

## rf FTMS법에 의해 제작된 산화물박막의 타겟-기판간거리 의존성

최충석<sup>0\*</sup>, 이상희<sup>\*</sup>, 김두석<sup>\*\*</sup>, 이경섭<sup>\*\*\*</sup>, 나동근<sup>#</sup>, 이덕출<sup>\*</sup>

\* 인하대학교, \*\* 전북산업대학교, \*\*\* 동신대학교, # 목포전문대학

### The Dependence of Target-Substrate Distance of Oxide Thin Films Fabricated by rf FTMS

C. S. Choi<sup>0\*</sup>, S. H. Lee<sup>\*</sup>, D. S. Kim<sup>\*\*</sup>, K. S. Lee<sup>\*\*\*</sup>, D. G. Na<sup>#</sup>, D. C. Lee<sup>\*</sup>

\* Inha Univ., \*\* Chonbuk Sanup Univ., \*\*\* Dongshin Univ., # Mokpo Col.

#### ABSTRACT

A variety of processing techniques have been reported for preparing high quality functional thin films, and one of the most successful techniques has been known to be the rf FTMS(facing targets magnetron sputtering) method.

The rf FTMS has preferable advantages to reduce the resputtering effect when depositing thin films and efficiently to oxidize the grown films by oxygen radicals. The resulting optimum conditions were found to be the rf power 50 W and the substrate position of 20 mm.

#### 1. 서 론

스퍼터링법은 고용점의 물질도 용이하게 제조할 수 있으나, 퇴적속도가 늦고 생산성이 떨어진다는 것이다. 성장속도를 개선하는 방법의 하나로서 마그네트론 스퍼터링법은 플라즈마가 타겟 중앙부에 원통상으로 집중되기 때문에 타겟 표면을 불균일하게 스퍼터하여 타겟의 이용률을 감소시키고 고에너지의 산소 부이온이 퇴적한 박막을 재스퍼터(Resputter)하여 박막의 결정성, 초전도특성, 재현성의 저하 및 조성비의 변화를 일으키는 원인으로 보고되고 있다.[1] 이 문제를 해결하는 방법은 O<sub>2</sub>의 부이온이 박막에 충돌하는 비율을 감소시키는 방법[2,3]과 타겟에 대해서 수직으로 기판을 배치하여 O<sub>2</sub>의 부이온이 박막에 충돌하는 비율을 감소시키는 off-axis법이 있다.[4,5]

대향타겟 마그네트론 스퍼터링법[6]은 off-axis법을 발전시킨 것으로 전극구조를 변화시켜서 O<sub>2</sub>의 부

이온이 박막에 충돌하는 것을 방지시키는 방법이다. 이방법은 양 타겟에 부의 전압을 인가해 타겟 사이에 플라즈마를 생성시키고 영구자석이 만드는 자장으로 플라즈마중의 전자는 타겟 사이에 구속시킨다. 이 방법의 특징은 O<sub>2</sub> 부이온의 재스퍼터의 감소와 고속박막성장 이외에 타겟 표면의 불균일한 스퍼터가 없고 타겟 전극간의 360° 전면에서 박막제조가 가능하고 대면적화가 가능하다.

따라서 본 연구에서는 대향타겟 마그네트론 스퍼터링법을 이용하여 박막을 제조할때 타겟과 기판거리가 박막에 미치는 영향에 대해서 조사했다.

