

엑시머 레이저로 증착된 초전도박막과 사파이어 기판간 계면 특성분석

Interface Characterization of Superconducting Thin Film on Sapphire Grown by an Excimer Laser

이 상 열, 연세대학교 전기공학과
박 형 호, 연세대학교 세라믹공학과
강 광 용, ETRI 기초기술연구부

Sang Yeol Lee*, Department of Electrical Engineering, Yonsei University
Hyung-Ho Park, Ceramic Engineering Department, Yonsei University
Kwang Yong Kang, Research Department, ETRI

Abstract - Excimer laser has been used to fabricate superconducting $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ (YBCO) thin films on various substrates. An XeCl excimer laser with an wavelength of 308 nm was used to deposit both buffer layer and superconducting thin film on sapphire substrate. The characterizations of the interface between thin film and substrate were performed. The interfacial properties of thin films on buffered sapphire and on bare sapphire were compared. With a 20 nm $PrBa_2Cu_3O_{7-x}$ (PBCO) buffer layer, no diffusion layer was observed between film and substrate while the diffusion layer with about 30 nm thickness was observed between film and sapphire without buffer layer.

1. 서 론

1980년대 중반 이후 고온초전도체의 발견으로 전세계 수십여 연구팀들이 레이저 증착법을 이용한 박막증착에 관여하였으며 이러한 노력으로 엑시머 레이저를 이용한 증착법은 초전도박막제조 방법중 가장 단순하면서도 우수한 방법이 되었다[1]. 특히, 고온초전도 소자응용을 위해 다양한 기판위에 고임계전류밀도를 갖는 고온초전도 박막제조기술이 필요하

다. 그러나 유전체 기판인 사파이어는 700°C의 박막증착온도로 박막과 기판간 상호확산이 진행되어 박막을 열화시켜 고품질의 고온초전도 박막을 얻기가 매우 힘들다[2].

본 연구에서는, 이러한 열화를 막기 위해 $PrBa_2Cu_3O_{7-x}$ (PBCO) 완충막을 도입하여 200 Å 두께의 PBCO 완충막 증착 후 YBCO 초전도 박막을 완충막상 성장시켜 박막의 특성을 온도에 따른 저항측정, 주사전자현미경, X-ray 회절법, Auger 분석법등으로 분석하였다.

2. 실험방법

레이저를 이용한 고온초전도 YBCO박막증착시스템을 그림1에 나타내었다. 레이저 빔으로는 308 nm의 파장을 갖는 XeCl 엑시머 레이저가 사용되었으며 렌즈를 통해 집광시킨 레이저 빔의 에너지밀도를 $1.0 J/cm^2$ 로 유지시켰다. 다타겟용 홀더에 고온초전도 YBCO 타겟과 버퍼용 PBCO 타겟을 설치하여 증착간 타겟홀더를 회전시켜 타겟을 교체하여 다층박막을 증착할 수 있게 하였다. 증착조건으로 200 mtorr의 산소압하에서 700°C의 기판온도를 유지하며 완충막과 초전도 박막을 증착시켰다. 유전체 기판인 사파이어를 사용하여 증착

챔버에 장착된 기판을 아세톤, 메탄올, 증류수로 각각 3분간 초음파 세척을 실시하였다. 세척이 완료된 기판은 은페이스트로 기판가열용 히터에 부착시켰다. 레이저 반복율은 5 Hz를 사용하였으며 증착간 정확한 온도판독을 위해 열전쌍(thermocouple)을 히터블록에 삽입하여 온도를 계측함과 동시에 고온계(pyrometer)를 사용하여 기판표면 온도를 이 정확히 하였다. PBCO 완충막 증착 후 타겟을 회전교체하여 YBCO 타겟에 레이저 빔을 조사하여 초전도 박막을 완충막 위에 증착시켰다 [3]. 박막성장이 완료된 후에 진공챔버의 밸브를 잠그고 챔버내의 산소압을 500 torr로 승압시킨 후 기판의 온도를 500°C로 낮추고 in situ로 열처리공정을 30분간 실시하였다. 이러한 열처리과정이 끝난 후 기판온도를 상온까지 낮추어 고온초전도 박막의 제조공정을 완료하였다.

제조된 박막의 전기적 물성 분석을 위해 4단자법을 이용한 저항측정법을 이용하였으며 박막의 결정을 보기위해 XRD(X-ray diffraction pattern)를 사용하였고 표면형상 및 미세조직은 SEM(Scanning Electron Microscopy)을 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

그림2에 AES (Auger Electron Spectroscopy)로 완충막의 유무에 따른박막과 기판간 계면의 조성을 관찰하였다. PBCO 완충막을 도입한 경우 기판과 완충막, 완충막과 고온초전도박막사이의 경계면을 명확하게 관찰할 수 있었으며 상호확산도 거의없음을 알 수 있었다. 한편, 완충막을 도입하지 않은 박막과 기판간 상호확산은 30-50 nm 범위에 걸쳐 관찰되었으며 이러한 상호확산층으로 말미암아 박막이 열화되었음을 그림3의 임계온도 측정에서 알 수 있었다.

