

RF Pulse 를 이용한 ICP-Magnetron Sputtering Plasma 의 Ionization 효율 향상

주 정 훈

군산대학교 공과대학 재료공학과

1. 서론

ULSI 급 반도체의 배선에 사용되는 $1\mu\text{m}$ 이하의 좁고 깊은 trench 나 contact 을 채울 목적으로 입자들의 산란이 적은 수 mTorr 의 압력에서, 이온의 방향성을 이용한 ionized magnetron sputtering 장치가 사용되는데[1],[2] Ar plasma 에 이온화 에너지가 낮은 금속 입자들이 유입되면서 plasma 의 electron temperature 가 급격히 감소하는 quenching 현상이 보고된바 있다.[3] 이를 해결하기 위하여 Ar plasma 에 금속 입자들을 짧은 주기동안 sputter 한 후 다시 Ar plasma 만을 유지시켜서 다시 전자의 온도를 회복하도록 하는 RF Pulsed ICP-MS 방법을 고안하고 그 동작 특성에 관하여 살펴보았다.

2. 실험 방법

직경 52cm, 높이 38cm 의 SUS304 chamber 에 2 inch 직경의 magnetron sputtering target module 과 RFI coil 을 water cooled Cu tube 를 이용하여 수 turn coil 형태로 제작하여 sputtering target 상부에 설치하였다. RF generator 는 ANELVA 社의 PRF-153B 를 사용하여 1.5kW 까지 인가하였고, Advanced Energy 社의 RFZ-60 impedance analyser 를 이용하여, plasma 의 정합 상태를 가스의 압력, RF power level 등을 바꾸어 가면서 조사하였다. RF Pulse 는 Advanced Energy 社의 PEP-2500 55kHz pulse power supply 를 사용하였으며 조절할 수 있는 pulse width 는 1ms - 500ms 이다.

3. 실험 결과 및 고찰

DC, RF continuous, RF pulsed sputtering plasma 에 따라 이온화율이 포화가 되는 약 35mTorr 의 가스 압력에서 실험을 하였으며, 스퍼터율이 높아서 쉽게 metal plasma 의 영향을 볼 수 있는 Ag 을 타겟 물질로 선정하였다. Ar 가스 압력이 수 mTorr 범위에서 DC magnetron sputtering target 쪽의 DC 방전 전압이 380V 에서 260V 로 감소하고, 방전 전류가 증가하는 ICP 의 영향이 나타나는 것을 보고한바 있는데, pulse 의 on/off time 을 10ms/10ms 에서 10ms/30ms 까지 증가시켜 가면서 증착된 박막의 두께, 전기 저항, X-ray diffraction 으로 측정된 결정립의 우선 방위등을 이용하여 이온화율의 증가를 확인하였다. 이 때의 기관 바이어스 전압은 -20V 로써 sputtering RF pulse power 가 off 된 시간동안에는 많은 reverse sputtering 이 일어나기에는 낮은 에너지이다. 즉 on time 의 최적화는 gas plasma 의 높은 전자 온도가 금속 입자들의 sputtering 에 의해서 quenching 되는 시간으로 하고 off time 의 최적화는 quenching 된 plasma 의 전자 온도가 gas only plasma 의 수준으로 회복되는 최소한의 시간으로 하여 조사하였다. Duty ratio 가 낮아지면 평균적으로 플라즈마의 온도는 증가하여 더 많은 금속 입자들을 이온화 시킬 수 있고 sheath 에서도 더 많은 이온을 기관으로 입사시킬 수 있다.

4. 결론

55kHz 의 RF Pulse 를 Magnetron Sputtering Power 로 이용하여 13.56MHz 의 RFICP 에서 스퍼터된 높은 밀도의 금속 입자에 의한 전자 온도의 저하를 최소화 하기 위한 최적의 ON/OFF time 과 Duty ratio 를 실험 및 이론적으로 조사하였다.

5. 참고 문헌

- [1] A.A.Mayo, S.Hamaguchi, J.H.Joo and S.M.Rossnagel, Across wafer nonuniformity of long throw sputter deposition, J.Vac.Sci.& Technol. B Vol.15 No 5, (1997)1788
- [2] Junghoon Joo and S.M.Rossnagel, Asia Pacific Conference on Plasma Science and Technology 96, Univ. of Tokyo, July 16 (1996)
- [3] J.Hopwood and F.Qian, J.Appl.Phys. 78(2)(1995)758