

레이저 용제된 HTS 표면의 불균일한 변조에 대한 연구

정 영 식°, 이 상 열
연세대학교 전기공학과

Study on the nonuniform modification of laser ablated HTS surface

Young Sik Jeong, Sang Yeol Lee

Department of Electrical Engineering, Yonsei University

Abstract - High temperature superconducting (HTS) target has been irradiated by excimer laser beam. The surface of HTS target has been changed and showed the formation of cones. The laser ablated HTS target surface has been systematically studied using a scanning electron microscope. A KrF excimer laser with a wavelength of 248 nm was used to ablate the HTS YBCO target. The size of laser beam focused on the target showed a rectangular shape of $9.7 \times 2 \text{ mm}^2$. The image of SEM shows the difference between the shapes of cones formed at the boundary and at the center of the ablated area after 1,000 laser pulses.

1. 서 론

최근 펄스레이저 증착법(Pulsed Laser Deposition, 약칭 PLD)은 복잡한 다성분계 재료의 박막공정기법으로서 전세계에 큰 파급효과를 미치고 있다. 이렇게 PLD에 대한 관심이 급증하고 있는 이유는 순수한 단일 원소물질에서부터 복잡한 다성분계 물질에 이르기까지 재현성이 있고[1], 화학양론이 뛰어나며 무엇보다도 간단한 공정기법으로 박막을 증착시킬 수 있기 때문이다[2]. 특히, 1980년대 중반이후 특성이 우수한 자외선 레이저인 엑시머 레이저(excimer laser)의 개발로 PLD는 박막증착의 우수성이 더욱 향상되었다. 이러한 PLD 공정에 있어 타겟표면과 레이저 빔의 상호작용에 의한 타겟표면의 주기적 표면변조가 발생하게 된다[3]. 이와같은 현상은 레이저 빔에 의한 스퍼터링(sputtering) 산출량의 차이에 의해 표면이 일률적으로 기화되지 않고 차별적으로 기화되어서 콘

(cone)형성과 같은 표면변조가 발생하고[4] 이로 인해 타겟 본래의 화학양론이 변하는 것으로 알려져 있다. 이러한 콘형성의 결과로 타겟표면에 수직인 축으로부터 기울어진 콘에 의해 타겟표면에서 방출된 전자, 이온, 원자, 분자 등으로 이루어진 섬광형태의 방출입자 집합체인 플룸의 방향이 변하고 콘의 틈이 깨어져 박막표면에 등근입자가 잔존하게 되어 박막표면의 균일성을 감소시키며[5] 가장 큰 문제점인 박막의 증착률이 감소하게 된다[6]. 그러므로 고품질의 박막을 효율적으로 증착시키기 위해 타겟표면변조를 체계적으로 분석평가하는 것이 필요하다.

2. 실험 방법

그림 1에 나타낸 박막증착 시스템을 이용하여 레이저에 의한 타겟표면변조 실험을 하였다. 레이저 빔으로는 248nm의 파장을 갖는 KrF 엑시머 레이저가 사용되었으며 타겟표면과 레이저 빔이 이루는 각도를 45° 로 유지하고 렌즈를 통해 집광시킨 레이저 빔의 에너지밀도를 2 J/cm^2 로 유지시켰다. 타겟표면에서의 레이저 빔의 크기와 모양은 가로 9.7 mm, 세로 2 mm의 직사각형이었고 레이저 반복율은 5 Hz를 사용하였다. 타겟은 지름이 2.48 cm, 두께가 0.29 cm, 밀도가 5.29 g/cm^3 인 TMI(Target Material Inc.)사의 고온초전도 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ (YBCO) 타겟을 사용하였다. YBCO 초전도 타겟을 사포로 문질러 표면을 최대한 매끈하게 만든 후 타겟을 회전가능한 타겟홀더에 은페이스트를 이용하여 부착하였다. 레이저 샷수를 0샷에서부터 1, 5, 10, 100, 1000, 5000샷 등으로 증가시켜 타겟의 가장자리 원주를 따라 타겟표면에 조사하였다. 타겟표면변조를 관찰 및 분석하기 위해 SEM(Scanning Electron Microscopy)을 이용하였다.

