

분위기가스에 따른 YBaCuO 박막의 특성에 관한 연구

최 충 석*, 신 태 현**, 조 기 선**, 박 구 범**, 김 영 조**, 이 덕 읍*

* 인하대학교, ** 유한전문대학

A Study on the Properties of YBaCuO Thin films with Ambient Gas

C. S. Choi*, T. H. Shin**, K. S. Cho**, G. B. Park**, Y. J. Kim**, and D. C. Lee*

* Inha University, ** Yuhan Junior College

ABSTRACT

The superconducting properties of YBaCuO thin films prepared by pulsed laser deposition(PLD) have been investigated. The x-ray diffraction patterns of the films are substantially different from one another. The YBaCuO thin films manufactured at the 20 % of Argon mixture ratio were indicated $T_c(\text{zero})=88.2$ K, $T_c(\text{onset})=92.1$ K, and $J_c=9.0 \times 10^4$ A/cm²(at 77.3K).

1. 서 론

산화물 초전도체가 1980년대 후반에 발견된 이래 YBaCuO계, BiSrCaCuO계, TlBaCaCuO계 등은 액체질소의 비점(77.3K)을 초월하는 임계온도(T_c)를 얻고 있으며 Si와 GaAs 등의 반도체재료를 대체할 새로운 전자재료로 주목되고 있다. 공업적응용을 위해서는 높은 임계전류(J_c)가 요구되고 있지만, 이트륨계 산화물 초전도 벌크(bulk)에서는 결정입계와 결정축 방향에 따라서 J_c 가 다르기 때문에 높은 J_c 를 얻기가 힘들다.[1] 그런데 벌크를 박막화하여 단결정을 성장시킨 산화물 초전도체는 우수한 초전도특성을 나타내고 있다.[2] 초전체의 박막화에는 PE-MOCVD법[3], 스파터링법[4], 레이저 어브레이션법[5] 등이 이용되고 있다. 이들 방법중에서 레이저 어브레이션법은 화학량론비가 우수한 박막을 재현성이 우수하게 제작할 수 있다.[6] 제조된 박막은 산소 함유량에 따라 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ (YBaCuO) 박막의 초전도 특성은 크게 변화하고 분위기가스에 따라서 박막의 특성이 변화한다. 이때문에 박막중에 산소를 주입하는 것이 산화물 초전도 박막제조 중의 중요한 요소이다. 지금까지 박막중에 산소를 주입하기 위해서는 산소가스 분위기의 플라즈마를 변용한다든가 산소에 비해 산화력이 강한 O_3 , NO_2 등을 분위기가스로서 이용하여 YBaCuO 박막의 특성개선을 하였다. 이것들은 주로 기상성장중

에 입자를 산화시키는 것으로 박막중에 산소주입을 촉진하고 있다. 따라서 본 연구에서는 산소와 비슷한 원자반경을 갖고 있는 불활성가스인 아르곤가스를 분위기 산소에 첨가하는 것으로 기상중에서의 입자의 산화반응이 박막제작에 미치는 영향에 대해서 조사했다.

2. 실 험

산화물초전도체인 YBaCuO 박막제작에 이용한 KrF 엑시머 레이저 어브레이션 장치(Lambda physik co., 파장 248[nm], 최대출력 850[mJ], 최대반복주파수 50[Hz])의 개략도를 그림 1에 나타냈다. 레이저 광은 전반사거울(Newport co., 반사율 99[%] 이상)로 반사시켜 렌즈(Sigma optics, 합성석영, $f=500$ [mm])로 집광하여 타겟 표면에 45°로 입사시켰으며 타겟은 YBaCuO 초전도 소결체를 사용했다. 고밀도 레이저 에너지에 의한 타겟의 청공을 방지하기 위해 스텝 모터를 이용하여 약 10[rpm]으로 회전시켰다. 기판은 YBaCuO 초전도체와 격자정합을 고려하여 MgO(100)를 사용했으며, 기판을 스테인레스 기판홀더에 고정하여 타겟과 대향한 곳에 설치하였다. 기판온도를 650~710[°C]까지 가열시켜 산소와 아르곤가스를 도입하여 분위기 가스압력을 100

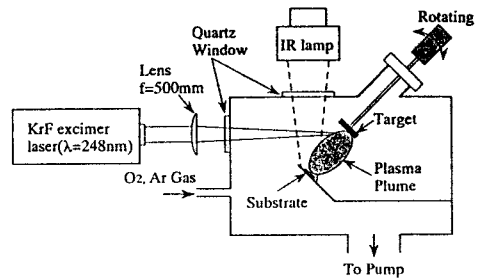


그림 1 박막제작에 이용된 장치의 개략도
Fig. 1 A schematic illustration of apparatus using prepared of thin films

~800[mTorr] 까지 변화시키며 박막을 제작하였다. 박막제작을 마친 후 기판 가열을 중지하고 산소를 반응용 기판에 대기압까지 주입하여 기판을 자연냉각(*In-situ* annealing)하였다. 표 1은 YBaCuO 박막의 증착조건을 나타내고 있다.

