

W-B-C-N 확산방지막에서 질소농도에 따른 Stress 에 대한 연구

소지섭, 이창우*

서울시 성북구 정릉동 861-1 국민대학교 나노전자물리학과

Abstract : Stress behavior was studied to investigate the internal behaviors of boron, carbon, and nitrogen in the 1000 Å-thick tungsten boron carbon nitride (W-B-C-N) thin films. The impurities in the W-B-C-N thin films provide stuffing effects that were very effective for preventing the interdiffusion between interconnection metal and silicon substrate during the subsequent high temperature annealing process. The resistivity of W-B-C-N thin film decreases as an annealing temperature increase. The W-B-C-N thin films have compressive stress, and the stress value decreased up to -4.11×10^{10} dyne/cm² as an N₂ flow rate increases up to 3 sccm.

Key words : Stress behavior, interdiffusion, N₂ flow rate, W-B-C-N thin film

* correspondence : E-mail : cwlee@kookmin.ac.kr.

1. 서론

최근, 증착과 열처리과정에서 정제된 금속박막의 Stress는 중요한 이슈가 되고 있다. 왜냐하면, 금속박막에서의 Stress는 mechanical adhesive failure, hillocks, spikes 그리고 stress migration 형성 등 ULSI 디바이스에서 여러 문제들로 현존하는 가장 중요한 문제가 되고 있기 때문이다[1-3]. 금속박막은 증착하는 동안은 보통 Stress 상태로 존재하고, 온도를 올려가며 열처리하는 동안 Stress는 더욱 악화되어 간다[4]. 실리콘 텅스텐 구조에서 텅스텐 박막은 얇은 막으로 쉽게 갈라지거나 벗겨져 버리는 tensile stress를 가지고 있다. 그러므로 Top layer의 Stress를 줄이기 위해 다층금속화작업에서 적당한 Stress releasing layer를 갖는 것이 필요하다. RF magnetron sputter로 증착한 W-B-C-N 확산방지막은 얇은 막으로 갈라지거나 물질이 생기는 모양을 막아줄 수 있는 매우 유용한 물질이 될 것이다. 그리고 W-B-C-N 확산방지막에서 질소의 농도는 박막 stress에 영향을 미친다. 그래서 우리는 박막에서 다양한 질소농도에 따른 stress를 실험하였다.

2. 실험방법

W-B-C-N 박막의 증착을 위한 실리콘기판은 (100)방향의 보론이 첨가된 P형이었고, 기판은 HF/H₂O(1/100)으로 에칭하였다. 타겟은 텅스텐, 붕소, 탄소를 99.99%, 99.95%, 99.95%를 각각 사용하였다. RF magnetron sputter 방법으로 증착하기 전에 아르곤 가스를 이용하여 타겟 위에 있을 산화막을 제거하기 위해 에칭을 하였다. 실온에서 작업시 압력은 3 mTorr 를 유지하면서 질소함유량을 0~ 7.5%까지 증가시며 실험하였다. 접촉 metal사이의 stress를 실험하기 위해 이 W-B-C-N은 금속과 실리콘사이에 놓았고, 질소분위기 속에서 다양한 온도변화에 따른 열처리 후에 W-B-C-N의 비저항과 결정구조는 four point probe measurement와 X-ray Diffraction에 의해 결정되었다.

3. 결과 및 논의

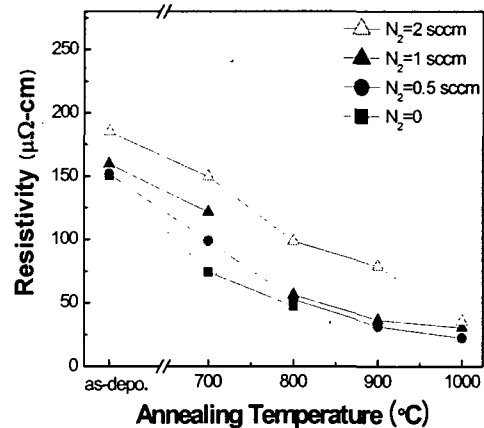


그림 1. W-B-C-N/Si 박막의 열처리온도 변화에 따른 비저항 그래프.

그림 1은 다양한 온도변화에 따른 W-B-C-N 박막의 비저항을 나타내었다. 열처리 전 W-B-C 박막의 비저항은 150.59 μΩ-cm 이었고 질소유량이 0.5 sccm 에서 3 sccm 까지 증가함에 따라 비저항도 151.7 μΩ-cm에서 185.08 μΩ-cm 까지 증가하였다. 열처리 된 W-B-C-N 박막들은 열처리 온도가 증가함에 따라 비저항은 감소하였다. 또한, W-B-C 박막은 850°C 이상 열처리에서는 견디지 못하였으나 질소가 들어간 W-B-C-N 박막은 1000°C까지도 견딜 수 있음을 보였다. 이 결과는 질소농도와 비저항은 서로 관계가 있음을 알 수 있었고, 질소가 W-B-C-N 박막의 stress에 영향을 미침을 알 수 있었다.

그림 2는 다양한 질소변화에 따른 W-B-C-N의 XRD pattern을 나타내고 있다. 그림 2(a)와 (b)는 (110), (200), (211)방향의 α-W peak이 각각 40.42°, 58.48°, 73.34°에서 관측되었다.

