

論文96-33A-10-12

DMEAA를 이용한 알루미늄 PACVD법의 개발

(Development of Al Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition using DMEAA)

金東贊*, 金炳潤*, 李炳一*, 金東煥**, 朱承基*

(Dong-Chan Kim, Byung-Yoon Kim, Byung-il Lee, Dong-Hwan Kim, and Seung-Ki Joo)

요 약

초고집적 소자의 금속선 형성을 위해 DMEAA를 증착원으로 이용하여 PACVD법으로 TiN과 실리콘 산화물 기판에 대한 증착을 시행하여 표면 거칠기와 증착 특성에 대한 플라즈마의 영향을 연구하였다. DMEAA의 화학증착에 플라즈마를 이용할 경우 열분해 화학증착법으로는 증착이 어려운 실리콘산화물 기판에 대해서 전 처리 공정 없이 플라즈마에 의해 연속적인 막을 형성시킬 수 있으며, 표면 거칠기도 개선되어 TiN 기판에 증착한 PACVD 알루미늄 박막은 90%의 반사도를 보이는 우수한 표면 평평도를 나타냈다. 서브마이크론 접촉창(contact hole)을 갖는 기판에 대해 PACVD법으로 전면 증착하여 우수한 계단도포성(step coverage)을 갖는 것을 확인하였다.

Abstract

A thin film of Aluminum for Ultra Large Scale Integrated circuits metalization has been deposited on TiN and SiO₂ substrates by Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition using DMEAA (Dimethylethylamine alane) as a precursor. The effects of plasma on surface topology and growth characteristics were investigated. Thermal CVD Al could not be got continuous films on insulating substrate such as SiO₂. However, it was found that Al films could be deposited on SiO₂ substrate without any pretreatments by the hydrogen plasma for pyrolysis of DMEAA. Compared to the thermal CVD, PACVD films showed much better reflectance and resistance on TiN and SiO₂ substrates. We obtained mirror-like PACVD Al film of 90% reflectance on TiN substrate. Excellent conformal step coverage was obtained on submicron contact holes by the PACVD blanket deposition.

I. 서 론

집적회로의 집적도가 증가함에 따라 소자 크기가 감

소하고 회로의 층상구조가 복잡해져서 기존의 금속선 형성법으로는 해결하기 어려운 큰 중횡비의 접촉창(contact hole) 충전 등의 문제가 대두되고 있으며 새로운 금속성 형성 기술이 필요하게 되었다. 즉, 지금까지 널리 이용되어온 스퍼터링과 같은 직시형 증착법은 초고집적 소자의 중횡비 1 이상의 서브마이크론 접촉창(contact hole) 및 비어(via hole)의 충전에 적용하는데 한계를 가지게 되며,^[1,2] 최근 들어 이를 해결하기 위해 화학증착법을 이용한 집적소자의 배선형성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

화학증착법은 열역학적으로 평형반응에 가깝고 표면 화학반응에 의해 증착이 진행되므로 기판의 모든 면에

* 正會員, 서울대학교 材料工學部

(Seoul Nat'l Univ. Division of Materials Science and Engineering)

** 正會員, 高麗대학교 材料工學部

(Korea Univ. Division of Materials Science and Engineering)

接受日字: 1996年5月13日, 수정완료일: 1996年9月12日

균일한 두께의 박막이 형성되는 우수한 등각 계단도포성(step coverage)을 갖는 장점이 있다.^[3,4] 또한 알루미늄 화학증착의 경우 기판에 따라 증착원의 분해가 영향을 받으므로 원하는 부분에 대한 선택증착이 가능하며 이를 이용하여 접촉창(contact hole)과 비어창(via hole)의 선택적 증착을 통해서 평탄화된 배선을 이루려는 연구가 진행 중이며 텅스텐 화학증착의 경우는 실제 공정에서도 이용되고 있다.^[5-6]

화학증착이 갖는 이러한 장점에도 불구하고 섬형 증착 특성에 따른 거친 표면 상태, 합금막 증착의 어려움, 기판 의존성으로 인한 실리콘산화물과 같은 절연막 기판에 대한 증착의 어려움 등으로 인해 실제 공정에 쓰이기 위해서는 많은 문제점이 해결되어야 한다.^[7-11] 현재까지는 화학증착이 갖는 등각 계단도포성(step coverage)과 선택적 증착 특성을 이용하여 접촉창(contact hole)과 비어창(via hole)의 증착 방법으로써 연구가 집중되고 있으나 창(hole)과 배선을 형성하는 방법과 물질 종류가 상이함으로 인해 계면에서의 신뢰성이 문제가 되고 있다.^[12] 한편으로 화학증착이 갖는 단점인 거친 표면과 절연체 기판에 대한 증착을 위해 핵생성 촉진제 등으로 전 처리하는 연구가 함께 병행되고 있으나 잔류부산물이나 추가공정의 도입 등의 문제를 안고 있다.^[13,14]

본 연구에서는 일정한 증기압, 높은 증착율, Al-C의 직접 결합이 없는 특징을 갖는 알루미늄 전구체인 DMEAA (Dimethylethylamine alane)^[15-17]를 플라즈마의 도움으로 화학증착 함으로써 화학증착의 특징인 계단도포성(step coverage)을 유지하면서 기판 의존성이 없는 매끄러운 알루미늄 박막 형성하였고^[18,19], 이를 통하여 창의 충전과 배선 형성을 동시에 이룰 수 있는 금속선 형성 방법을 개발하였고 적용 가능성을 살펴보았다.

