

RF PECVD 법에 의해 증착된 TiN 박막의 조성, 구조 및 전기적 특성

전병혁 · 김종석 · 이원종

한국과학기술원 재료공학과

Composition, Structure and Resistivity of TiN Thin Films Deposited by RF PECVD

Byung Hyuk Jeon, Jong Seok Kim, Won Jong Lee

Department of Materials Science and Engineering

Korea Advanced Institute of Science and Technology, Taejon 305-701

초 록 TiCl₄, N₂, H₂, Ar의 기체들을 이용하여 (100) p-형 실리콘 기판 위에 RF 플라즈마 화학증착법으로 TiN 박막을 증착하였다. N₂/TiCl₄ 유량비, 증착온도, RF 출력을 증착변수로 하여 증착된 박막의 구조, 조성 및 비저항을 조사하였다. 증착속도는 N₂/TiCl₄ 유량비와 RF 출력이 증가함에 따라 증가하였고 증착온도가 증가함에 따라서 감소하였다. 적절한 RF 출력에서 N₂/TiCl₄ 유량비가 증가함에 따라, 증착온도가 증가함에 따라 박막내 Cl 함량이 감소하고 화학양론비 및 결정성이 향상되어 박막의 비저항은 감소하였다. N₂/TiCl₄ 유량비 30, RF 출력 50W, 증착온도 620°C에서 증착된 박막의 경우 1.5at%의 Cl 함량, 56 μΩcm의 비저항을 나타내었으며 너비 0.6 μm, 깊이 0.6 μm의 step에서 60% 이상의 bottom coverage를 나타내었다.

Abstract Titanium nitride films were deposited on the (100) oriented p-type silicon substrates by RF plasma enhanced chemical vapor deposition using a gaseous mixture of TiCl₄, N₂, H₂ and Ar. The chemical composition, structure and the resistivity of the films were investigated with the deposition variables such as the flow rate ratio of N₂/TiCl₄, the deposition temperature and the RF power. The deposition rate increases with increasing the flow rate ratio of N₂/TiCl₄ and RF power, while the rate decreases with increasing the deposition temperature. As the flow rate ratio of N₂/TiCl₄ and deposition temperature increases within proper RF power, the Cl concentration in the films decreases and the stoichiometry and crystallinity are improved, so decreases the resistivity of the films. The films deposited under the condition of the N₂/TiCl₄ ratio of 30, the RF power of 50W and the deposition temperature of 620°C had the Cl content of 1.5at% and the resistivity of 56 μΩcm. Also, the bottom coverage of the films was above 60% on the step with the width and depth of 0.6 μm × 0.6 μm.

1. 서 론

최근 반도체 소자의 개발 현황은 많은 기능을 가지면서도 크기가 작은 제품을 제작하기 위해서 높은 소자 집적도를 갖는 초고집적회로(ULSI)의 개발이 가속화되고 있다. 소자의 크기가 극도로 축소됨에 따라 고온 공정으로 야기되는 문제들이 더욱 심각하게 되었다. 금속화(metallization) 공정에서도 고온에서 Al, W, Cu 등의 금속전극과 Si간의 확산에 의하여 접합실패(junction failure)를 야기시키는 등 문제점이 발생한다. 따라서 금속전극과 Si사

이에 확산방지막의 사용이 필수적이다. Pd₂Si, CoSi₂와 같은 불활성금속 실리사이드 또는 TiSi₂, MoSi₂와 같은 내화금속 실리사이드가 확산방지막으로서 연구되어져 왔지만 Al등과의 반응성과 열적 안정성의 문제때문에 부적합하다. 그래서 질화물이나 탄화물과 같은 내화금속 화합물이 확산방지막으로서 대두되었는데 그 중 TiN이 가장 널리 쓰이고 있는 재료이다. TiN은 모두 8개의 원자가 단위격자를 형성하는 NaCl(B1 type)형의 면심입방격자(FCC)를 이루며 Ti의 3d 전자궤도와 N의 2p 전자궤도간의 혼성결합으로 이루어져 높은 경

도와 융점을 갖는다.

Al 박막 금속화 공정의 경우 TiN 박막은 Al과 Si 사이의 확산방지막과 ARC(anti reflection coating)로 사용되고 있다. W 박막 금속화 공정의 경우 모재인 Si와 W사이에 접착층으로 TiN이 사용되고 있다. 또한 Cu 박막 금속화 공정의 경우에는 Si뿐만 아니라 SiO₂ 내에서 Cu 원자의 확산 속도가 매우 크기때문에 Cu 배선 전체가 TiN과 같은 확산방지막에 의해 보호되어야 한다. 그리고 TiN 박막의 주요 장점으로는 우수한 접착성, 열적 안정성, 그리고 etch back공정의 용이함을 들 수 있다.

