

# Gradient YZO Buffer Deposition on RABiTS for Coated Conductor

T.H.Kim<sup>a</sup>, H.S.Kim, R.K.Ko, K.J.Song, N.J.Lee, D.W.Ha, H.S.Ha, S.S.Oh, K.C.Pa<sup>a</sup>  
 Korea Electrotechnology Research Institute, <sup>a</sup>Kyungpook national university

**Abstract:** In general, high temperature superconducting coated conductors have intermediary buffers layer consisting of seed, diffusion barrier and cap layers. Simplification of the oxide materials buffer architecture in the fabrication of high temperature superconducting coated conductors is required because the deposition of multi-layers buffer architecture leads to a longer manufacturing time and a higher cost process of coated conductors. Thus, single buffer layer deposition seems to be important for practical coated conductor manufacturing process.

In this study, a single gradient layered buffer deposition process of YZO for low cost coated conductors has been tried using DC reactive sputtering technique. About several thick YZO gradient single buffer layers deposited by DC co-sputtering process were found to act as a diffusion layer.

**Key Words :** single gradient buffer, YZO, SmBCO, DC reactive co-evaporation, PLD, EDDC

## 1. 서 론

고온 초전도는 안정화선재/보호층/초전도층/완충층/금속 기판구조로 이루어져 있으며, 이 중에서도 완충층은 기본적으로 다음과 같은 기능을 가지고 있어야 한다. 첫째, 기판 구성 원자가 확산에 의한 초전도층으로 이동하는 것을 방지하고 둘째, 금속기판의 결정 배향성을 초전도층까지 유지하여야 하며 셋째, 금속기판과 초전도층의 물리적 고유 특성인 열팽창 계수 및 격자상수 차에 의한 stress를 완화시켜주어야 한다[1]. 현재 주로 적용되는 고온 초전도 금속기판의 제조방법은 크게 RABiTS(Rolling Asisted Biaxially Textured Substrates)[1]와 IBAD(Ion Beam Assisted Deposition)[1]로 크게 나누어지며 RABiTS는 압연 및 재결정 열처리를 통해 결정 배향성이 있는 금속기판상에 산화물 완충박막을 증착하는 방법이며, IBAD는 비결정 배향성의 금속기판상에 산화물 완충박막 증착공정 중에 결정 배향을 유도하면서 증착하는 하는 방법이다. 일반적으로 RABiTS 텍스처된 금속기판에 완충층의 일반적인 기본구조는  $CeO_2/YSZ/CeO_2$  혹은  $CeO_2/YSZ/Y_2O_3$ 의 다층박막구조를 가지고 있다.[2] 다층박막 완충층을 단일박막 완충층으로 대체하면 제조공정시간 단축 및 공정 비용 저감효과를 기대할 수 있다. 본 연구에서는 RABiTS 법으로 제작된 Ni-5%W 합금금속기판을 사용하여 조성적 경사의 YZO 단일 완충층 박막을 증착하고자 하였다. 완충층 YZO증착의 반응 가스로는 수증기를 이용하여 증착 영역에 균일하게 공급할 수 있도록 노즐형태의 공급 장치를 이용하였다. 증착공정은 DC reactive co-sputtering의 증착기술을 이용하였다. 이 증착 공정으로는 금속물질의 target을 사용함으로써 장시간의 사용에도 증착 물질의 조성적 변화 및 구조의 변형이 없으며, 저렴하고 조성비 및 산소 도핑량 등 박막물성 제어가 용이하며, 높은 증착율을 유지할 수 있는 DC reactive sputtering의 증착법이 많이 사용되고 있다.

