

# PEALD를 이용한 Ruthenium Barrier Layer 특성에 관한 연구 A Study on the Characteristic Ruthenium Barrier Layer using PEALD

\*이영균<sup>1</sup>, 신운기<sup>1</sup>, 정문기<sup>1</sup>, 이호준<sup>1</sup>, 과용창<sup>1</sup>, 최성하<sup>1</sup>, 정호빈<sup>1</sup>, 이현섭<sup>2</sup>, #정해도<sup>3</sup>

\*Y. K. Lee<sup>1</sup>, W. K. Shin<sup>1</sup>, M. K. Jeong<sup>1</sup>, H. J. Lee<sup>1</sup>, Y. C. Guo<sup>1</sup>, S. H. Choi<sup>1</sup>, H. B. Jeong<sup>1</sup>, H. S. Lee<sup>2</sup>,  
#H. D. Jeong(hdjeong@pusan.ac.kr)<sup>3</sup>

<sup>1</sup>부산대학교 기계공학부 정밀가공시스템, <sup>2</sup>부산대학교 정밀정형 및 금형가공센터,

<sup>3</sup>부산대학교 기계공학부

Key words : ALD (Atomic Layer Deposition), Ru (Ruthenium), Barrier Metal, TiN (Titan nitride), Copper

## 1. 서론

최근 소자의 고집적화와 고성능화에 대한 요구에 따른 소자의 미세화가 이루어짐에 따라 비저항이 낮고 EM(Electromigration) 특성과 SM(Stress Migration) 특성이 우수한 Cu를 배선재료로 사용하고 있다 [1, 2]. 그러나 Cu는 Si와 SiO<sub>2</sub> 내부로 확산이 빠르게 일어나 소자의 성능을 저하시킬 수 있는 문제점을 가지고 있으므로 적절한 확산방지막 물질이 필요하다 [3]. 지금까지 Ti, Ta, TiN, TaN 등과 같은 확산방지막 물질에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으나 이러한 확산방지막 물질들은 비저항이 높다는 문제점을 가지고 있다. 또한, 기존의 확산방지막과 Cu 사이에 부착특성이 좋지 않다는 문제점이 발생되어 Cu와 부착특성이 우수하고 낮은 비저항을 가지는 새로운 확산방지막 재료의 개발이 시급하다. 현재 여러 가지 물질이 제시되고 있지만 Ruthenium (Ru)은 Cu와 화합물을 만들지 않고 비저항이 낮으며, Cu와 부착특성이 우수한 장점을 지니고 있어 많은 주목을 받고 있다. 하지만 Ru는 Cu와 부착이 우수한 반면에 SiO<sub>2</sub>와는 접착력이 좋지 않은 문제점을 가진 것으로 보고되고 있다[3]. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Ru/TiN, Ru/TaN, Ru/HfO<sub>2</sub> 박막을 제시하고 부착 세기를 테스트 하기위한 CMP 공정과 XRD, XRR, SEM 분석을 통한 부착력 특성 및 ALD 공정조건을 제시하였다.

## 2. 실험

본 논문에 사용된 웨이퍼는 4인치 P-type 실리콘 웨이퍼로 TiN, TaN이 각각 10000Å 증착된 웨이퍼를 사용하였다. 증착실험을 진행하기 전 웨이퍼를

세정하여 유기물과 자연 산화막을 제거하고 기판 위에 Ar 가스를 주입하여 기판을 가열하였다. 그 후 Ru source를 Ar 가스와 함께 흘려 기판위에 증착을 시작하였다. Purge 가스를 흘려 반응하고 남은 Ru source와 반응 부산물을 배기하였고, 다시 NH<sub>3</sub> 가스를 흘려 표면에 흡착된 Ru source와 반응시킨 후 purge 가스를 흘려 0.33Å의 Ru 박막을 완성시켰다. Table 1에 나타낸 공정 사이클을 1000회 반복하여 30nm 두께의 Ru 박막을 증착하였다.

Table 1 Deposition conditions of Ru PEALD

	Process step	Flow rate	Power	Time
Treatment	Surface nitration	200 sccm NH <sub>3</sub>	300 W	1 min
	Evacuation			1 min
1 cycle	Ru(EtCp) <sub>2</sub> feed	100 sccm Ar		3 sec
	Purge	300 sccm Ar		5 sec
	Ru(EtCp) <sub>2</sub> feed	100 sccm Ar		3 sec
	Purge	300 sccm Ar		5 sec
	Ligand 제거	300 sccm NH <sub>3</sub>	200 W	10 sec
	Purge	300 sccm Ar		10 sec

## 3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 Ru 표면의 XRD 와 XRR을 분석을 통한 Ru 막의 결정성과 방향성 및 막의 농도분포를 나타낸 것이다. Fig. 1 (a)의 경우 2θ=69° Ru (110)에서 Ru의 강한 피크가 관찰되었고, 이와 동시에 다른 2개 피크의 경우 Ru (100), Ru(101)의 비교적 낮은 강도의 피크가 2θ=38°, 2θ=44° 에서 나타났다. 그러나 Fig. 1 (a)에서 보인 것과 같이 2θ=44° 의 Ru (101)는 Ru 막의 구성중에서도 Ru-oxide 또는 Ru-silicide의 비정질 물질로 이루어진 약한 강도를 가진 피크도 확인할 수 있다. Fig. 1 (b)에서 나타내듯이 Ru/TiN/Si 구조로 증착된 웨이퍼가 부착이 매우 잘 된 것으로 나타났다.