II. 실험방법

본 실험에서는 금속 유기물의 화학증착을 위해 교환실(load-lock)이 부착된 냉벽 방식의 저압화학 증착기를 사용하였다. 장치에 대한 개략도는 그림 1에 나타나 있다. 화학증착 중에 플라즈마를 여기 시키기 위해 RF(13.56MHz) 플라즈마 생성장치를 부착하였다. 증착원으로는 금속기판에 대한 선택성이 뛰어난 장점이 있는 DMEAA(Dimethylethylamine alane)와 반응

가스로 수소를 사용하였다. 이 증착원은 상온에서도 약 1.5Torr의 증기압을 유지하고 있어 기화를 위해 특별한 가열을 하지 않았고 상온 상태에서 용기 내에 보관하였다. 기화된 증착원이 운송 도중이나 증착 중에 배관과 증착조 내에 다시 응집되는 것을 방지하기 위해 배관, 유량조절기, 증착조 벽을 약 80°C로 가열하였다. 장비의 초기진공을 유지하기 위해서 유 확산 펌프를, 증착시 반응조 진공을 유지하기 위해서는 유희전 펌프를 설치하였다. 반응조의 압력은 격막 게이지를 통해 측정하였고, 초기 진공은 이온 게이지 및 열전쌍 게이지로 측정하였다. 실험에 사용한 기판은 실리콘 산화물, 스퍼터링 TiN, 스퍼터링 알루미늄을 사용하였고 계단도포성(step coverage) 실험을 위해서 중형비 2를 갖는 직경 0.5 μ m의 창이 사진 식각된 웨이퍼를 사용하였다.

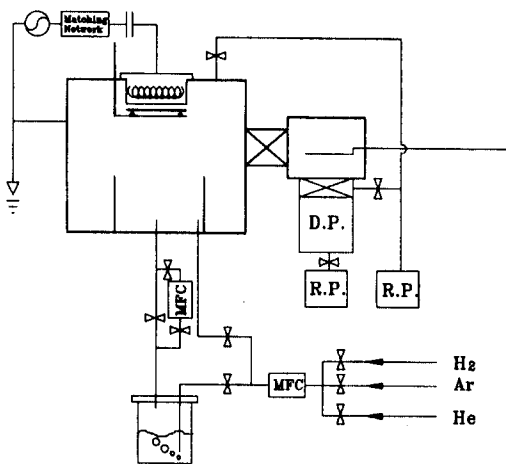


그림 1. 알루미늄 PACVD 장치의 개략도

Fig. 1. A schematic diagram of Al-PACVD system.

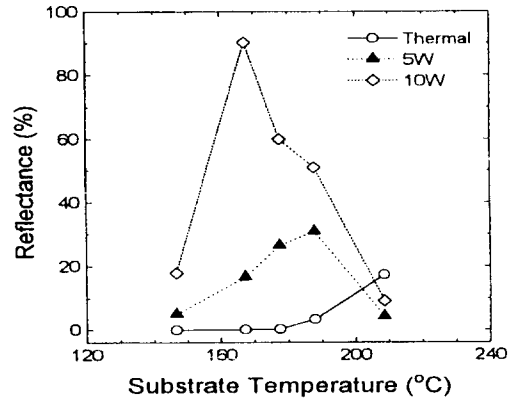
본 실험에서는 화학증착 중에 증착원을 플라즈마로 여기 시킬 수 있도록 장치를 구성하였는데, 시편지지대를 음극(cathode)으로 나머지 증착조 벽을 양극(anode)으로 했다. 소스 가스인 DMEAA가 반응조 내로 유입되기 전에 수소를 먼저 반응조 내로 유입시켜 먼저 플라즈마를 점화한 후에 곧바로 증착원인 DMEAA와 반응가스인 H₂를 함께 반응조 내로 유입시켰고 증착압력은 700mTorr, 플라즈마 세기는 5, 10W로 실험하였다.