TiN의 증착방법으로는 증발법, 반응성 스퍼터링법등의 물리증착법(PVD)과 저압 화학기상증착법(LPCVD), 플라즈마 화학기상증착법(PECVD)등의 화학기상증착법(CVD)이 있다. 현재까지는 대부분 스퍼터링법으로 TiN 확산방지막을 증착시키고 있으나 bottom coverage가 불량하여 사용한계에 와있는 실정이다. 따라서 최근들어 CVD법에 의한 TiN 박막의 증착이 활발히 연구되고 있다. TiCl₄와 NH₃를 사용한 thermal CVD 방법으로 증착된 TiN 박막의 경우 650°C 이상의 높은 증착온도가 요구되며 스트레스와 Cl 함량이 높다고 보고되고 있다.^{1, 2)} 유기금속 화합물을 TiN 반응기체로 사용하는 경우 400°C 이하에서도 증착이 가능하고 박막의 스트레스가 작지만 화학양론비가 맞지 않으며 탄소, 산소와 같은 많은 불순물로 인하여 비저항값이 높다고 보고되고 있다.^{3, 4)} 플라즈마를 사용할 경우 반응기체가 보다 활성화되어 효과적으로 화학 반응이 일어나므로 원료개스로서 TiCl₄ 및 N₂를 사용할 경우에도 비교적 낮은 온도에서 TiN 박막의 증착이 가능하다. 본 연구에서는 RF(radio frequency) 플라즈마를 이용한 PECVD법으로 TiCl₄와 N₂를 사용하여 여러 증착 조건에서 TiN 박막을 제조하여 박막의 조성 및 구조와 전기적 특성과의 관계를 조사하였다.

2. 실험

TiN 박막의 증착을 위해 사용된 평면 capacitive형 RF 플라즈마 화학증착장치의 개략적인 구조를 Fig. 1에 나타내었다. 본 연구에서는 p-형 (100) 실리콘 기판을 9% HF 용

액에서 약 10초간 식각하여 자연 산화막을 제거한 후 반응로에 장입하였다. 사용된 기체들은 TiCl₄, N₂, H₂ 및 Ar이었다. TiCl₄는 액체이므로 Ar으로 bubbling하여 기체상태로 반응로에 주입하였으며, 이때 bubbler의 압력은 fine metering valve를 이용하여 50torr로 맞추었고 bubbler의 온도는 얼음으로 0°C를 유지하여(0°C에서 TiCl₄의 증기압≒2torr) TiCl₄ 유량을 1.5sccm으로 고정시켰다. TiCl₄ 환원 분위기 기체인 H₂ 및 Ar 유량은 각각 70sccm, 100sccm으로 고정시켰으며 N₂ 유량은 15, 30, 45sccm으로 변화시켰다. 기체들을 기체혼합통에서 충분히 혼합시킨 후 공급하였으며 증착반응중의 압력은 펌프앞단에 질소를 적절히 흘려줌으로써 2torr로 일정하게 유지하였다. 본 실험에서는 반응기체비, 증착온도, RF 출력등의 증착변수를 변화시켜 TiN 박막의 증착실험을 행하였다. Table 1에 증착조건들을 나타내었다.

증착된 박막의 두께는 α -step(Tencor Ins. 200)을 사용하였으며 이때 step을 만들기 위한 에칭용액은 28% NH₄OH : 35% H₂O₂ : H₂O

Table 1. Deposition conditions of TiN films.

N ₂ /TiCl ₄ (TiCl ₄ : 1.5sccm, H ₂ : 70sccm, Ar : 100sccm)	10, 20, 30
Deposition temperature(°C)	400, 470, 540, 620
RF power (W)	25, 37.5, 50, 62.5
Deposition pressure (torr)	2

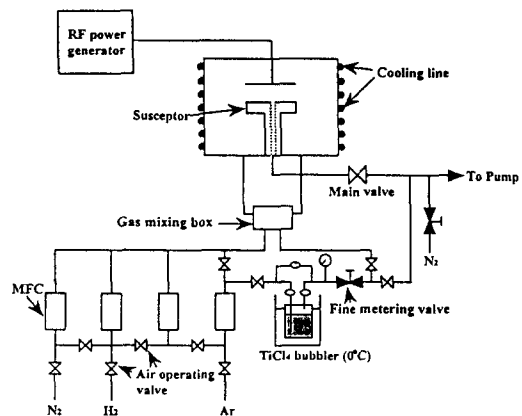


Fig. 1. Schematic diagram of TiN RF-PECVD system.

