

다결정 SrTiO₃와 BaTiO₃ 세라믹스의 입계 제어 기법 연구
Investigation of the Control of the Grain Boundaries
in Polycrystalline SrTiO₃ and BaTiO₃ Ceramics

박명범, 조남희
인하대학교 재료공학부

1. 서론

바리스터, PTC 써미스터 및 가스센서 등에서 중요하게 사용되는 반도체 다결정 ZnO, SrTiO₃, BaTiO₃ 세라믹스의 특성은 재료 내 입계 구조 및 화학적 특성에 의해서 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 많은 연구자들이 전자 세라믹스의 입계 구조 및 화학적 특성과 입계에 의해서 발생하는 반도체 세라믹스의 독특한 전기적 거동의 상관관계에 큰 관심을 가지고 있으며, 입계 구조 및 화학 특성을 제어하기 위해서 많은 연구들이 진행되고 있다. 최근까지 반도체 세라믹스의 입계 화학 및 전기적 특성에 관한 연구는 시행착오적(trial & error) 경험을 요구하는 현상적인 연구들이 주를 이루고 있다. 반도체 세라믹스 내 입계 제어에 관한 많은 연구에도 불구하고, 입계와 전기적 특성과의 상관관계에 대한 이해와 제어 성과는 미흡한 형편이다. 최근에 요구되어지고 있는 높은 작동 신뢰성과 정밀한 작동 특성을 가지는 세라믹스 센서의 제조하는 데 있어서 많은 어려움이 있다. 최근의 연구 동향을 보면, 원하는 물성을 가지는 세라믹스를 제조하기 위해서 세라믹스의 입계 구조 및 화학을 정밀하게 설계 및 구현할 수 있는 기법들에 관한 연구들이 시도 되고 있다.

본 연구에서는, 표면 코팅된 분말을 이용하여 제조되는 반도체 다결정 세라믹스의 입계 화학 및 전기적 특성을 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 예측하였다. 실험적으로, 표면 코팅된 분말을 이용하여 반도체 다결정 BaTiO₃와 SrTiO₃ 세라믹스를 제조하였으며, 공정 변수 변화에 따른 입계 화학 및 전기적 특성을 측정하여, 예측된 값과 비교하여 세라믹스의 입계 설계 및 구현 가능성을 고찰하였다.

2. 실험 방법

표면 코팅된 분말을 이용하여 SrTiO₃와 BaTiO₃ 세라믹스를 제조하였다. 세라믹스의 입계 화학 및 구조를 분석하기 위하여 EDS가 장착된 TEM을 사용하였다. 소결 공정동안 표면 코팅된 입계첨가 물질의 입계확산 거동을 분석하였다. 이들 결과로부터 세라믹스의 입계 화학에 따른 과잉 음전하층 및 공간 전하층의 형성을 예측하였으며, 전위계와 임피던스 분석기를 이용하여 얻어진 세라믹스의 전기적 특성을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

표면 코팅된 반도체 SrTiO₃ 및 BaTiO₃ 분말을 이용하여, 다결정 세라믹스를 제조하였다. 분말 표면에 코팅된 물질은 세라믹 입계 부근에 존재한다. 입계 부근의 결합 분포는 입계 과잉 음전하 층을 형성하며, 이 전하층은 입계 전위 장벽을 형성하는 것으로 여겨진다. 소결 온도 및 시간과 같은 공정 변수에 따른 입계 전위 장벽 높이를 측정하였다. 공정 변수에 따른 입계 화학 및 전기적 특성 조절에 의해서 세라믹의 전기적 특성을 제어할 수 있다. 특히, 특정 열처리 조건에서 열역학적 변수를 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 전기적 특성을 예측하였으며, 예측된 값을 실험 결과와 비교하였다.