

용액 교반이 Damascene 공정의 무전해 구리 도금에 미치는 영향
The Effect of Solution Agitation on the Electroless Cu deposition of Damascene Process

이주열^{1*}, 김덕진², 김 만¹

(1*) 한국기계연구원 부설 재료연구소, 표면기술연구부
 (2) 선문대학교, 재료금속공학과

초 록 : Damascene 공정을 이용하여 80nm급의 trench 패턴 내에 구리 배선 형성을 위해 무전해 구리 도금법을 이용하였다. 화학 반응으로 진행되는 무전해 도금법에 의한 구리 이온의 초미세 패턴 내 환원 과정에 구리 이온의 물질 전달 과정이 구리 도금층의 표면 특성과 superconformality 에 미치는 영향을 살펴보았다. 회전 전극에 고정된 칩의 회전 속도가 증가함에 따라 구리 도금층의 비저항이 감소하고, trench 내 균일 도금성이 향상되는 것으로 나타났다.

1. 서 론

반도체 칩의 고용량화 · 고속화 요구에 대응하기 위해 금속 배선 폭의 크기가 수십 나노미터 크기로 초미세화 되고 있다. 반도체 소자 및 나노 소자의 금속 배선 폭이 감소할수록, 또한 배선의 중횡비가 증가할수록 현행의 Damascene 공정을 이용한 구리 배선 공정은 더욱 엄격하게 제어되어야 한다. 칩 내의 yia/trench 등과 같은 나노 패턴 내에 구리 배선을 형성하는 방법으로는 크게 전기 도금법/무전해 도금법을 이용한 습식법과, CVD/PVD/ALD 등을 이용한 건식법이 있는데, 각각의 장점을 이용하여 부분적으로, 혹은 복합적으로 사용되고 있다.

본 연구에서는 무전해 구리 도금 공정을 사용하여 80nm급의 trench 패턴 내에 superconformal copper filling을 형성하였으며, 이 과정에 무전해 구리 도금층에 용해되어 있는 구리 이온의 물질 전달 방식, 즉 용액의 교반 속도가 무전해 도금의 표면 특성과 trench 내 충전 특성에 미치는 영향을 관찰하였다.

2. 본 론

2.1 실험 방법

80nm급의 trench 내에 구리 배선을 위해 SiO₂ substrate 상에 barrier la er 및 seed la er 역할을 하는 NiB 층을 형성한 후, 무전해 도금법에 의해 구리 도금층을 균일하게 형성하였다. NiB 층 제조를 위해, SiO₂ substrate를 SPM 용액 내에서 전처리를 한 후, adhesion la er로써 APTES SAM 층을 형성하였고, SAM 층 상부에 NiB 층을 무전해 도금법을 이용하여 10-15nm 두께로 균일하게 형성하였다. 이후 NiB seed la er 상에 무전해 도금법으로 구리 도금층을 형성하기 위한 도금액 조성은 0.26M CuSO₄ · 5H₂O, 2.04M sulfuric acid, 10 ppm SPS, 50 ppm HCl, 100ppm PEG-2000으로 구성되었다.

용액 교반이 구리 무전해 도금 과정에 미치는 영향을 관찰하기 위해 회전 전극의 회전 속도를 0-1000rpm 구간에서 변화시켰다.

구리 무전해 도금 과정의 전기화학적 특성을 관찰하기 위해 open circuit potential을 측정하였고, 구리 도금층의 전기적 특성은 비저항 측정으로 비교되었는데, 이를 위해 SiO₂ substrate 상에 Cu la er를 sputtering 법으로 약 100nm 두께로 증착을 하였다. 그리고, trench 패턴 내 구리 배선 형성의 균일도는 FIB/FE-SEM을 이용하여 trench의 단면을 관찰하였다.