=1:2:6이었다.

박막의 조성은 AES(Auger electron spectroscopy, Perkin-Elmer SAM 4300)와 RBS (Rutherford backscattering spectroscopy, NEC 5SDH-II)를 사용하여 조사하였다. AES 분석 시 전자의 가속전압과 전류는 각각 5kV, 300nA이었고 시편의 경사각도는 30°이었다. 그리고 Ar 이온빔 스퍼터링은 전압과 전류밀도를 각각 3kV, 300 μA/cm²로 하여 수행하였다. RBS 분석은 2.43MeV의 ⁴He²⁺ 이온빔을 사용하여 수행하였으며 이때의 산란각도(이온빔과 검출기사이의 각도)는 170°이었고 시편의 경사각도는 20°이었다.

TiN 박막의 AES 스펙트럼은 418eV의 Ti L₃M₂₃M₄₅ 천이에 의한 peak와 383eV 근처에 Ti+N peak로 구성되는데 Ti+N peak는 N의 KL₂₃L₂₃ 천이에 의한 peak(379eV)와 Ti의 L₃M₂₃M₂₃ 천이에 의한 peak(383eV)의 합성에 의하여 나타난 것이다. 이의 TiCl₄ 사용으로 인한 Cl peak는 181eV에 나타난다. 이러한 AES spectrum으로부터 TiN의 증착층의 조성을 정량분석하기 위해서는 Ti+N peak에서 Ti의 영향을 제거한 N peak의 크기를 알아야만 한다. 이에 대해서는 여러 보고가 있으나 본 연구에서는 Hofmann⁵⁾이 제안한 다음 식을 이용하였다.

$$\frac{C_N}{C_{Ti}} = \frac{S_{Ti}}{S_N} \cdot \left[\frac{I(383)}{I(418)} - \left(\frac{I(383)}{I(418)} \right)_{Ti} \right]$$

여기서, $\frac{C_N}{C_{Ti}}$: 박막내의 N과 Ti의 원자조성비

S: AES 상대적 민감계수(relative sensitivity factor)

I(383), I(418): 383eV 및 418eV에서의 AES peak 강도

$\left(\frac{I(383)}{I(418)} \right)_{Ti}$: 순수한 Ti 표준시편의 383eV 및 418eV peak의 강도비

Ti와 TiN의 표준시편을 사용하여 분석하고자 하는 시편과 같은 분석조건에서 AES 스펙트럼을 얻었다. 이로부터 구한 S_{Ti}/S_N의 값

은 0.68이었다. AES 스펙트럼에서 Cl 함량을 정량분석하기 위하여 S_{Ti}/S_{Cl}을 RBS data와 비교하여 구하였다. 50W, 470°C에서 증착된 박막을 RBS 분석하여 C_{Cl}/C_{Ti}를 구한 결과 0.242이었고 그 시편을 AES 분석하여 S_{Ti}/S_{Cl}을 계산하였는데 그 값은 1.35이었다. 즉, AES를 이용한 N/Ti 비는 Ti와 TiN의 표준시편으로 S_{Ti}/S_N을 구하여 알아내었고 TiN 박막내에 존재하는 Cl함량은 같은 시편에 대하여 RBS와 AES 분석으로 S_{Ti}/S_{Cl}을 구하여 정량화하였다.

증착된 박막의 구조분석을 위해서 TFBRD (thin film X-ray diffraction, Rikagu Inc.)법을 사용하였다. Cu Kα 선을 이용하였고 입사각도는 2°로 고정시켰으며 가속전압과 전류는 각각 30kV, 60mA이었다. XRD peak 위치로부터 TiN 박막의 격자상수를 구하였고 (200) peak의 FWHM(full width at half maximum)을 이용하여 결정립크기를 구하였다.⁶⁾

박막의 비저항 측정은 four point probe 방법을 사용하였다. 즉, 면저항(Ω/□)을 측정하고 여기에 측정된 박막의 두께를 곱함으로써 비저항을 구하였다.

증착된 박막의 bottom coverage를 알아보기 위하여 너비 0.6 μm, 길이 0.6 μm로 패터닝된 step 위에 TiN 박막을 증착시킨 다음 그 단면을 SEM(scanning electron microscopy, JEOL JSM 5200)으로 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. N₂ 유량 변화에 따른 박막특성

화학증착반응에서 박막의 물성은 공급되는 원료의 양에 의하여 영향을 받게 되는데 본 연구에서는 증착온도 620°C, RF 출력 50W, 기체 유량 TiCl₄/H₂/Ar=1.5/70/100sccm에서 N₂ 유량을 15, 30, 45sccm으로 변화시키며 TiN 박막의 증착 실험을 행하였다.

