

## 이온화 클러스터 빔 증착의 박막형성기구에 관한 전산모사

이경호, 신치범, 황경순\*, 문상흡\*, 조원일\*\*, 윤경석\*\*  
아주대학교 화학공학과  
\* 서울대학교 화학공학과  
\*\* 한국과학기술연구원 화공연구부

### A Simulation on the Film-Formation Mechanism by Ionized Cluster Beam Deposition

K.H. Lee, C.B. Shin, G.S. Hwang\*, S.H. Moon\*, W.I. Choi\*\*, K.S. Yun\*\*  
Dept. of Chem. Eng., Ajou University  
\* Dept. of Chem. Eng., Seoul National University  
\*\* Div. of Chem. Eng., KIST

## 서론

최근 반도체, 신소재 등의 첨단산업의 발전이 가속화되면서 효율적인 박막 제조기법에 관한 관심이 고조되고 있다. 이온화 클러스터 빔 증착(Ionized Cluster Beam Deposition; ICBD)은 낮은 기판온도하에서 금속, 반도체, 절연체, 유기물 등의 고품위 박막을 얻을 수 있는 새로운 기법이다. ICBD는 박막의 결정성 및 기타 물성들을 용이하게 조절할 수 있기 때문에 차세대 반도체 및 신소재 박막 제조 기술로서 그 연구가치가 높게 평가되고 있다[1].

ICBD란 이온화된 원자 cluster를 기판에 충돌시킴으로써 CVD나 sputtering 등에서 구현하기 어려운 특성을 얻을 수 있는 기법이다. Cluster의 표면에는 많

은 원자들이 존재하기 때문에 정상적으로 응축된 물질과는 다른 독특한 물리적·화학적 특성을 갖는다[2]. ICB증착에서 cluster는 수 keV의 큰 에너지를 갖지만 개개의 원자는 작은 에너지를 갖게 되는 데, 이러한 에너지에서 ICB기법에 의해 증착된 박막은 강한 부착성, 높은 충전 밀도, 높은 결정성을 가질 수 있다[3]. 또한 Yamada 등은 실험을 통해 가속전압을 증가시키면 결정성 등과 같은 박막의 물리적 성질이 매우 좋아짐을 확인하였다[4,5].

ICB기법에 의해 얻을 수 있는 장점으로는 핵 형성시 activated center를 생성하여 얻게되는 nucleation의 강화, cluster 충돌후에 일어나는 sputtering에 의한 기판표면 세척효과, kinetic energy의 thermal energy로의 전이에 의한 효율적인 기판온도 가열, adatom migration의 강화 등을 들 수 있다[6].

본 연구의 목적은 ICB증착의 메카니즘을 전산모사함으로써 원하는 특성의 박막을 얻기위한 효율적인 운전조건을 도출하는데 있다.

### 전 산 모 사

전산모사의 수행 과정은 다음과 같다. 우선 cluster를 공간상에 random하게 발생시킨다. 생성된 cluster는 기판이나 다른 cluster위에 떨어져 깨어진 후, 입력된 기판온도, 가속화 전압에 따라 표면이동, 원자간의 충돌이나 결합, 핵형성, 성장, 유착 등의 과정을 거쳐 연속적인 박막을 형성하게 된다. 그림1은 이러한 일련의 박막 형성 과정을 보여주고 있다.

본 전산모사에서는 가속화 전압과 이온화에너지에 따른 박막 표면의 평활도와 결정성의 변화를 고려하는데 초점을 두었다.