증착된 알루미늄 박막의 두께는 α -step 및 SEM 단면 관찰로 측정하였으며, 비저항은 4탐침법으로 측정된 면저항과 두께로부터 계산하였다 또한 박막의 표면

상태 및 단면은 SEM 관찰과 광학현미경 관찰로 분석하였다. 박막의 거칠기는 UV-reflectance 측정을 통해 정량화 하였다. 박막의 결정성을 XRD를 이용하여 관찰하였고 박막내의 화학적 조성은 SIMS를 이용하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

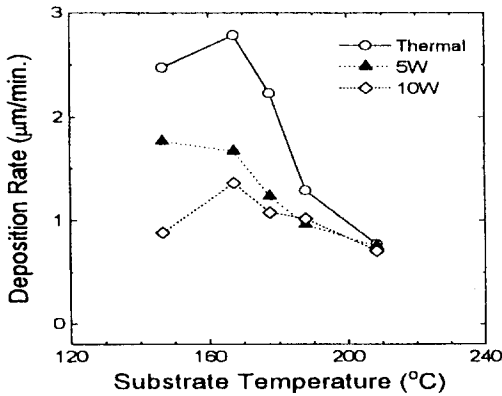
그림 2는 TiN 기판 위에 증착된 PACVD 알루미늄 박막의 증착율, 비저항과 반사율을 열분해 화학증착법에 의해 형성한 알루미늄 박막과 비교하여 나타낸 것이다. 열분해 화학증착의 경우 증착율이 전반적으로 매우 높은 상태를 보였으며 170°C에서 2.6 $\mu\text{m}/\text{min}$ 의 매우 높은 증착율을 보였고 온도가 증가함에 따라 점차 증착율이 감소하여 210°C에서는 1 $\mu\text{m}/\text{min}$ 이하의 증착율을 나타내었다. 비저항은 기판온도가 높아짐에 따라 덩어리 알루미늄의 비저항값(2.65 $\mu\Omega\text{-cm}$)에 가까운 2.8 $\mu\Omega\text{-cm}$ 의 비저항을 갖는 박막이 증착되었다. 반면



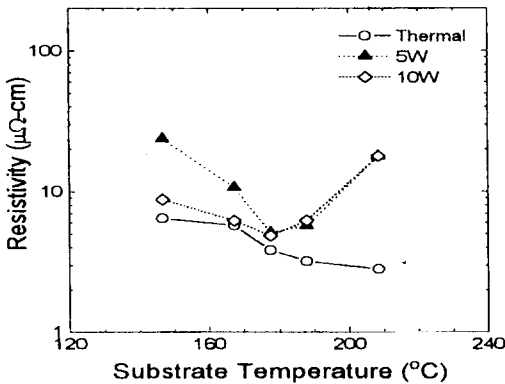
(c)

그림 2. TiN 기판에 증착한 열분해 화학증착과 PACVD 알루미늄의 (a)증착율 (b) 비저항 (c) 반사도 비교

Fig. 2. Comparison of (a)the growth rate and (b)resistivity (c)reflectance between thermal and PACVD Al thin films grown on TiN substrate.



(a)



(b)

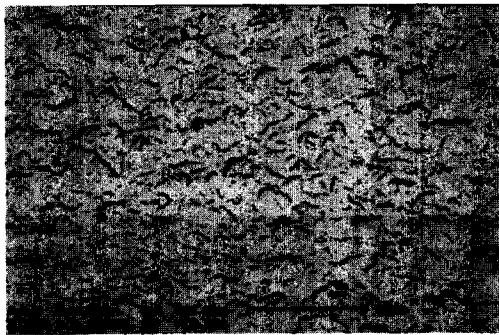
PACVD 알루미늄은 열분해 화학증착에 비해 플라즈마의 세기가 5, 10w로 증가할수록 전반적으로 증착율이 감소하는 경향을 나타냈으며 비저항은 170~190°C에서 5~7 $\mu\Omega\text{-cm}$ 의 비교적 낮은 비저항을 갖는 알루미늄 막을 얻었다. 표면 거칠기를 정량화하기 위해 UV 반사도를 측정하였는데 기준 시편은 스퍼터링된 알루미늄 기판이고 기준 파장은 600nm이다. TiN기판에 증착된 알루미늄 박막의 UV반사도는 열분해 화학증착에 비해 PACVD가 더 높은 값을 보였으며 플라즈마 세기가 증가할수록 실험한 증착온도 범위에서 반사도가 증가하는 경향을 나타냈으며 특히 10W, 170°C의 조건에서 형성한 PACVD 알루미늄 박막이 스퍼터링 알루미늄의 90%에 해당하는 반사도를 보였다.

열분해 화학증착과 PACVD에 의해 TiN위에 증착된 알루미늄 박막의 표면 형상을 SEM으로 관찰한 결과를 그림 3에 비교하여 나타내었다. 그림 3(a)는 두께가 0.64 μm 인 열분해 화학증착 알루미늄 박막의 SEM 사진으로 매우 큰 결정립들이 서로 연결되어 성장하고 있어 거친 표면상태를 나타내고 있다. 반면 그림 3(b)는 10w의 플라즈마 세기에서 증착한 두께 0.68 μm 의 PACVD 알루미늄 박막으로 작은 결정립들이 조밀하게 연결되어 있는 매끄러운 박막으로 성장하였다. 일반적으로 화학증착으로 박막을 형성할 경우 박막의 두께

가 증가함에 따라 표면 거칠기가 증가하는데 PACVD 박막은 0.5 μm 이상의 두께에서도 매끄러운 표면을 유지하고 있다.



