

[22-P08]

반도체용 플라즈마 반응기에서의 입자 성장 모델 Model of Particle Growth in Plasma Reactor for Semiconductors

김동주, 김교선
강원대학교 화학공학과

반도체 공정 중 박막 제조를 위한 a-Si PCVD 반응기에서는 나노에서 마이크론 크기를 가지는 입자들이 생성되어 플라즈마 반응기를 오염시키고 있으며 반도체 소자 및 반응기 효율성 등을 저하시키는 것으로 알려져 있다. 대부분의 입자들은 플라즈마 반응기 내에서 음으로 대전되어 있으며 반응기 내에 작용하는 여러 힘들간의 균형에 의해 주로 sheath 경계 영역에 머무르는 것으로 알려져 있다^(1,2).

플라즈마 반응기 내에서 입자 충돌에 의한 입자 성장을 분석하기 위해 Matsoukas 등⁽³⁾에 의해 제안된 식으로부터 입자 전하 분포를 계산하였으며 입자 성장 모델로서 discrete-sectional 모델을 사용하였다. 입자 크기 영역은 i_{max} 개의 discrete regime과 k_{sec} 개의 sectional regime으로 나누고 각 regime에서 입자에 대한 물질수지식은 각각 다음과 같다.

$$\frac{dq_1}{dt} = S_1 v_1 - q_1 \sum_{j=1}^{i_{max}} (G_{1,j} \beta_{1,j}^* q_j) - q_1 \sum_{k=1}^{k_{max}} (G_{1,k} {}^4\bar{\beta}_{1,k}^D Q_k) - f_{out} \frac{q_1}{\tau_{res}} \quad (1)$$

$$\frac{dq_i}{dt} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{i-1} (G_{i,(j)} \beta_{i,(j)}^* q_j q_{(j)}) - q_i \sum_{j=1}^{i_{max}} (G_{i,j} \beta_{i,j}^* q_j) - q_i \sum_{k=1}^{k_{max}} (G_{i,k} {}^4\bar{\beta}_{i,k}^D Q_k) - f_{out} \frac{q_i}{\tau_{res}} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{dQ_k}{dt} = & \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i_{max}} \sum_{j=1}^{i_{max}} (G_{i,j} {}^1\bar{\beta}_{i,j}^{DD} q_i q_j) + \sum_{i=1}^{i_{max}} \sum_{j=1}^{k-1} (G_{i,j} {}^1\bar{\beta}_{i,j}^D q_i Q_j) - Q_k \sum_{i=1}^{i_{max}} (G_{i,k} {}^2\bar{\beta}_{i,k}^D q_i) + Q_k \sum_{i=1}^{i_{max}} (G_{i,k} {}^3\bar{\beta}_{i,k}^D q_i) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=1}^{k-1} (G_{i,j} {}^1\bar{\beta}_{i,j,k} Q_i Q_j) \\ & - Q_k \sum_{i=1}^{k-1} (G_{i,k} {}^2\bar{\beta}_{i,k} Q_i) + Q_k \sum_{i=1}^{k-1} (G_{i,k} {}^3\bar{\beta}_{i,k} Q_i) - \frac{1}{2} G_{k,k} {}^3\bar{\beta}_{k,k} Q_k^2 + \frac{1}{2} G_{k,k} {}^6\bar{\beta}_{k,k} Q_k^2 - Q_k \sum_{i=k+1}^{k_{sec}} (G_{i,k} {}^4\bar{\beta}_{i,k} Q_i) - f_{out} \frac{Q_k}{\tau_{res}} \end{aligned} \quad (3)$$

윗 식에서 q_1 는 monomer에 대한 무차원 부피농도를 나타내고, q_i 와 Q_k 는 discrete regime와 sectional regime에서의 무차원 부피농도를 각각 나타낸다. 공정 변수로서 초기입자 크기 (d_0), 초기입자 생성 속도 (S_1), 반응기 내 체류시간 (τ), f_{out} 등을 변화시켰으며 시간이 지남에 따라 입자 충돌에 의해 입자 크기는 증가하였고 입자 표면적의 증가와 더불어 입자가 가지는

평균 전하량도 증가하였다.

[참고문헌]

1. M.Shiratani, H.Kawasaki, T.Fukuzawa, T.Yoshioka, Y.Ueda, S.Singh and Y.Watanabe, J. Appl. Phys. 79(1), 104 (1996).
2. K.S.Kim and D.J.Kim, J. Appl. Phys, 87, 1(2000).
3. T.Matsoukas, M.Russell, M.Smith, J. Vac. Sci. Technol., A14(2), 624(1996).