#### 2.1. 실험장치

산화물 YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>(YBaCuO) 박막의 제조에 이용한 대향타겟 마그네트론 스퍼터링 장치의 개략도를 그림 1에 나타냈다. 스퍼터재료는 YBaCuO 벌크를 부착한 2개의 타겟전극( $\phi$  : 60[mm], 간극 : 40[mm])을 반응용기 내의 중앙부의 축방향으로 향하게 배치하였다. 기판은 MgO(100)를 이용했으며 열전도를 좋게 하기 위해 실버페이스트로 기판홀더의 중앙부에 부착했다. 기판온도는 온도조절기(理化學工業, REX-7)로 전류를 on, off 제어하여 일정히 유지하였다. 분위기가스는 아르곤가스와 산소가스를 이용하여 각각 별개의 개통으로 반응용기 내에 도입하였다. 반응용기 내의 압력 및 산소분압비는 도입계 중단부분 근처에 배치한 유량조절기(SEC-400MKII)와 게이트 밸브를 병용해서 조절했다. 진공배기계는 로터리 펌프(T-2010)와 복합분자 펌프(Osaka vacuum, TG-200)로 구성하였다. 플라즈마 발생용 전원은 고주파 발생용 전원(Paru Ind., RP-200)으로

메칭박스를 매개로 한 상하 각각의 타겟전극에 고주파를 인가하여 플라즈마를 생성했다. 방전전력의 값은 고주파 발생용 전원의 전면에 있는 미터를 이용하여 읽었다.

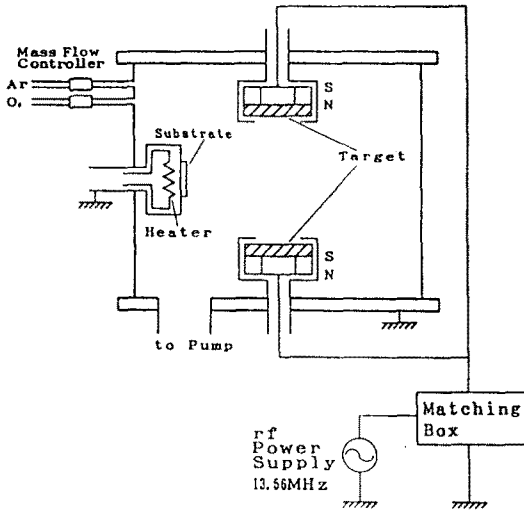


그림 1 대향타겟 마그네트론 스퍼터링장치의 개략도  
Fig. 1 A schematic apparatus of facing targets magnetron sputtering

## 2.2. 박막의 제조방법

박막이 기판위에서 밀착성이 좋게 퇴적되도록 기판은 초음파세척기(傷害電氣, 81型)로 약 30분간 세척을 행하여 먼지나 기름을 제거하였다. 반응용기 내를 로터리 펌프와 복합분자 펌프로 진공배기 했으며 이와 병행해서 기판 가열을 행하였다. 분위기가스의 압력 및 산소분압비를 조정 후 대향한 타겟전극에 표 1 YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> 박막의 증착조건

Table 1 Deposition conditions of preparation of the YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> films

Target	YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7-x</sub> bulk
Discharge power	rf 40~60[W]
Total pressure	20~100[mTorr]
Oxygen partial pressure R=(O <sub>2</sub> /(Ar+O <sub>2</sub> ))	0~50[%]
Substrate	MgO(100)
Substrate temperature	630~690[°C]
Magnetics	1[T]
Deposition time	4~6[hr.]
<i>in-situ</i> annealing	Rapid cooling in 1 atm oxygen

고주파 전력을 공급해 플라즈마를 생성시켜 타겟을 스퍼터하였다. 박막의 제조가 완료된 후 아르곤가스의 공급만을 정지시키고 반응용기 내에 산소가스를 대기압까지 약 20초간 봉입하였다. 기판은 대기압의 산소가스 분위기중에서 100[°C] 이하로 될 때까지 약 30분간 자연냉각(*In-situ* annealing)을 한 후 반응용기 밖으로 끄집어 내어 실험을 종료하였다. 대향타겟 마그네트론 스퍼터링법에 의한 YBaCuO 박막 제조의 실험조건을 표 1에 나타냈다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 2는 전압력 60[mTorr], 산소분압비 20[%], 기판온도 650[°C]에서 퇴적한 YBaCuO 박막의 타겟-기판간거리 의존성이다. 종축은 Y에 대한 Ba, Cu의 조성비를 나타내고 있고 화학양론비는 Y : Ba : Cu=1 : 2 : 3 이다. Ba/Y는 대략 화학양론비의 2 근처를 나타내고 있다. 그러나 Cu/Y는 화학양론비가 3 보다 큰 값을 나타내고 있으며 타겟-기판간거리에 의존하고 있다. 스퍼터링법에 있어서 박막제조는 Y, Ba에 대해 Cu의 스퍼터율이 크기 때문에 Cu/Y가 증가했다고 생각된다. 조성비의 변화는 기판에의 부착 및 부착 후의 과정에서 생겼다고 생각된다. 부착 중의 과정에 있어서는 기판표면에서의 각 입자밀도의 변화가 원인인 것으로 생각된다. 부착 후의 과정은 산소 부이온에 의한 선택적인 재스퍼터가 원인으로 생각된다.