(a)



(b)

그림 3. TiN 기판에 증착한 알루미늄 박막의 SEM 사진

(a) 기판온도 190 $^{\circ}\text{C}$, 열분해 화학증착

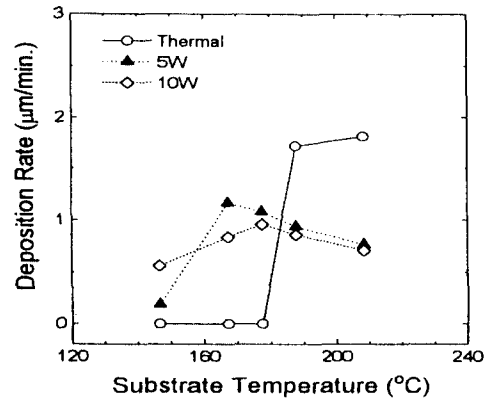
(b) 기판온도 170 $^{\circ}\text{C}$, PACVD(10W)

Fig. 3. SEM images of Al films on TiN substrate.

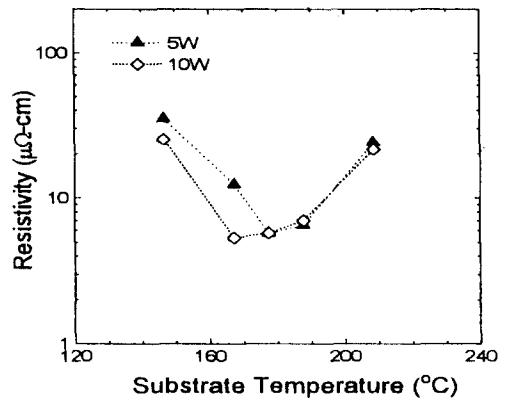
(a) thermal CVD at 190 $^{\circ}\text{C}$

(b) PACVD(10W) at 170 $^{\circ}\text{C}$

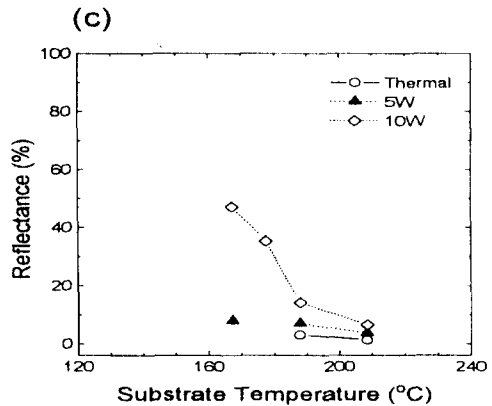
그림 4는 실리콘 산화물 기판 위에 열분해 화학증착법과 PACVD법에 의해 형성한 알루미늄 박막의 특성을 나타낸 것이다. 열분해 화학증착의 경우 180 $^{\circ}\text{C}$ 이하에서는 증착이 되지 않다가 그 온도 이상에서는 1.6 $\mu\text{m}/\text{min}$ 의 매우 높은 증착율을 보이고 있는데 이러한 높은 증착율은 α -step으로 측정된 두께가 매우 큰 표면 굴곡을 보이는 커다란 결정립에 의해 과대 평가되어 나타난 현상이다. 이에 반해 PACVD 알루미늄 박막은 전 온도 범위에서 연속적이고 매끄러운 박막을 형성하였으며 10W의 플라즈마 세기에서 증착한 경우 전도성 기판인 TiN과 비슷한 0.5~1.2 $\mu\text{m}/\text{min}$ 의 증착율을 보



(a)



(b)

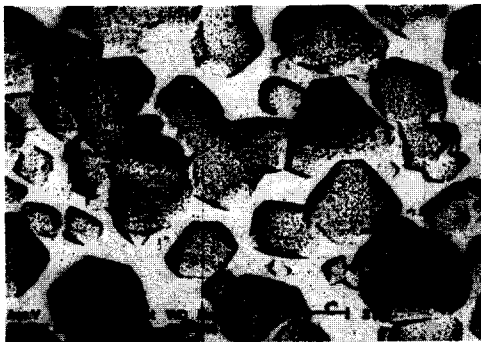


(c)

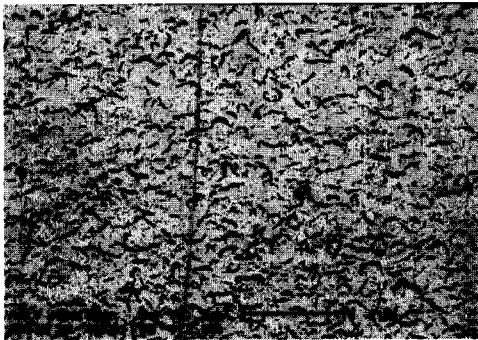
그림 4. SiO₂ 기판에 증착한 열분해 화학증착과 PACVD 알루미늄의 (a)증착율 (b) 비저항 (c) 반사도 비교

Fig. 4. Comparison of (a)the growth rate and (b)resistivity (c)reflectance between thermal and PACVD Al thin films grown on SiO₂ substrate.

