

RF Magnetron Sputtering 방식으로 증착된 W-C-N 확산방지막의 열적 안정성 분석

유상철, 김수인, 이창우
서울시 성북구 정릉동 861-1 국민대학교 나노전자물리학과

Thermal Stability of W-C-N Diffusion Barrier Deposited by RF Magnetron Sputtering Method

Sang Chul Yoo, Soo In Kim, Chang Woo Lee
Department of Nano & Electronic Physics, Kookmin University, 136-702, Seoul, Korea

Abstract : 반도체 소자 회로의 집적도가 높아짐에 따라 선폭이 감소하였고 고온 공정이 필요하게 되었다. 기존의 반도체 회로 배선 재료인 Al을 사용할 경우 소자의 속도가 느려져서 소자의 신뢰도가 떨어지고 고온공정에서의 문제가 발생되어 이를 해결하기 위한 차세대 배선 물질로 비저항이 낮은 Cu의 사용이 요구되고 있다. 하지만 Cu는 Si와의 확산이 잘 일어나기 때문에 그 사이에서 확산을 막아주는 확산방지막에 대한 필요성이 제기되었고 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 Cu와 Si사이의 확산을 방지하기 위한 W-C-N 확산방지막을 물리적 기상 증착법(PVD)중 하나인 RF Magnetron Sputtering 방식을 사용하여 증착하였다. 고온 공정에서의 안정성을 알아보기 위해 600 °C부터 900 °C까지 100 °C단위로 열처리를 하였고 4-point probe 장치를 사용하여 열처리 온도에 따른 비저항 측정을 통해 W-C-N 확산방지막의 특성을 분석하였다.

Key Words : RF Magnetron Sputtering, W-C-N 확산방지막, 열적 안정성

1. 서론

반도체 소자가 고집적화 되어감에 따라 고온 공정이 이루어지고 회로배선의 선폭 감소와 길이의 증가로 인해 RC delay time이 증가되어 소자의 동작속도가 느려지고 소자의 오작동이 발생하게 되었다[1-3]. 이러한 문제를 해결하기 위해 비저항이 낮은 배선재료가 필요하게 됨에 따라 현재 반도체 공정에서 사용되는 배선물질인 Al에서 Cu로 대체 되어가고 있다[4]. 하지만 Cu는 Si 및 SiO₂에 대해 낮은 온도에서도 확산이 일어나기 때문에 반도체 배선 물질로 사용되는 경우 Si기판과의 확산으로 인해 소자의 전기적 특성이 변하여 소자의 신뢰도를 떨어뜨리는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 고온에서 안정적이고 비저항이 낮으며 Cu와 Si 사이에 일어나는 확산을 차단할 수 있는 확산방지막이 필요하게 되었다[5-7]. 기존의 반도체 금속배선공정에서 사용되고 있는 TiN, TaN, WN 등의 물질들은 Si기판과의 열적 안정성이 비교적 우수하지만 Grain boundary를 통한 Cu의 확산이 일어난다[8,9].

이러한 문제점들을 해결하기 위해 본 논문에서는 RF Magnetron Sputtering 방식을 사용하여 Tungsten, Carbon,

Nitrogen의 3원소 화합물인 Tungsten carbon nitride (W-C-N) 확산방지막을 증착하고 특성을 분석하였다. Tungsten(W)의 녹는점은 3382 °C이며 5 ~ 10 μΩ·cm의 비저항을 가져 높은 녹는점과 낮은 비저항의 특성을 가지고 있으며 Carbon(C)의 녹는점 역시 3827 °C로 열에 강한 장점을 가지고 있다. 본 실험에서는 W-C-N 확산방지막의 열처리 온도에 따른 특성 변화를 알아보고자 한다.

2. 실험

W-C-N 확산방지막의 증착을 위해 HF용액을 사용하여 Si wafer 표면의 Oxide를 제거하고 D.I. water rinse 후에 N₂ gas로 건조시키는 방법으로 cleaning 하였다. 증착법으로는 RF Magnetron sputtering이 사용되었고 타겟은 순도 99.99 %의 W타겟과 99.95 %의 WC타겟을 사용하였으며, 각각 타겟의 세기는 일정하게 유지하였다. 또한 타겟 표면의 불순물을 제거하고 안정된 Plasma 상태에서 박막을 증착하기 위해 Pre-sputtering을 하였다.

Ar과 N₂의 유입량은 Mass flow controller를 통해 조절하

였고, 증착시 챔버 내부의 진공은 일정하게 고정하여 박막을 증착하였다. 박막을 증착 후 600 °C에서 900 °C까지 N₂ 분위기에서 30분간 열처리를 하였고 4-point probe 장치를 이용하여 열처리 전·후의 비저항을 측정하였다.

측정된 결과값을 통해 W-C-N 확산방지막의 열처리 온도에 따른 특성 변화를 연구하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 N₂ 비율 변화에 따른 W-C-N / Si 박막의 증착률을 나타낸 그래프로 증착시의 N₂ 비율이 높아질수록 증착률이 감소하는 현상을 나타낸다. N₂ 비율에 따라 증착률이 0.78 Å/s에서 0.52 Å/s까지 감소하였으며 일정한 비율로 감소하지 않고 N₂ 비율이 2.5 % 이후에서 급격히 감소하는 모습이 관찰되었다. 기울기를 통해서 비교해보면 N₂ 비율 0 %에서 2.5 %까지는 -0.036, 2.5 %에서 5 %는 -0.080으로 2.5 % 이후부터 증착률의 감소 비율이 2배 이상 증가함을 확인하였다.

