

플라즈마를 이용한 이온주입기술에서
2 차원 평면에 대한 시변위 Sheath 측정

김 건우 , 안 영준 , 최 석호** , 이 정혜* , 윤 정현* , 김 곤호 , 이 연희* , 한 승희*

한양대학교 물리학과 , 기계공학과 **
한국과학기술연구원 특성분석센터*

물질표면에 이온을 주입하는 이온주입기술은 신재료개발 또는 반도체소자 공정에 널리 이용되고 있다. 이는 물질표면에 이온을 주입시킴으로써 물질전체의 구성성질은 변화시키지 않고 물질표면에 원하는 특성을 갖는 신물질개발 또는 반도체 제조 공정에 응용이 가능하기 때문이다. 이러한 이온주입 기술은 두가지 방법으로 나눌 수 있다. 이온빔을 이용한 이온빔 이온주입 방법, 플라즈마내 처리대상 물질에 Pulse형태로(10 μ s, 250 Hz ~ 1 kHz) 음전압을 인가하여 이온을 주입시키는 Plasma Source Ion Implantation(PSII)기술이 있다.

본 논문은 PSII에서 물질표면에 주입되는 이온의 양(Dose)을 정량화하는 중요한 부분인 시변위 Sheath에 대한 연구결과이다. PSII에서 발생하는 Sheath에 대한 시간에 따른 분류는 다음과 같다. 물질에 음전압을 가한 후 $T \leq \omega_{pe}^{-1}$ 시간에 형성되는 Ion Matrix Sheath, $\omega_{pe}^{-1} < T \leq \omega_{pi}^{-1}$ 시간에 형성되는 Time Evolution Sheath, $T = \infty$ 시간에 형성되는 Child Langmuir Sheath이다. 여기서 Ion Matrix Sheath와 Time Evolution Sheath는 물질에 음전압이 걸려있는 동안 물질주위에있는 전자들이 밀려나가는 영역으로 이곳에는 상대적으로 양이온들이 많게 된다. 이들 Sheath내에서 양이온들은 플라즈마와 음전하 사이에 형성된 전위차 만큼의 에너지를 갖고 물질표면에 주입된다. 이때 단위면적당 주입되는 양이온의 양은 Sheath지역 양이온들이 전부 주입되었다고 할때

$$\phi = \frac{\omega f n l t}{q A (1 + \gamma)}$$

이다. 여기서 I_i (mA)은 단위 Pulse당 이온 Current로 $I_i = \frac{q n_0 A L}{\omega}$, $q \approx 1.6 \times 10^{-19} C$, A (cm²)는 처리

할 대상물질의 면적, γ 는 이온주입시 처리물질표면에서의 2차 전자방출계수, ω (sec)는 Pulse Width, f (Hz)는 Frequency, n (#)은 Ion당 원자갯수, t (sec)는 총 처리시간, n_0 (cm⁻³)은 플라즈마밀도, L (cm)은 Pulse Width동안 Sheath가 진행한 거리이다.

이온주입시 Pulse Width동안 Sheath가 진공용기벽까지 밀려나면 플라즈마가 꺼지는 현상이 일어난다. 또한 처리물질을 올려놓는 받침대를 여러개 배열할 때 시변위 Sheath는 이온이 주입되는 각각의 시편에 영향을 미친다. 따라서 Pulse Width동안 진행된 Sheath 전개영역 L 값은 위의 Dose양을 계산하고 전체 진공용기 크기와 시편 받침대의 간격을 결정는데 중요한 요소이다.

본 연구에서는 이러한 Sheath를 측정하기 위해 회로를 구성하여 진공조 안에 들어가 있는 Langmuir Probe에 연결하였다. 그림 1은 Probe가 받는 신호의 변화로 위치 A와 B는 각각 기울기가 변하는 지점으로 Sheath가 Probe를 지나가는 시점을 나타내고 있다. 그림에서 Z축방향으로 시편 받침대에서 Probe까지 거리 4.5cm인 A지점이 위치 2.5cm인 B지점 보다 Sheath가 도달한 시간이 더 긴 것을 알 수 있다. 바로 이러한 방법으로 이온이 주입되는 시간 10 μ s, 음전압의 크기를 5 kV ~ 25 kV로 변화시켜가면서 Sheath가 전개된 거리와 Sheath의 진행속도를 구하였다.

본 실험에서 플라즈마는 진공조 상단 중앙에 위치한 안테나를 이용하여 Inductively Coupled RF 플라즈마를 발생시켰으며 이때 RF Power는 200 W, Ar 개스를 1 mtorr로 유지하였다. 또한 Langmuir Probe로 측정한 결과 플라즈마 밀도는 Z축 방향으로 약 $4 \times 10^9 [\text{cm}^{-3}]$ (오차 $\pm 15\%$), 플라즈마 전위는 60~80[V], 전자온도는 약 5[eV]인 것으로 측정되었다.

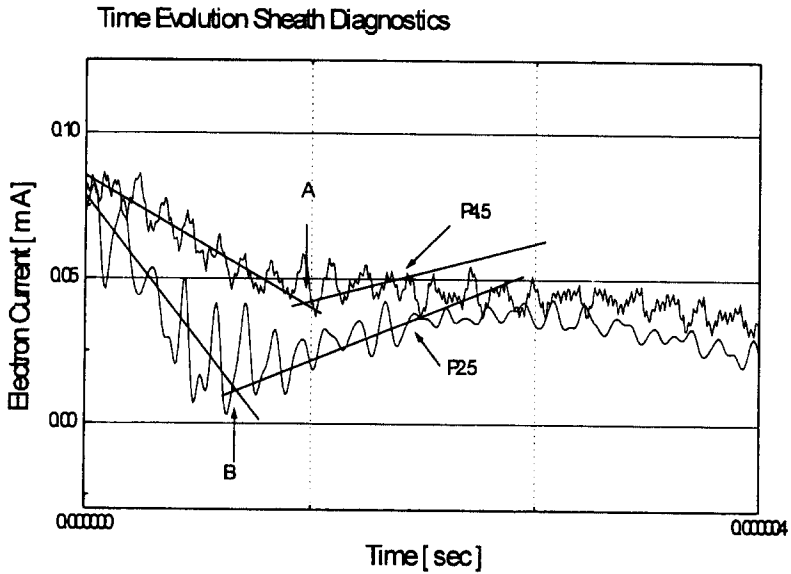


그림 1