였다. 비저항은 PACVD 알루미늄 박막의 경우에 TiN 기판에 PACVD로 증착된 알루미늄 박막과 비슷한 양상으로 비저항이 낮은 온도구간이 존재했다. 열분해 화학증착에 의해 증착된 알루미늄 박막은 α -step으로 측정된 두께가 1 μ m 이상이 되어도 면저항을 측정할 수 없고 이는 연속적인 막이 얻어지지 않았기 때문이다. UV반사도의 경우 PACVD 알루미늄은 실리콘 산화물 기판에서도 매끄러운 표면을 갖게 되어 높은 반사도를 보였다. 이러한 절연체 기판에 대한 그림 5는 실리콘 산화물 기판에 열분해 화학증착과 PACVD로 증착한 알루미늄을 비교한 SEM사진이다.



(a)



(b)

그림 5. SiO₂ 기판에 증착한 알루미늄 박막의 SEM 사진

- (a) 기판온도 210°C, 열분해 화학증착
- (b) 기판온도 170°C, PACVD(10W)

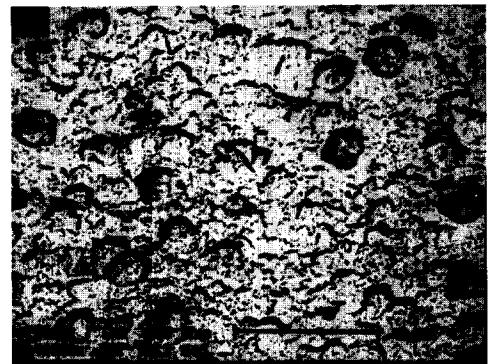
Fig. 5. SEM images of Al films on SiO₂ substrate.

- (a) thermal CVD at 210°C
- (b) PACVD(10W) at 170°C

그림 5(a)를 관찰하면 열분해 화학증착된 알루미늄의 경우 실리콘 산화물 기판에서 핵생성 속도가 느려 기

판 전체가 알루미늄으로 덮이지 못하고 먼저 핵생성된 알루미늄이 집중적으로 자라나 매우 큰 결정립을 형성하고 이러한 결정립들은 전기적으로 서로 연결되지 못한 상태로 존재한다. 반면 PACVD의 경우는 전도성 기판인 TiN에 증착된 PACVD 알루미늄과 같이 매끄럽고 연속적인 막으로 얻을 수 있었다. PACVD에 의해 증착된 알루미늄은 화학증착법이 갖는 전형적인 특성인 기판 의존성이 나타나지 않고 있으며 모든 기판에서 비슷한 성질을 갖는 알루미늄 막을 형성시킬 수 있고 증착율도 기판에 따라 크게 차이가 없다.

그림 6은 TiN, 스퍼터링 알루미늄, 실리콘 산화물 기판에 대해 5W PACVD로 증착한 SEM 사진으로 기판에 관계없이 비슷한 증착양상으로 자라고 있음을 보여준다. PACVD로 증착한 알루미늄 박막은 기판에 관계없이 열분해 화학증착에 비해 전반적으로 높은 비저항을 보였는데 그 원인을 알기 위해 박막의 화학적 조성을 SIMS를 이용해 분석하였다. 그림 7은 TiN 기판에 증착된 열분해 화학증착법과 PACVD로 증착한 알루미늄 박막의 수소와 탄소의 농도를 비교한 것이다.



(a)

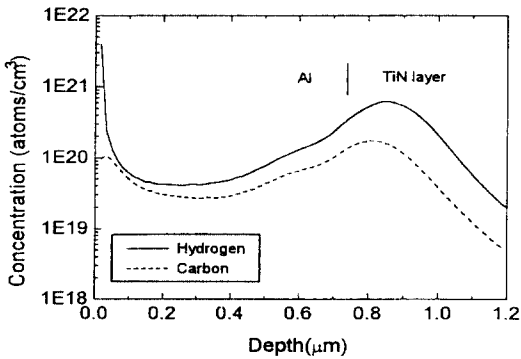


(b)

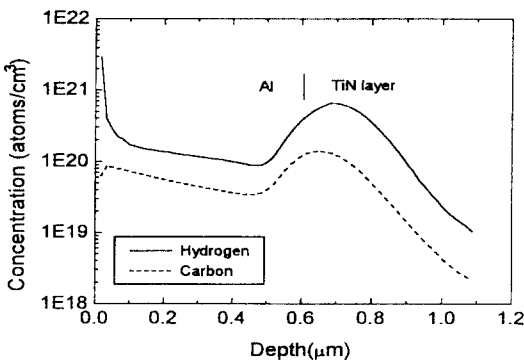


(c)

그림 6. 5W의 rf 세기에서 (a) TiN, (b) SiO₂, (c) Al 기판에 증착한 알루미늄 박막의 SEM 사진
Fig. 6. SEM images of Al films on (a) TiN (b) SiO₂ (c) Al substrates at 5W rf power.



(a)



(b)

그림 7. TiN기판에 (a) 열분해화학증착 (b) PACVD 로 증착한 알루미늄 박막의 SIMS 분석에 의한 수소와 탄소의 농도구배

Fig. 7. SIMS concentration profiles of H and C in (a) thermal CVD (b) 5W PACVD Al thin film on TiN substrate.