N₂유량이 15sccm에서 45sccm으로 증가하는데 따른 증착속도 및 조성의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 증착속도의 경우 N₂ 유량이 증가함에 따라 38 Å/min에서 67 Å/min으로 증가하는 경향을 보인다. 그리고 AES 분석 결과는 N₂유량이 15sccm에서 45sccm으로 증가함에 따라 N/Ti 비가 0.80에서 1.07로 증가하여 화학양론비가 향상됨을 보여주고 있다.

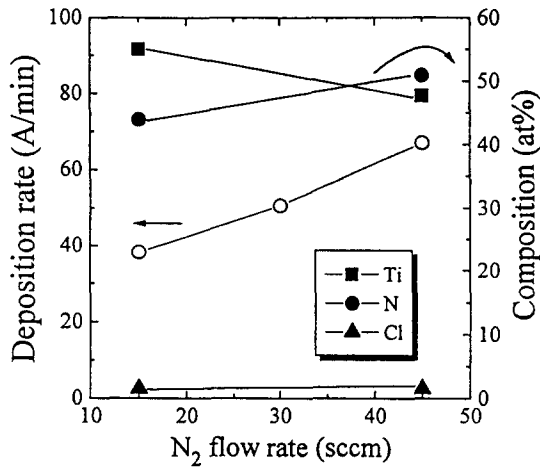


Fig. 2. Deposition rate and chemical composition of TiN films as a function of N₂ flow rate. (620°C, 50W)

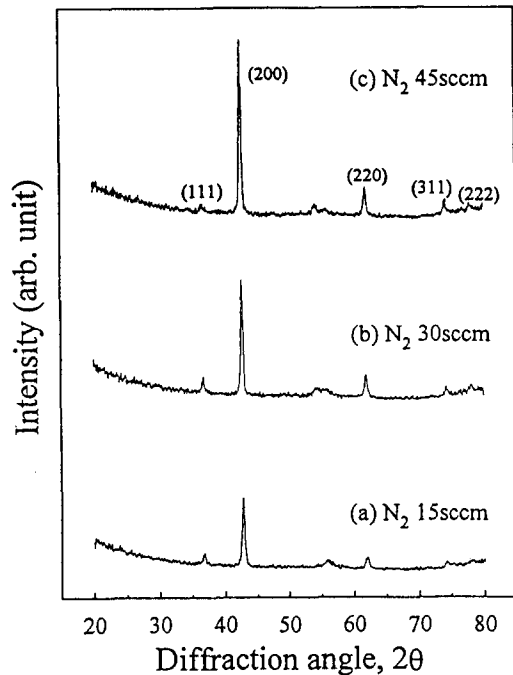


Fig. 3. XRD patterns of TiN films as a function of N₂ flow rate. (620°C, 50W)

반면 N₂ 유량 변화에 관계없이 불순물 Cl 함량은 2at% 이내로 거의 비슷하였다.

N₂ 유량의 변화에 따른 X-ray 분석 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 증착된 박막은 NaCl 구조이고 유입되는 N₂ 유량이 15sccm에서 45sccm으로 증가함에 따라 결정성이 향상되

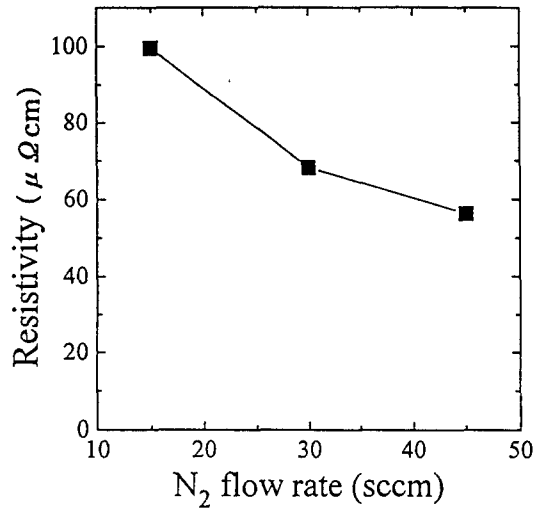


Fig. 4. Effect of N₂ flow rate on the resistivity of TiN films. (620°C, 50W)

는데 이는 앞에서 언급했듯이 박막의 화학양론비가 향상되었기 때문인 것으로 생각된다. 또한 bulk TiN의 XRD peak와 비교할때 (200)면에 의한 회절강도가 상대적으로 크게 나타나는 것으로 보아 [200] 방향으로 성장하였음을 알 수 있다.