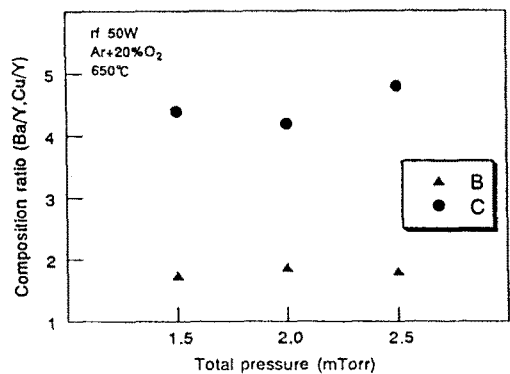


그림 2 타겟-기판간거리 의존성(박막조성비)  
Fig. 2 Dependence of Target-Substrate distance

다음에 타겟-기판간거리(D)가 박막의 특성에 기여하는 것에 대해서 조사했다. 그림 3은 D를 1.5, 2.0, 2.5[cm]로 변화시킬 때의 석출박막의 저항률-온도특

성이다.  $D=2.0[\text{cm}]$ 에 있어서  $T_{c(\text{zero})}=75[\text{K}]$ 를 얻었으며  $D=1.5[\text{cm}]$ 에 있어서는 약  $60[\text{K}]$ 까지 냉각해도 잔류저항이 남아서  $T_{c(\text{zero})}$ 를 얻을 수가 없었다. 이것은 결정화의 조건이 기판온도에 영향이 있는 것으로 생각되며 기판온도의 최적화를 행했지만  $D=1.5[\text{cm}]$ 에 있어서는 기판온도를 변화시켜도  $T_{c(\text{zero})}$ 를 얻을 수가 없었다. 이와 같은 원인으로서  $D=1.5[\text{cm}]$ 의 거리에서는 산소 부이온에 의한 박막의 재스퍼터 등의 플라즈마의 악영향이 생기기 때문으로 생각된다. 따라서 기판은 플라즈마의 영향을 받지 않는 위치를 선택할 필요가 있다.

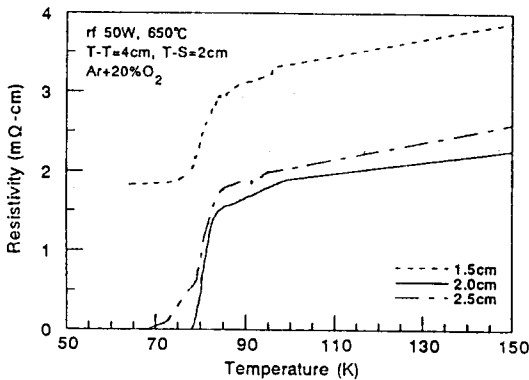


그림 3 박막의 저항률-온도특성  
Fig. 3 Resistivity-Temperature curve of the films

그림 4는 박막의 두께와 박막제조 시간으로 계산한 박막 성장속도의 타겟-기판간거리 의존성을 나타냈다. 이 그림에서  $D$ 가 멀어짐에 따라 박막 성장속도는 감소하고 있다. 이것은 스퍼터된 타겟 구성입자가 기판에 도달할 때 Ar 등의 입자와 충돌해서 산란되었기 때문이다. 따라서 공업적 응용을 고려하는 경