두 원소 모두 PACVD 알루미늄에서 더 많이 검출되었으며, 이는 증착원이 플라즈마에 의해 비평형적으로 분해되어 알루미늄과 함께 불순물이 박막 내로 함입된 것으로 생각되고 이것이 PACVD 알루미늄 박막의 비저항을 높인 한 원인으로 판단된다.

그림 7(a)의 열분해 화학증착에서 알루미늄과 TiN과의 계면에서 수소와 탄소의 농도가 상대적으로 높고 계면이 매우 불분명한 것이 관찰되고, 그림 7(b)의 PACVD의 경우는 계면에서 탄소와 수소의 농도가 낮고 분포가 급격히 변하는 것을 관찰할 수 있는데 이것은 SIMS 분석시 표면 거칠기에 의해 스퍼터링되는 두께 방향의 편차가 두 종류의 박막에서 다르기 때문에 나타나는 일반적인 원인과 함께 PACVD의 경우 증착 전에 반응조 내로 수소를 유입시키면서 증착 전에 플라즈마를 접화한 후에 DMEAA를 유입하게 되므로 이때 먼저 접화된 수소 플라즈마에 의해 TiN기판에 흡착된 불순물이 제거되어 나타나는 현상으로 판단되며 수소 플라즈마에 의한 기판 표면의 불순물 제거 효과도 기대할 수 있음을 알 수 있다.

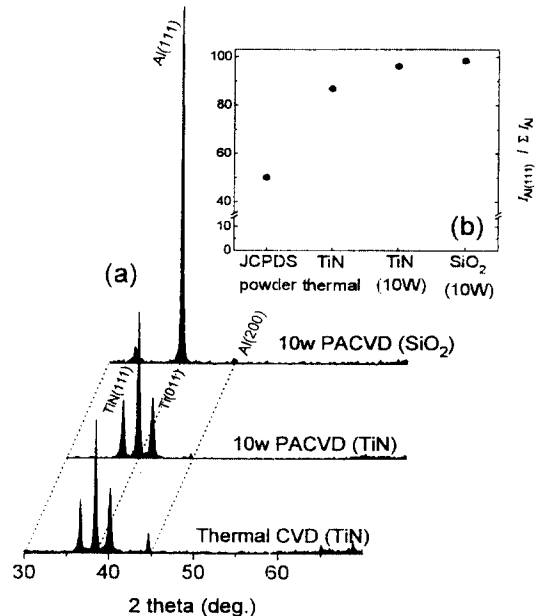


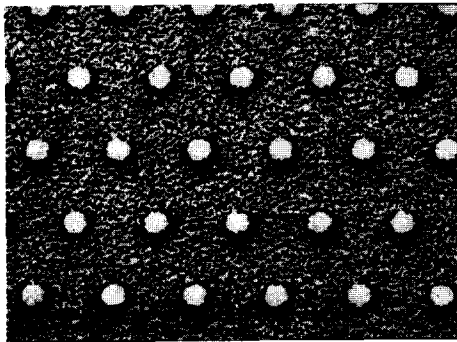
그림 8. 화학증착 알루미늄의 (a)X선 회절과 (b) (111) 우선방위 상수

Fig. 8. X ray diffraction pattern(a) and (111) preferred orientation coefficient(b) from CVD Al films under various conditions.

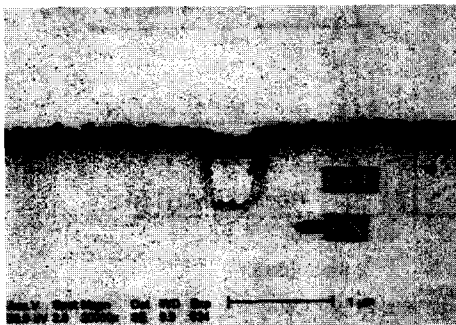
소자의 신뢰성에 큰 영향을 미치는 전기이동 저항성은 알루미늄 박막의 결정성에 큰 영향을 받으며 일반

적으로 크고 일정한 크기의 결정립과 (111)우선배양을 가진 경우 우수한 전기이동 저항성을 갖는 것으로 알려져 있다.¹²⁰⁾

그림 8은 TiN과 실리콘 산화물기판에 증착한 열분해 화학증착과 PACVD 알루미늄 박막의 X-ray 회절을 비교한 것이다. 열분해 화학증착의 경우 박막의 두께는 0.64 μm 이고 PACVD 알루미늄의 경우 0.5 μm 의 두께를 갖고 있는 박막에 대해 측정된 값이다. TiN에 증착한 알루미늄은 열분해와 PACVD 모두 (111) 우선배양을 갖는 박막으로 성장하였으며 (200) 회절선은 PACVD의 경우가 더 작게 측정되었다. 실리콘 산화물 기판에 증착한 경우는 TiN 기판에 증착한 알루미늄보다 특히 더욱 강한 (111) 우선방위를 갖는 것으로 관찰되었다. 그림 8(b)는 $I(111)/\sum I_n$ 의 비를 정리한 것으로 DMEAA를 이용한 PACVD의 경우는 전기이동 저항성에 좋은 영향을 미치는 (111)우선방위를 갖는 박막이 증착되는 것이 관찰되었다.