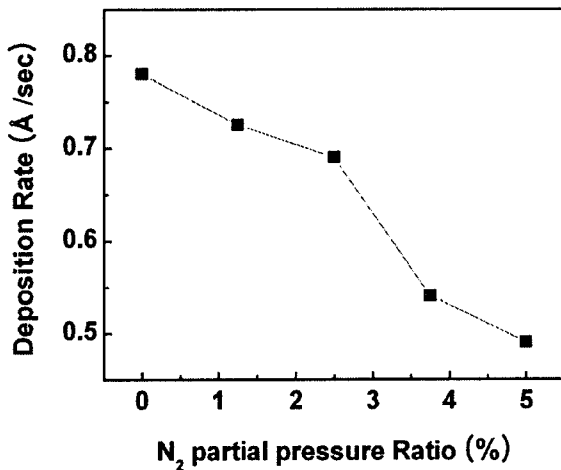


그림 1. N₂ 분압 비율 변화에 따른 W-C-N / Si 박막의 증착률 변화.

그림 2는 W-C-N / Si 박막의 열처리에 따른 비저항 측정 그래프이다. 열처리 전 상태에서의 비저항은 230 μΩ·cm 전후의 좋은 전기적 특성을 보이고 있다. 또한 열처리 온도가 높아질수록 박막의 비저항이 감소하는 모습을 확인하였다. N₂ 분압 비율 0 %와 1.25 % 박막의 경우 600 °C로 열처리 한 경우 비저항이 급격히 감소하였지만 2.5 % 박막의 경우는 800 °C까지 조금씩 감소하다가 800 °C 이상의 온도에서 비저항이 급격히 감소하는 현상이 발견되었다. N₂ 분압 비율 0 % 박막은 열처리 온도 700 °C까지 비저항이 감소하다가 800 °C에서 다시 증가하였으며 900 °C에서는 박막이 형성되지 않는 불안정한 모습을 확인하였다.

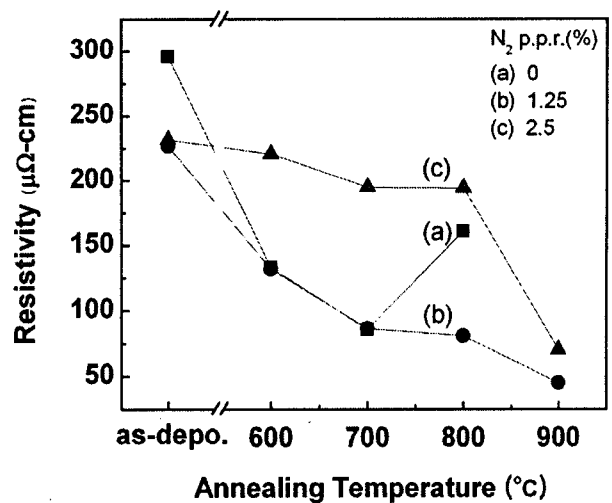


그림 2. 열처리 온도에 따른 N₂ 분압 비율별 W-C-N / Si 박막의 비저항 변화.

4. 결론

W-C-N 확산방지막을 N₂ 비율 조건별로 증착한 결과 N₂ 비율이 증가할수록 증착률이 감소하였고 230 μΩ·cm의 좋은 전기적 특성을 가지는 박막임을 확인하였다. N₂ 비율 0 %의 박막은 온도가 높아짐에 따라 비저항이 불안정하게 변하고 900 °C 이상의 고온에서는 박막 형성이 되지 않아 상대적으로 질화 박막의 열적 안정성이 우수함을 확인하였다. 따라서 W-C-N 확산방지막이 고온 공정에서 우수한 역할을 할 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 논문은 국민대학교의 재정적인 도움을 받았음을 밝힙니다.

참고 문헌

- [1] C.C. Baker, J. Vac. Sci. Technol. A20, 5 (2002).
- [2] C.W. Lee, J. Korean. Phys. Soc. 37, 324 (2000).
- [3] A.D. Feinerman, J. Electrochem. Soc., 137, 3683 (1990).
- [4] Carter W. Kaanta et. al "Dual Damascene: A ULSI Wiring Technology", VMIC, 144 (1991).
- [5] Y.T. Kim, C.W. Lee, and D.J. Kim, Appl. Phys. Lett. 72(12), 1507 (1998).
- [6] Y.T. Kim, C.W. Lee, Jpn. J. Appl. Phys., 32(12B), 6126 (1993).
- [7] H. Ono, T. Nakano, and T. Ohta, Appl. Phys. Lett. 57(17), 1736 (1990).
- [8] Y.T. Kim, and C.W. Lee, Phil. Mag., B74, 293 (1996).
- [9] D.S. Williams and S.P. Murarka, J. Vac. Sci. Technol. B5, 1723 (1987).