

레이저 빔에 의한 YBCO 표면변조 연구

Study on YBCO Surface Modification by Laser Beam

정 영 식* 연세대학교 전기공학과
이 상 열 연세대학교 전기공학과

Young Sik Jeong* Department of Electrical Engineering, Yonsei University
Sang Yeol Lee Department of Electrical Engineering, Yonsei University

Abstract - Surface modification like cone formation on pulsed laser deposition (PLD) occurs in YBCO target surface irradiated by laser beam. Cone formation results in a reduction of deposition rate, so that it is significant obstacles to an efficient deposition process. With the change of various conditons such as the number of laser shot, target density, direction of incoming laser beam, we have systematically analyzed the modification of target surface. Because cones formed by beam-target interactions grow in direction of incoming laser beam, we have used the method of rotating the target position by 180° with the same number and position of laser shot. Experimental results of losing the directionality and changing the shape of cones formed on laser irradiated YBCO target surface is obtained by the SEM image. Also, we have observed that the size of cones formed on target by pulsed laser became larger with increasing the number of laser shots.

1. 서 론

복잡한 다성분계 재료의 박막공정기법인 펄스 레이저 증착법(Pulsed Laser Deposition, 약칭 PLD 또는 Laser Ablation)은 1980년대 중반이후 최첨단 공정법으로 세계적 관심을 끌고 있으며 그 응용범위가 매우 넓음이 입증되었다[1-6]. 이렇게 PLD에 대한 관심이 급증하고 있는 이유는 순수한 단일 원소물질에서부터 복잡한 다성분계 물질에 이르기까지 재현성이 있고[7], 화학양론이 뛰어나며 무엇보다도 간단한 공정기법으로 박막을 증착시킬 수 있기 때문이다[8]. 이렇게 우수한 레이저 공정기법의 단점으로는 타겟표면변조가 존재하여 타겟 본래의 화학양론이 변해 증착된 박막의 화학양론 또한 변하는 점이 있다[9]. 즉, 타겟표면에는 주기적 표면변조가 타겟표면과 레이저 빔의 상호작용에 의해 발생하게 된다. 레이저 빔에 의한 스퍼터링(sputtering) 산출량의 차이에 의해 표면이 일률적으로 기화되지 않고 차별적으로 기화되어서 콘(cone)형성과 같은 표면변조가 발생한다[10]. 이 콘의 팁(tip)부분에는 작은 분자량을 갖는 성분이 많이 증발하기 때문에 큰 분자량을 갖는 성분이 많이 존재하여 타겟 본

래의 화학양론이 변하는 것으로 알려져 있다[11]. 이러한 콘형성의 결과로 타겟표면에 수직인 축으로부터 기울어진 콘에 의해 타겟표면에서 방출된 전자, 이온, 원자, 분자 등으로 이루어진 섬광형태의 방출입자 집합체인 플룸의 방향이 변하고 콘의 탑이 깨어져 박막표면에 동근입자가 잔존하게 되어 박막표면의 균일성을 감소시키며[12] 가장 큰 문제점인 박막의 증착률이 감소하게 된다[13]. 그러므로 고품질의 박막을 효율적으로 증착시키기 위해 레이저 공정에 필요한 레이저 샷수, 타겟밀도, 레이저 빔의 입사방향 등의 다양한 조건변화에 따른 타겟표면변조를 체계적으로 분석평가하여 타겟표면변조의 조건을 찾는 것이 필요하다.

이에 따라, 본 연구에서는 레이저 샷수, 타겟밀도, 레이저 빔의 입사방향 등의 변화를 통해 타겟표면변조를 관찰하고 분석하려 한다.

