

MOCVD TaN 증착기구에 대한 연구 (A Study on the Mechanism of MOCVD TaN)

서울대학교 금속공학과 : 전규찬, 김기범
UP Chemical, Ltd. : 신현국

서 론

집적회로의 배선금속으로 사용되고 있는 현재의 알루미늄이나 알루미늄 합금을 구리로 대체하지는 제안이 있는 이후로, 구리 배선공정에 수반되는 여러 가지 문제를 해결하기 위해서 많은 노력이 경주되어 왔다. 이러한 문제점들 중에서 구리 층과 실리콘 기판 사이에 확실한 확산방지막이 필요하다는 것은 구리배선공정의 실용화를 막고있는 중요한 걸림돌 중의 하나로 여겨지고 있다.

구리에 대한 확산방지막으로서 가장 먼저 주목받은 것은 TiN이다. TiN은 알루미늄 배선공정에서 확산방지막으로서 성공적인 역할을 해왔으므로 많은 연구자들이 TiN을 구리에 대한 확산방지막으로서 사용할 수 있는지를 확인하기 위한 연구를 계속해 왔다. 하지만, 선행된 연구를^{1,2} 통해 우리는 TaN이 구리에 대하여서는 보다 좋은 확산방지막이 될 것이라 결론지었다. 예를 들면 TiN의 경우, 구리의 확산을 막으려면 그 미세구조가 치밀하고 그에 따라 비저항이 낮고 gold color를 띄어야 하는데, 이러한 치밀한 박막은 실제 공정에서 요구하는 CVD법에 의해서는 얻기 힘들다. TaN의 경우에는 박막의 미세구조가 증착조건에 민감하지 않고, 500Å 두께의 TaN 박막이 700°C 까지 확산방지막으로서의 기능을 하므로 TiN보다는 공정에 있어서의 여유가 더 많다고 여겨진다.

이러한 결과를 바탕으로 CVD법에 의해 TaN 박막을 증착하기 위한 연구를 수행하였고, 이번 발표에서는 TaN CVD 공정의 특성과 증착된 TaN 박막의 미세구조에 대하여 논하고자 한다.

실 험 방 법

TaN을 CVD법으로 증착하기 위한 근원가스로는 유기금속화합물인 pentakis(diethylamino)tantalum; PDEAT을 사용하였다. 증착은 10^{-4} Torr의 base pressure를 가지는 LPCVD reactor에서 행하여졌으며, 1in.×1in.의 (100) Si 웨이퍼를 기판으로 사용하였다. 증착온도는 275°C 에서 400°C 까지 25°C 간격으로 변화시켰고, 증착압력은 1 Torr로 고정시켰다. 근원가스의 온도는 60°C로 고정하였고, 50 SCCM의 Ar을 carrier gas로 사용하였다.

증착된 박막의 두께는 stylus법을 이용하여 측정하였고, 면저항은 four point probe를 사용하여 측정하였다. 박막의 화학적 조성을 알아내기 위하여 x-ray photoelectron spectroscopy(XPS)와 auger electron spectroscopy(AES)를 사용하였다. 박막의 미세구조를 분석하기 위하여 x-ray diffractometry(XRD)와 high resolution transmission electron microscopy(HRTEM)를 사용하였다.

실 험 결 과

그림 1은 PDEAT로 증착한 TaN 박막의 증착속도를 Arrhenius식으로 나타낸 것이다. 증착에 있어 잠복기(incubation time)는 관찰되지 않았으며 증착속도는 시간에 대해 선형적이다. 350°C까지는 증착이 표면반응에 지배받고 있으며, 이때 반응의 활성화에너지는 0.79eV이다. 350°C 보다 높은 온도에서는 확산반응지배 영역이 나타나며 최대 증착속도는 분당 약 100Å 정도이었다. 그림 2는 박막의 비저항을 증착온도에 대하여 표시한 것으로 증착온도가 높아지면서 비저항이 감소하는 경향을 보인다. 가장 낮은 비저항은 400°C에서 증착한 경우의 값으로 약 6000 $\mu\Omega$ -cm이다. 증착된 TaN 박막의 비저항은 공기 중에 노출된 후에도 증가하지 않았다.

AES 결과에 의하여, 박막 내에 Ta와 N 외에 다량의 C가 함유되어 있는 것을 알 수 있었다. 증착온도가 증가할수록 박막 내의 C의 함유량은 증가하며 N의 함유량은 감소한다. XPS 결과에 의하면 박막 내의 C가 대부분 Ta와 결합하여 carbide를 형성하고 있는데, 이러한 결과로부터 증착된 박막의 상(相)은 TaN과 TaC의 혼합상 혹은 Ta(CN)의 새로운 상을 가질 것으로 예상할 수 있다. 그러나, TaN과 TaC는 둘 다 NaCl 구조를 가지고 있고, 격자상수도 TaN의 경우 4.33Å, TaC는 4.45Å으로 유사하여 XRD 패턴 상의 35° 근방에서 나타나는 약하고 넓은 peak이나 TEM을 통한 selected area diffraction(SAD) 패턴을 통하여서도 정확한 상을 분석할 수 없었다. XRD 패턴이나 TEM의 bright field image를 관찰해 보면 TaN 박막이 비정질 형태로 증착된 것처럼 보이나 SAD 패턴에서는 꽤 명확한 패턴이 나타나는 것으로 보아 결정립의 크기가 아주 작은 결정질일 가능성이 있다. 이를 확인하기 위하여 HRTEM 관찰을 행한 결과, 결정립의 크기가 약 30Å 정도인 nanocrystalline인 것으로 확인되었다.

