

구부린 완전결정을 이용한 중성자 단색기의 특성평가

김신애, 최용남, 김성규, 김성백, 문명국, 홍광표, 최병훈, 최영현, 이창희

한국원자력연구소 하나로이용기술개발부, sakim@kaeri.er.kr

Cu 단결정과 다결정 Cu 막대(rod)를 시료로 하여 구부린 완전결정(bent perfect crystal, BPC)을 이용한 중성자 단색기의 특성을 평가함으로써 단결정 회절 및 집합조직 측정 장치인 4축 단결정 회절장치(FCD)에 BPC 단색기를 적용할 수 있는지 시험하였다. 측정은 한국원자력연구소의 연구용 원자로인 하나로의 ST1 수평공에 구성된 test station에서 수행하였다.

단색기와 시료 사이의 거리는 3000mm, 시료와 검출기 사이는 600mm, 단색화빔 인출각도($2\theta_M$)는 44.6° 로 고정하여 FCD와 거의 같은 배치를 구현하였다. 직사빔의 단면분포와 강도는 저효율 2차원 위치민감형 검출기(2-D PSD)를 이용하여 확인하였다. 이 검출기는 검출면적 $90 \times 90 \text{mm}^2$, 공간 분해능 1.2mm, 검출효율 약 1%인 저효율 검출기이다. 회절빔은 검출면적 $190 \times 190 \text{mm}^2$, 검출효율은 1Å에서 60%인 고효율 2-D PSD를 이용하여 측정하였다.

Cu 단결정 측정에 사용한 BPC 단색화 결정은 $200 \times 40 \times 3.4 \text{mm}^3$ 크기의 Si(220) 슬랩이며, 비대칭 기하로 Si(331)면을 사용하여 파장 $\lambda = 0.954 \text{Å}$ 으로 중성자빔을 단색화시켰다. BPC-Si를 구부려 슬랩의 곡률반경을 변화시키면서 단색기-시료-검출기가 평행배치일 때 Cu(200), (220), (400), (420)면의 rocking curve를 측정하여 각 조건에서의 분해능과 강도를 평가하였다.

BPC 단색기를 집합조직 측정에 적용할 수 있는지 시험하기 위하여 다결정 Cu 막대(직경 4.5mm, 길이 18mm)를 시료로 선택하였다. $207 \times 30 \times 3.0 \text{mm}^3$ 크기의 Si 슬랩을 단색화 결정으로 사용하였다. 이 슬랩은 다양한 결정면을 이용한 특별한 기하를 구현할 수 있도록 Si(111)면에서 10° 벗어난 면을 절단한 것이다. 비대칭 기하로 Si(311)면을 사용하여 파장 $\lambda = 1.253 \text{Å}$ 의 단색화된 중성자빔으로 측정하였다. BPC-Si를 구부려 슬랩의 곡률반경을 변화시키면서 단색기-시료-검출기가 평행과 반평행배치일 때 Cu(111), (200), (220), (311), (331), (420)면의 회절선을 측정하여 각 조건에서 분해능과 강도를 평가하였다.

* 본 연구는 과학기술부 원자력연구개발 사업의 일환으로 수행되었으며 과학재단 지원에 의한 유전체단결정은행에서 육성한 시료를 사용하였음