

Two-step 고온 스퍼터에 의한 알루미늄 증착 특성 연구

김윤태, 박종원, 이진호, 백종태

한국전자통신연구소 반도체연구단

VLSI에서 Al을 이용한 다층배선공정은 그 집적도와 미세화가 거듭함에 따라 높은 단차비의 contact 및 via hole에서의 증착과 우수한 평탄화 기술이 요구된다. 이를 위해 Al-reflow 공정과 고온 Al 증착 공정이 활발히 연구되고 있는데, 이것은 plug와 배선층을 동시에 형성시키고 낮은 저항 및 shadowing을 일으키지 않는 등의 장점을 가지는 반면, contact과 via에의 증착 능력이 기존의 CVD에 비해 뒤떨어지고, alloy spike 및 재현성이 부족한 등의 단점이 있다. 그러나, 이러한 단점의 개선을 위해 기판온도의 고온화에 의한 다단 공정이 사용되고 있는데, 이는 저온 스퍼터로 하부층을 형성하고 고온 스퍼터에 의해 상부층을 연속으로 형성하는 것으로, 저온 스퍼터의 균일한 증착특성과 고온 증착에 의한 Al 원자의 표면확산을 이용하여 우수한 평탄화 특성을 얻는 것이다.

본 연구에서는 two-step Al 증착에 의한 0.5 μm 이하의 미세 contact hole의 증착특성을 고찰하였는데, 접착막(wetting layer)으로 사용한 Ti의 두께와, 고온 스퍼터 온도의 변화에 따른 증착특성의 변화를 고찰하였다. 실험시편은 Si 기판위에 산화막을 6000 \AA 증착하고, 반응성 이온 식각에 의해 0.25-0.8 μm 크기를 가지는 contact hole을 형성하였다. Al 증착전 contact에서의 확산방지막으로 Ti와 TiN을 각각 250 \AA , 1000 \AA 증착하였고, TiN의 stuffing을 위해 600 $^{\circ}\text{C}$, 30초 열처리 하였다. 확산방지막 위에 접착막으로 Ti를 0-300 \AA 증착하였고, Al/1%Si은 50 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2000 \AA , 480 $^{\circ}\text{C}$ -540 $^{\circ}\text{C}$ 에서 6000 \AA 을 연속적으로 각각 증착하였다.

실험결과, 접착막을 증착하지 않은 경우, 즉 확산방지막으로 증착한 TiN을 접착막으로 사용한 경우는 0.4 μm 이하의 contact에 Al이 전혀 채워지지 않았다. 이는 TiN의 wetting 특성이 Ti에 비해 좋지 않아 Al이 hole 내부로 흘러들지 못한 것으로 보인다. 한편, Ti를 접착막으로 사용한 경우 두께의 증가에 따라 홀 메꿈 효과가 점차 증대되어 contact은 점차 쉽게 채워졌고, 같은 접착막 조건에서는 증착온도의 상승에 의해 홀 메꿈 효과가 증대됨을 보였다. 또한, wetting Ti의 두께가 300 \AA 경우, 증착온도의 변화에 무관하게 0.4 μm 이상의 모든 contact이 채워져 접착막의 두께로 충분함을 알 수 있었다. 그러나 0.3 μm 이하의 contact (A.R 2:1 이상)인 경우 모든 증착온도에서 contact이 채워지지 않았는데, 이는 contact 크기의 감소에 의해 bottom 부근의 측벽에 증착된 Ti의 두께가 얇게 되어 Al의 wetting 특성이 저하된 것에 의한 것으로 추측된다. 따라서, 480-540 $^{\circ}\text{C}$ 범위의 two-step 고온 스퍼터에 의해 0.3 μm 이하 미세 hole의 증착을 위해서는 300 \AA 이상의 Ti 증착이 요구되었다.