

A-9

고온공정시 텅스텐 동시contact에서 TiN barrier의 Failure Mechanism에 관한 연구
(Failure Mechanism of TiN Barrier under High Thermal Budget in W-Plug Common Contact)
삼성전자, 반도체연구소 : 최시영, 유봉영, 이권우, 이현덕, 강호규, 이문용, 이종길

Tungsten bit-line(BL) 동시contact은 N+ & P+ region에 동일 step에서 Diffusion Contact(DC)를 형성하는 기술로, 기존의 Poly-Si/WSi₂(W-polycide)구조의 DC와 비교하면 몇가지 장점을 가진다. 기존의 W-polycide구조 대비, W BL의 낮은 비저항(~2 ohm/sq.)으로 인해 device speed가 증가하고, 또한 BL level에서의 contact 형성으로 후속 공정의 circuit layout을 효과적으로 진행할 수 있게 되며, BL layer를 Metal contact형성시 landing pad로 사용할 수 있어 contact의 단차를 줄일 수 있어 공정상에 잇점이 있다. 그러나, W-Plug 동시contact을 사용할 경우 후속 Inter-Layer Dielectric(ILD) 및 Capacitor공정시 수반되는 고온 열처리로 인한 P+ contact저항의 급격한 증가 그리고 W의 diffusion barrier로 적용중인 TiN layer의 열적 안정성등이 문제로 제기 된다. 본 연구에서는 sub-micron device에 W 동시contact을 적용할때 TiN barrier layer의 후속 열처리를 발생하는 failure mechanism에 대하여 고찰 하였다.

W BL contact은 먼저 dry etch하여 contact profile(contact size: ~0.4 μm, height: ~0.8 μm)를 얻은 후 wet cleaning으로 contact bottom의 polymer와 native oxide를 제거하고, Ti증착후 RTP처리로 Silicidation시켜 TiSix ohmic layer를 형성한다. PVD TiN을 diffusion layer로 증착한 후 CVD-W를 증착하고 W CMP(Chemical Mechanical Polishing)로 contact과 line을 함께 형성한 후 ILD Oxide와 Nitride를 증착한다. 이후에 열처리 공정을 진행하여 W contact의 failure양상을 관찰하였다.

450 Å TiN증착된 시편은 후속 750°C, 250분 열처리시 contact bottom부분에 'Worm hole' type의 fail이 SEM상에서 나타나며, 이보다 적은 열처리 공정이나, TiN layer가 600 Å 증착된 시편에서는 발견되지 않았다. Contact leakage 측정결과를 보면 TiN barrier failure가 생긴 시편은 N+ & P+ contact 공히 1E-10 (A/μm²)이상의 leakage value가 얻어 지고 이는 정상적인 시편 대비 4 order정도 높은 값이다. 이를 TEM으로 관찰하면 TiN barrier failure로 W과 sub-Si이 서로 반응하여 sub쪽으로는 void가 그리고 TiN barrier위부분에는 반응물인 WSix가 각각 발생하였음을 보여 준다. 이와 같은 TiN barrier의 failure mechanism을 이해하기 위하여, ABAQUS법을 이용하여 750°C공정에서 TiN layer에 미치는 Thermomechanical stress를 simulation하여 보았다. 요약하면, 열처리 공정시 수반되는 thermo-stress가 contact의 bottom corner부분으로 집중되어짐을 알 수 있고, 더욱이 PVD TiN증착시 bottom corner부분이 TiN의 step coverage 측면에서도 취약하므로 stress가 집중되어 결과적으로 이부분으로 Si의 diffusion으로 인해 W과 반응을 시작하게 되고 sub-Si쪽으로는 Si depletion이 TiN layer위부분으로는 반응된 WSix가 생성된다. 또한 WSix의 volume expansion으로 TiN이 distortion되어 barrier failure가 급속히 진전된다.

결론적으로, W 동시contact의 diffusion layer인 TiN의 고온공정하에서의 열적 안정성은 TiN두께, 열처리공정의 정도등에 관계되며, TiN barrier의 failure는 maximum thermo-stress가 집중되는 contact의 bottom corner부분에서 W과 Si의 반응이 진행하면서 시작되며 WSix가 생성되면서 가속된다. 이러한 TiN barrier의 failure를 방지하기 위하여는 contact profile개선 및 step coverage 향상등을 통하여 취약한 contact bottom부분을 강화하여야 하며, CVD barrier개발등 여러측면의 연구가 진행되고 있다.