(a)

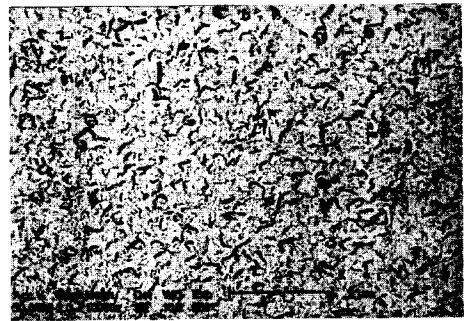


(b)

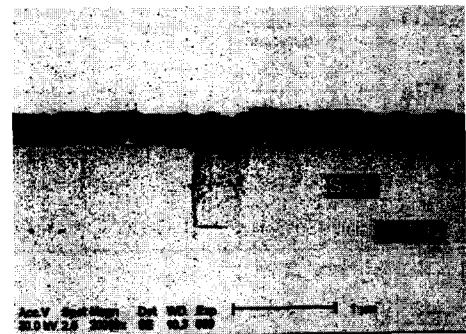
그림 9. 1000Å의 알루미늄이 전면증착된 접촉창의 (a) 평면 (b) 단면 SEM 사진

Fig. 9. SEM images of the contact hole overlaid by PACVD Al film of 1000Å (a) top view (b) cross-sectional view.

PACVD 알루미늄이 열분해 화학증착이 갖는 특적인 계단도포성(step coverage)을 유지하고 있는지를 알아보기 위해 TiN이 바닥층인 0.5 μm 의 직경과 1 μm 의 깊이의 중횡비 2인 서브마이크론 접촉창(contact hole)에 대해 전면 증착을 시행하였다. 그림 9는 5W, 700mTorr의 조건에서 0.1 μm 이하의 두께로 증착한 초기의 표면과 단면의 SEM 사진으로 기판 표면 뿐 아니라 접촉창(contact hole)의 바닥과 옆면에서도 알루미늄이 증착되는 우수한 계단도포성(step coverage)을 나타냈었다.



(a)



(b)

그림 10. 4000Å의 알루미늄이 전면증착된 접촉창의 (a) 평면 (b) 단면 SEM 사진

Fig. 10. SEM images of the contact hole overlaid by PACVD Al films of 4000Å (a) top view (b) cross-sectional view.

그림 10은 10W, 700mTorr, 160 $^{\circ}\text{C}$ 의 조건에서 0.4 μm 의 두께로 전면 증착한 접촉창의 표면과 단면 SEM 사진이다. 표면은 알루미늄으로 덮여있으며 접촉창(contact hole)이 있었던 위치에는 매우 작은 구멍 흔적이 있음을 확인할 수 있다. PACVD의 경우 바닥물질의 종류에 관계없이 모든 면에서 일정하게 증착이 일어나 TiN 바닥층 뿐만 아니라 실리콘 산화물인 접

촉창(contact hole)의 윗면과 옆면에서도 증착이 이루어져 그림 10(a)처럼 완전히 평탄화된 표면을 얻을 수 있었다. 따라서 본 연구에서 개발한 알루미늄 PACVD 법으로 창의 충전과 배선 형성을 같은 방법으로 동시에 형성할 수 있으며 이를 이용한 초고집적 소자의 배선 형성이 가능할 것으로 생각된다.

IV. 결 론

열분해 화학증착법으로 절연체인 실리콘 산화물 기판에 증착을 시행한 경우는 전기적으로 연결된 연속적인 막으로 성장하지 못하는 반면 플라즈마에 의한 PACVD법으로는 전 처리 공정 없이 거울면과 같은 매끄럽고 연속적인 알루미늄 박막을 형성시킬 수 있었다. TiN, Al, SiO₂ 등의 기판에 동일한 증착 양상을 갖는 알루미늄 박막을 형성하였으며, TiN위에서는 스퍼터링 알루미늄 박막의 90%정도의 높은 반사율을 보이는 PACVD 알루미늄 박막을 얻었다.

TiN이 바닥층인 서브마이크론 접촉창(contact hole)에 대한 전면 증착을 시행하여 PACVD의 경우도 열분해 화학증착이 갖는 장점인 계단도포성(step coverage)을 유지하고 있음을 확인하였다.

감사의 글

※ 본 연구는 차세대 반도체 기반기술 개발사업의 일환으로 LG 반도체의 연구비 지원으로 수행되었고 또한 과학재단의 우수연구센터인 서울대학교 신소재 박막가공 및 결정성장 연구센터의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] M. L. Green and R. A. Levy, "Chemical Vapor Deposition of Metals for Integrated Circuit Applications," J. Metals, p63, 1985.
 [2] Pramanik, A. N. Saxena, "VLSI Metallization Using Aluminum and its Alloys", Solid State Tech., 1, p127, 1983.
 [3] Kanicki, Plasma Processing, MRS Proceeding, p167, 1985.
 [4] C. E. Morosanu, *Thin Films By Chemical Vapor Deposition*, Elsevier, p438, 1990.

