

중성자조사를 위한 세라믹 합성

이상현,
선문대학교 전자공학부

Fabrication of Ceramic Oxides for Neutron Irradiation

Sang Heon Lee
Department of Electronic Engineering, Sun Moon University

Abstract - Formation of pores in melt processed ceramics oxides and its effect on the microstructure were studied. Spherical pores with a size of a few tens of microns were formed due to the evolution of oxygen gas during melting of an oxide. The liquid pockets were converted into spherical oxide regions with a lower oxide density through the peritectic reaction during subsequent fabrication.

1. 서 론

초전도현상이 발견된 이래 90년가량이 흘렀으나, 초전도 기술을 상용화 하기 위한 노력은 25년 밖에 지나지 않는다.

최근 천체관측, 고체의 격자진동에 관한 연구, 미생물의 온도변화 관측에 있어서 파장 1 μm 이상의 적외선 영역의 고감도 광검출 소자의 출현이 요구되고 있다. 파장 1~10 μm 의 범위에서는 비교적 고감도의 소재로서 PbS, InSb, InAs, HgCdTe 등의 재료를 사용한 photo diode가 개발되어 30 μm 의 범위까지 응용되고 있다. 그러나, 1 μm 에서 마이크로파의 광범위한 파장영역에서 고감도이며, 빠른 응답속도가 기대될 수 있는 산화물 초전도체에 의한 광검출 소자를 제안한다. 극도로 미약한 광을 검출하려면, 온도에 의한 잡음을 제거하여야 하며, 소자를 저온에서 냉각하여 측정하여야 한다.

산화물 초전도박막에 의한 적외선 검출 실험은 1975년부터 본격적으로 시도되었으며, 이때의 조성은 BaPb_{1-x}Bi_xO₃ (전이온도 x=0.3에서 T_c= 9~10 K, 이하 BPBO로 명기한다.) 이 된다. 현재 고온 초전도 산화물의 발견으로 인하여 YBaCuO, BiSrCaCuO, TlBaCaCuO 등의 동 산화물계 박막 및 Ba_{1-x}K_xBiO₃ (전이온도 x=0.4에서 T_c= 30 K, 이하 BKBO로 명기) 박막에 의한 광검출 소자가 국내는 물론 미국, 일본을 위주한 각국의 대학 및 초전도 관련 국가 연구기관을 중심으로 본격적으로 연구되고 있다.

2. 실험방법

산화물 초전도체는 carrier 밀도가 10²¹~10²²cm⁻³으로 매우 작기 때문에 금속 초전도체와는 상이한 특징을 갖는다. 첫째는 다결정 박막 입계의 potential barrier가 자연적으로 조셉슨 접합을 이루게 된다. thickness 200nm의 YBCO 초전도체로부터 길이와 폭이 10 μm 의 미세한 pattern을 형성하며, I-V 특성을 측정하였다.

각 결정입계의 입자가 10nm 정도 이므로 전류의 방향으로 직렬로 수 100개의 조셉슨 접합이 존재하게 된다. 전압을 인가하여 가면, 접합수와 비례하여 히스테리시스 곡선의 수도 증가하게 된다. 온도상승에 따라 히스테리시스는 차례로 작아지며, 약 결합적 특성으로 변화한다. 이와 같은 입계의 조셉슨 접합은 저온에서는 터널 결합적 특성이 되며, 고온에서는 약 결합적 특성이 된다. 일반적인 금속보다도 반사율이 작으므로 광이 내부로 침투하기 쉬운 상태로 된다. 단결정막에서는 파장이 수 μm 에서는 반사율이 70%에 이르게 되나, 다결정에서는 약 50%에 미치는 수준이다.

3. 결과 및 고찰

일반적으로 초전도체 내부에는 Cooper pair라고 하는 스핀의 방향이 상하의 2개의 전자가 결합되어 초전도 상태를 유지하고 있다. Cooper pair가 형성되면, 에너지가 저하되어 pair를 형성하지 않을 때보다 안정하게 되어 (원자가 결합하여 분자가 되면 안정된 상태가 되는 현상과 유사하다.) pair를 형성하지 않는 전자 (준입자)와 cooper pair의 전자 간에

Cooper pair의 전자간의 Energy gap (이것을 2 Δ 로 표기한다)가 발생한다. 이 2 Δ 는 수 meV 정도의 크기이며, 반도체의 Energy gap보다도 1 order 정

도가 작다. 따라서 0K 이외의 유한 온도영역에서는 초전도상태가 되어도 gap 위에는 얼마간의 준입자가 존재하게 된다. 준입자는 온도의상승과 더불어 증가하며, 동시에 2Δ 가 감소하여 전이온도에서는 Cooper pair가 소실되어 2Δ 도 0이 된다. 이러한 2Δ 는 초전도 상태를 나타내는 중요한 parameter가 된다.

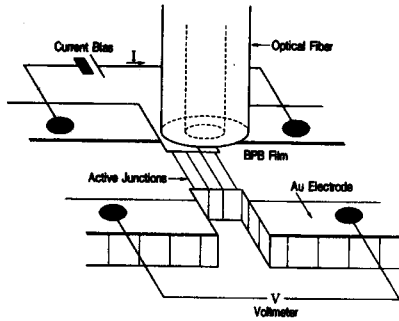


그림1 초전도 특성 측정

sappier 단결정기판 ($t=0.4\text{mm}$) 위에 sputtering 법으로 YBCO 초전도체를 형성하였다. 두께 150-200nm의 다결정을 이용하여 전류bias와 전압 변화를 측정하기 위한 전극으로 하였다. 이 미세한 부분을 $1.3\mu\text{m}$ 또는 $3.2\mu\text{m}$ 의 laser광을 조사하여 이때의 변화를 4단자 법으로 측정하였다. 터널 접합적 특성으로부터 약 결합적 특성으로 변화한다. 다결정 박막의 경우에는 곡선이 있게 되면, 동작점이 곡선 간을 이동하여 두께의 역수에 비례하여 감도는 향상되고 있음을 알 수 있다. 이 결과는 두께d에 대하여 $\exp(-\alpha d)$ 에 비례하여 광량이 감소하기 때문에 (α : 감쇠상수), 준입자가 생성되는 밀도는 d 값이 작을수록 크게 나타남을 알 수 있다.

4. 결 론

$10\mu\text{m}$ 이상의 파장의 적외선을 고감도로 검출할 수 있는 소자의 출현은 천체 관측, 고체의 격자 진동 등의 적외선을 이용하는 연구영역에서는 매우 중요한 연구과제로 여겨진다. 산화물 초전도체에 의한 적외선 검출소자는 유력한 대안으로 사려 되고 있다. 미세하게 압축된 광을 검출하기 위하여는 photon의 밀도가 높을수록 유리하다.

감사의 글

This work was carried out with help of National Research Lab.(NRL) program of Korea Science and Engineering Foundation (KOSEF) and Ministry of Science and Technology, Korean government.

[참 고 문 헌]

- [1] S.Jin, T.H.Tiefel, R.C.Sherwood, M.E.Davis, R.B.van Dover, G.W.Kammlott, and H.D.Keith, Appl. Phys. Lett., 52 (1988) 2074