N₂ 유량 증가에 따른 비저항값의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. N₂ 유량이 15sccm에서 45sccm으로 증가함에 따라 비저항은 100 μΩcm에서 56 μΩcm로 감소하였다. 일반적으로 비저항은 박막의 결정성, 우선 방향, 불순물 함량, 조성, 미세조직 및 박막의 두께에 의하여 영향을 받는데^{7,8)} 화학양론비에 근접하고 결정성이 가장 좋은 45sccm N₂ 유량조건에서 증착한 박막이 가장 작은 비저항 값을 나타내었다. 이후 본 연구에서 증착온도, RF 출력 변화에 따른 박막특성의 조사에서는 N₂ 유량을 45sccm으로 고정시켜놓고 실험을 행하였다.

3-2. 증착온도에 따른 박막특성

기체 유량비(N₂/TiCl₄) 30 그리고 RF 출력 50W의 조건하에서 증착온도를 400°C부터 620°C까지 변화시켜가며 TiN 박막을 제조하였다.

증착온도에 따른 TiN 박막의 증착속도 및

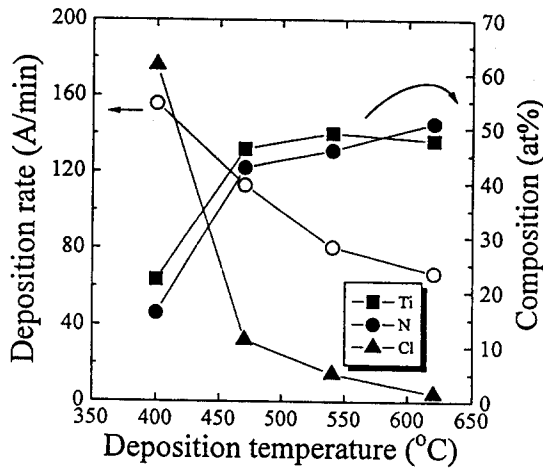


Fig. 5. Deposition rate and chemical composition of TiN films as a function of deposition temperature. ($N_2/TiCl_4=30, 50W$)

조성의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 증착온도가 400°C에서 620°C로 증가함에 따라 증착속도는 156 Å/min에서 67 Å/min으로 계속 감소함을 알 수 있다. 이는 증착온도가 높아짐에 따른 박막의 치밀화 현상으로 해석된다. 박막 조성의 경우 증착온도가 400°C에서 620°C로 증가함에 따라 Ti 함량은 22at%에서 47at%로 증가하였고, N함량은 16at%에서 51at%로 증가하였다. 그리고 Cl 함량은 62at%에서 1.5at%로 크게 감소하였다. 이러한 현상은 표면온도가 증가함에 따라 표면에서 HCl과 같은 Cl을 포함하는 반응 생성물들의 탈착과 $TiCl_4, N_2$ 또는 그들의 라디칼사이 반응이 활발해지기 때문인 것으로 생각할 수 있다.

RF PECVD법에 의해 증착된 TiN 박막의 증착온도에 따른 X선 회절 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 400°C 및 470°C에서 증착된 박막은 거의 비정질에 가까웠고 붉은색을 띠었다. 반면에 540°C, 620°C의 증착에서는 노란색을 띠는 NaCl구조의 TiN 박막을 얻을 수 있었다. 그리고 400°C의 X선 peak를 확대하여 분석한 결과 TiNCl 형태의 결합이 존재함을 알 수 있었다. 따라서 증착층내에 Cl이 과량함유되면 Cl화합물로 존재하게 되어 TiN의 생성 및 결정화를 방해하는 것으로 생각된다. 고온 증착으로 갈수록 Cl 함량은 크게 감소하게 되며 TiN 회절 peak가 분명하게 나타나게 된

