

W-C-N 확산방지막의 질소량에 따른 특성 연구

김수인, 김상윤, 강길범, 이동호, 고태준, 강지훈, 이창우
서울시 성북구 정릉동 861-1 국민대학교 나노전자물리학과

Effect of Nitrogen concentration on Properties of W-C-N Diffusion Barrier

S.I. Kim, S.Y. Kim, G.B. Kang, D.H. Lee, T. Kouh, J.H. Kang, C.W. Lee
Nano & Electronic Physics Department, Kookmin University, 136-702, Seoul, Korea

Abstract : 반도체 기술이 초고집적화 되어감에 따라 공정에서 선풍이 줄어들고, 박막을 다층으로 제조하는 것이 중요하게 되었다. 이와 같은 제조 공정 하에서는 Si 기판과 금속 박막간의 확산이 커다란 문제로 부각되어 왔다. 특히 Cu는 높은 확산성에 의하여 Si 기판과 접합에서 많은 확산에 의한 문제가 발생하게 되며, 또한 선풍이 줄어들어 따라 고열이 발생하여 실리콘으로 spiking이 발생하게 된다. 이를 방지하기 위하여 우리는 3개의 화합물로 구성된 Tungsten-Carbon-Nitrogen (W-C-N) 확산방지막을 사용하였다. 실험은 물리적 기상 증착법(PVD)으로 질소비율을 변화하며 확산방지막을 증착하였고, 이를 여러 온도에서 열처리하여 X-ray Diffraction 분석을 하였다.

Key Words : W-C-N thin film, Diffusion Barrier

1. 서 론

고집적 반도체 회로내의 반도체와 금속사이의 접합에서는 회로에 열이 가해짐으로써 박막의 안정도는 떨어지게 된다[1-3]. 이러한 큰제점은 디바이스의 선풍은 계속 줄어들고 고집적화 되면서 발생하는 열의 영향을 가장 많이 받게 되는데 실리콘과 금속의 접합면에서 spike가 생겨 회로에 시간지연이 발생하게 된다[4,5]. 또한 비저항도 크게 증가하여 전체적인 회로의 신뢰도는 떨어지게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 실리콘과 금속 사이에 확산방지막을 증착하게 되었고[6], 기존의 확산방지막으로는 Titanium Nitrogen이 연구되었지만 Ti 원자는 실리콘과 반응하는 성질을 보여 TiN과 Si 경계면에 치명적인 손상을 입힐 수가 있다[7,8].

이러한 문제를 해결하고자 본 논문에서는 Tungsten에 기반을 둔 Tungsten-Carbon-Nitrogen (W-C-N) 확산방지막을 증착하여 연구를 하였고, 연구에 사용된 텅스텐, 카본은 모두 녹는점이 높아(텅스텐 : 3407 °C, 카본 : 3827 °C) 열에 강한 가장 큰 장점을 지니고 있으며 비저항 또한 좋은 값을 나타내고 있다. 본 연구에서는 위에서 언급한 3가지 화합물로 이루어진 W-C-N 박막의 질소량에 따른 박막의 특성을 알아보고자 한다.

2. 실험

W-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 WC를 사용하였으며 각각 100 W, 4 W의 세기를 가하였다. 본 실험에 들어가기 전 pre-sputtering을 하여 타겟의 native oxide layer를 제거한 후 상온에서 본 실험에 임하였다.

Ar과 N₂의 양은 mass flow controller를 사용하여 정확하게 조절하였고, 증착시의 (N₂ + Ar) 압력은 3 mTorr를 유지하였고 N₂ / (N₂ + Ar) 의 비율을 0 %에서 5 %까지 조절하여 각각의 실험에 임하였다. W 타겟의 co-sputtering condition은 2 W/cm², WC 타겟은 0.2 W/cm² 이었으며 1000 Å의 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 분석하였다.

이렇게 측정된 결과값으로 W-C-N 확산방지막의 질소량의 변화에 대한 특성을 연구하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 질소비율별 열처리 온도에 따른 W-C-N / Si 박막의 비저항을 보여주는 그림으로 온도가 증가함에 따라 전체적으로 비저항은 계속하여 감소하는데 질소 비율이 0 %는 122.8 μΩ-cm에서 27.2 μΩ-cm로, 2.5 %에서는 149.5 μΩ-cm에서 20.5 μΩ-cm로, 5 %에서는 176.4 μΩ-cm에서 76.4 μΩ-cm로 감소하는 모습을 보여준다. 질소분압이 2.5 % 이하일 경우는 온도가 증가함에 따라 W-C-N 박막내에서 질소가 빠져 나가게 됨으로써 약 20 μΩ-cm로 줄어든 것을 보여주며, 특히 질소 비율이 0%인 박막은 800 °C 이상에서는 박막이 생성되지 않았다. 한

편, 질소분압이 5 %에서는 1000 °C까지 열처리 했음에도 불구하고 비저항이 약 76.4 $\mu\Omega\text{-cm}$ 까지 줄어드는 것을 알 수 있었다. 이로부터 1000 °C까지 열처리 하더라도 W-C-N 박막내의 질소가 완전히 빠져나가지 않음을 알 수 있다.