4. 결론

엑시머 레이저를 이용한 증착시스템으로 PBCO 완충막을 사용하여 사파이어 기판상에 고온초전도 박막을 성공적으로 증착시킬 수 있었다. 사파이어 기판상에 직접 증착시킨 초전도 박막은 기판과 박막간의 상호확산으로 열화가 됨을 관찰하였으며 PBCO 완충막을 도입한 경우 박막의 임계온도가 87 K에 달하는 매우

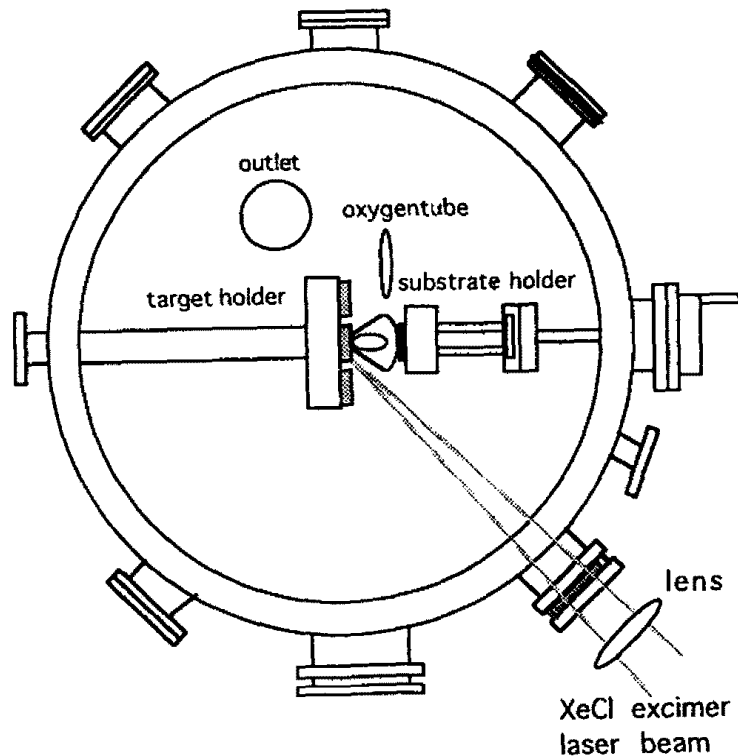


그림1. 엑시머 레이저를 이용한 박막증착도

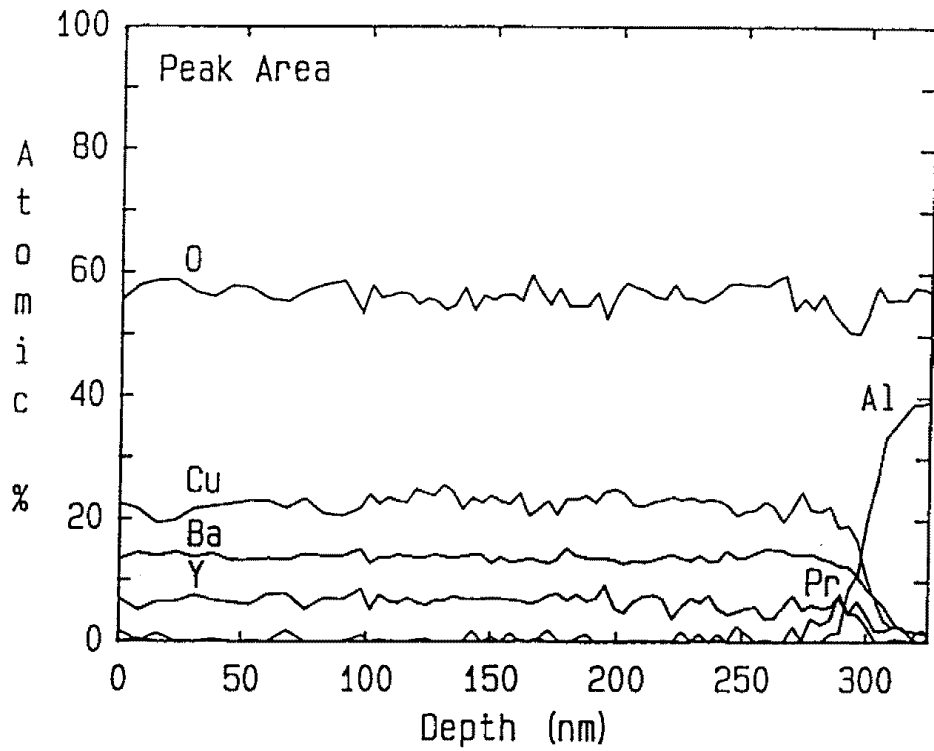


그림2. 사파이어 기판상 PBCO 완충막 증착 후 증착시킨 초전도 박막의 계면에 대한 AES depth profile 결과.