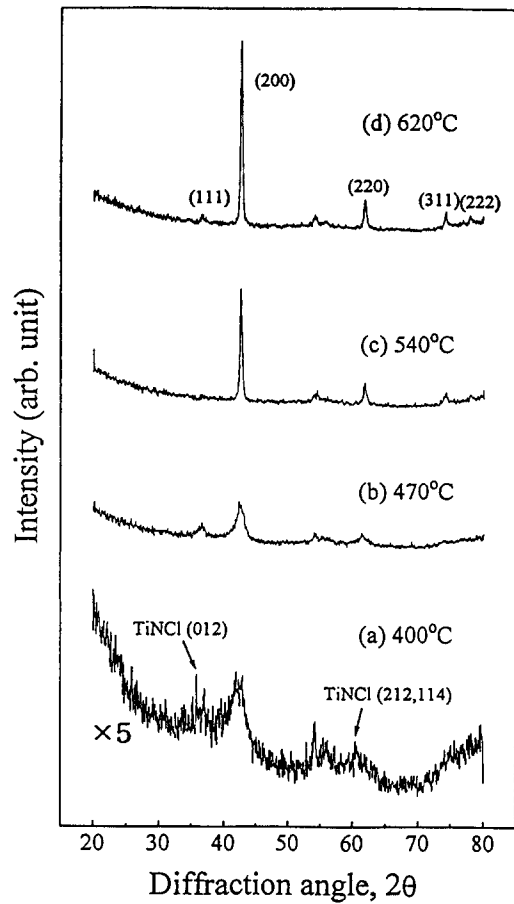


Fig. 6. XRD patterns of TiN films as a function of deposition temperature. ($N_2/TiCl_4=30, 50W$)

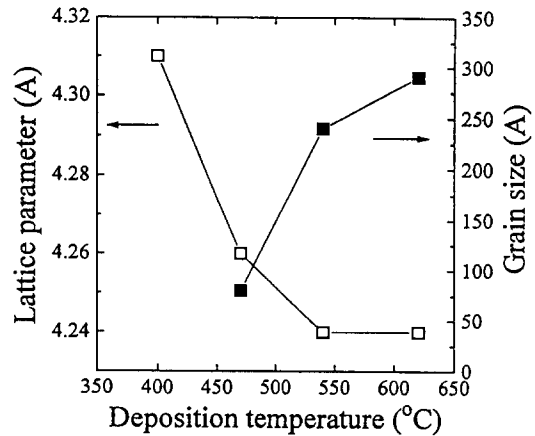


Fig. 7. Variations of lattice parameter and grain size of TiN films with deposition temperature. ($N_2/TiCl_4=30, 50W$)

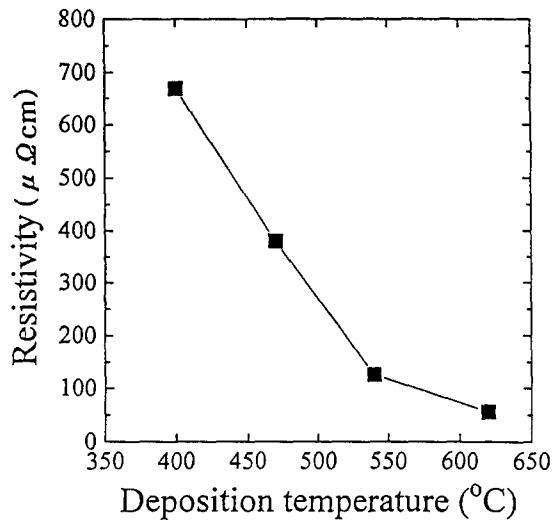


Fig. 8. Effect of deposition temperature on the resistivity of TiN films. ($N_2/TiCl_4=30$, 50W)

다. 증착온도 변화에 따른 TiN 박막의 격자상수와 결정립크기의 변화를 XRD data로부터 계산하였는데 그 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 박막의 격자상수는 낮은 증착온도에서 과도한 Cl의 함유로 인하여 큰 값을 가졌으며 증착온도가 증가함에 따라 bulk TiN의 격자상수인 4.24 Å과 일치하게 되었다. 여기서 400°C 증착박막은 Cl이 과량 함유되어 있고 비정질에 가까우므로 계산된 격자상수값의 오차가 클 것으로 생각된다. 증착온도 변화에 따른 결정립크기의 변화를 (200) peak의 FWHM을 구하여 계산하였다. 400°C에서 증착된 박막은 거의 비정질상이므로 고려하지 않았다. 증착온도가 470°C에서 620°C로 증가할 수록 결정립크기는 증가하였다.

증착온도에 따른 비저항값의 변화를 Fig. 8에 나타내었는데 증착온도가 400°C에서 620°C로 증가함에 따라 비저항은 670 μΩcm에서 56 μΩcm으로 크게 감소하였다. 이것은 앞의 AES 및 XRD 분석결과에서 본 바와 같이 증착온도가 증가함에 따라 증착층내의 불순물 Cl 함량이 감소되고 화학양론비 및 결정성이 향상되기 때문으로 생각된다.