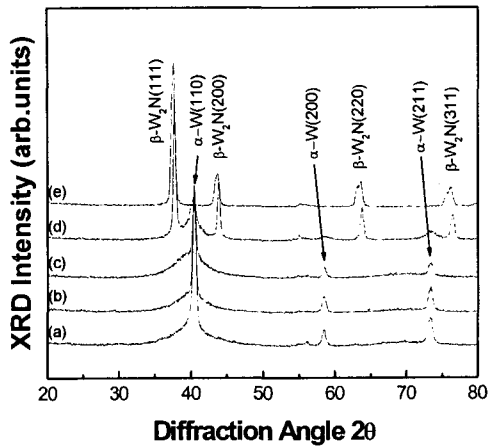


그림 2. W-B-C-N 박막의 질소변화량에 따른 XRD 모양. (a) N₂ = 0, (b) N₂ = 0.5 sccm, (c) N₂ = 1 sccm, (d) N₂ = 2 sccm, (e) N₂ = 3 sccm.

그림 2(c)는 (110), (200), (211)방향의 α-W peak이 각각 40.42°, 58.56°, 73.44°에서 관측되었다. 그림 2(d)는 (110) 방향의 α-W peak이 40.42°에서 (111), (200), (220), (311) 방향의 β-W₂N peak은 각각 37.70°, 43.87°, 63.71°, 76.5°에서 관측되었다. 그림 2(e)는 (111), (200), (220), (311) 방향의 β-W₂N peak은 각각 37.52°, 43.59°, 63.43°, 76.24°에서 관측되었다. 이 그림에서 peak들은 약간씩 shift 되어졌는데 이 결과는 질소농도증가가 W-B-C-N박막 구조의 영향을 미침을 의미하고 이러한 구조적 변화는 stress와 관계가 깊다.

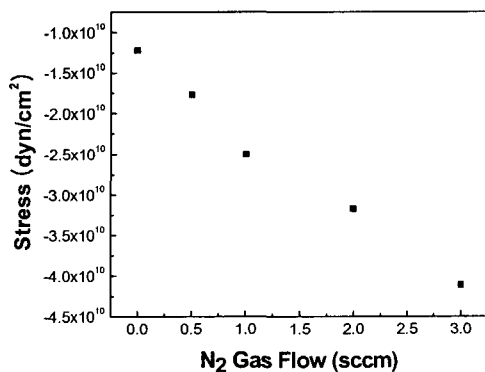


그림 3. 질소변화량에 따른 W-B-C-N/Si 박막의 Stress pattern.

그림 3은 질소량 증가에 따른 W-B-C-N 박막의 Compressive stress를 나타내고 있다. Stress는 다음 식에 의해 계산되어졌다.

$$\sigma_f = E_s t_s^2 / 6 (1-\nu_s) t_f R$$

σ_f은 박막의 stress, E_s은 기판의 Young's modulus, ν_s은 기판

의 poisson's ratio, t_f, t_s은 각각 박막과 기판의 두께, R은 박막 stress에 의한 곡률. 기판의 biaxial elastic modulus [E_s/(1-ν_s)] 값은 1.81이고 R은 Flexus stress measurement system에 의해 결정되어졌다. 질소가 함유되어있지 않은 상태 즉, W-B-C 박막에서는 Stress value가 -1.21 x 10¹⁰dyne/cm²이었고, 질소가 증가함에 따라 Stress value는 각각 -1.75 x 10¹⁰dyne/cm², -2.5 x 10¹⁰dyne/cm², -3.17 x 10¹⁰dyne/cm², -4.11 x 10¹⁰dyne/cm²로 감소하였다.

4. 결론

W-B-C-N박막의 stress 반응은 1000Å 두께의 W-B-C-N 박막에서 붕소, 탄소, 질소의 내부반응을 조사하기 위해 연구되었다. W-B-C-N박막 내부의 불순물들은 metal과 실리콘사이의 내부 확산을 막을 수 있는 매우 효과적인 stuffing effect를 제공했다.

실리콘 텅스텐 구조에서 텅스텐 박막은 얇은 막으로 쉽게 갈라지거나 벗겨져 버리는 tensile stress를 가지고 있다. 그러므로 top layer의 stress를 줄이기 위해 다층금속화작업에서 적당한 stress releasing layer를 갖는 것이 필요한데 W-B-C-N 확산방지막은 이러한 조건을 만족할 만한 compressive stress 값을 얻었다. 질소가 증가함에 따라 이 값은 마이너스 쪽으로 증가함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 국민대학교의 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- [1] J.Klema, R. Pyle and E. Domangue, Proceeding of 22nd Annual Int'l Reliability Symposium, (IEEE, New York, 1984), p.1.
- [2] P. Manos, F. Pintchovski, J. Klein, E. Travis, B. Boek, M. Woo, C. Chen, S. Koenigseder and K. Dillard, Proceeding of 6th International IEEE Multilevel Interconnection Conference, (IEEE, New York, 1989), p.40.
- [3] J.A. Thornton, Semiconductor Materials and Process Technology Handbook, edited by G.E.McGire, (Noyes, Park Ridge, NJ, 1988), P.329.
- [4] C.W. Lee and Y.T.Kim, Appl. Phys. Lett. 65(8), 965 (1994).