

## 유기금속화합물을 이용한 원자층단위 증착에 의한 금속화산 방지층의 증착특성

강상원

한국과학기술원 재료공학과

1. 서론

초고집적 반도체의 다층금속배선에서 심각한 Aspect Ratio를 갖는 Contact 및 via의 금속화산방지층을 균일하게 증착하기 위하여 기존의 물리증착법을 대신 하여 유기금속 화학증착법(MOCVD)이 많이 연구되어 왔다. 그러나 발표된 MOCVD방법이 아직까지는 만족스러운 결과를 보여주지 못하고 있다. 본 발표에서는 TEMAT와 NH<sub>3</sub>를 번갈아 가면서 반응로 속으로 주입하여 TiN이 제한된 표면반응(Surface Limited Reaction)만에 의하여 원자층 단위로 증착(Atomic Layer Deposition : ALD) 되도록 제어 함으로써 Contact/Via에서의 균일한 증착은 물론, TEMAT와 NH<sub>3</sub> 상호간의 기상반응을 방지하여 Particle의 발생 억제 및 상대적으로 낮은 증착온도(<200℃) 임에도 불구하고 저탄소불순물 농도가 가능한 Cycle-CVD방식을 제안한다.

2. 본론

TiN ALD의 증착특성을 살펴보면, ALD가 가능한 증착온도 범위(170~200℃)내에서 주입되는 반응가스의 펄스시간을 충분하게 하면 Cycle당 증착되는 TiN 두께는 Self-limiting 되어 일정한 값을 갖게 되는데, 본 실험결과는 약 0.6 nm/cycle 이었다. 이러한 실험결과는 기존의 보고된 많은 ALD결과에서 Cycle당 증착되는 박막두께가 증착되는 물질의 단위원자층(Monolayer : ML)보다 일반적으로 얇은 것으로 알려진 것에 비하면 상당히 두꺼운 결과를 보여준다. TiN ALD 실험결과는 아래와 같은 방법으로 계산이 가능하다. 즉 증착된 TiN의 단위원자층 두께는 증착된 TiN이 비정질 상태이기 때문에 공간적으로 x, y, z 축으로의 원자간 평균거리가 일정 하다고 가정 할 수 있으므로 아래와 같은 식으로 표현될 수 있다.

$$a_n = \left( \frac{t}{\rho_s \cdot n} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$a_n$  : Ti원자간의 평균거리

$t$  : TiN의 박막두께

$\rho$  : S, Ti의 표면밀도

위의 식에 측정된 결과로부터 얻어진 값들을 대입하면 TiN의 단위원자층 두께는 약 ML = 0.36nm이다. 따라서 본 실험에서 Cycle당 증착되는 단위원자층의 수는 약 1.6ML/Cycle 임을 알 수 있다. 이러한 실험결과는 기존의 ALD에서 Ideal한 경우(즉 기판표면에 화학흡착되는 반응가스의 Surface Coverage, S=1 인 경우) 1ML/Cycle 이라고 예측한 결과보다 증가된 양상

을 보여 주고 있다. 이러한 현상은 TiN ALD에서 Cycle당 증착되는 TiN 두께가 TEMAT Pulse Time에만 의존하는 것이 아니라 NH3 pulse Time에도 의존성을 갖는다는 사실로부터 아래와 같은 설명이 가능하다. 즉 NH3 Pulse Time 동안 반응로 내로 공급된 NH3는 먼저 기판표면에 화학흡착 되어있는 TEMAT와 반응하여 TiN을 형성하고 여분의 NH3는 새롭게 형성된 TiN표면에 다시 화학흡착하게 됨으로써 Cycle당 1ML 이상의 TiN형성이 가능하게 된다. 이와같이 ALD에 있어서 박막증착에 사용된 여러종류의 반응가스가 모두 화학흡착(S < 1인 경우라도)이 가능하다고 하면 Cycle당 증착 될 수 있는 ML의 층수는 1 ML 이상이 될 수 있다는 것을 알 수 있다.

### 3. 결론

유기금속화합물을 이용한 TiN ALD를 세계 최초로 시도하였으며, 실험결과 ULSI에서 필요로 하는 step coverage등의 특성이 우수한 결과를 획득 하였다. 아울러 ALD에서 Cycle당 증착될 수 있는 박막의 두께가 1 ML 이상도 가능함을 해석적으로 설명하였다. 이러한 ALD기술은 타 기술분야에서 초박막 단결정을 증착 하는데 주로 응용되어 왔으나 앞으로는 반도체에서 필요로 하는 초박막의 우수한 표면피복률(Conformality), Particle 억제, 두께의 정밀한 제어 및 균일도와 재현성의 향상, 공정온도의 저온화등을 위하여 적극적인 응용이 기대되는 새로운 박막 증착 방법이 될 수 있을 것이다.

### 감사의 글

반도체에 응용가능한 ALD장비가 될 수 있도록 액체소오스를 사용하여 반응분위기 전환속도가 1초 이하이면서도 기판의 자동 반출입이 가능한 Cycle-CVD장비를 세계 최초로 개발해 주신 지니텍(주)의 강원구 박사와 이춘수 박사 및 이규홍 박사에게 그간의 노고에 심심한 사의를 표하는 바입니다.