

## Al/TiN/Ti 전극의 Submicron contact에서의 전기적특성(1)

이철진\*, 엄문중\*, 라용춘\*, 성만영\*\*, 성영권\*\*  
\*군산대학교 전기공학과, \*\*고려대학교 전기공학과

### The Electrical Properties of Al/TiN/Ti Contact at Submicron contact (1)

\*Cheol Jin Lee\*, Moon Jong Eum\*, Yong Choon Ra\*,  
Man Young Sung\*\*, Yung Kwon Sung\*\*

\* Department of Electrical Engineering Kunsan National Univ.  
\*\*Department of Electrical Engineering Korea Univ.

#### Abstract

The electrical properties of Al/TiN/Ti contact according to post annealing conditions are investigated at submicron contacts. N' contact resistance increases with increasing alloy temperature while P' contact resistance slightly decreases. The contact leakage current increases with increasing alloy temperature for both N' and P' contacts. The contact resistance and leakage current of N' contact increases with increasing alloy time. P' contact resistance decreases with increasing alloy time but P' contact leakage current increases. The contact resistance and contact leakage current increases with increasing alloy cycles for both N' and P' contacts.

#### 1. 서론

반도체소자의 집적도가 증가하고 미세화가 진전됨에 따라서 contact size는 submicron으로 감소하게 되었다. 종래는 Si기판에서 Junction spike 발생을 억제시키기 위하여 1.0% 정도의 SiO<sub>2</sub> 함유된 알루미늄을 금속배선막으로 사용하였는데, [1] contact size가 submicron 이하로 감소하게 되면 알루미늄 금속배선막에 포함되어 있는 Si 원자가 후속 열처리공정에 의해 contact hole의 bottom으로 이동하여 silicon nodule을 형성하게 된다. [2] 이로 인해 contact size가 감소하는 효과를 나타내서 1.0[ $\mu$ m]이하의 contact에서는 contact 저항이 급격하게 증가하고 신뢰성이 저하되는 문제점이 발생하게 된다. [3]

이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로서 barrier metal process가 검토되었다. 반도체소자에 적용하기 위한 barrier metal로는 TiN, TiW, MoSi<sub>2</sub>, WSi<sub>2</sub>, TiSi<sub>2</sub> 등이 제시되었으나 그 중에서도 TiN이 가장 우수한 barrier layer로 평가되었으며, 현재 대부분의 고집적 기억소자에서는 TiN/Ti 구조의 barrier metal을 사용하고 있다. [4] 그러나 TiN/Ti 구조의 barrier metal의 후속 열처리공정에 따른 신뢰성 평가는 별로 보고되어 있지 않다. 실제로 반도체소자의 제조과정에서는 barrier metal 공정 이후에 수차례의 열처리공정이 실시되는 바, 반도체소자의 신뢰성에 있어서 후속 열처리조건에 따른 소자의 전기적 특성 변화는 매우 중요한 사항이라고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 TiN을 barrier layer로 이용하는 Al/TiN/Ti 구조의 금속배선막을 0.8[ $\mu$ m]의 미세한 contact에 사용할 때, 후속 열처리 조건에 따른 Al/TiN/Ti 금속배선막의 신뢰성을 평가하기 위한 방안으로서 열처리 온도, 열처리 시간, 그리고 열처리 횟수가 contact 저항과 contact 누설전류에 미치는 영향을 고찰하였다.