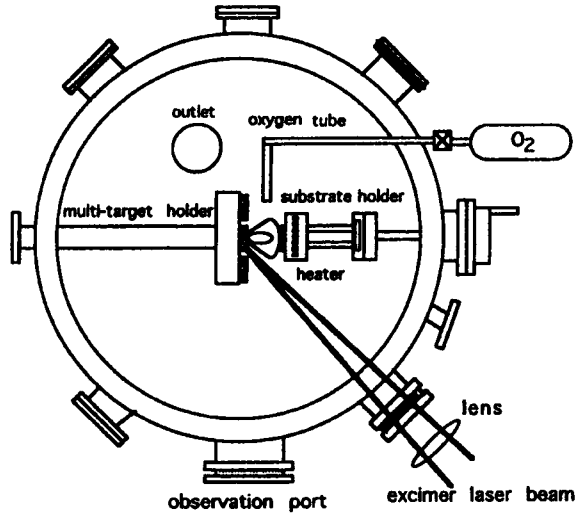


그림 1. 펄스 레이저 증착시스템 개략도

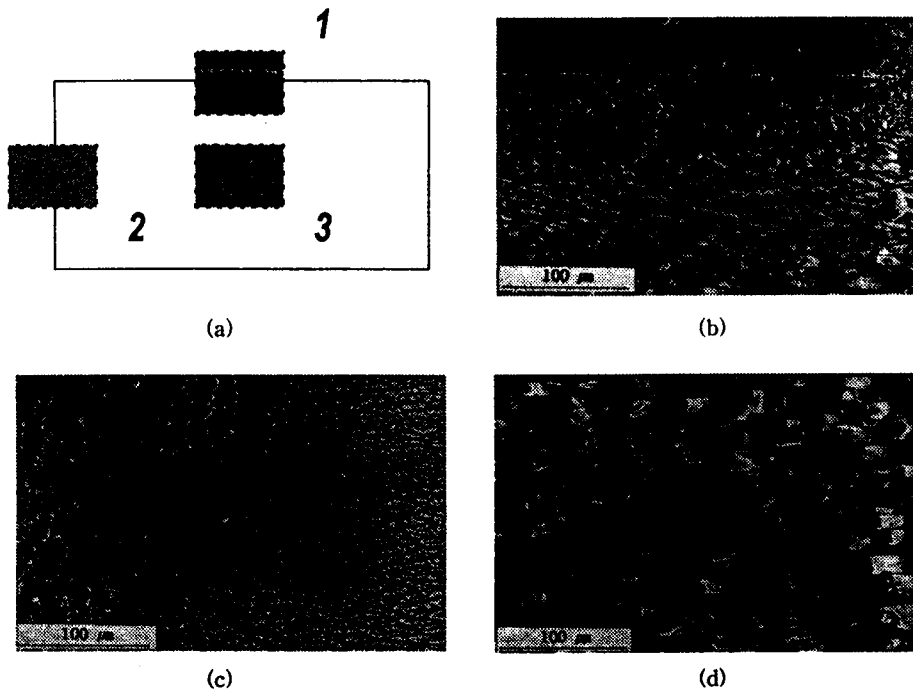


그림 2. 레이저 빔이 1000샷 조사된 타겟표면의 SEM 사진
 (a) 레이저 조사 영역중 SEM 사진 찍은 곳의 위치도
 (b) 영역 1의 SEM 사진 (c) 영역 2의 SEM 사진
 (d) 영역 3의 SEM 사진

3. 결과 및 고찰

레이저 빔을 타겟에 조사함에 따라 타겟표면에 뾰족뾰족한 원주모양을 하고있는 콘(cone)이 레이저 빔의 입사방향으로 자라나는 모습을 관찰할 수 있었다. 그림 2는 에너지밀도가 2 J/cm^2 인 레이저 빔을 1000 샷 조사한 타겟표면의 SEM 사진이다. 그림 2(a)는 SEM 사진을 찍은 곳을 나타내는 위치도이고, 그림 2(b),(c)는 레이저 빔이 조사된 곳의 경계부분으로 많은 콘이 생성되었음을 관찰할 수 있다. 그림 2(d)는 레이저 빔이 조사된 곳의 가운데부분으로 콘의 크기가 더욱 증가했고 콘의 뾰족한 부분인 팁은 대부분 녹아 있음을 알 수 있다. 이처럼 레이저 빔이 조사된 곳에서 생성된 콘의 모습이 가운데부분과 경계부분에서 다른 이유로는 레이저 빔의 가우시안 분포와 타겟의 위치에 따른 열전도의 차이때문이라고 생각할 수 있다. 가운데부분은 레이저 빔의 강도가 경계부분보다 강하고 주변으로의 열전도가 경계부분에서의 열전도보다 작기 때문에 가운데부분에서 생성된 콘은 경계부분에서 생성된 콘보다 많은 에너지를 흡수하여 콘의 크기가 커지고 콘의 팁까지 녹은 것으로 관찰되어 진다.

4. 결 론

본 연구를 통해 레이저 빔이 조사된 타겟의 위치에 따른 불균일한 타겟표면변조의 특이성을 규명하였다. 즉, 타겟표면과 레이저 빔의 상호작용에 의해 생성된 콘은 레이저 빔이 조사된 영역중 경계부분보다 가운

대부분에서 더욱 크고 콘의 팁까지 녹은 것으로 관찰되었다. 이런 현상은 레이저 빔의 가우시안 분포와 레이저 빔이 조사된 부분과 조사되지 않은 부분의 열전도의 차이에 의해 경계면의 콘이 중앙의 콘보다 작게 형성되는 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] S.Y. Lee, Q.X. Jia, W.A. Anderson, and D.T. Shaw, " In situ laser deposition of superconducting $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ thin films on GaAs substrates ", J. Appl. Phys., Vol. 70, pp.7170-7172, 1991
- [2] J.T. Cheung and H. Sankur, "CRC critical reviews in solid state and materials science", Vol. 15, p.63, 1988
- [3] K.H. Young, "Morphology and composition of YBaCuO targets after long period laser ablation", Physica C, Vol. 211, pp.1-12, 1993
- [4] D.J. Krajnovich and J.E. Vazquez, "Formation of intrinsic surface defects during 248 nm photoablation of polyimide", J. Appl. Phys., Vol. 73, pp.3001-3008, 1993
- [5] R. Kelly, and J.E. Rothenberg, Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. B7/8, pp.755-763, 1985
- [6] Y.S. Touloukian, R.K. Kirby, R.E. Taylor, P.D. Desai, "Thermal expansion, metallic elements and alloys, thermophysical properties of matter", Vol. 12, IFI/Plenum, New York., 1975