and analysing magnet of SNU-AMS.

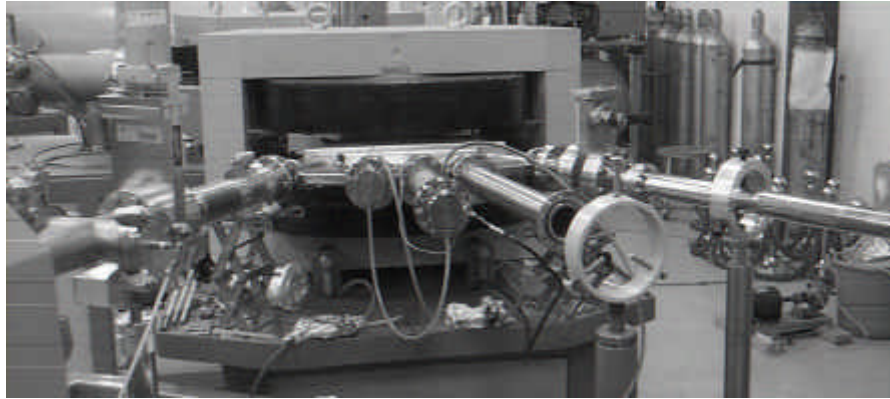


Photo 2. Analysing magnet and beam ports of SNU-AMS.

이다. 빔라인은 가속기의 빔포트에서 표적함까지 빔을 수송하게 된다. 빔포트는 SNU-AMS 가속기의 -10° 위치에 놓이게 된다. 빔라인 상에는 1) 가속기와 빔라인을 분리시키는 빔 shutter, 2) 진공도 측정을 위한 진공 게이지, 3) 이온빔 전류를 측정할 수 있는 Faraday Cup, 4) scintillation 형식의 BPM (Beam Profile Monitor), 5) 빔라인과 표적함을 분리시키는 pneumatic gate valve, 6) TMP port 등을 설계하여 제작·구매하였다.

SNU-AMS 가속기에서는 high-energy end에서 EQT를 이용해서 광학적으로 이온빔을 집속하고 magnet을 이용해서 목적하는 방향으로 이온빔을 수송하게 된다. EQT의 광학적 설정을 확인하기 위해서 빔라인 중간에 scintillation 카메라를 이용하여 가속기 가동 중에 on-line으로

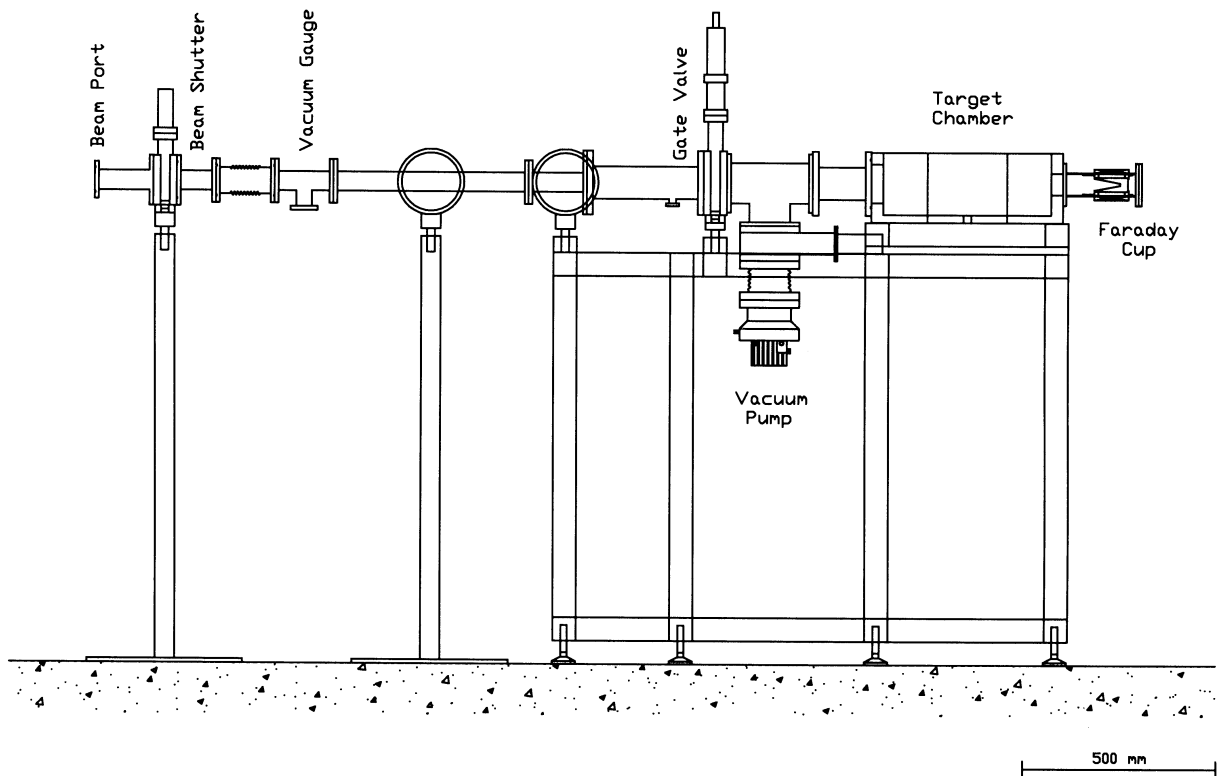


Fig. 3. Configuration of SNU-AMS-ERD beam line and target chamber.

빔의 모양을 관찰할 수 있게 하였다. 빔라인은 직경이 80 mm 정도이고 길이는 약 3 m 정도로 설계하였다. 그리고 빔라인의 전후에는 표적함을 개방하게 되는 작업시에 진공 파괴를 막기 위한 진공 shutter를 장착해서 진공을 적정 수준으로 유지할 수 있게 하였다. 또한 표적함 전단에 터보분자펌프 (TMP)를 장착하여 전체 진공도가 10^{-7} Torr 이하로 유지되도록 설계하였다.

표적함의 직경은 40 cm, 높이는 19 cm로 설계하였다. 표적함 내의 진공도를 충분히 유지하면서 표적함 하단의 조절 장치를 이용해서 표적의 각도, 검출기의 위치를 다양하게 설정할 수 있다. 표적함의 재질은 직경을 충분히 키울 수 있고 가공이 용이한 두랄루민 재료로 가공하였으며, 표적함의 진공도는 이온빔 실험에 적절한 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ Torr 정도에 이를 수 있도록 설계하였다.

현재 설계 완료 후 제작 및 조립 단계에 있다. 모든 진공 부품이 제작 완료되면 전체 시스템을 구성하여 진공도 등의 성능을 확인하고, ERD 분석을 위한 예비 실험을 수행할 것이다.

References

1. J.C. Kim, C.H. Lee, I.C. Kim, J.H. Park, J. Kang, M.K. Cheoun, Y.D. Kim and C.B. Moon, Nucl. Instr. and Meth. B172 (2000) 13.