

PVD법으로 증착한 W-B-C-N 박막의 질소량에 따른 구조변화 연구

송문규, 이창우*

국민대학교 나노전자물리학과 반도체물리연구실

Structure Behavior of Sputtered W-B-C-N Thin Film for various nitrogen gas ratios

Moon Kyoo Song and Chang Woo Lee*

Abstract : We have suggested sputtered W-C-N thin film for preventing thermal budget between semiconductor and metal. These results show that the W-C-N thin film has good thermal stability and low resistivity. In this study we newly suggested sputtered W-B-C-N thin diffusion barrier. In order to improve the characteristics, we examined the impurity behaviors as a function of nitrogen gas flow ratio. This thin film is able to prevent the interdiffusion during high temperature (700 to 1000°C) annealing process and has low resistivity (~200 $\mu\Omega$ -cm). Through the analysis of X-Ray diffraction, resistivity and XPS, we studied structure behavior of W-B-C-N diffusion barrier.

Key Words : W-B-C-N, Diffusion Barrier

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

1. 서 론

고집적 반도체 회로내의 반도체와 금속사이의 접합에서는 회로에 열이 가해짐으로써 박막의 안정도는 떨어지게 된다 [1]. 이러한 문제점은 디바이스의 선풍은 계속 줄어들고 고 집적화 되면서 발생하는 열의 영향을 가장 많이 받게 되는데 실리콘과 금속의 접합면에서 spike가 생겨 회로에 시간 지연이 발생하게 된다[2, 3]. 또한 비저항도 크게 증가하여 전체적인 회로의 신뢰도는 떨어지게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 실리콘과 금속 사이에 확산방지막을 증착하게 되었고[4], 기존의 확산방지막 으로는 Titanium이 연구되었지만 Ti 원자는 실리콘과 반응하는 성질을 보여 TiN과 Si 경계면에 치명적인 손상을 입힐 수 가 있다[5, 6].

따라서 우리 실험실에서는 tungsten을 main으로 하여 W-C-N(tungsten-carbon-nitrogen) 확산방지막을 증착하여 연구를 하여 왔고, 연구에 사용된 텅스텐, 카본은 모두 녹는 점이 높아(텅스텐 : 3407°C, 카본 : 3827°C) 열에 강한 가장 큰 장점을 지니고 있으며 비저항 또한 좋은 값을 나타내고 있다. 이번 실험에서는 새로이 boron을 첨가한 W-B-C-N 확산방지막을 증착하여 연구하였고 보론 또한 녹는점이 2027°C로 높아 열에 강한 성질을 가지고 있다. 본 연구에서는 위에서 언급한 4가지 화합물로 이루어진 W-B-C-N 박막의 질소의 농도에 따른 성질을 알아보고자 한다.

2. 실험

W-B-C-N 확산방지막을 증착하기에 앞서 Si기판을 HF에 담그어 산소를 제거하였으며 증착법으로는 RF magnetron sputtering 시스템을 사용하였다. 타겟은 순도 99.99%인 W, 99.95%인 W₂B, 99.95%인 WC를 사용하였으며 각각 100W, 40W, 4W의 세기를 가하였다. 본 실험에 들어가기 전 pre-sputtering을 하여 타겟의 native oxide layer를 제거한 후

상온에서 본 실험에 임하였다.

Ar과 N₂의 량은 mass flow controller를 사용하여 정확하게 조절하였고, 증착시의 (N₂ + Ar) 압력은 3mTorr를 유지하였고 N₂ / (N₂ + Ar) 의 비율을 0%에서 7.5%까지 조절하여 각각의 실험에 임하였다. W 타겟의 cosputtering condition은 2W/cm², W₂B 타겟은 1W/cm², WC 타겟은 0.2W/cm² 이었으며 1000Å의 확산방지막을 증착하였다. 증착 후 700°C에서 1000°C까지 N₂ 분위기에서 30분간 열처리를 하여 열처리전과 후의 확산방지막을 4-point probe 장비를 사용하여 비저항을 측정하였고, X-Ray diffraction (XRD)을 사용하여 결정구조를 분석하였으며, X-Ray photoemission spectroscopy (XPS)를 사용하여 W, B, C, N 각 원소의 bounding 에너지를 측정하였다. 이렇게 측정된 결과값으로 W-B-C-N 확산방지막의 열적 안정성과 N₂ 농도에 따른 구조의 변화를 연구하였다.

