

Ti Underlayer가 Al 배선의 EM 특성에 미치는 영향

(Effect of Ti Underlayer on EM Characteristics of Al Line)

현대전자 반도체 제 1연구소 전병현, 박홍락, 최수환

연락처 : 정병현

(467-860) 경기도 이천군 부발읍 아미리 산 136-1

현대전자 반도체 제 1연구소 공정개발 4실 주임 연구원

TEL : (0336) 30-4472

FAX : (0336) 30-4545

【서 론】

소자의 집적도가 증가함에 따라 contact이나 via에서의 증덮힘(step coverage)의 열화로 인하여 배선의 신뢰도가 문제시 되며, 이런 증덮힘 정도를 개선시키기 위하여 일반적인 증착 방법과는 달리 고온에서의 알루미늄 증착에 의한 홀 메립 방법이 많이 연구되고 있다. 이러한 증착 방법에서는 먼저 하지에 glue 역할을 해주는 Ti 막의 증착으로 홀 메립 특성을 향상시키는데, 이는 Ti 막과 Al 막의 wetting 특성과 Ti 막과 Al과의 반응에 따른 석출물 형성이 원인이라고 보고되고 있다⁽¹⁾. 그러나 이러한 효과로 인하여 Al 밑에 증착시켜 주는 Ti 막이 배선의 신뢰도에 어떠한 영향을 주는지에 대해서는 많이 연구되어 있지 않다. 이에 본 연구에서는 Ti 막의 증착 여부에 따른 배선 신뢰도와 Al 내 첨가 합금 원소에 따른 Ti 막과 Al 막 사이의 반응성을 조사하고, 이에 따른 배선 신뢰도 또한 조사하였다.

【실험 방법】

본 연구에서는 사용된 Al 합금막은 Al-1%Si-0.5%Cu와 Al-0.5%Cu 성분의 금속막을 증착시킨 것으로 Al 밑에 Ti 막의 증착 유무와 증착후 410°C에서 30분간의 열처리 유무로 나누어 만들었다. 이때 금속선의 선폭과 두께는 1 μ m와 0.5 μ m이고, EM 실험은 150°C의 온도와 5.0MA/cm의 전류 밀도하에서 실시하였다. 하지의 Ti와 Al 사이의 반응성은 면저항 값의 측정, XRD 분석, SIMS에 의한 성분 원소의 depth profile 조사와 단면 TEM에 의한 미세 구조 관찰로 조사하였다. Al의 미세 구조 변화는 결정립 크기와 분포, 결정립의 배향성 정도, Si 석출물의 크기와 분포를 조사하였으며, 각각 평면 TEM, XRD, SEM을 이용하여 관찰하였다.

【실험 결과】

Fig. 1은 본 실험에서 사용한 여러 Al 합금막 조건에 따른 EM 실험한 결과를 log-normal 분포로 나타낸 그림으로 EM 수명은 TiN//AlSiCu/TiN, Anneal < TiN//Ti/AlSiCu or AlCu/TiN, As-dep. < TiN//Ti/AlCu/TiN, Anneal < TiN//Ti/AlSiCu/TiN, Anneal 순으로 증가하였다. Al 하지에 Ti 막의 증착에 따라 EM 수명은 향상되고, Ti 막 증착시에는 열처리를 해주거나 Si 합금 원소의 첨가에 따라 EM 수명이 더 증가한다. Al 하지에 Ti 막의 증착에 따른 EM 수명의 향상은 Al(111) 면의 배향성 향상과 Si nodule 형성 억제등의 미세 구조 향상과 Ti와 Al 막 사이의 표면 확산 억제 그리고 저항값이 작은 Ti 막이나 Ti와 Al의 반응 석출물 등으로 인한 current shunting 효과⁽²⁾에 의해 기인하며, 이는 EM에 의한 저항 변화와 배선의 단선 형태와도 밀접한 관계를 갖는다. 또한 Ti 막 증착시 Si 첨가와 열처리 유무에 따른 EM 수명의 차이는 Ti와 Al의 반응성에 관계하며, 이는 열처리에 의해 석출물이 형성될때 Si 첨가시에는 Ti(Al, Si)₃ 형태의 석출물 형성으로 인하여 Al 원자의 mobility를 감소시키기 때문이다. Fig. 2는 단면 TEM으로 석출물의 크기와 형태를 관찰한 결과로 Si이 없는 Ti/AlCu 합금막에서는 TiAl₃ 석출물이 두껍게 형성하는 반면에 Si 첨가로 석출물 형성이 억제됨을 알 수 있다. 이러한 석출물 형성은 표면 확산 억제와 Si nodule 형성 억제의 Al 미세 구조 향상 효과로 인하여 EM 수명을 증대시키지만, 조대한 석출물 형성시에는 Al 내의 전류 밀도 증가와 joule 열 발생으로 인하여 Ti/AlSiCu 합금막에서의 얇은 석출물 형성 때보다 EM 수명이 감소될 것이다.