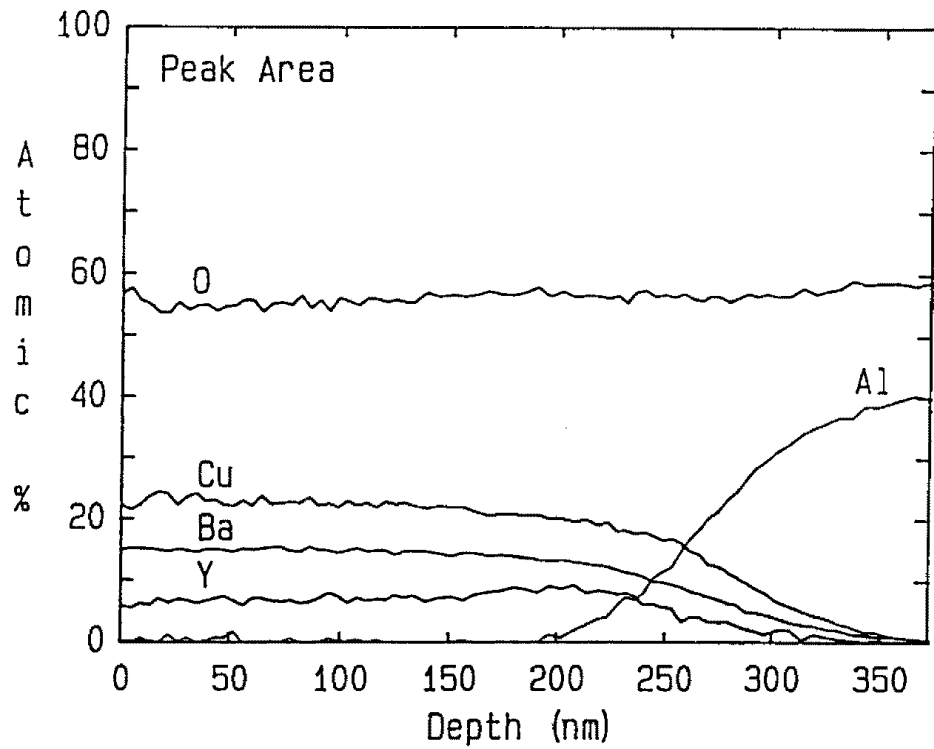


그림3. 초전도 박막을 사파이어 기판상 직접 증착 후 계면에 대한 AES depth profile 결과.

우수한 초전도성을 유지시킴을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] G.K.Hubler, "Pulsed Laser Deposition", MRS Bulletin, February, pp.26-28, 1992.
- [2] J.Cheung and J.Horwitz, "Pulsed

Laser Deposition History and Laser-Target Interactions.", MRS Bulletin February, pp.30-36, 1992.

- [3] S.Y.Lee, Q.X.Jia, W.A.Anderson and D.T.Shaw, "In situ laser deposition of superconducting $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ thin films on GaAs substrates.", J.Appl.Phys. 70, pp.7170-7172, 1991.

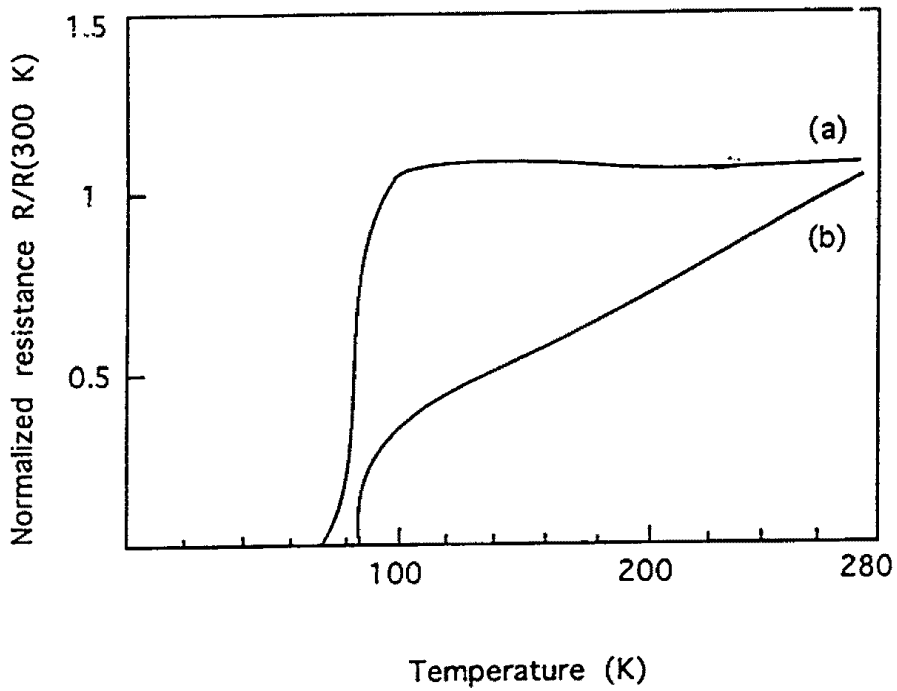


그림4. 초전도 박막의 전기저항 의존성 (a) 사파이어 기판상 직접 증착 (b)PBCO 완충막 증착된 사파이어 기판상 증착.