Fig. 2는 ALD 공정으로 증착된 Ru 웨이퍼의 단면을 나타낸 것으로서 4 point probe를 이용한

두께측정 결과 치와 마찬가지로  $\pm 5\text{nm}$  정도의 측정 오차가 있지만 균일하게 30nm로 증착되었다.

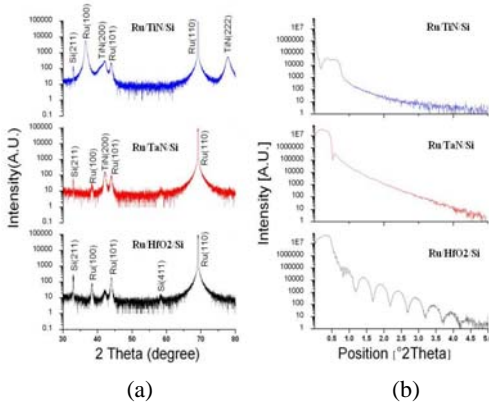


Fig. 1 Spectra pattern of Ru thin film deposited on Si substrate, (a) X-ray diffraction and (b) X-ray reflectometry.

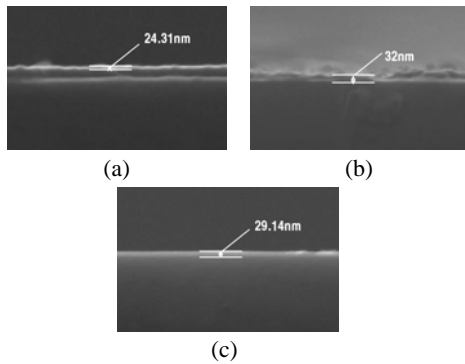


Fig. 2 SEM surface photographs at barrier metal type according to the Ru thin film. (a) Ru/HfO<sub>2</sub>/Si, (b) Ru/TaN/Si and (c) Ru/TiN/Si.

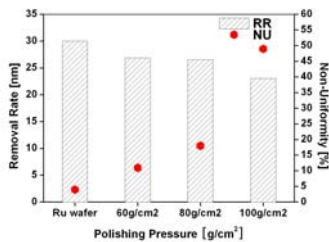


Fig. 3 Removal rates and Non-uniformity as a function of the Ru film polishing pressure.

Fig. 3은 증착된 막의 부착력을 테스트하고자

CMP 공정을 실행한 결과를 나타낸 것으로 Fig. 3 (c)의 경우 Ru 특유의 매우 단단한 결정력을 나타냈다. 하지만 Fig. 3의 (a)와 (b)는 부착력이 매우 좋지 못하였다. 그 이유는 Fig. 3 (c)의 Ru/TiN/Si 증착방법과 달리 증착 공정중하나인 ligand elimination 공정을 진행하지 않아 부착력이 좋지 않게 나타난 결과로 사료된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 PEALD를 이용한 새로운 확산 방지막 물질인 Ruthenium을 제안 하였다. Ru는 290°C에서 증착하였을 때 사이클당 증착 두께가 0.33 Å로 나타났으며, 비저항값은 13 μΩ·cm로 얻어졌다. Table 1에 나타낸 바와 같은 증착 조건으로 막의 증착이 이루어졌을 때 Ruthenium 특유의 단단하고 강한 재료 특성을 나타내는 우수한 품질의 막을 얻을 수 있다. 그리고 이 논문의 결과에는 나타내지 않았지만 Ru/TiN 박막은 구조가 비정질임에도 낮은 비저항값을 가지고 있음을 확인 하였다. 또한 Ru/TiN barrier는 증착된 다른 막보다 부착 세기가 매우 우수함을 확인하였다. 그러므로 PEALD 공정을 통한 Ru/TiN/Si 박막은 우수한 특성을 가진 새로운 구리 확산방지막 물질로서 그 활용이 매우 기대된다.

#### 후기

본 연구는 교육과학기술부 선도연구센터육성사업 (No. 2010-0001-226) 및 4단계 BK21사업 (R15-2006-022-01003-3) 지원으로 수행되었음.

#### 참고문헌

1. S. P. Murarka, R. J. Gutmann, "Advanced multi-layer metallization schemes with copper as interconnection metal," Thin Solid Films, 236, 257-266, 1993.
2. H. Kim, C. Cabral, Jr., C. Lavoie, and S. M. Rosznagel, "Diffusion barrier properties of transition metal thin films grown by plasma-enhanced atomic-layer deposition," J. Vac. Sci. Technol. B, 20(4), 1321-1326, 2002.
3. Y. J. Lee, B. S. Suh, M. S. Kwon, C. O. Park, "Barrier properties and failure mechanism of Ta-Si-N thin films for Cu interconnection," J. Appl. Phys, 85(3), 1927-1934, 1999.