

W-C-N 확산방지막의 격자상수 변화 분석을 통한 특성 연구

김수인 · 이창우

국민대학교 나노전자물리학과, 서울 136-702

(2008년 2월 18일 받음)

고집적화된 반도체 소자 기술은 나날이 발전하고 있다. 특히 금속 배선을 위한 박막제조 공정에서 배선 선풍은 감소하고 있으며, 그 길이는 더욱 증가하게 되었다. 이러한 상황에서 금속 배선 물질에 대한 연구가 진행 되었고 그 결과 Cu가 그 대안으로 인식되었다. 하지만 Cu는 저온에서도 Si기판과 반응하므로 인하여 접촉면의 저항이 급격히 증가하여 소자로써의 기능이 불가능하게 되는 단점이 있다. 따라서 이러한 Cu와 Si기판 사이의 반응을 효과적으로 방지할 확산방지막의 개발이 필수 요건이 되었다. 본 연구는 Cu의 확산을 방지하는 W-C-N 확산방지막에 대한 연구로 질소비율과 열처리 온도를 변화하여 실험하였으며, 특히 격자상수 변화를 통하여 W-C-N 확산방지의 특성에 대하여 연구하였다.

주제어: W-C-N 박막, 확산방지막, 격자상수

I. 서 론

반도체 산업이 발달하면서 반도체 소자는 급속도로 발전하고 있다. 이러한 반도체 소자 기술의 발전을 위해서는 소자 개발이 필수 요건이 되었다. 특히 집적회로 소자의 집적도 증가는 금속 배선의 선풍 감소와 배선 길이가 증가하게 되어 RC지연시간이 증가하게 되었다[1-5]. 이를 방지하기 위하여 배선 물질에 대한 연구가 진행되었고 Cu가 그 대안으로 인식되었다. 하지만 Cu는 저온에서도 Si기판과 반응하므로 인하여 접촉면의 저항이 급격히 증가하여 소자로써의 기능이 불가능하게 되는 단점이 있다. 따라서 이러한 Cu와 Si기판 사이의 반응을 효과적으로 방지할 확산방지막의 개발이 필수 요건이 되었다[6-8]. 따라서 본 실험실에서는 tungsten(W)을 main으로하여 W-C-N (tungsten - carbon - nitrogen) 확산방지막을 증착하여 연구를 하였고, 연구에 사용된 텅스텐, 카본은 모두 녹는점이 높아(텅스텐: 3407℃, 보론: 2027℃, 카본: 3827℃) 열에 강한 가장 큰 장점을 지니고 있으며 비저항 또한 좋은 값을 나타내고 있다. 본 연구에서는 위에서 언급한 3가지 화합물로 이루어진 W-C-N 박막의 격자 상수 변화 분석을 통하여 박막의 특성을 알아보고자 한다.

II. 실 험

W-C-N 확산방지막을 증착하기예 앞서 Si기판을 HF에 담그어 산소를 제거하였으며 증착법으로는 RF magnetron sputtering 시스템을 사용하였다. 타겟은 순도 99.99%인 W, 99.95%인 WC를 사용하였으며 타겟의 세기는 고정하여 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 7 mTorr를 유지하였고 N₂의 비율을 0 sccm에서 2 sccm까지 조절하여 각각의 실험에 임하였다. W 및 WC 타겟의 co-sputtering condition은 일정하게 두었으며, 1000Å의 확산방지막을 증착하였다. 증착 후 700℃에서 1000℃까지 N₂ 분위기에서 30분간 열처리를 하여 열처리전과 후의 확산방지막을 4-point probe 장비를 사용하여 비저항을 측정하였고, X-Ray diffraction (XRD)을 사용하여 결정구조와 격자상수를 분석하였다.

이렇게 측정된 결과 값으로 Cu의 확산을 방지할 수 있는 W-C-N 확산방지막의 특성을 연구하였다.