본 연구는 금속기판의 구성 원자가 초전도층으로 확산 침투하는 것을 방지하며 기판의 결정정렬도를 윗층까지 전달하는 역할을 하는 YZO층의 증착방법 및 최적조건 등을 중심으로 소개하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 완충층 증착

완충층 증착 물질은 DC reactive co-sputtering방식으로 Y 타겟과 Zr 타겟을 동일 챔버내에 장착하여 증착영역 제어가 용이한 플렉시블한 건으로 제작하였다. 증착율은 QCM(quartz crystal microbalance) sensor를 통하여 증착률을 측정하여 조절할 수 있도록 하였다. 증착영역에서 기판 온도를 유지하기 위한 히터박스 및 증착 반응가스인 수증기를 균일하게 공급하도록 반원형의 노즐을 증착기판에 대칭적으로 증착분위기를 제어하였다. 다음 그림 1은 증착 장비를 나타낸 것이다.

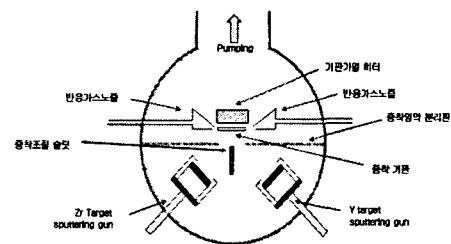


Fig 1. Schematic diagram of DC reactive co-sputtering deposition system for gradient YZO buffer film on Ni-5%W substrate.

YZO 단일 경사버퍼 완충층은 Ni-5%W 조성의 결정배향된 합금금속기판위에 증착하였다. YZO 증착율은 3Å/sec가 되도록 QCM을 이용하여 sputtering 하여 증착 분위기 평형상태에 도달했을 때 선재이송속도가 2.5m/hr 가 되도록 하여 증착두께는 100nm 내외로 증착하였다.

## 2.2 초전도층 증착

YZO 단일 완충층이 증착한 후 버퍼층으로서의 기능을 확인하기 위해 초전도층을 PLD(pluse laser deposition) 및 EDDC(evaporation using drum in dual chamber)를 이용하여 SmBCO 초전도물질을 증착하였다. PLD 증착조건은 기판온도는 800도, 산소분압은 0.1mTorr, 증착시간은 10분으로 하였다. EDDC는 Evaporation 증발법을 이용하여 증발챔버, 반응챔버, differential pumping chamber로 구성되며 초전도 구성원소별로 증발시킨다. 원소별 증착률은 Sm:Ba:Cu=6Å/sec:13Å/sec:6.8Å/sec가 되도록 하였다. 증착시 반응챔버의 진공도가 5mTorr일때 증착챔버의 진공도는  $1 \times 10^{-5}$ Torr 이하가 하여 단일 완충층이 증착된 기판을 spot welder로 드럼에 부착한 후  $1 \times 10^{-5}$ Torr 이하에서 Sm, Ba, Cu를 상온에서 녹인다. 드럼의 회전수를 0.7rev/sec의 속도로 고정시키고 온도를 700도 Sm, Ba, Cu의 금속원료를 원하는 증착물에서 증착속도는 보통 1 μm/hr로 하였다. 증착이 끝난 후 산소를 흘려 대기압하에서 히터전원을 차단하고 자연냉각하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 Ni-5%W 기판위 YSZ 완충층의 증착특성

YZO 단일 완충층박막으로서 기판원자들의 확산을 막기 위해서는 박막이 두껍거나, 저온에서 증착하거나, 고온에서 노출시간을 줄여야 한다. 100nm 이하의 두께로 증착된 YZO/Ni-5%W 기판에서 초전도층을 증착할 때 700도에서 증착하였다.

그리고 1μm/hr의 증착속도로 30분동안 증착함으로써 고온에서 노출시간을 최소화하였다. 기판표면의 산화를 방지하고자 YZO 박막을 증착하기 전 수소열처리 과정을 통하여 NiO층을 제거해야 하며 산화반응 가스로서 수증기를 사용하여 증착물질과 수증기의 반응으로 수소가 생성되어 수소와 수증기의 분압비는 열역학적으로 NiO를 환원상태로 만들어 주기 때문이다. 그림 2는 Ni기판 상에 증착된 YZO의 XRD  $\Phi$ scan한 것으로 Ni 기판의 Ni(111)XRD  $\Phi$  scan의 FWHM은 7.5도, YZO(111) XRD  $\Phi$ scan의 반가폭은 7.1도였다. YZO층이 에피택시 성장하였음을 알 수 있다.

