A4

펄스레이저 증착시 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ 타깃의 표면입자방출기구

(Ejection Mechanism of the Surface Particles from the $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ Target during Pulsed Laser Deposition)

서정대, 성건용

한국전자통신연구소, 기초기술연구부

1. 서론

엑시머 레이저를 이용한 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ 고온초전도 박막의 제조와 응용에 있어서 해결되어야 할 문제점 중의 하나는 1μm 정도의 구형입자들이 증착박막 표면에 존재하여 표면의 평탄화에 악영향을 미치는 점이다. 이러한 표면입자들은 마이크로파 표면저항(microwave surface resistance)감소, 에피텍셜 초격자(epitaxial superlattice)생성, 터널접합(tunnel junction)형성에 유해하게 작용하므로 표면입자 밀도를 가능한한 낮추어야 한다. 표면입자의 생성원인은 레이저 입사시 타깃표면상의 파쇄물방출, 표면용융에 의한 액상방출 등에 기인하는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 펄스 레이저 증착시 펄스레이저 입사수가 표면입자 밀도에 미치는 영향을 고찰하였고, 표면입자의 방출기구와 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ 박막표면의 입자밀도를 최소화하는 조건을 제시하고자 한다.

2. 실험방법

$YBa_2Cu_3O_{7-x}$ 박막은 자체 설계한 Pulsed laser deposition system에서 증착하였다. 증착실의 진공도는 turbo-molecular pump을 사용하여 10^{-6} Torr로 유지하였고, 기판은 $LaAlO_3$(100)을 사용하였다. 기판온도를 720 ℃로 유지한후 200 mTorr의 산소분위기와 4 cm의 타깃-기판거리에서 박막을 증착한후, 산소압을 500 Torr로 상승시켜 500 ℃ 까지냉각하여, 이온도에서 한 시간동안 in-situ로 열처리한 후 상온으로 자연냉각하였다. 박막을 증착하기 위하여 XeCl (308 nm) 엑시머 레이저를 사용하였으며, 에너지밀도가 2 J/cm^2 인 레이저 펄스를 10 Hz의 반복율로 타깃표면에 조사하였다. 박막표면의 입자밀도는 주사 현미경상에서 관찰되는 입자들의 갯수를 관찰된 표면적으로 나누어 구하였다.

3. 결과 및 고찰

그림. 1은 펄스레이저 입사수에 따른 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$박막 상의 표면입자밀도 변화를 도시한 것이다. 100회 이하의 펄스레이저 입사수로 증착한 박막의 표면입자밀도가 $5x10^3$ mm^{-2} 로 거의 일정하게 유지되는데 그 이유는 타깃을 연마한 후에 타깃표면에 부착되어있던 파쇄입자들이 1회의 펄스레이저에 의해 방출되고 더 이상의 파쇄입자방출이 없기 때문으로 생각된다. 펄스레이저 입사수가 타깃표면의 한지점에 100회 이상 누적되어 조사되는 시점에서 표면입자의 부착이 현저하게 증가되어 250회 누적 조사시 박막의 표면입자밀도는 $4x10^4$ mm^{-2}이었다. 즉 타깃표면으로부터 표면입자의 방출이 누적입사수 100회 이상에서 급격히 일어난다는 결과를 얻었다.

표면입자 밀도변화의 원인을 고찰하기 위하여 펄스레이저가 조사된 타깃표면을 관찰한 결과, 타깃표면의 미세구조가 100회 이하의 펄스레이저가 조사된 경우에는 평탄하였으나 레이저 입사수가 100회이상 증가하면 타깃표면에서 원추체가 형성되어 굴곡을 가진 미세구조로 변화되었다. 즉, 타깃표면에서 원추체가 생성되는 레이저 입사수에서 표면입자 밀도가 현저히 증가됨을 알 수 있고 이는 방출기구의 변화때문으로 생각된다.

타깃표면의 미세구조와 표면입자 밀도변화의 결과로부터 그림. 2와 같은 표면입자 방출기구를 제안하고자 한다. 타깃표면의 평탄성이 유지되는 동안의 레이저 입사수에서는 액상입자의 방출은 타깃표면에 수직하지 않아서 마주보고있는 기판표면에 도달할 확률이 매우 작으나, 펄스레이저 조사가 누적됨에 따라 원추체의 형성으로 인한 타깃표면의 평탄성이 저하되어 원추체사이의 타깃바닥면에서 액상입자가 방출되고 방출방향이 기판으로 향하게 된다. 따라서 기판에 수직한 방향으로 이동하는 액상입자의 밀도가 현저히 증가하게 된다.

4. 결론

펄스레이저를 이용한 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ 박막증착시, 펄스레이저 입사수에 따른 표면입자밀도의 관계를 고찰한 결과, 표면입자밀도의 변화를 액상입자들이 평탄한 타깃표면에서는 레이저빔 조사면적의 외각으로 방출되지만, 원추체 구조를 가진 표면에서는 레이저빔 조사면적전체로 분산된다는 방출기구로 잘 설명할수 있었으며, 표면입자 밀도가 낮은 평탄한 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ 박막을 증착하기 위해서는 타깃의 동일지점에 대한 레이저 입사수를 원추체 구조 생성전으로 제한하는 것이 바람직하다.

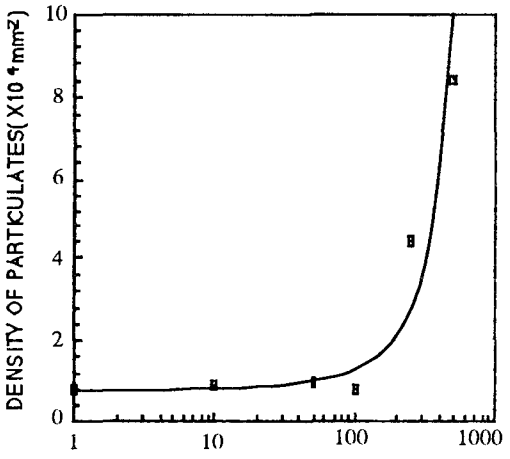

Fig. 1 Density of particulates on the pulsed laser deposited YBCO thin film surfaces as a function of the numberof laser shots.

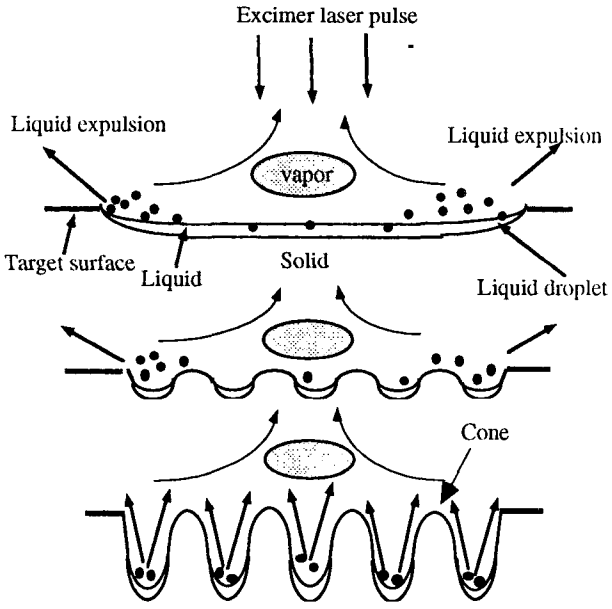

Fig. 2 Schematics of particulates ejection processes with the change of target surface morphology