2.2 전기화학적 특성

그림 1에서 회전 전극의 회전 속도가 증가함에 따라 시간에 따른 open circuit potential의 전이는 음전위 방향으로 이동하고 있는데, 이는 전극 상에서의 환원 반응에 큰 에너지를 요구함을 의미한다. 즉, 회전 속도의 증가에 의해 전극 표면으로의 구리 이온 물질 전달이 방해받고 있음을 볼 수 있다.

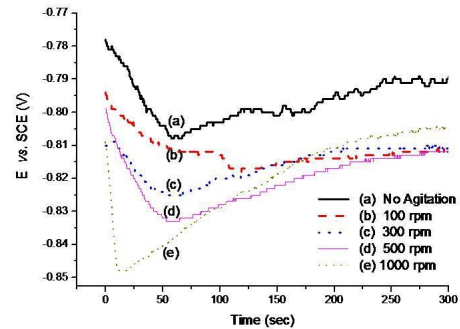


그림 1. 전극 회전 속도 변화에 따른 OCP 변화

2.3 전기적 특성

무전해 구리 도금층의 전기적 특성을 4-probe를 사용하여 비저항을 측정하였다. 표 1에 나타난 바와 같이 용액 교반 속도가 증가할수록 비저항값이 대체로 감소하는 경향을 보였으며, 이는 SEM으로 관찰된 표면 형상의 치밀성과 일치하는 결과를 나타내었다.

표 1. 전극 회전 속도별 무전해 도금층의 비저항값

전극 회전 속도	비저항($\mu\Omega\text{cm}$)
0 rpm	4.1
100 rpm	4.0
500 rpm	2.6
1000 rpm	2.3

2.3.1 구리 배선 도금 특성

그림 2는 전극 회전 속도에 따른 구리 배선의 균일성을 FE-SEM으로 단면 측정된 결과다. 구리 배선의 균일 도금성을 관찰하기 위해 시편은 130-80nm 크기의 일련의 trench로 가공되었다. 무전해 도금 과정 중에 무교반 환경에서 형성된 구리 배선층은 trench 내부에 yoid와 같은 defect가 상당 부분 존재하였다. 용액의 교반 속도가 100rpm, 300rpm, 500rpm, 1000rpm 등으로 증가함에 따라 trench 내 defect 밀도는 감소하여 300-500rpm에서는 무결점 구리 배선을 형성할 수 있었다. 한편, 용액 교반 속도가 2000rpm으로 높아졌을 때에는 trench edge 부분에서 부분적으로 defect가 발견되었다.

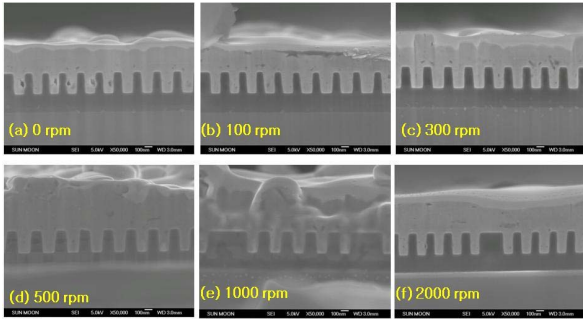


그림 2. 용액 교반 방법에 따른 무전해 구리 도금층의 superconformality

3. 결 론

구리 무전해 도금에 의한 80nm급 trench 내 금속 배선 형성에 적절한 속도의 용액 교반이 효과적임을 발견하였다. 이는 전극 상의 물질 전달을 어느 정도 저해함으로써 증착 과정의 에너지를 요구함으로써, 치밀한 구조의 도금층이 형성되게 한 것으로 예상된다. 그 결과 낮은 비저항값을 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] T.P. Moffat, J. E. Bonevich, W. H. Huber, A. Staishevsky, D. R. Kelly, G. R. Stafford, D. Josell, "Superconformal electrodeposition of copper in 500-90nm features", J. Electrochem. Soc., 147, 4524, 2000.
- [2] S.-K. Kim, S. K. Cho, J. J. Kim, Y.-S. Lee, "Superconformal Cu electrodeposition on various substrate", Electrochem. Solid-State Lett., 8, C19, 2005