* [전자우편] cwlee@kookmin.ac.kr

III. 결과 및 고찰

Fig. 1은 질소 비율이 0 sccm과 1 sccm인 W-C-N 확산 방지막을 상온에서 1000℃ 까지 질소분위기에서 30분간 열처리 한 후 비저항 값을 나타낸 그림이다. as-deposited 상태의 Fig. 1(a), (b) 모두 비저항 값이 약 210μΩ-cm 이하로 나타남을 확인하였다. Fig. 1(a)에서는 열처리 온도 700℃에서 비저항 값이 급격히 감소하였으나 이후 열처리 온도가 증가하여도 그 값이 약 25μΩ-cm로 유지되었다. Fig. 1(b)에서는 비저항 값이 일정하게 감소하였다. Fig. 1(b)의 결과는 박막내의 질소가 열처리 과정에서 빠져나감으로 인한 것으로 그 결과로 확산방지막이 고온에서도 안정된 상태를 유지하는 것이다[6].

Fig. 2는 as-deposited 상태에서 여러 질소 비율에서

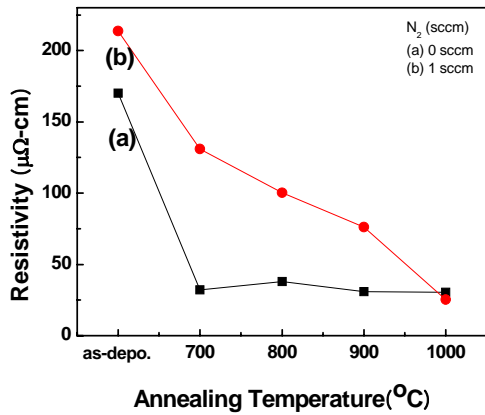


Fig. 1. Resistance of W-C-N thin films produced at N₂ gas flow rate of 0 sccm and 1 sccm as a function of annealing temperature.

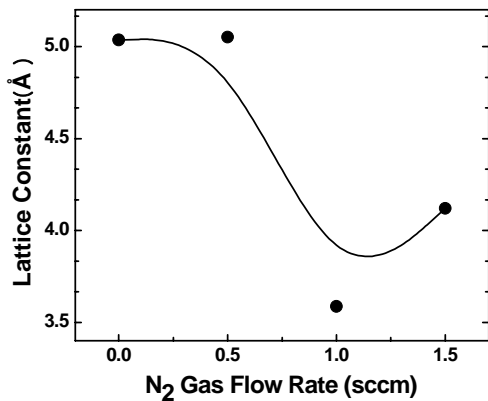


Fig. 2. Lattice constants of the W-C-N thin films as a function N₂ gas flow rate (sccm) at as-deposited state.

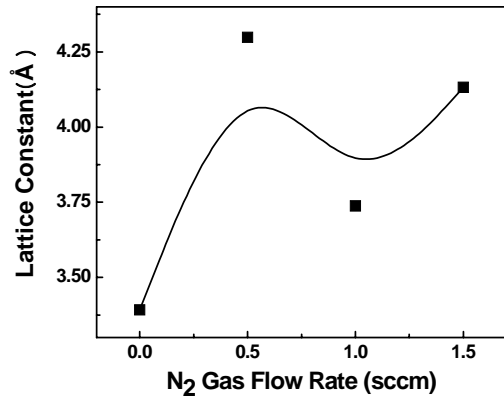


Fig. 3. Lattice constants of the W-C-N thin films as a function N₂ gas flow rate(sccm) at 700℃.

격자상수의 변화를 나타낸 그림이다. 이 그림에서 격자상수는 크게 두 부분 값으로 나타난다. 질소 비율이 0에서 0.5 sccm까지는 5.03Å과 5.05Å으로 일정한 값을 나타낸다. 그러나 질소비율이 0.5에서 1.0 sccm 사이에서는 그 값이 급격히 감소하여 3.5Å으로 크게 감소하였으며, 1.5 sccm까지는 4.1Å으로 증가하였다. 이 그림으로 0.5 sccm과 1.0 sccm 사이에 결정상에 변화가 일어나는 것을 확인하였다. 이 결과는 W-C-N 확산방지막내에 질소유량이 0.5 sccm 이상인 경우에 질소가 포함되어 나타난 결과로 1 sccm 이후에 격자상수가 변화된 값을 나타낸다.

