

이온 빔 집속에 의한 W 박막증착
(Tungsten Thin Film Deposition Assisted by Focused Ion Beam)

현대전자(주) 반도체 연구소 김 호정, 구 정희, 김 정태
고려대학교 재료공학과 최 인훈

1. 서론

집적회로가 고집적화 됨에따라 전기적 특성개선을 위해 미세회로 수정의 필요성이 증대되면서, 마스크를 사용하지 않고 한 장비내에서 회로의 절단 및 연결의 기능을 가진 이온 빔 집속장치(Focused Ion Beam System)가 개발되어 크게 주목을 받고 있다. 회로의 연결에는 통상 W 증착막이 이용되는데 이때 증착막의 특성개선을 위한 연구들이 많이 진행되고 있다.¹⁻³⁾

본 연구에서는 이온원은 Ga 이온이 사용되고 증착가스로 W(CO)₆를 사용한 W 박막 증착에서 증착 분해 과정에 영향을 미치는 빔의 전류 밀도 변화에 따른 증착속도 및 deposition yield를 비교 조사하였다.

2. 실험 방법

(1) 실험 장치

본 연구에 사용된 장치는 30KV로 가속된 Ga 이온을 2개의 electrostatic lens 및 aperture등을 통해 빔을 최종적으로 500Å까지 집속시키며 최대 4800pA의 전류를 가질 수 있도록 제작되었다. 이온실의 기본 진공도는 5×10^{-7} Torr 이하이며, 시료실은 2×10^{-6} Torr 이하이지만 증착시에는 $1 \sim 1.5 \times 10^{-5}$ Torr로 유지되며 Fig.1과 같이 시료 좌측 35° 각도에 설치된 가스 총에 62°C로 가열된 W(CO)₆가 시료에 약 10 mTorr의 분사압으로 흡착되는 동시에 이온 빔이 주사되어 흡착가스를 분해 증착시킨다.

(2) 시편 제조

(100) 방위의 P형 실리콘 기판에 전기적 특성 실험시 전류가 기판으로 누설되는 것을 방지하기 위해 열산화막을 5000Å 정도 성장시킨 후 그 위에 비저항이 $2.95 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 인 Al - 1% Si - 0.5% Cu의 금속막을 sputtering 방법으로 약 1μm 증착후 BCl₃ / Cl₂ / CHF₃ 가스로 Pad 모양만 남기고 식각하였다. 이러한 기본적인 시편위에 전류 밀도를 $81.5 \sim 16000 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 범위로 변화시키면서 W를 증착하였으며 열처리하는 가하지 않았다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 이온 빔의 전류 밀도를 두가지 방법으로 변화시켰다. 하나는 빔 전류를 변화시켰고 또 하나는 주사면적을 변화시켰다. 증착막의 두께는 α -step으로 측정하였으며 전류밀도에 따른 증착속도는 Fig.2와 같이 $81.5 \sim 3555.6 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 까지는 $1.1 \sim 30.2 \text{ \AA}/\text{sec}$ 로 급격히 증가하지만 $5333 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 과 $8000 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 에서는 각각 $30.7 \text{ \AA}/\text{sec}$, $34.2 \text{ \AA}/\text{sec}$ 로 둔화추세를 보이다가 $16000 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 에서는 $28.5 \mu\text{A}/\text{sec}$ 로 감소되었다. 이는 어느 정도까지는 전류밀도에 비례하여 증착속도가 증가하지만 전류 밀도가 너무크면 증착과 동시에 식각이 일어나기 시작하므로 증착속도는 감소하는 결과를 보인다고 하겠다. 이는 Ga 이온 한개가 분해 증착시킬 수 있는 W 원자수의 비인 deposition yield를 나타낸 Fig.3에서와 같이 전류밀도가 $5333 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 이상에서 deposition yield가 크게 감소하는 현상과 일치하는 결과이다. 이때 deposition yield는 증착 W 박막내에 C, O, Ga 의 불순물이 포함되지 않은 순수한 W 이라 가정하여 W 막의 두께 1000 \AA 을 기준하여 계산한 값이다.

4. 결론

전류 또는 주사면적을 변화시키더라도 같은 전류 밀도에서는 비슷한 증착속도 및 deposition yield를 갖으며, 증착시 식각이 일어나서 증착속도가 둔화될때와 deposition yield가 급격히 감소할 때의 전류 밀도가 모두 $5333 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 으로 나타나므로 이 전류 밀도 이하에서만 효과적인 증착이 일어난다.

5. 참고문헌

- 1) D.K. Stewart, L.A. Stern, J.C.Morgan, SPIE, Vol 1089, P.18 (1989)
- 2) P.G. Blauner, J.S. Ro, Y.Butt, J.Melngailis, J.Vac. Sci. Technol, B7(4), P.609 (1989)
- 3) T.Tao, W.Wilkinson, J.Melngailis, J.Vac. Sci. Technol, B9(1), P.162(1991)

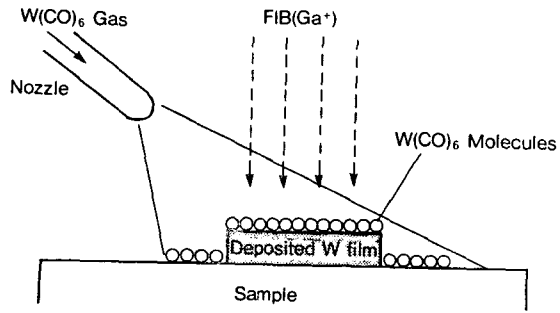


Fig.1 FIB assisted CVD.

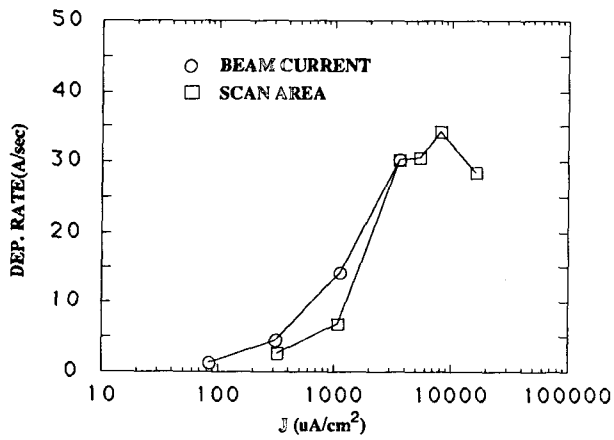


Fig.2 Deposition rate as a function of Ga ion beam current density.

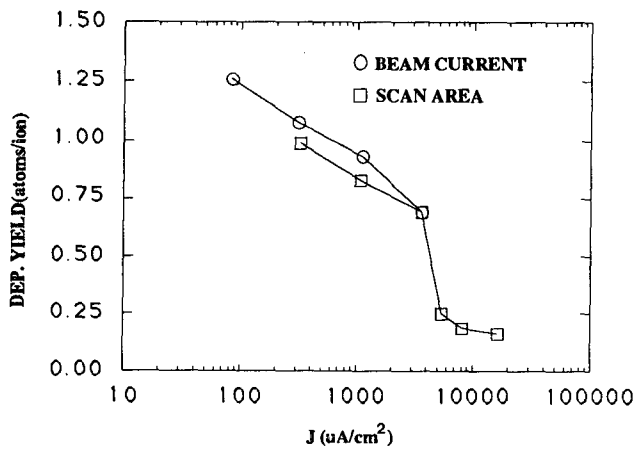


Fig.3 Deposition yield as a function of Ga ion beam current density.