표 1 박막 제조를 위한 실험조건

Table 1 Experimental conditions for preparation of the films

| Laser | KrF excimer(248nm) |
|---|---|
| Target | YBa ₂ Cu ₃ O _{7-x} |
| Energy density | 2 J/cm ² |
| Repetition ratio | 5 Hz |
| Ambient gas | O ₂ + Ar |
| Mixture ratio (R(Ar)=Ar/(O ₂ +Ar)) | 0~50 % |
| Total pressure | 5.0×10 ⁻⁶ ~8.0×10 ⁻¹ Torr |

3. 결과 및 고찰

그림 2는 T_s=710[°C], 타겟-기판간 거리(D=T-S)를 80[mm] 일때에 제조한 YBaCuO 박막의 분위기가스의 혼합비에 따른 조성비의 변화를 나타냈다. D가 60[mm] 인 경우에 비해 Ba가 적고, Cu가 많은 경향을 보이고 있다. R(Ar)=0[%]의 경우 Y : Ba : Cu=1 : 1.4~2.4 : 2.8~4.4 이고 아르곤 혼합비가 50[%]인 경우 Y : Ba : Cu=1 : 1.4~1.8 : 3.2~4.0 이다. 이와 같이 아르곤가스 첨가에 따라 박막의 조성비가 그다지 변화하지 않는 것을 확인할 수 있었다.

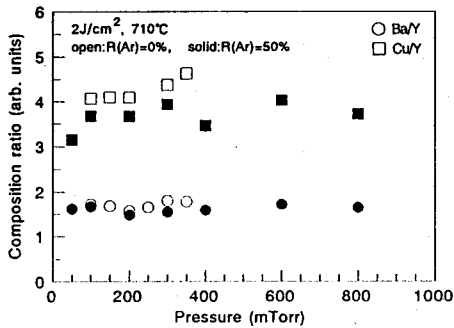


그림 2 아르곤 혼합비에 따른 조성비의 변화
Fig. 2 Variation of composition ratios with Argon mixture ratios

그림 3은 T_s=650[°C]에서 제조한 YBaCuO 박막의 x선 회절패턴을 보이고 있다. R(Ar)=0[%]인 경우(그림 (a))에 (002) 피크가 보이고 있고 (100), (200) 피크가 강하다. 일반적으로 c축 배향했던 기판온도에서 100[°C] 정도 낮게 박막 제조를 행하면 YBaCuO 박막은 a축 배

향했다. 그러나 아르곤을 첨가하면(그림 (b)) (100) 및 (200) 피크는 감소하고 c축 배향을 의미하는 (00n) 피크가 강하게 되고 R(Ar)=50[%](그림 (c))에서 완전히 c축 배향성으로 되고 있다. 이것은 아르곤을 분위기가스에 첨가하는 것으로 기판온도를 상승시킨 곳과 같은 효과를 얻을 수 있었다.

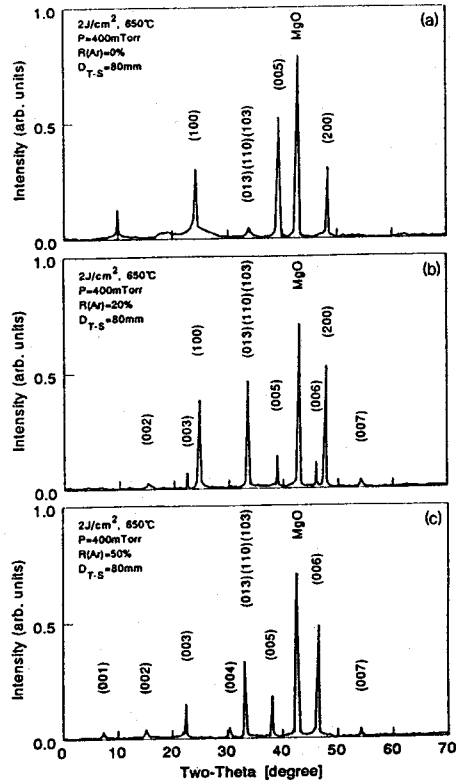


그림 3 박막의 x선 회절특성(650[°C])
Fig. 3 X-ray diffraction patterns of the films on MgO(100)(at 650°C)

그림 4는 T_c(zero)의 압력의존성을 나타낸 박막의 발광강도와 압력관계를 나타냈다. R(Ar)=0[%]의 경우 발광강도는 압력에 대해서 크게 변화하고 최적압력을 벗어나면 a축 배향성이 강하게 된다. 아르곤을 첨가하는 경우 발광강도의 압력에 대한 변화는 완화되고 넓은 압력범위에서 높은 T_c의 박막을 얻을 것으로 생각된다.