#### 2. 실험 방법

Al/TiN/Ti 구조막의 전기적 특성을 평가하기 위한 시료제작은 초고집적 반도체소자 제조공정을 이용하였다. 먼저 비저항이 18-20[ $\Omega$ ·cm]인 P형(100) 실리콘기판에 N-well을 형성시킨 후, 얇은 산화막과 질화막을 이중구조로 형성시키고 나서 사진식각공정을 이용하여 active 영역을 정의시켰다. 이어서 field oxidation을 시켜 active 영역을 서로 분리시킨 다음 active 영역위에 존재하는 질화막을 제거시킨 후 active 영역에 N' junction과 P' junction을 형성시키기 위한 사진공정을 진행하였다. N' junction은 As 이온 dose가 5.0E15[ions/cm<sup>2</sup>]인 조건에서 에너지를 40[keV]로 하여 실리콘기판에 이온주입시켜 형성하였으며, 또한 P' junction은 BF<sub>2</sub> 이온-dose 5.0E15[ions/cm<sup>2</sup>]를 50[keV]에너지로 주입시켜 실리콘기판에 형성시켰다. 한편 주입시킨 불순물 원자들은 확산로를 사용하여 950[°C]에서 60분 동안 N<sub>2</sub> 분위기로 열처리하여 활성화시켰다. CVD 산화막을 500[nm] 퇴적시킨 후, 사진식각공정을 이용하여 active 영역에 0.8 x 0.8[ $\mu$ m<sup>2</sup>] 크기의 contact hole을 형성시켰다. 100:1 HF 용액에서 45초 동안 습식식각을 실시하여 contact hole의 실리콘 표면위에 형성된 자연산화막을 제거시킨 후, sputter를 사용하여 연속적으로 Ti막 30[nm]와 TiN막 60[nm]을 퇴적시켰다. 이어서 sputter에서 Al-1% Si막을 800[nm] 퇴적시켜 Al/TiN/Ti 구조를 만든 후, 사진식각공정을 이용하여 금속배선막의 패턴을 형성시킨 다음, 아래와 같은 조건으로 열처리를 실시함으로써 contact에서의 전기적 특성을 평가하였다.

열처리 온도에 따른 특성평가 시료는 확산로에서 400[°C], 450[°C], 500[°C]로 온도를 변화시켜서 30분간 N<sub>2</sub>분위기에서 열처리를 실시하여 제작하였다. 열처리 시간에 따른 특성평가 시료는 확산로에서 열처리 온도를 400[°C]로 고정시킨 후, 30[min], 2[hour], 5[hour]으로 열처리 시간을 변화시켜 제작하였다. 열처리 횟수에 따른 특성평가 시료는 400[°C]에서 30분간 N<sub>2</sub> 분위기에서 열처리를 실시한 후, 380[°C]에서 10min 정도의 heating을 반복적으로 진행함으로써 제작하였다.

한편 Al/TiN/Ti 구조의 contact 저항은 Kelvin pattern에서 측정된 100개 contact에 대한 평균값으로 평가하였고, contact 누설전류는 크기가 250 x 400[ $\mu$ m<sup>2</sup>]인 active의 면적 위에 300개의 contact을 형성시킨 후, -5[V]의 전압을 인가하여 300개 contact에서의 누설전류값에 대한 평균치를 측정하여 평가하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 크기가 0.8 x 0.8[ $\mu$ m<sup>2</sup>]인 contact에서 TiN막과 Ti막 두께가 각각 60[nm]와 30[nm]인 Al/TiN/Ti 구조의 금속배

선박에서 열처리 온도에 따른 contact 저항특성을 보여주고 있다. Al/TiN/Ti 구조를 적용할 경우, TiN/Ti barrier metal에 의해서 contact에서 Si nodule의 발생이 억제되므로 Al금속막에 비하여 전반적으로 contact 저항값이 크게 감소하는 것을 알 수 있다. N' contact에서 열처리 온도가 증가할수록 contact 저항이 증가하고 있으나, P' contact은 열처리 온도가 증가할수록 contact 저항이 약간 감소하고 있다. 한편 N' contact 저항은 P' contact 저항에 비하여 전반적으로 낮은 저항값을 나타냈는데 이것은 N' junction이 P' junction에 비하여 표면 불순물 농도가 더 높기 때문이다. [5]

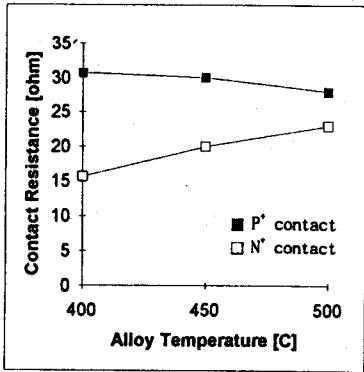


그림 1. 열처리 온도에 따른 Al/TiN/Ti 전극의 contact 저항 특성.

