

고온에서 Sputtering한 TiN 박막의 증착조건에 따른 특성변화

이 기훈, 조 만호, 이 덕형, 문 중, 심 태언

삼성전자 주식회사

반도체 연구소 기초연구팀

소자의 집적도가 심화됨에 따라 Gate Line의 신호 전달 속도 Delay는 점차 심각해지고 있다. 이에 따라 현재 Gate로 사용하고 있는 Poly Si을 대체할 낮은 저항의 Metal Gate의 연구가 활발히 진행되고 있다. 여러 금속들 중에서 특히 TiN은 Si의 Mid gap에 해당하는 workfunction을 가지기 때문에 Gate 재료로 사용하는 경우 PMOS와 NMOS를 동시에 Surface channel mode로 작동시킬 수 있는 큰 장점을 갖고 있다. 또한, TiN은 낮은 저항을 갖고 있으며 강한 공유 결합 특성을 갖고 있기 때문에 기계적 hardness가 좋고 용점이 높을 뿐만 아니라, corrosion과 erosion에 대한 저항성이 좋기 때문에 현재 집적회로 소자에서 Al 배선과 Si 사이의 diffusion barrier로 사용되고 있는 안정된 재료로 알려져 있다.

그러나 이러한 TiN을 Gate로서 사용하는 경우 gate oxide와의 계면반응에 의해 oxide의 절연특성이 나빠지거나, 계면 Workfunction의 변화등이 우려된다. 따라서, 본 연구에서는 생성당시 내부적으로 안정한 구조와 조성을 갖는 TiN의 경우 oxide와의 반응이 잘 일어나지 않는다고 생각하여, 낮은 저항의 안정된 박막을 얻기 위하여 증착 변수를 변화시키면서 TiN을 증착하였다. 또한 TiN 반응을 효과적으로 수행하기 위하여 반응 Gas인 N₂를 기판위로 직접 투입하는 방식을 사용하였다.

TiN 박막을 직경 150mm, 비저항 10 Ωcm인 P형의 실리콘 wafer를 준비하여 Gate oxide를 80Å 두께로 형성 시킨 후 국산 제작한 MS-2100 DC Magnetron Sputtering 장비를 사용하여 900Å 두께로 증착하였다. 증착시 Ti와 N의 결합이 주로 기판 표면에서 일어날 수 있도록 N₂ 가스는 기판 주변에 장착된 ring을 통하여 기판위로 직접 투입하였다.

증착전 Chamber base 압력은 1×10^{-7} Torr 이하로 하였고, 증착변수로 Ar/N₂, 기판 온도, Power, Gas Pressure를 변화시키면서 실험을 행하였고 증착 후 후속 열처리를 830℃에서 30 ~ 90 분간 실시한 후 Oxide 특성을 평가하였다. 막의 저항은 4 point probe로, stress 는 FLX 2900 장비로 측정하였고, Gate oxide의 절연파괴 특성을 조사하기 위하여 HP4140B를 사용하여 I-V를 측정하였으며, flat band voltage를 구하기 위해 HP4284로 50 Hz의 진동수에서 C-V 측정을 하였다.

전기적 특성을 측정한 결과 기판 온도를 상온에서 600℃까지 변화시키는 경우 온도가 증가할 수록 TiN의 저항이 감소하였으며 상온에서 큰 압축응력을 나타내었고 온도가 증가하면서 stress 가 감소하는 경향을 나타내었고 600℃에서 증착한 시편의 경우에는 인장응력을 나타내었다. Ar/N₂ 에서 N₂ flow 비가 커질수록 저항이 감소하였으나 N₂ 가 많아짐에 따라 막의 stress가 증가하여 N₂를 100% plasma 가스로 사용하는 경우 막의 lifting 현상이 발생하였다. 가스 압력이 증가할수록 stress가 감소하였으나 막의 밀도 감소로 인해 저항이 증가하였다. C-V 측정 결과 TiN gate MOS의 V_{FB}는 n⁺-poly의 경우보다 약 0.6 V 크게 측정되어 workfunction이 Si의 midgap 근방임을 확인하였으며 열처리에 의해 거의 변하지 않음을 알 수 있었다. 한편, 산화막 절연특성은 기판 온도가 증가함에 따라 향상되며, 특히 power를 작게하여 depo. rate를 낮추었을 때는 열처리에 따른 열화가 거의 발견되지 않는 좋은 결과를 얻었으며 원인 규명을 위하여 XPS와 HRTEM 분석을 진행에 있다. 위의 실험결과를 통해 기판온도는 600℃, N₂ flow 비를 60%, 가스압력은 2mTorr가 적당하며 power가 낮을수록 산화막과의 compatibility가 좋은 TiN이 형성됨을 알 수 있었다. 그리고 위의 실험과 같은 증착조건에서 가스배기 방식을 다르게 한 결과 아주 작은 저항을 가지며 Rs uniformity 가 좋은 TiN 박막을 얻었다. 자세한 내용은 당일 발표할 예정이다.