그림 5는 T_s=710[°C], p=200[mTorr], D=80[mm]에서 제조한 YBaCuO 박막의 저항률-온도특성을 나타내고 있다. 그림중의 숫자는 R(Ar)을 나타내고 있다. 아르곤을 첨가한 경우 박막의 저항률이 약간 크게 되고 있다. 각각의 박막에서 온도 저하에 따라 저항률이 감소하고 90[K] 정도에서 T_c(onset)을 나타내며 84[K] 이상에서 저항률이 영이 되고 있다. R(Ar)=20[%] 일때 가장 높은 T_c=88.2[K], 천이폭 2[K]의 YBaCuO 박막을 얻었다.

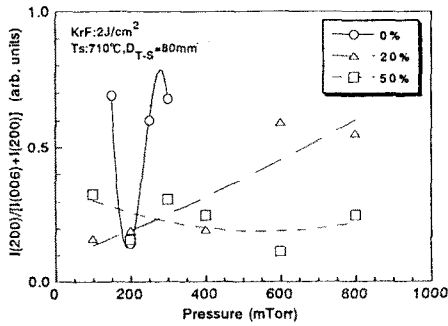


그림 4 아르곤 혼합비에 따른 피크강도
Fig. 4 The peak intensity with Argon mixture ratios

R(Ar)=0, 20[%]에서 제조한 박막의 J_c 는 각각 7.6×10^4 , 9.0×10^4 [A/cm²](77.3K)이고 아르곤을 첨가하는 것에서 T_c 의 변화는 그다지 크지 않았으나 J_c 가 감소함을 알 수 있었다.

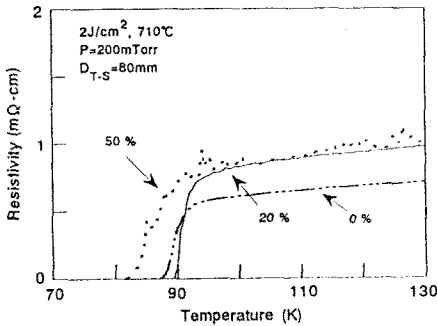


그림 5 박막의 저항률-온도 곡선
Fig. 5 Resistivity-Temperature curves of the films

4. 결 론

본 연구에서는 레이저 어브레이션법에 의해 산화물 초전도 박막을 제조하였으며, 박막 제조중의 아르곤가스의 첨가에 따른 박막의 특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 타겟-기판간거리가 멀어질수록 Ba가 적고 Cu의 양은 증가하는 경향을 보였다.
2. 아르곤가스의 첨가에 따라 박막의 a, c축의 강도의 변화를 알 수 있었고, 임계온도와 임계전류밀도에도 변화가 있음을 알았다.
3. R(Ar)=0[%]의 경우 발광강도는 압력에 따라 크게 변화하였고, 최적압력을 벗어나면 a 축 배향성이 강하게 된다.
4. R(Ar)=20[%] 일때 가장높은 $T_c(\text{zero})=88.2$ [K]를 얻었으며 이때의 $J_c=9.0 \times 10^4$ [A/cm²](77.3[K])를 나타냈다.

참고문헌

- [1] 北田正弘, 超傳導材料工學, 1988, pp. 121~127.
- [2] Koichi Kitazawa, 日本電氣學論D, 113卷8號, pp. 933~935, 1993.
- [3] Y. Q. Li, J. Zhao, C. S. Chern, E. E. Lemoine, B. Gallois, P. Norris, and B. Kear, App. Phys. Lett., vol.58, no.20, pp. 2300~2302, May 1991.
- [4] O. Michikami and M. Asahi, Jpn. J. Appl. Phys., vol.30, no.5, pp. 939~944, May 1991.
- [5] G. Koren, A. Gupta, R. J. Baseman, M. I. Lutwyche, and R. B. Laibowiz, Appl. Phys. Lett., vol.55, no.23, pp. 2450~2452, December 1989.
- [6] C. H. Becker and J. B. Palix, J. Appl. Phys., vol.64, no.10, pp. 5152~5156, November, 1988.