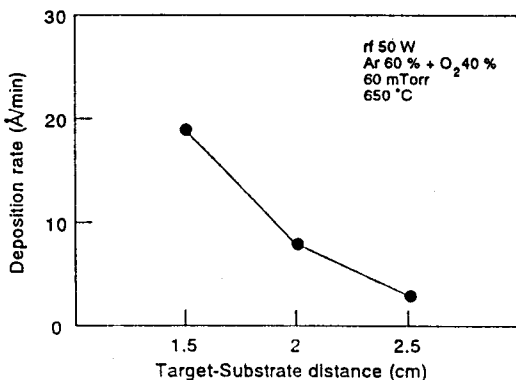


그림 4 타겟-기판간거리 의존성(박막성장속도)  
Fig. 4 Dependence of Target-Substrate distance

우 고속 박막제조를 실현시키기 위해서도 기판을 가능하면 플라즈마에 가까이 할 필요가 있다.

이상 검토한 결과 타겟-기판간 거리는  $\text{YBaCuO}$  박막을 제조할 때의 중요한 파라메타의 하나인 것을 알았다. 본 연구에서 이용한 rf FTMS 장치는 재스퍼터의 영향이 거의 없고 동시에 결정성이 좋고 박막성장속도가 빠른 타겟-기판간거리는  $2.0[\text{cm}]$ 이다.

#### 4. 결 론

대향타겟 마그네트론 스퍼터링법을 이용하여 박막을 제조할 때 기판과 타겟의 거리의존성을 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

① Ba/Y는 대략 화학양론비의 2 근처를 나타냈으며, Cu/Y는 화학양론비가 3보다 큰 값을 나타냈다. 스퍼터링법에 있어서 박막제조는 Y, Ba에 대해 Cu의 스퍼터율이 크기 때문에 Cu/Y가 증가했다고 생각되며, 조성비의 변화는 기판에의 부착 및 부착 후의 과정에서 생겼다고 생각된다.

② 타겟-기판간거리( $D$ )가  $2.0[\text{cm}]$ 에서  $T_{c(\text{zero})}=75[\text{K}]$ 를 얻었으며  $D$ 가  $1.5[\text{cm}]$ 에서는 약  $60[\text{K}]$ 까지 냉각해도 잔류저항이 남아서  $T_{c(\text{zero})}$ 를 얻을 수가 없었다. 이것은 결정화의 조건이 기판온도에 영향이 있는 것으로 생각된다.

③ 타겟-기판간거리가 멀어짐에 따라 박막 성장속도는 감소하고 있다. 이것은 스퍼터된 타겟 구성입자가 기판에 도달할 때 Ar 등의 입자와 충돌해서 산란되었기 때문이다.

#### 참고문헌

- [1] K.Matsutani, N.Terada, M.Jo, and H.Ihara, Jpn. J. Appl. Phys., vol. 29, no. 1, pp. 79~80, 1990.
- [2] K.Sakuta, M.Iyori, Y.Katayama, and T.Kobayasi, Jpn. J. Appl. Phys., vol. 29, no. 4, pp. L611~613, 1990.
- [3] K.Tanabe, D.K.lathrop, S.E.Russek, and R.A. Buhrman, J. Appl. Phys., vol. 66, no. 7, pp. 3148~3153, 1989.
- [4] Y.Takai, K.Takechi, M.Inoue, and H.Hayakawa, Jpn. J. Appl. Phys., vol. 29, no. 9, pp. 1664~1667, 1990.
- [5] C.B.Eom, J.Z.Sun, K.Yamamoto, A.F.Marshall, K.E.Luther, and T.H.Geballe, Appl. Phys. Lett., vol. 55, no. 6, pp. 595~597, 1989.
- [6] G.Oya, T.Kobayasi, C.D.iao, and Y.Sawada, pp. 60~63, 1991.