그림 2는 Al/TiN/Ti 구조에서 열처리 온도에 따른 contact 누설전류 특성을 보여주고 있다. 열처리 온도가 증가함에 따라서 N' contact과 P' contact에서 누설전류는 증가하는 것을 나타내고 있다. 그러나 N' contact에 비하여 P' contact의 누설전류값이 더 크고 온도에 따른 누설전류값의 증가율도 더 높은 것으로 나타났다.

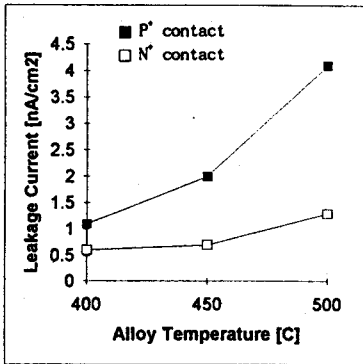


그림 2. 열처리 온도에 따른 Al/TiN/Ti 전극의 contact 누설전류 특성.

그림 3는 Al/TiN/Ti 구조에서 열처리 시간에 따른 contact 저항 특성을 보여주고 있다. N' contact은 열처리 시간이 증가함에 따라서 저항값이 증가하지만, P' contact 저항은 열처리 시간이 증가함에 따라서 감소하였다.

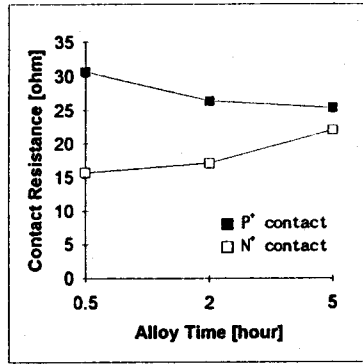


그림 3. 열처리 시간에 따른 Al/TiN/Ti 전극의 contact 저항 특성.

그림 4는 Al/TiN/Ti 금속배선막의 열처리 시간에 따른 contact 누설전류 특성을 나타내고 있다. N' contact에서 400[C]에서 30분, 2시간 열처리한 조건의 누설전류값은 0.6[nA/cm²]로 일정하지만, 400[C]에서 5시간 열처리를 실시하면 누설전류값이 0.9[nA/cm²]로 증가하는 것을 알 수 있다. 한편 P' contact에서는 400[C]에서 30분 열처리한 조건의 누설전류값이 1.1[nA/cm²]로서 N' contact에 비하여 누설전류값이 큰 것을 보여준다. 열처리 시간이 2시간으로 증가하면 누설전류값은 1.8[nA/cm²]로 증가하고, 또한 5시간 열처리조건에서는 누설전류값이 2.2[nA/cm²]로 증가한다. 따라서 열처리 시간에 따른 누설전류 특성은 N' contact과 P' contact에서 동일한 경향을 나타내지만 P' contact에서 영향을 더 크게 받는 것을 알 수 있다.

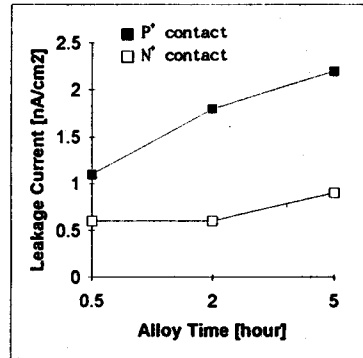


그림 4. 열처리 시간에 따른 Al/TiN/Ti 전극의 contact 누설전류 특성.

그림 5는 Al/TiN/Ti 금속배선막에서 열처리 횟수에 따른 N' contact과 P' contact에서의 contact 저항 특성을 나타내고 있다. N' contact에서는 열처리 횟수가 증가하여도 contact 저항이 증가하지 않고 거의 일정한 값을 유지한다. P' contact에서는 열처리 횟수가 증가함에 따라서 contact 저항이 약간 증가하는 것을 보여준다. 따라서 열처리 횟수에 따른 contact 저항의 변화는 아주 미세한 것으로 생각할 수 있다.