Fig. 3은 질소 비율이 0 sccm에서 1.5 sccm인 W-C-N 확산방지막을 700℃에서 열처리 한 후 격자상수를 나타낸 그림이다. 이 그림에서 질소비율이 0 sccm인 경우 3.39Å으로 나타난다. 이 값은 그림 2와 비교할 때 그 값이 급격히 감소하였음을 확인하였다. 또한 0.5 sccm에서는 4.29Å으로 그림 2와 비교할 때 그 값이 감소는 것을 확인하였다. 하지만 1 sccm에서 1.5 sccm에서는 그 값이 각각 3.73Å에서 4.13Å으로 as-depo. 상태와 비교하여 그 값에 변화가 적다. 이로써 열처리 조건에서 박막내에 질소가 포함된 W-C-N확산방지막이 질소를 포함하지 않은 W-C 박막에 비하여 결정상이 더 안정된 것을 확인하였다.

Fig. 4는 질소비율이 0 sccm과 1 sccm인 W-C-N 확산 방지막을 as-depo.에서 1000℃까지 열처리한 한 후 격자상수 값을 나타낸 그림이다. Fig. 4(a)는 박막내 질소를 포함하지 않은 W-C 박막은 격자상수 값이 최대 5.04Å에서 최소 3.2Å으로 큰 변화를 나타내고 있으며, 700℃ 이후에는 일정한 값을 나타내고 있다. Fig. 4(b)는 질소 비율이 1 sccm인 W-C-N 확산방지막의 경우에는 격자상수 값이

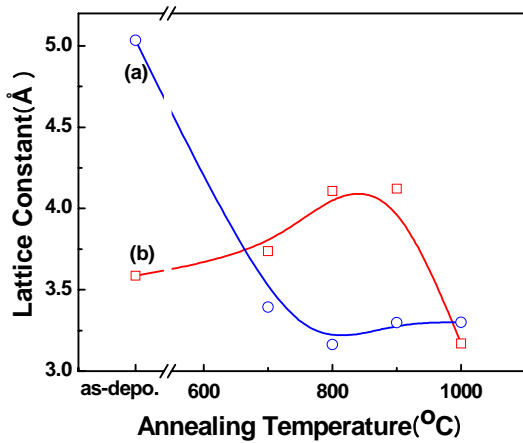


Fig. 4. Lattice constants of the W-C-N thin films as a function of annealing temperature for 30 minutes. (a) 0 sccm, (b) 1 sccm

최대 4.12Å에서 3.17Å으로 약 1Å 정도의 차이를 나타낸다. 이는 0 sccm과 비교할 때 더 안정된 결정 상태를 나타내기 때문이다. 또한 Fig. 1과 Fig. 4(b)의 결과로부터 박막내의 질소가 1000°C까지 일정한 비율로 감소하여 격자상수의 변화를 나타냈으며 이는 Fig. 1의 비저항 결과에서도 같은 결과가 나타남을 확인하였다.

Fig. 5는 질소 비율 변화에 따른 as-depo. 상태에서 XRD 분석을 통하여 결정상의 변화를 나타낸 그림이다. 질소 비율이 0 sccm에서 0.5 sccm까지는 β-W이 주 결정상으로 나타나며, 1 sccm에서는 α-W이 주 결정상으로 나타난다. 또한 1.25 sccm에서 1.5 sccm에서는 W₂N 이 주 결정상으로 나타난다. 이는 Fig. 4와 비교할 때 질소가 박막내에 포함된 δ-WN과 W₂N 결정상에서 안정된 상태를 나타냄을 확인할 수 있었다.

