

NT-P022

## EXB 하전입자빔 에너지 필터의 광학 특성

조복래, 허인혜, 박인용

한국표준과학연구원 산업측정표준본부

직선운동하는 하전입자의 진행방향에 수직인 평면상에 서로 직교하는 전기장과 자기장을 걸어주면, 하전입자에는 전기장에 의한 힘  $F_E$ 와 자기장과 속도  $v$ 에 의한 로렌츠력  $F_B=q(v \times B)$ 가 동시에 작용하게 된다. 이때 Wien 조건  $F_B=-F_E$ 를 만족하는 질량  $m_A$ 과, 에너지  $E_A$ 를 가지는 하전입자 A는 휘지 않고 직선운동을 계속하나, 하전입자 A와 다른 에너지  $E_B(=E_A + \delta E)$ 나 질량  $m_B(=m_A + \delta m)$ 을 가지는 하전입자는 휘게 되며, 그 휘는 정도는  $\delta E$ 나  $\delta m$ 에 비례하게 된다. 이 현상을 이용하여 다양한 종류의 에너지 또는 질량 분석기가 독일, 미국, 일본 등의 분석기기 선진국에서 개발되어 왔고, 전자현미경의 이미지 필터로도 활용되고 있으며, 통상 EXB 필터 또는 발명자의 이름을 딴 Wien 필터로 불리어지고 있다. E×B 필터는 일반적인 하전입자빔 렌즈와 다른 광학특성을 가진다. 예를 들면 3차 이상의 기하 수차만 가지는 일반 렌즈와는 달리  $F_B$ ,  $F_E$  전자기력에 의해 다양한 2차 기하 수차를 가지게 되며, 초점거리 등의 1차 광학 특성도 일반 렌즈와는 다른 경향을 보여준다. 본 발표에서는 EXB 필터의 전후로 각각 6극자+4극자를 조합시킨 보정기를 배치시켜 필터의 에너지 분해능의 성능을 향상시킬 수 있음을 빔 궤도 방정식을 분석적으로 계산하여 보여준다. 위 에너지 필터 구성에서 4극자는 1차 광학 특성을 조정하는 역할을 하며 6극자는 2차 수차를 줄여주는 역할을 한다. 수치해석을 통해서 6극자+4극자를 조합시킨 보정기와 E×B 필터의 좀더 정확한 전극 전압 등의 제어 수치를 추출하고, 빔 궤도 방정식 분석을 통한 수차 보정 알고리즘이 유효함을 보여준다.

**Keywords:** E×B 필터, 전자빔, 에너지 분석