결 론

유기금속화합물인 PDEAT를 사용하여 TaN 박막을 증착할 경우, 1 Torr의 증착압력에서 350°C까지는 표면반응지배 영역이 나타나며 이때 최대 증착속도는 분당 약 100Å이다. 박막의 비저항은 증착온도가 증가할수록 낮아지며 400°C에서 약 6000 $\mu\Omega$ -cm이다. 증착된 박막 내에는 다량의 C가 Ta과 carbide 형태를 이루고 있으나 증착된 상이 TaN과 TaC의 혼합상인지, Ta(CN)의 새로운 상인지는 확인할 수 없었다. 증착된 박막은 모든 온도 영역에서 결정립의 크기가 수 nm인 nanocrystalline으로 확인되었다.

참 고 문 헌

1. K.-C. Park and K.-B. Kim, J. Electrochem. Soc., **142**, 3109 (1995)
2. K.-H. Min, G.-C. Jun, and K.-B. Kim, J. Vac. Sci. Tech., (submitted)

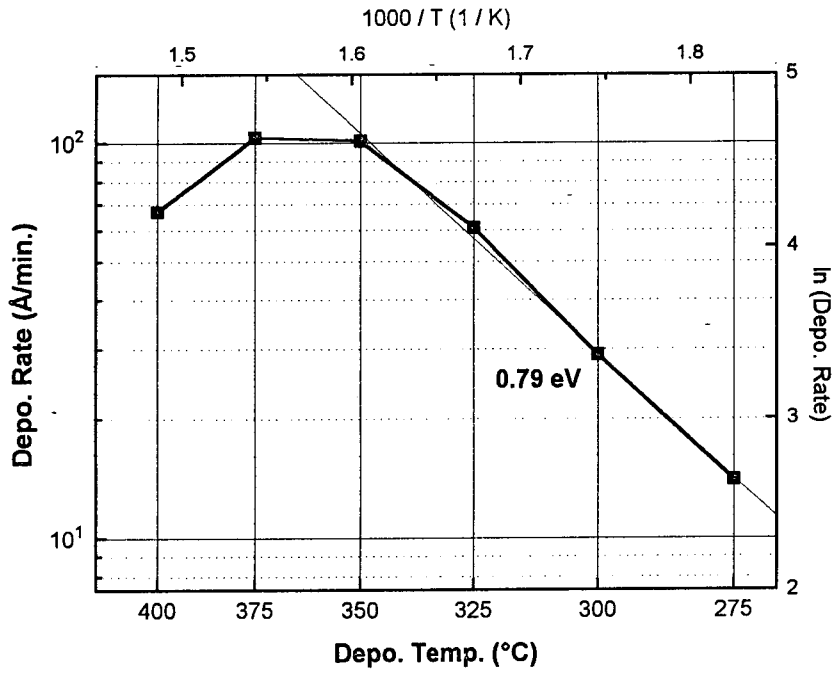


Fig. 1. Deposition rate of CVD TaN as a function of deposition temperature

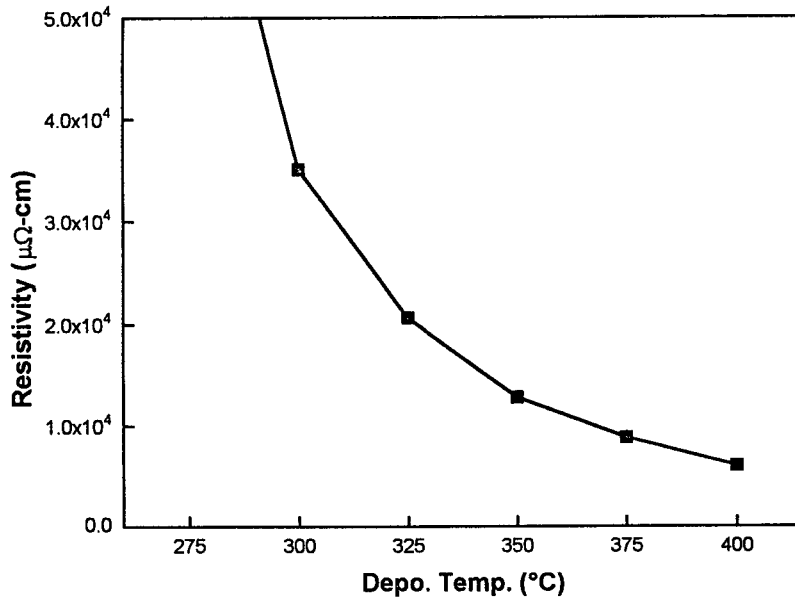


Fig. 2. Resistivity of CVD TaN as a function of deposition Temperature.