

Characterization of ERD-TOF system and its application of thin film analysis

김준곤, 김영석, 최한우, 김기동, 황정남

한국자원연구소 분석연구부, 연세대학교 물리학과

1. 서론

박막분석의 유일한 절대정량법인 RBS방법의 취약점인 경원소분석의 한계를 극복하는 수단으로 TOF(Time-Of-Flight) spectrometer를 사용하는 ERD(Elastic Recoil Detection)분석 시스템을 건설하였다. SNICS(Source of Negative Ion by Cesium Sputtering)와 1.7 MV tandem Van de Graaff를 사용하여 인출한 10 MeV Cl 이온을 조사빔으로 사용하였다. Mass-momentum separator로 사용되는 TOF spectrometer는 두 개의 시간검출기와 한 개의 SSB(Silicon Surface Barrier)검출기로 구성되었다. 시간검출기는 당 연구그룹의 독자적인 모델로 tilted-gridless 타입으로 설계하였다. 제작된 TOF spectrometer는 140° 중이온 산란방법로 시간분해능 및 계측효율을 검증하였고 최종적으로 30° 되튐각(recoil angle)에서 ERD 실험을 수행하였다.

2. Charaterization of TOF spectrometer

200 Å 두께의 Au 시료로부터 140° 산란되는 중이온(B-10, C-12 and F-19)의 산란 실험 방법으로 spectrometer의 시간분해능과 계측효율을 측정하였다. 시간계측기의 요소별 인가전압과 discriminator의 threshold level에 대한 tuning 작업 후 중이온의 에너지별 스펙트럼을 취한 결과 spectrometer의 시간거동은 spectrometer의 첫 번째 시간계측기 탄소박막을 지나기까지의 에너지 분산함과 시간계측기 고유의 시간분해능이 동시에 기여하고 있었다. Boron, carbon 그리고 fluorine의 시간거동을 다음 식으로 짜맞추기(fitting)한 결과

$$(\delta t_i)^2 = (l \cdot \Delta E)^2 \cdot \frac{M}{E^3} + (\delta t_i)^2 \quad (1)$$

두 개의 시간계측기에 의한 TOF spectrometer의 intrinsic time resolution은 약 310 psec 내외였다. 시간계측기의 계측효율은 두 개의 time detector(T_1 , T_2) 그리고 에너지 계측기인 SSB의 다음과 같은 신호조합으로 정의되고(eq. 2) 식 3과 같은 식으로 예측할 수 있다.

$$\epsilon = (T_1 * T_2 * SSB) / SSB \quad (2)$$

$$\eta = T_1(1 - e^{-\lambda_1 A_1 S_c}) \cdot f_{12} \cdot T_2(1 - e^{-\lambda_2 A_2 S_c}) \cdot \epsilon \quad (3)$$

Lithium부터 fluorine까지 94% 이상의 계측효율을 보이고 있으며 이러한 고효율은 정량분석의 안정된 운전엔 필수적인 요소이다.

3. Quantitative analysis of thin film

제작된 TOF spectrometer의 성능시험결과 얻은 310 psec 의 시간분해능은 10 MeV Cl 입자의 입사에 의한 30° 반조조건에서 불소이하의 질량 영역에서 질량분해능(ΔM) 0.4 amu, 깊이분해능 약 50 Å 정도가 된다. 또한 질량분해능이 1 amu 이하인 에너지를 기준으로한 분석가능깊이는 실리콘 매질에서 약 5000 Å 내외가 된다. 즉 불소이하의 경원소들은 등위원소의 분별까지 가능하다. 약 1000 Å 정도의 $TiN(C,O)$, $BN(C,O)$, Si_3N_4 그리고 $Si_3N_4/p-Si/SiO_2$ on Si 시료를 시험분석 하였다. 다음은 $BN(C,O)$ on silicon시료의 E-T spectrum과 그것으로부터 변화한 E-m 스펙트럼이다. 개별 질량에 대한 에너지 스펙트럼을 얻은다음 SENRAS로 정량분석하였다. 조사전하량과 계측시스템의 입체각은 따로 측정하지 않았으며 100% silicon인 기판 으로부터의 신호를 기준으로 규격화한다.