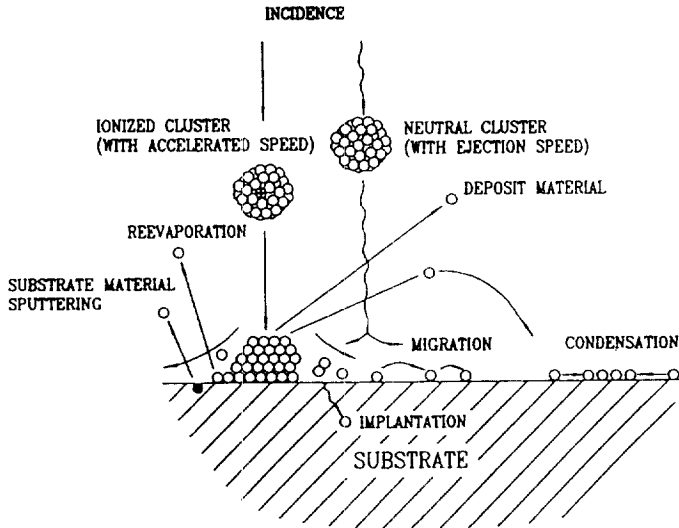
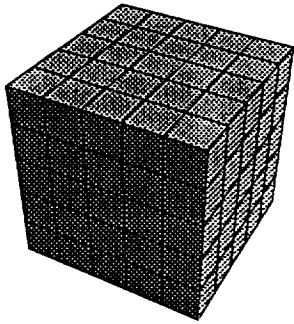


그림1. ICBD에 의한 박막형성과정의 개략도

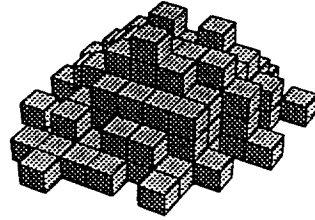
결과 및 토의

본 연구에서는 hopping number( $N_h$ )라는 변수를 사용하여 cluster의 입사속도와 운동에너지, 기판의 온도 그리고 cluster를 구성하고있는 입자들과 기판과의 인력이 입자의 표면이동에 미치는 영향을 고려한 전산모사를 수행하였으며, 전산모사로부터 얻은 단일 클러스터의 붕괴모습을 그림2에 예시하였다.

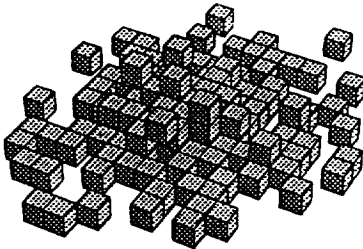
전산모사 결과의 해석을 통하여 ICB증착에서는 다른 증착기법에서 요구하는 기판온도에 비해 현저하게 낮은 기판온도에서도 박막형성이 효과적으로 이루어질 수 있고 결정성을 용이하게 조절할 수 있는데, 이를 가속전압과 기판온도에 의해 설명할 수 있음을 확인하였다. 기판과 증착입자사이의 인력에 의한 마찰계수의 변화가 입사시에 입자들이 지니고 있는 운동에너지의 소산속도에 영향을 줄을 알 수 있었다.



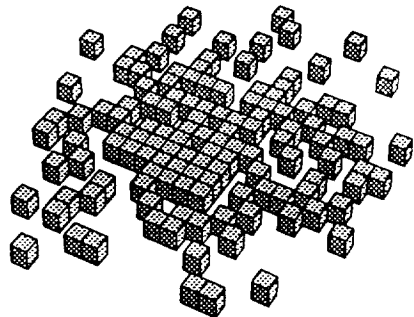
(a)



(b)



(c)



(d)

그림2. 단일 cluster의 붕괴모습 (125 atoms)  
(Hopping 횟수 : (a) 0, (b) 100, (c) 500, (d) 1500)

### 참 고 문 헌

1. T. Takagi, *Thin Solid Films*, 92, 1(1982).
2. J.P. Borel and J. Buttet, *Small Particles and Inorganic Clusters*, Surf. Sci. 106 (1981).
3. J. George, *Preparation of Thin Films*, Marcel Dekker, N.Y., (1992).
4. I. Yamada, H. Inokawa, and T. Takagi, *J. Appl. Phys.*, 56, 2746 (1984).
5. I. Yamada, H. Inokawa, and T. Takagi, *Thin Solid Films*, 124, 179 (1984).
6. T. Takagi, *Ionized-Cluster Beam Deposition and Epitaxy*, Noyes, N.J., (1988).