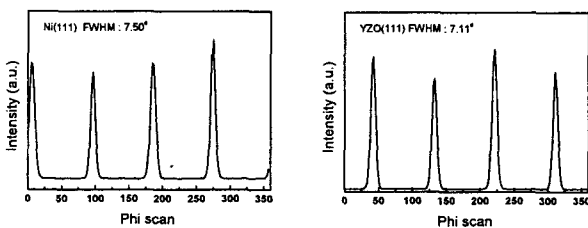


Fig 2. Fig 4. XRD  $\Phi$ -scans of Ni(111) and YZO(111) for YZO buffered Ni-W substrate tape.

### 3.2 SmBCO 초전도 박막의 초전도 특성

PLD 및 EDDC로 증착한 시료의 크기는 10mmx5mm 였고, SmBCO 두께는 0.4, 1μm하였다. 그림 3은 PLD 및 EDDC로 증착한 표면의 SEM과 XRD분석한 결과이다. 이후 RF sputtering 증착법을 이용하여 Ag 보호층을 3μm 두께로 증착하고 산소 대기압에서 열처리를 하였다. 그림 4는 PPMS로 임계온도를 4단자 측정법으로 측정하여 임계온도는 모두 92K로 Tonset에서 Tzero 사이의 온도차이는 1도 미만으로 이는 초전도 상이 매우 균일함을 보여주는 동시에 YZO 단일완충층이 그 역할을 충분히 해 주었음을 의미한다. 임계전류는 70, 55.4A/cm였다.

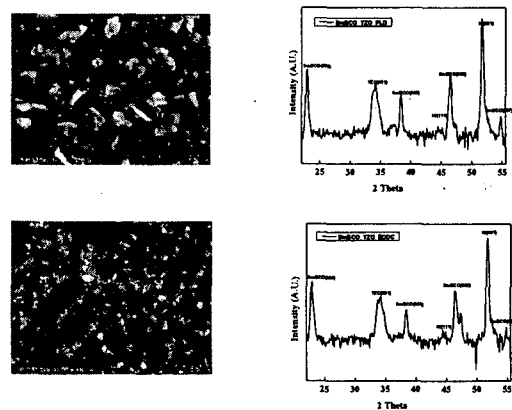


Fig 3. Photo deposition surface and XRD 2 $\theta$  of SmBCO film by PLD and EDDC.

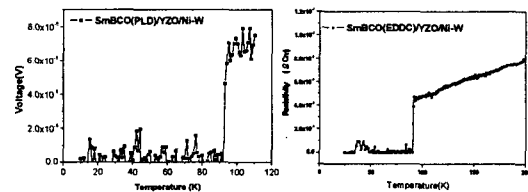


Fig 4. Critical temperature of SmBCO deposited on YZO buffered substrate.

## 4. 결론

결정 배향된 금속기판 상에 YZO단일 완충층을 이용한 초전도선재를 제조하였다. 완충층 YZO를 co-sputtering 증착하였다. 증착시 금속기판의 산화층을 제거를 위해 수소 열처리를 하였으며 증착 반응가스로 수소/수증기분압 비율을 제어하면서 환원분위기하에 증착하였다.

YZO(111) XRD  $\phi$ -scan의 FWHM은 7.1도였다. 완충층이 증착된 금속기판에 EDDC공정으로 SmBCO 초전도물질을 증착하였다. SmBCO의 초전도특성을 측정한 결과 임계전류는 70, 55.4A/cm<sup>2</sup>이었으며 임계온도는 92K였다. 이는 100nm 두께의 YZO층이 diffusion barrier 역할을 충분히 담당하였음을 의미한다.

## 참고 문헌

- [1] T.J.Jackson, B.A.Glowacki, J.E.Evetts, "Oxidation thermodynamics of metal substrates during the deposition of buffer layer oxides", Physica C, Vol. 296, P. 215, 1998.