3-3. RF power 변화에 따른 박막특성

기체 유량비($N_2/TiCl_4$) 30 그리고 증착온도 620°C의 조건하에서 RF 출력을 25W에서 62.5W로 변화시키면서 TiN 박막을 제조하였

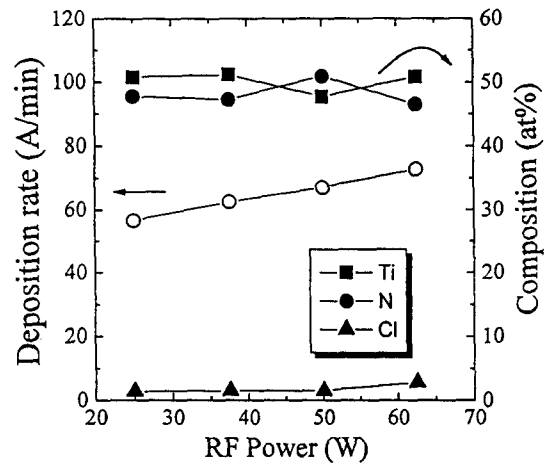


Fig. 9. Deposition rate and chemical composition of TiN films as a function of RF power. ($N_2/TiCl_4=30$, 620°C)

다.

RF 출력에 따른 증착속도 및 조성변화를 Fig. 9에 나타내었다. 출력이 25W에서 62.5W로 증가함에 따라 증착속도가 57 Å/min에서 73 Å/min으로 증가하는 경향을 보이는데 이는 출력이 증가함에 따라 반응기체들의 이온화 및 분해가 증진되어 기판표면에서의 화학반응이 활발히 일어나기 때문인 것으로 판단된다. 박막의 조성은 RF 출력의 변화에 거의 무관하였다. RF 출력의 변화에 따른 XRD 결과를 Fig. 10에 나타내었는데, 그림에서 보듯이 출력의 변화에 관계없이 NaCl 구조를 나타내고 있다. RF 출력이 증가함에 따라 결정성이 약간씩 증가하다가 50W에서 결정성이 가장 좋은 박막을 얻었으며 62.5W에서는 오히려 약간 감소하였다.

RF 출력에 따른 TiN 박막의 비저항 변화를 Fig. 11에 나타내었다. 출력이 증가함에 따라 비저항은 감소하여 50W에서 56 μΩcm의 가장 낮은 값을 보이다가 62.5W에서는 비저항값이 다시 증가하였다. 62.5W에서 증착된 TiN 박막은 이온 충돌에 의하여 microvoid와 같은 결함이 많이 형성되어 있음을 TEM 관찰 결과 발견하였다.⁹⁾ 62.5W에서의 높은 비저항은 이와같은 결함때문인 것으로 판단된다.

PVD방법에 비하여 CVD 방법이 갖는 가장 큰 장점은 contact hole이 미소화함에 따라 생기는 bottom coverage 문제를 해결할 수 있다

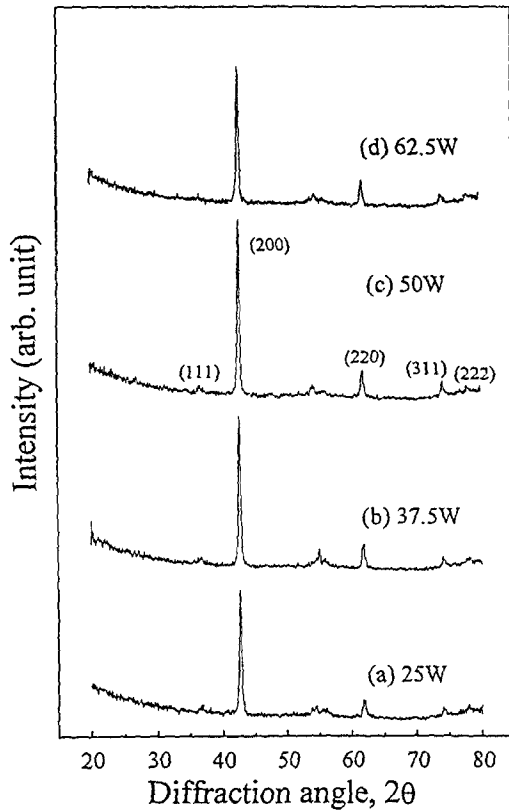


Fig. 10. XRD patterns of TiN films as a function of RF power. ($N_2/TiCl_4=30$, $620^\circ C$)

