

ENI 스퍼터를 이용한 Cu Seed Layer 증착

이봉주^{1*}, 임선택², 박영춘², 유석재¹
 (1^{*}) 국가핵융합연구소, 플라즈마응용연구팀
 (2) 한동대학교, 정보통신공학과

초 록: 로직 디바이스에서는 알루미늄을 대신하여 구리로 backend-of-line(BEOL) 금속화공정이 대체되고 있다. 그러나 메모리 디바이스에서 구리 배선으로의 전환이 쉽지 않다. Cu-seed layer는 구리 배선을 메모리 디바이스에 적용하기 위해서 필요한 gap-fill 확장성을 개선하기 위한 중요한 부분을 차지한다. Cu-seed layer 증착을 위한 향상된 PVD 장비인 Eni 스퍼터를 소개한다.

1. 서론

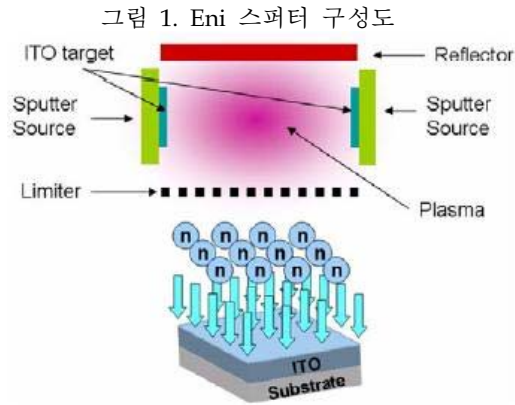
로직 디바이스에서 알루미늄을 대체할 구리의 장점은 잘 문서화되어있다. 그것의 낮은 resistivity은 비슷한 비저항을 갖는 두께를 1/3로 줄일 수 있다. 구리 금속화공정은 스위칭 속도와 디바이스 집적도가 증가할 때의 line-to-line capacitance와 RC delay를 줄이게 된다. RC reduction은 디바이스 속도를 빠르게 하고 전체 전력 소모와 동작 온도가 낮추기 때문에, 로직과 메모리 디바이스 모두에서 핵심이 된다 [1]. 소자의 사이즈가 감소함에 따라 Cu-seed layer PVD증착 역시 overhang을 줄이고 박막의 두께는 감소해야 한다. 이것은 coverage를 나쁘게 하고 불안정한 Electrochemical Plating(ECP) gap fill을 만들게 된다. 이 문제는 wafer의 edge부분에서 더욱 빈번하게 나타나게 된다. 이 현상은 gap-fill 공정을 어렵게 하고 void와 CMP 이후의 결함을 야기시킨다. 일반적인 PVD에서 증착할 때 생기는 비대칭적인 sidewall coverage 문제는 line-of-sight에 의해서 발생된다. 이러한 문제를 개선하기 위한 Eni PVD를 제안한다.

표 1. Normal PVD와 Eni PVD의 비교

	Normal PVD		Eni PVD	
	Neutral	Ion	Neutral	Ion
Beam directionality	Broad > $\cos^{0.5-1}\theta$	Sharp / No shape control	Narrow ~ $\cos^{2-5}\theta$ / tunable	Sharp / Good shape control
Energy / Control	Low / No (Passive)	Bias / Yes (vertical tunning only)	<100eV, Tunnable	Bias / Yes (vertical + lateral tunning)
Beam selective deposition	No		Yes	
Filling of negative slopes by neutral	No		Yes	
High coverage	A/R Worse		Better	
Film quality	Worse		Better	

2. 본론

본 연구에서는 향상된 특성을 가지는 Eni 스퍼터가 사용되어졌다. Eni 스퍼터에서는 기판에 증착되는 입자에 에너지를 공급하여 기판의 가열을 대신한다. 우리는 기판에 도달하기 전에 중성입자 빔 소스에서 충분히 가속된 입자 빔을 생성한다. 우리가 개발한 중성입자 빔 소스는 그림 1과 같이 ICP 소스, 마그네트론 스퍼터 소스, reflector, 와 limiter로 구성된다. 마그네트론 스퍼터 소스는 Cu 입자(그림 1에서 ITO에 해당)를 방출하게 되고, 방출된 입자는 플라즈마 내에서 이온화되어진다 이온은 플라즈마와 reflector사이의 플라즈마 쉬스에서 가속되어진다. 이 때 Auger neutralization을 통하여 주로 중성화되어진다 [2]. 중성화 효율은 입사각도, reflector 재질, 표면 거칠기에 의해 달라지게 된다 [3]. 우리는 스테인리스 스틸(SUS316) 평판을 reflector로 사용하였다. 중성입자빔의 에너지는 입사된 이온 에너지의 1/2로 나타난다 [4]. 가속에 의한 potential은 플라즈마 전압과 reflector에 걸린 전압의 합으로 나타난다. 예를 들어 기판에 30 eV가 걸리고, 플라즈마 전압이 10 eV일 때 입사된 이온은 40 eV로 가속되어지고 reflector에 의해 생성된 중성입자의 에너지는 절반인 20 eV로 나타난다. 실험결과는 학회를 통해서 발표되어 질 것이다.



3. 결론

로직의 경우 RC delay를 줄이기 위해 지난 수년간 알루미늄 배선을 저항이 더 작은 구리 배선으로 전환하였고 메모리 디바이스에 구리 배선을 적용하기 위해서는 step coverage 특성을 향상시킬 필요가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 Eni 스퍼터를 개발하였고 증착 특성을 연구하였다.

참고문헌

- [1] Yiming Li, et al., *Simulation of 3D Copper Low-k Interconnections with Different Shapes*, Intl. Workshop on Computational Electron., Oct. 24-27, 2004.
- [2] M. A. Cazalilla et al., "Theory of Auger neutralization and deexcitation of slow ions at metal surfaces", *Phy. Revi. B*58, pp. 13991-1400 6, 1998.
- [3] B. A. Helmer and D. B. Graves, "Molecular dynamics simulations of Ar⁺ and Cl⁺ impacts onto silicon surfaces: Distribution of reflected energies and angles", *J. Vac. Sci. Technol. A*1 6, pp. 3502-3514, 1998.
- [4] J. W. Cuthbertson, "Reflection of low energy plasma ions from metal surfaces", *J. Nucl. Materials* 196-198, pp. 113-128, 1992.