3. 결과 및 검토

W-B-C-N 확산방지막의 질소농도에 따른 구조변화를 알아보기에 앞서 특성을 먼저 알아보았다. 그림1에서는 열처리하기 전의 W-B-C-N 박막의 비저항과 증착률을 나타내었다. 비저항 값은 N₂ = 0% 일때 150.6, N₂ = 1.25% 일때 151.7, N₂ = 2.5% 일때 159.8, N₂ = 3.75% 일때, 170.6, N₂ = 5% 일때 185.1, N₂ = 7.5% 일때 248.0eV 값을 가진다. 증착률은 계속하여 감소하는데 N₂ = 0% 일때 1.05Å으로 최대값을 가지며 이후 질소가 주입되면서 급격히 감소하여 거의 일정한 감소형태로 줄어들게 되어 N₂ = 7.5% 일때 0.73Å의 증착률을 가지게 된다. 그림 2는 매우 중요한 그림으로써 XRD 그래프 주피크의 2 theta 값을 그래프로 나타내어 질소가 들어감에 따라 W-B-C-N 박막의 구조는 α -W에서 β -W₃N구조로 바뀌고 있음을 보여주고 있다. 질소가 1% 주입된 점을 경계로 더 많이 들어가는 경우에

W-B-C-N 박막의 구조가 바뀔 수 있다.

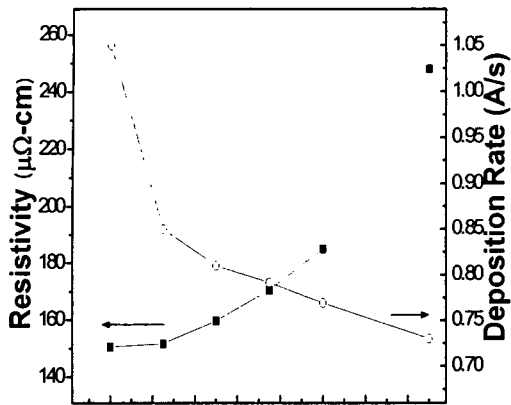


그림 1. W-B-C-N 박막의 질소농도에 따른 비저항과 증착률.

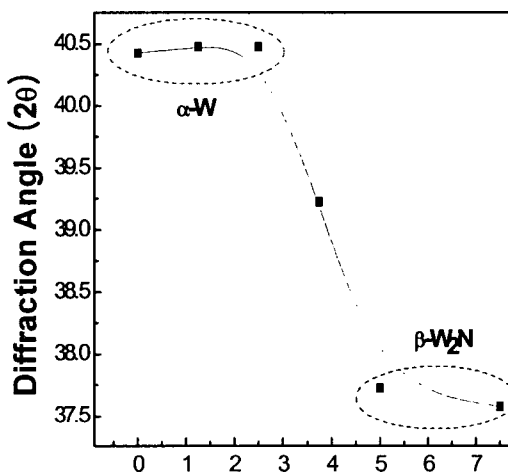


그림 2. 질소농도에 따른 W-B-C-N 구조변화. 질소농도 0, 1.25, 2.5, 5, 7.5%의 diffraction angle 값.

표 1은 XPS 측정하여 binding 에너지를 표로 나타낸 값으로써 질소가 주입됨에 따라 W_{4f} state와 N_{1s} state 값이 증가함을 볼 수 있다. 이는 곧 결합에너지가 질소가 많아질수록

	$W_{5/2}$	$W_{7/2}$	N
N = 0%	33.488	31.336	
N = 2.5%	33.571	31.491	397.844
N = 5%	33.991	31.916	397.88
N = 7.5%	33.996	31.93	398.124

표 1. W-B-C-N 박막의 열처리 전 상태에서 binding 에너지. (단위 : eV)

수록 커져 스트레스값도 증가하여 더 나은 성질을 보임을 알 수 있다.

4. 결론

W-B-C-N 확산방지막은 질소의 농도에 의해 많은 영향을 받는다. 질소가 없는 박막의 경우보다 질소가 주입 될수록 좋은 결합에너지값을 가지며 박막의 구조도 바뀔 수 있었다. 적은 질소의 양 (0~2.5 %) 에서는 구조의 변화를 보이지는 않았지만 5% 이상부터는 W_2N 의 구조를 가지게 됨을 보았다. 이로 인하여 우리는 질소의 농도를 조절함으로써 W-B-C-N 확산방지막의 특성도 변화시킬 수 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 국민대학교의 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] A.D. Feinerman, J. Electrochem. Soc., 137, 3683 (1990).
- [2] Y.T. Kim, C.W. Lee, and S-K. Min, Appl. Phys. Lett., 61(5), 537 (1991).
- [3] C. Weaver, Adhesion of thin films, J. Vac. Sci. Technol., 12, 18 (1975).
- [4] Y.T. Kim, C.W. Lee, Jpn. J. Appl. Phys., 32(12B), 6126 (1993).
- [5] Y.T. Kim, and C.W. Lee, Phil. Mag., B74, 293 (1996).
- [6] D.S. Williams and S.P. Murarka, J. Vac. Sci. Technol. B 5, 1723 (1987).