2. 실험 방법

그림 1에 나타낸 박막증착 시스템을 이용하여 레이저에 의한 타겟표면변조 실험을 하였다. 레

이저 빔으로는 248nm의 파장을 갖는 KrF 엑시머 레이저와 355 nm의 Nd:YAG 레이저가 사용되었으며 타겟표면과 레이저 빔이 이루는 각도를 45°로 유지하고 렌즈를 통해 집광시킨 레이저 빔의 에너지밀도를 2 J/cm²로 유지시켰다. 타겟표면에서의 레이저 빔의 크기와 모양은 가로 9.7 mm, 세로 2 mm의 직사각형이었고 레이저 반복율은 5 Hz를 사용하였다. 타겟은 밀도가 3.38 g/cm³와 5.29 g/cm³인 두 가지 종류의 고온초전도 YBa₂Cu₃O_{7-x}(YBCO) 타겟을 사용하였다. 밀도가 다른 두 개의 YBCO 초전도타겟을 제작한 후 사포로 타겟표면을 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. 또한, 정지된 타겟의 중앙에 500샷을 조사하고 레이저 빔의 입사방향을 반대로 바꾸기 위해 그 타겟을 180° 회전시킨 후 같은 지점에 500샷을 조사하였고, 타겟표면변조를 관찰 및 분석하기 위해 SEM (Scanning Electron Microscopy)을 이용하였다.

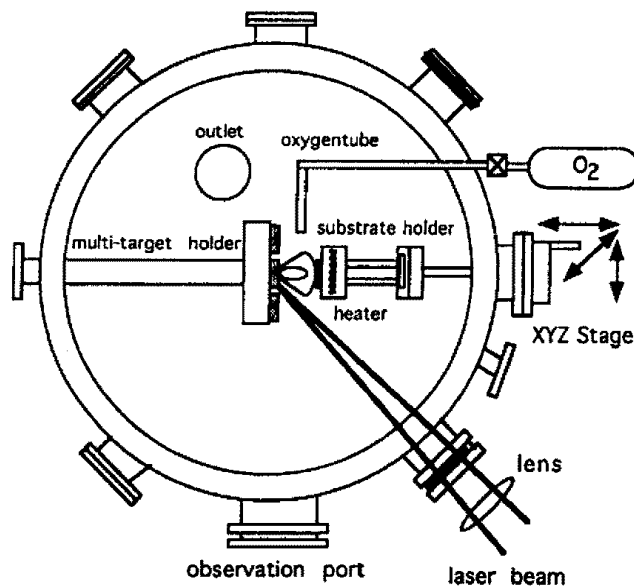


그림 1. 펄스 레이저 증착 시스템 개략도

3. 결과 및 고찰

레이저 빔을 타겟에 조사함에 따라 타겟표면에 뾰족뾰족한 원주모양을 하고있는 콘(cone)이 레이저 빔의 입사방향으로 자라나는 모습을 관찰할 수 있었고 레이저 샷수를 증가시킴에 따라 콘이 성장하다가 밀도가 5.29 g/cm^3 인 타겟의 경우 1000샷에서 콘의 뾰족한 부분인 팁(tip)이 녹아있었고 5000샷에서는 팁의 대부분이 녹아있는 모습을 관찰할 수 있었지만, 밀도가 3.38 g/cm^3 인 타겟의 경우에는 100샷에서 콘의 성장을 확인할 수 있었고 1000샷에서 팁의 대부분이 녹아 있었다.

그림 2는 500샷을 조사하고 180° 회전시킨 후 같은 지점에 다시 500샷을 조사한 곳을 찍은 SEM 사진이다. A 부분은 한쪽방향에서만 500샷이 조사된 곳이며, C 부분은 180° 회전된 양쪽 방향에서 500샷씩 총 1000샷이 중복해서 조사된 곳이고 B 부분은 두 부분의 경계지역이다. A 부분은 콘이 레이저 빔의 방향을 따라 자라고 있음을 보이고 있고, 경계지역인 B 부분의 콘방향도 A 부분의 콘방향과 같음을 알 수 있다. 이것은 A 부분을 조사한 레이저 빔의 가우시안 분포가 C 부분을 조사한 레이저 빔의 가우시안 분포보

다 강하기때문이라고 생각할 수 있다. 또한, C 부분은 양쪽방향에서 조사된 레이저 빔들의 가우시안 분포가 비슷하기 때문에 콘의 방향성이 뚜렷하지 않고 조사된 레이저 샷수가 두배이기 때문에 부스러진 콘의 모습을 보이고 있다고 관찰되어 진다.