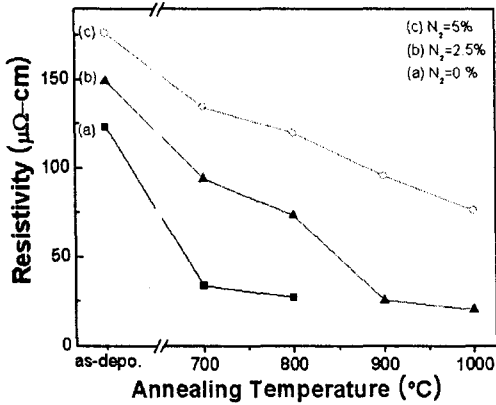


그림 1. 질소비율별 열처리 온도에 따른 W-C-N / Si 박막의 비저항.

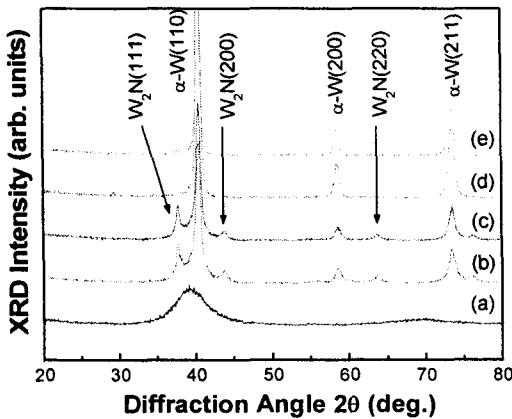


그림 2. 질소 분압이 2.5 %인 W-B-C / Si 박막의 열처리 온도에 따른 XRD 모양. (a) as-depo. (b) 700 °C, (c) 800 °C, (d) 900 °C, (e) 1000 °C

그림 2은 질소비율이 2.5 %인 W-C-N 확산방지막을 열처리한 XRD 모양을 보여주는 그림이다. 그림 2의 (a)는 비정질 상태를 나타내고 있으며 그림 2의 (b) ~ (e)까지는 700 °C에서 1000 °C까지 열처리한 상태를 나타내고 있다. 그림 2에서는 700 °C이상 열처리한 온도에서부터 결정성이 나타나고 있어서 다결정 박막을 이루고 있음을 알 수 있다. 그리고 (111), (200), (220) 방향의 W_2N 결정이 자라는 것을 알 수 있고, (110), (200), (211) 방향의 W 결정이 함께 있음을 알 수 있었다. 그림 2 (b) ~ (c)는 W_2N 의 peak이 일정한 값을 가지는 것을 알 수 있고, 이로서 결정내의 질소의 농도는 거의 일정함을 예측

할 수 있다. 그리고 그림 2 (d) ~ (e)는 W_2N 의 peak이 없어지고 W peak이 급격히 증가하는 것을 알 수 있다. 이로서 결정내의 박막의 질소 농도가 800 °C 이후 급격히 감소하는 것을 알 수 있었다. 하지만 1000 °C까지 silicide peaks 들이 전혀 나타나지 않고 있는 것을 확인하였고, 이로부터 W-C-N 박막은 Si과의 계면에서의 반응을 1000 °C까지 확산을 막아내고 있음을 알 수 있었다.

4. 결론

W-C-N 확산방지막을 여러 질소비율 조건에서 열처리한 결과 W-C-N 확산방지막은 W-C-N과 Si기판 계면에서 1000 °C까지 반응 없이 안정한 특성을 가지는 것을 확인하였고, 이는 박막내에 질소가 열처리 과정에서 빠져나가지 않고 존재 하는가에 따라 달라지는 것을 알 수 있었다. 따라서 W-C-N 박막은 박막 내에 일정한 비율의 질소가 함유된 경우에 고온에서도 더 안정적으로 확산을 방지하는 것을 알 수 있었다.

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] Y.T. Kim, C.W. Lee, and S-K. Min, Appl. Phys. Lett., **61(5)**, 537 (1991).
- [5] C. Weaver, Adhesion of thin films, J. Vac. Sci. Technol., **12**, 18 (1975).
- [6] Y.T. Kim, C.W. Lee, Jpn. J. Appl. Phys., **32(12B)**, 6126 (1993).
- [7] Y.T. Kim, and C.W. Lee, Phil. Mag., **B74**, 293 (1996).
- [8] D.S. Williams and S.P. Murarka, J. Vac. Sci. Technol. **B** **5**, 1723 (1987).