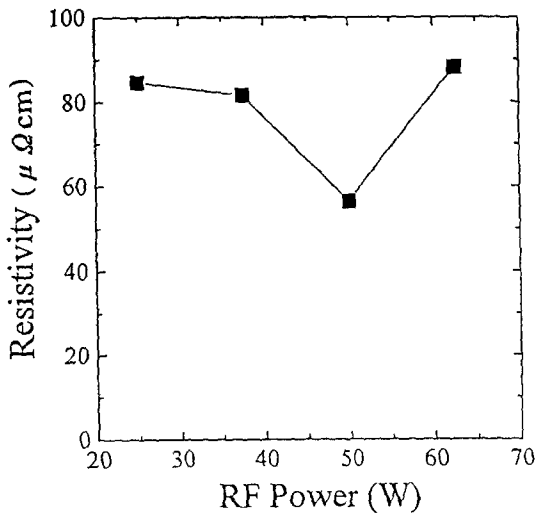


Fig. 11. Effect of RF power on the resistivity of TiN films. ($N_2/TiCl_4=30$, $620^\circ C$)

는 것이다. 본 실험의 경우 최적 조건인 $N_2/TiCl_4$ 유량비 30, 출력 50W, 온도 $620^\circ C$ 조건

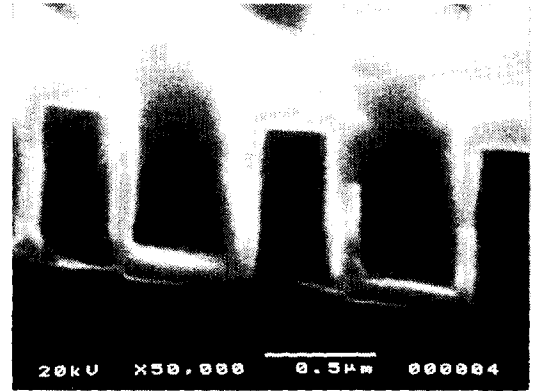


Fig. 12. SEM cross-sectional view of TiN film deposited on the patterned substrate (width $0.6\mu m$, depth $0.6\mu m$), showing bottom coverage of about 60%.

하에서 너비 $0.6\mu m$, 깊이 $0.6\mu m$ 의 step에 TiN 박막을 증착하여 그 단면을 SEM으로 관찰하였으며 결과를 Fig. 12에 나타내었다. 그림으로부터 bottom coverage를 계산해 본 결과 약 60% 이상을 나타내었다.

4. 결 론

RF PECVD 법으로 $N_2/TiCl_4$ 유량비, 증착 온도, RF 출력등의 증착변수에 따라 TiN 박막을 증착하였다. $N_2/TiCl_4$ 유량비와 RF 출력이 증가함에 따라 증착속도는 증가하였고 증착온도가 증가함에 따라 증착속도는 감소하였다. $N_2/TiCl_4$ 유량비 및 온도가 증가함에 따라 비저항은 감소하고 화학양론비에 근접한 양질의 박막을 얻을 수 있었으며 50W의 RF 출력에서 가장 좋은 물성을 나타내었다. $N_2/TiCl_4$ 유량비 30, RF출력 50W, 증착온도 $620^\circ C$ 에서 증착된 TiN 박막의 경우 잔류하는 Cl 함량은 1.5at%, 비저항은 $56\mu\Omega cm$ 으로 낮은 값을 나타내었다. 또한 길이 $0.6\mu m$, 너비 $0.6\mu m$ 의 step에서 bottom coverage는 60% 이상을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 한국전자통신연구소 차세대 반도체 사업단의 선행기초기술연구사업 연구지원에 의하여 수행되었음을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. R.V. Joshi, D. Moy, S. brodski, A. Charai, L. Krusin-Elbaum, P.J. Restle, T.N. Ngyuen and C.S. Oh, Appl. Phys. Lett., 54 (17), 1672 (1989)
2. N. Yokoyama, K. Hinode and Y. Homma, J. of Electrochem. Soc., 136(3), 882 (1989)
3. K. Ishihara, K. Yamazaki, H. Hamada, K. Kmaisako, Japanese J. of Appl. Phys. pt1, 29(10), 2103 (1990)
4. G.S. Sandhu, T.T. Doan, MRS conference, 323 (1991)
5. S. Hofmann, J. Vac. Sci. Tech., A4(6), 2789 (1986)
6. B.D. Cullity, *Element of X-Ray Diffraction*, 2nd ed., Addison-Wesley Publishing Company Inc., (1978)
7. R.I. Hegde, R.W. Fiordalice and P.J. Tobin, Appl. Phys. Lett., 2326 (1993)
8. M.J. Buiting, A.F. Otterloo and A.H. Montree, J. Electrochem. Soc., 138(2), 500 (1991)
9. C.B. In, S.P. Kim, Y.I. Kim, W.W. Kim, I. G. Kuk, S.S. Chun and W.J. Lee, J. Nuclear materials, 211, 223 (1994)