4. 결 론

본 연구를 통해 레이저 빔의 샷수의 증가에 따른 타겟표면변조현상과 레이저 빔 입사각의 변화에 따른 표면변조현상의 특이성을 규명하였다. 즉, 타겟표면과 레이저 빔의 상호작용에 의해 생성된 콘은 레이저 빔의 방향을 따라 자라기 때문에 레이저 빔을 반대방향으로 중첩되게 조사해 주면 콘은 방향성을 잃고 모양이 변한다는 사실을 실험에 의해 발견하였고 또한, 레이저 샷수의 증가에 따라 콘형성이 촉진된다는 사실도 관찰하였다.

참고 문헌

- [1] L.P. Lee, K. Lhar, M.S. Clclough, and G. Zaharchuk, Appl. Phys. Lett. 59, pp.3051, 1991

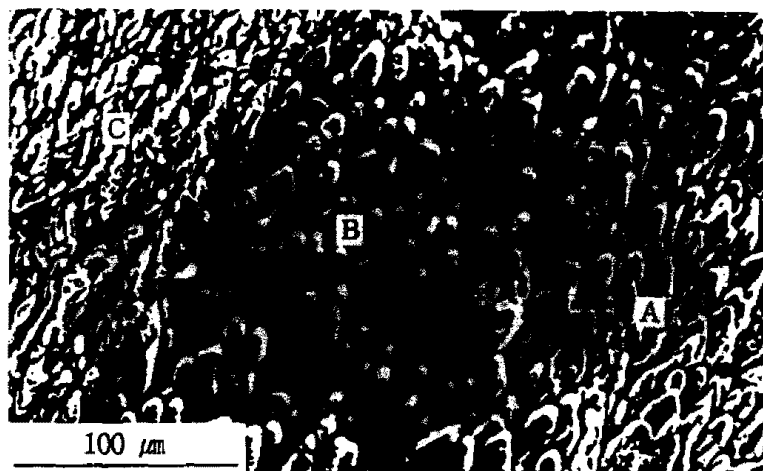


그림 2. 500샷을 조사하고 180° 회전시킨 후 같은 지점에 다시 500샷을 조사한 곳의 SEM 사진

- [2] H.S. Newman, D.B. Chrisey, J.S. Horwitz, B.D. Weaver, and M.E. Reeves, IEEE Trans, Magn. 27(2), p.2540, 1991
- [3] R. Simon, Rhysics Today 44, p.64, 1991
- [4] M.G. Norton, C. Scarfone, J. Li, C.B. Carter, and J.W. Mayer, J. Mayer, J. Mater. Res. 6, p.2022, 1991
- [5] C.A. Carosella, D.B. Chrisey, P. Lubitg, J.S. Horwitz, P. Dorsey, R. Seed. and C. Vittoria, J. Appl. Phys. (submitted)
- [6] C.B. Collins, F. Davanloo, E.M. Juengerman, D.R. Jander, and J.J. Lee, Surf. Coat. Technol. 47, p.244, 1991
- [7] N.P. Ong, J.K. Moyle, J. Bajaj, and J.T. Cheung, J. Vac. Sci. Technol. A5, p.3079, 1987
- [8] J. Desserre and J.F. Eloy, Thin Solid Films 29, p.29, 1975
- [9] H.M. van Driel, J.E. Sipe, and J.F. Young Phys. Rev. Lett. 49(26), pp.1955-1958, 1982
- [10] O. Auciello, and R. Kelly, Radiat. Eff. 66, p195, 1982
- [11] S.R. Foly, R.E. Muenchausen, R.C. Estler, E. Peterson, W.B. Hutchinson, K.C. Ott, N.S. Nogar, K.M. Hubbard, R.C. Dyer, and K.D. Wu, Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 191, pp.205-209, 1990
- [12] R. Kelly, and J.E. Rothenberg, Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. B7/8, pp.755-763, 1985
- [13] Y.S. Touloukian, R.K. Kirby, R.E. Taylor, P.D. Desai, Thermal Expantion, Metallic Elements and Alloys, Thermophysical Properties of Matter, Vol. 12, IFI/Plenum, New York., 1975