

사파이어 단결정 기판의 EPD 측정 및 신뢰성 연구

이유민, 김영현, 류 현, 김창수

한국표준과학연구원 산업측정표준본부

사파이어는 우수한 광학적, 물리적, 화학적 특성을 가지고 있는 물질 중의 하나이며, 청색 발광특성을 나타내는 GaN와 격자상수, 열팽창 계수가 가장 유사할 뿐만 아니라 가격도 상대적으로 저렴하여 GaN 성장을 위한 기판으로 사용된다. 실제로 사파이어는 프로젝터와 전자파 장치, 군사용 장비 등 다양한 분야에 응용되고 있으며, 발광 다이오드(LED)를 위한 기판으로 활용됨으로써 그 수요가 급격히 증가하고 있다. 그러나 사파이어 결정의 성장 중에 생길 수 있는 전위(dislocation)와 적층결함(stacking fault) 등의 결정 결함들은 결정 내에 존재하여 역학적, 전기적 성질에 큰 영향을 미칠 수 있다. 특히 사파이어가 청색 발광소자의 기판으로 사용되는 경우, 사파이어 기판 내부의 결정 결함은 증착되는 박막 특성에 영향을 미치게 된다. 따라서 사파이어의 보다 나은 응용을 위해서는 결함의 형성 메커니즘과 결정 결함의 평가기술 등에 대한 이해가 필요하고, 특히 결함의 정량적 평가 기술의 개발은 사파이어의 상용화에 중요한 핵심요소 중 하나이다.

결정 내 결함이 위치하는 부분은 분자나 원자간의 결합이 약하거나 높은 에너지 상태이므로, 결정의 표면을 적절한 산이나 염기 등을 이용하여 에칭하면 에칭반응은 결정의 전위 위치에 해당하는 부분부터 일어나 결정의 표면에 에치핏을 형성한다. 따라서 결정 표면에 나타나는 에치핏의 개수를 관찰하면 결정의 전위 밀도 파악이 비교적 간단하고, 에칭반응의 이러한 특징은 전위의 정량적 평가에 이용이 가능하다.

본 연구는 4인치 사파이어 조각기판을 수산화칼륨(KOH)으로 습식에칭 후 표면에 나타나는 에치핏의 형성거동과 이의 시간 및 온도 의존성에 관한 연구를 진행하였다. 또한 단결정의 전위밀도를 예측하기 위해 사파이어 조각시편의 단위면적당 에치핏의 개수를 파악하여 에치핏밀도(EPD, etch pit density)를 계산하였고, 값의 불확도(uncertainty)를 계산하여 전위밀도의 신뢰도를 평가하였다. 그 결과, 사파이어 조각시편의 에치핏밀도는 단위면적(cm^2)당 약 $\sim 10^2$ 개로 확인되었고, 이 값은 약 2%의 상대불확도를 가지는 것으로 나타났다.

Keywords: 사파이어(Al_2O_3), 전위(dislocation), 에치핏(etch pit), 불확도(uncertainty)