구리 나노배선에서의 전해 구리도금막과 피복층 계면 결함에 관한 연구

A study on the defect of electroplated Copper/diffusion barrier interface for Cu nano-interconnect

이민형*, 이홍기, 이호년, 허진영
한국생산기술연구원 인천지역본부 기술실용화부문 열표면기술센터(E-mail: minhyung@kitech.re.kr)

초 록: 본 연구에서는 전해 구리도금막과 SiN 피복층 사이의 힐락 (Hillock) 및 보이드 (Void) 결함에 미치는 전해 구리도금 공정 및 CVD SiN 피복층 증착 전 NH3 플라즈마 처리 효과에 대해 연구하였다. SiN 피복층 증착전 NH3 플라즈마 효과를 정량화하기 위해 실험계획법을 이용해 NH3 플라즈마 공정 인자가 힐락 결함의 밀도에 미치는 영향에 대해 고찰하였다. 실험결과, 힐락 결함의 밀도는 NH3 플라즈마 인가 시간에 비례한다는 것을 알았다. 보이드 결함의 경우, 구리 씨앗층 및 NH3 플라즈마 조건의 최적화를 통해 구리 씨앗층의 표면 조도를 최소화할 경우 보이드 결함이 최소화된다는 것을 알 수 있었다. 이는 구리 씨앗층의 표면 조도를 최소화함에 따라 전해 구리도금막의 결정립 크기가 커져 결정립 계면에 존재하는 불순물 양이 줄어들었기 때문인 것으로 사료된다.

1. 서론

최근 미세구리배선을 위한 구리막 형성을 위해 전기도금이 광범위하게 이용되고 있다. 그러나, 100nm 이하의 나노배선에 전기도금방식이 이용되면서 전기도금 특성에 기인한 여러 결함들이 발생되고 있다. 미세구리배선의 결함 중 구리도금막에 기인하는 대표적인 결함은 힐락(Hillcok)과 보이드(void)가 있다. 이들 결함은 미세 패터닝 및 배선 신뢰성에 심각한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 따라서, 본 연구에서는 여러 공정인자가 이들 결함에 미치는 영향에 대해서 연구하였다.

2. 본론

그림 1은 구리 전기도금막과 구리 피복층인 SiN 사이에 존재하는 힐락과 보이드 결함에 대한 TEM 단면 사진 관찰 결과이다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 힐락과 보이드 모두 구리도금막의 변형에 의해 발생한 것을 확인할 수 있다. 또한, 실험 결과 힐락과 보이드 모두 SiN 피복층 증착 이전에는 존재하지 않은 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 힐락의 발생 원인은 SiN 증착시 가해지는 열에너지에 의한 구리막의 열팽창으로 인해 구리막에 compressive stress 가 인가되어 발생되는 것으로 사료된다. 따라서, 본 연구에서는 SiN 증착시 가해지는 열에너지를 변화하기 위해 NH3 treatment 조건을 변경하였으며, 이에 따른 구리막의 힐락 밀도를 관찰하였다. 보이드의 경우 구리전기도금의 특성상 불순물이 함유되어 발생되는 것으로 사료되는데, 이들 불순물의 양을 변화주기 위하여 PVD 구리 씨앗층의 표면 거칠기를 NH3 treatment를 통해 변화시켜 구리도금막의 결정립 크기를 변화시키므로써, 결정립 계면에 존재하는 불순물 농도를 줄여주었다. 실험 결과 그림 2 와 같이 PVD구리 씨앗층의 공정 조건에 따라 전기도금막과 구리 피복층 사이의 보이드 밀도가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 연구 결과 보이드 밀도 변화에 따라서, 배선 신뢰성 특성도 크게 변화하는 것을 확인할 수 있었다.

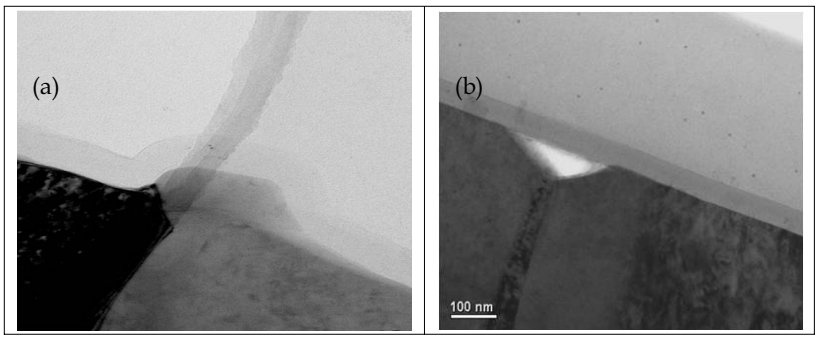

Fig. 1. The cross sectional TEM images of (a) Cu hillock and (b) Cu void at the interface of electroplated Cu and SiN interface

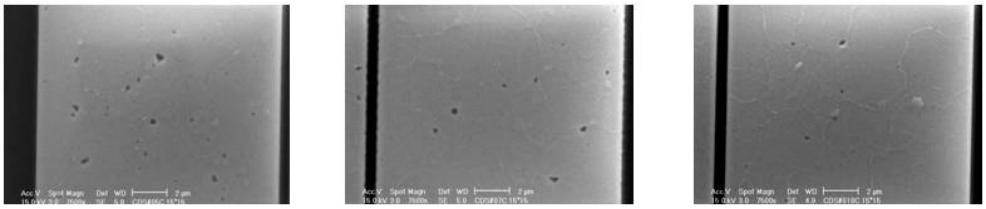

Fig. 2. The plan view SEM images of Cu void at the interface of electroplated Cu and SiN as a function of seed Cu roughness

3. 결론

SiN 피복층 증착전 NH3 pretreatement time 이 짧을수록 구리 힐락 결함의 밀도 및 크기 모두 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 전해 구리도금 공정전 구리 씨앗층의 두께 및 NH3 pretreatment 조건 최적화를 통해 구리 씨앗층의 표면 조도를 최적화함으로써, 보이드 결함 밀도를 최소화할 수 있었다. 또한, 구리배선의 EM 신뢰성은 보이드 결함 밀도가 작을수록 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. A.F. Puttlitz et al., IEEE-Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, 12(4) (1989) 619.
2. A. Gladkikh and Y. Lereah, Appl. Phys. Lett., 66(10) (1995) 1214.
3. M.H. Lee et al, J. Electrochem. Soc., 156(8) (2009) H644.