

【포스터 : 플라즈마13】

Discrete-Sectional 모델에 의한 플라즈마 반응기에서의 미립자 성장 예측

김동주, 김교선
강원대학교 화학공학과

증착, 식각, 스퍼터링과 같은 반도체 제조 공정에 널리 이용되고 있는 플라즈마 화학 기상 증착 (PCVD : Plasma Chemical Vapor Deposition) 반응기에서는 나노미터에서 마이크론까지 크기를 가지는 입자들이 존재하여 박막 특성, 박막의 균일성 및 반응기 효율성 등을 저하시켜 심각한 미립자 오염 문제를 유발하는 것으로 알려져 있다^(1, 4).

본 연구에서는 Matsoukas 등⁽⁵⁾에 의해 제시된 플라즈마 영역에서 Gaussian 형태의 입자 전하 분포를 사용하여 입자 전하를 고려한 입자 성장을 모델화하였다. 플라즈마 반응기 내에서 입자 충돌에 의한 입자 성장을 분석하기 위해 discrete-sectional 모델을 사용하였다. i 번째 discrete regime에서와 k 번째 sectional regime에서의 입자들에 대한 물질수지식은 식 (1)와 (2)로 각각 표현된다.

$$\frac{dq_i}{dt} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{i-1} (E_{j,i-j} \beta_{j,i-j}^* q_j q_{i-j}) - q_i \sum_{j=1}^{i-1} (E_{i,j} \beta_{i,j}^* q_j) - q_i \sum_{k=1}^{i-1} (E_{i,k} \beta_{i,k}^D Q_k) - (F_{pos,i} + F_{neu,i}) \frac{q_i}{\tau_{res}} \dots \dots \dots (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{dQ_k}{dt} = & \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{\max} \sum_{j=1}^{\max} (E_{i,j} \beta_{i,j}^{DD} q_i q_j) + \sum_{i=1}^{\max} \sum_{j=1}^{i-1} (E_{i,j} \beta_{i,j}^D q_i Q_j) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=1}^{i-1} (E_{i,j} \beta_{i,j} Q_i Q_j) - Q_k \sum_{i=1}^{\max} (E_{i,k} \beta_{i,k}^D q_i) + Q_k \sum_{i=1}^{\max} (E_{i,k} \beta_{i,k}^D q_i) \\ & - Q_k \sum_{i=1}^{k-1} (E_{i,k} \beta_{i,k} Q_i) + Q_k \sum_{i=1}^{k-1} (E_{i,k} \beta_{i,k} Q_i) - \frac{1}{2} E_{k,k} \beta_{k,k} Q_k^2 - Q_k \sum_{i=k+1}^{\max} (E_{i,k} \beta_{i,k} Q_i) - (F_{pos,i(\max+k)} + F_{neu,i(\max+k)}) \frac{Q_k}{\tau_{res}} \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

플라즈마 반응기 내에서 입자 성장에 대한 모델식(식 (1)과 (2))은 상미분 방정식 solver인 DGEAR sburoutine을 사용하여 풀었다. 입자 성장에 따른 벌크 플라즈마 영역에서의 전기적인 중성 조건을 만족시키기 위해 매 time step마다 전자 농도를 계산하였다.

시간이 지남에 따라 큰 입자들이 생성된 후 작은 입자군의 입자들은 큰 입자들과의 입자 충돌에 의해 빠르게 소모되고 큰 입자군의 입자들은 입자 충돌에 의해 성장하므로 입자크기분포는 작은 입자영역과 큰 입자영역으로 나뉘었다. 본 연구의 이론 결과가 Shiratani 등⁽¹⁾의 실험 결과와 동일

공정 조건에서 비교적 잘 맞았다.

[참고문헌]

1. Shiratani, M., Kawasaki, H., Fukuzawa, T., Yoshioka, T., Ueda, Y., Singh, S. and Watanabe, Y. : *J. Appl. Phys.*, **79(1)**, 104 (1996).
2. Kim, K.-S. and Kim, D.-J., *J. Appl. Phys.*, **87**, 1 (2000).
3. Kim, D. J. and Kim, K. S., *AIChE J.*, accepted(2001).
4. Kim, K. S., Kim, D. J., Yoon, J. H., Park, J. Y., Watanabe, Y., Shiratani, M., *J. Colloid Interface Sci.*, accepted(2001).
5. Matsoukas, T. and Russell, M. : *J. Appl. Phys.*, **77(9)**, 4285 (1995).