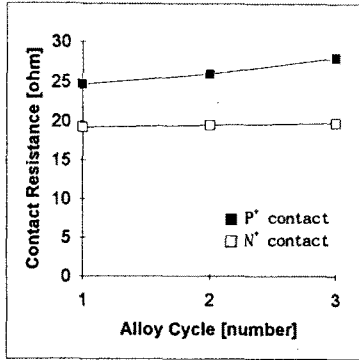


그림 5. 열처리 횟수에 따른 Al/TiN/Ti 전극의 contact 저항 특성.

그림 6은 Al/TiN/Ti 금속배선막의 열처리 횟수에 따른 contact 누설전류 특성을 나타내고 있다. 열처리 횟수가 증가함에 따라서 N<sup>+</sup> contact과 P<sup>+</sup> contact에서 누설전류가 증가하는 것을 나타내고 있다. 한편 열처리 온도나 열처리 시간에서 나타난 바와 동일하게 N<sup>+</sup> contact에 비하여 P<sup>+</sup> contact의 누설전류값이 더 크고 열처리 횟수에 따른 누설전류값의 증가율이 더 높은 것으로 나타났다.

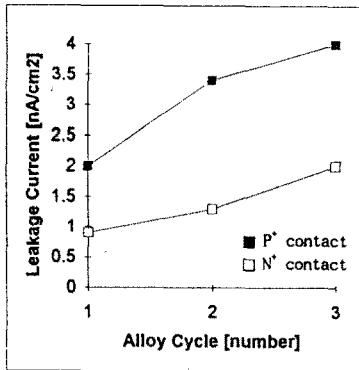


그림 6. 열처리 횟수에 따른 Al/TiN/Ti 전극의 contact 누설전류 특성.

#### 4. 결 론

1. Al/TiN/Ti 구조막을 사용할 경우 N<sup>+</sup> contact은 열처리 온도가 증가할수록 contact 저항이 증가하지만, P<sup>+</sup> contact은 contact 저항이 완만하게 감소하였다. 한편 열처리 온도가 증가함에 따라서 N<sup>+</sup> contact과 P<sup>+</sup> contact에서 누설전류는 증가하였다.

2. 열처리 시간이 증가함에 따라서 N<sup>+</sup> contact 저항은 증가하였으나, P<sup>+</sup> contact은 감소하였다. 또한 열처리 시간이 증가함에 따라서 N<sup>+</sup> contact과 P<sup>+</sup> contact에서의 누설전류는 증가하였다.

3. 열처리 횟수가 증가할수록 N<sup>+</sup> contact 저항은 거의 일정한 값을 유지하지만, P<sup>+</sup> contact 저항은 약간 증가한다. 한편 열처리 횟수가 증가할수록 N<sup>+</sup> contact과 P<sup>+</sup> contact에서의 누설전류는 증가하였다.

#### 참고 문헌

- [1] J. O. McCaldin and H. Sankur, " Diffusivity and Solubility of Si in the Alloy/Si Contacts by Rapid Thermal Sintering.", Appl.Phys.Lett., Vol.19, pp.524-527, Dec, 1971.
- [2] H. Mori, " Resistance increase in small area Si-doped Al-n-Si contacts.", IEEE Trans. Electron Devices, Vol.30, pp.81, 1983.
- [3] Takeo Maeda, Takeo Nakayama, and Junichi Matsunaga, " A Highly Reliable Interconnection for a BF<sub>2</sub> Implanted Junction Utilizing a TiN/Ti Barrier Metal System.", IEEE Trans. on Electron Devices, Vol. ED-34, No.3, pp.599-606, March 1987.
- [4] A. Kohlhase, M. Mandl, and W. Panler, " Performance and failure mechanisms of TiN diffusion barrier layers in submicron devices.", J.Appl.Phys. Vol.65, No.6, pp.2464-2469, March 1989.
- [5] 이철진, 허윤중, 성영권, " Ti Self-Aligned Silicide를 이용한 Contact에서의 전기적 특성.", 대한전기학회 논문지, 41권 2호, pp.170-177, 1987. 2