[5] M. L. Green and R.A. Levy, "Structure of Selective Low Pressurere Chemically Vapor-Deposited Films of Tungsten", J. Electrochem. Soc., 132, 5, p1243, 1985.
 [6] R. A. Levy and M. L. Green, "LPCVD of Tungsten and Aluminum for VLSI Application," J. Electrochem. Soc., 134, 2, p37, 1987.
 [7] R. A. Levy, M. L. Green and P. K. Gallagher, "Characterization of LPCVD Aluminum for VLSI Processing," J. Electrochem. Soc., 131, 9, p2175, 1984.
 [8] B. E. Bent, R. G. Nuzzo and L. H. Dubois, "Surface Organometallic Chemistry in the Chemical Vapor Deposition of Aluminum Films Using Triisobutylaluminum," J. Am. Chem. Soc., 111, p1634, 1989.
 [9] B. E. Bent, "Surface Chemical Reactions in the Metal-Organic Chemical Vapor Deposition of Aluminum Films," J. Vac. Sci. Tech., A6, 3, p1920, 1988.
 [10] M. J. Cooke, R. A. Heinecke, R. C. Stern and J. W. C. Maes, "LPCVD of Al-Si Alloys for Semiconductor Metallization," Solid State Tech., 12, p62, 1982.
 [11] K. P. Cheung, C. J. Case, R. Liu, R. J. Schutz and R. S. Wagner, "Improved CVD Aluminum Deposition Using In-situ Sputtered Nucleation Layers," VMIC Tech. Dig., p303, 1990.
 [12] J. Tao, K. K. Young, N. W. Cheung and C. Hu, "Comparison of electromigration reliability of tungsten and aluminum vias under DC and time-varying current stressing" IEEE. IRPS, p338, 1992.
 [13] G. E. McGuire, *Semiconductor Materials and Process Handbook*, Noyes Publication, p440, 1988.
 [14] C.-S. Park, S.-I. Lee, J.-H. Park, J.-H. Sohn, D. Chin and J. G. Lee, "Al-PLAPH Process for Planarized Double Metal CMOS applications," VMIC Tech. Dig., p326, 1991.
 [15] J.-S. Han, Y. Senzaki, W. L. Gladfelter and K. F. Jensen, "Laser Assisted CVD of Aluminum from a Novel Liquid Alane Precursor," MRS, Boston, Fall, 1991.

- [16] M. G. Simmonds, E. C. Phillips, J-W. Hwang and W. L. Gladfelter, "A stable, liquid precursor for aluminum", Chemtronics, 5, p155, 1991.
- [17] S. C. Sun, M. H. Tsai, H. T. Chiu and S. Y. Yang, "Selective aluminum chemical vapor deposition using DMEAA" Extended Abstract of SSDM 94, p634, 1994.
- [18] K. Tsubouchi, K. Masu, N. Shigeeda, T. Matano, Y. Hiura and N. Mikoshiba, "Complete planarization of via holes with aluminum by selective and nonselective chemical vapor deposition" Appl. Phys. Lett., 57(12), p1221, 1990.
- [19] T. Kato, T. Ito and M. Maeda, "Chemical Vapor Deposition of Aluminum Enhanced by Megnetron-Plasma", J. Electrochem. Soc., 135(2), p455, 1988.
- [20] H. Onoda, M. Kageyama and K. Hashimoto, "Al Si crystallographic orientation transition in Al-Si/TiN layered structures and electromigration performances as interconnects", J. Appl. Phys., 77(2), 1995.

 저 자 소 개

金 東 贊(正會員)

1969년 10월 17일생, 1994년 2월 고려대학교 재료공학과 졸업(공학사). 1996년 2월 서울대학교 금속공학과(전자재료) 공학석사 학위취득. 1996년 3월 ~ 현재 서울대학교 재료공학부(전자재료) 박사과정 재학중. 주관심분야는 플라즈마 화학증착 금속배선, 반도체 소자제조 공정 등임

李 炳 一(正會員)

1990년 8월 서울대학교 금속공학과 공학박사 학위 취득. 현재 서울대학교 신소재공동연구소 책임 연구원. 주관심분야는 TFT-LCD, 반도체 소자 제조 공정 등임

朱 承 基(正會員) 第 32卷 A編 1號 參照

金 炳 潤(正會員)

1969년 7월생, 1991년 2월 서울대학교 금속공학과 졸업(공학사). 1993년 2월 서울대학교 금속공학과(전자재료) 공학석사 학위취득. 1993년 3월 ~ 현재 서울대학교 재료공학부(전자재료) 박사과정 재학중. 주관심분야는 플라즈마 화학증착 금속배선, 반도체 소자제조 공정 등임

金 東 煥(正會員)

현재 고려대학교 재료공학부 부교수