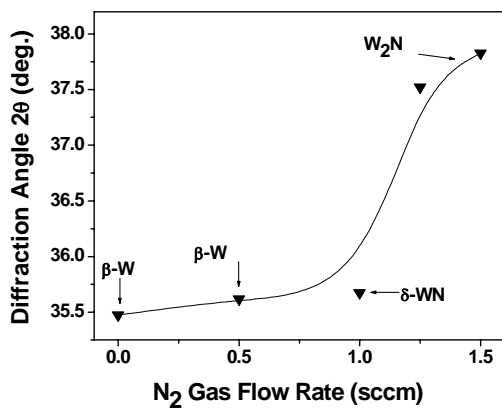


Fig. 5. Phase change of W-C-N thin films structure as a function N₂ gas flow rate(sccm) at as-deposited state.

IV. 결론

반도체 소자의 급속한 발전을 위해 Cu 금속배선을 적용하기 위해 필수 요건인 Cu와 Si 기판과의 확산을 효과적으로 방지하는 확산방지막의 개발이 필수 조건이다. 본 연구에서는 W-C-N 확산방지막을 제시하였고, 특히 여러 질소 비율 조건에서 확산방지막의 특성을 확인하였다. 그 결과 W-C-N 확산방지막은 박막내 포함된 질소에 의하여 고온에서도 안정된 상태를 나타냄을 확인하였고, 또한 Fig. 1과 Fig 4의 결과로 박막내의 질소가 고온에서 빠져나감으로 인하여 고온에서 안정된 확산방지막의 역할을 수행한다. 따라서 질소가 함유된 W-C-N 확산방지막은 열처리 조건에서 그 결정성이 안정되어 일정 범위내에 포함된 격자상수 값을 나타냄을 확인하였다. 이로써 차세대 Cu 배선 공정에서 W-C-N 확산방지막이 우수한 역할을 할 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 논문은 국민대학교의 재정적인 도움을 받았음을 밝힙니다.

참고문헌

- [1] J. Klema, R. Pyle and E. Domangue, Proceeding of 22nd Annual Int'l Reliability Symposium, (IEEE, New York, 1984), p.1.
- [2] M. Wittmer, J. Vac. Sci. Tech. A **3**, 1797 (1988).
- [3] C.C. Baker, J. Vac. Sci. Technol. A **20**, 5 (2002).
- [4] C.W. Lee, J. Korean. Phys. Soc. **37**, 324 (2000).
- [5] A.D. Feinerman, J. Electrochem. Soc. **137**, 3683 (1990).
- [6] S. I. Kim and C. W. Lee, J. Korean Phys. Soc. **50**(2), 489 (2007).
- [7] C. W. Lee, Y. T. Kim, J. Vac. Sci. Technol. B **24**(6), 1432 (2006).
- [8] S. I. Kim, and C. W. Lee, J. Kor. Vac. Soc. **16**, 348 (2007).

Analysis of Lattice constants change for study of W-C-N Diffusion

Soo In Kim, and Chang Woo Lee

Department of Nano & Electronic Physics, Kookmin University, Seoul, 136-702

(Received February 18 2008)

The miniaturization of device size and submicron process causes serious problems in conventional metallization due to the solubility of silicon and metal at the interface, such as an increasing contact resistance in the contact hole and interdiffusion between metal and silicon. Moreover, the interaction between Cu and Si is so strong and detrimental to the electrical performance of Si even at temperatures below 200°C. Therefore it is necessary to implement a barrier layer between Cu and Si. So we study W-C-N diffusion barrier for prevent Cu diffusion as a function of N₂ gas flow and thermal stability. Especially, we also study the W-C-N diffusion barrier for analyzing the change of lattice constants.

KeyWords : W-C-N thin film, Diffusion Barrier, Lattice Constant

* [E-mail] cwlee@kookmin.ac.kr