【참고 문헌】

1. H.D. Kim, G.S. Cho and K.H. Lee, Technical Document(HYUNDAI Electronics, SRDL), 1993.
2. C.C. Lee, E.S. Machlin and H. Rathone, J. Appl. Phys., 71(2), pp. 5877, 1990.

X : Ti/TiN//AlSiCu/TiN, after annealing
 O : Ti/TiN//Ti/AlCu/TiN, as-deposition
 Δ : Ti/TiN//Ti/AlSiCu/TiN, as-deposition
 ● : Ti/TiN//Ti/AlCu/TiN, after annealing
 ▲ : Ti/TiN//Ti/AlSiCu/TiN, after annealing

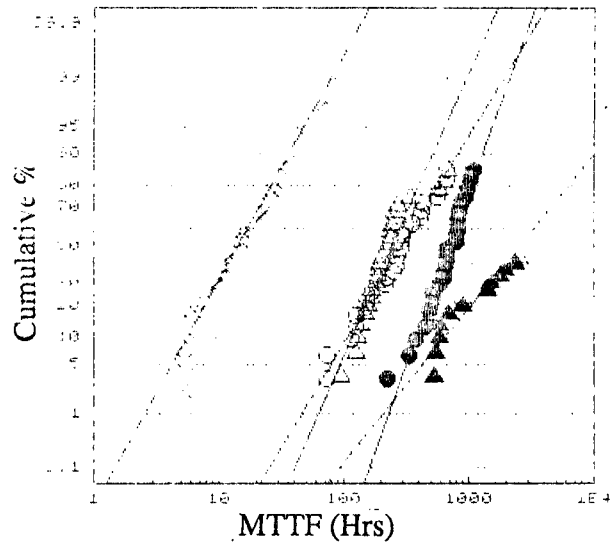


Fig. 1. Cumulative failure plots for various multilayered films in as-deposited and annealed conditions

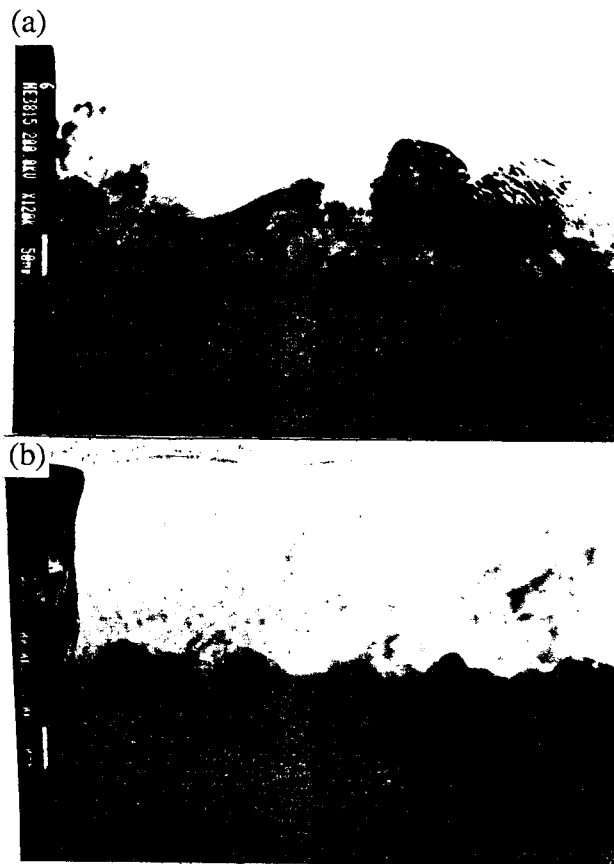


Fig. 2. Cross-sectional TEM micrographs of two different multilayered structures annealed at 410°C for 30min on Ti. (a) Ti/AlCu and (b) Ti/AlSiCu