

論文 92-29A-8-9

Remote PECVD 산화막의 증착특성 및 박막 특성 연구

(A Study of Deposition Properties and Characteristics of SiO₂ film Grown by Remote Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition)

鄭允權*, 鄭文植***, 金興洛**, 權英規**, 姜鳳求****

(Yun Kweon Jeong, Moon Shick Chung, Heung Rak Kim, Young Kyu Kwon, and Bong Koo Kang)

要 約

Remote PECVD로 산화막을 증착할 때 막의 증착 특성과 길러진 박막의 성질에 관해서 알아보았다. N₂O와 SiH₄를 공정 가스로 해서 증착 압력, 증착온도, 가스 혼합비 등이 박막의 성질에 어떤 영향을 미치는지 관찰했다. 또, Remote PECVD로 증착된 산화막과 Direct PECVD로 증착된 산화막과의 특성을 서로 비교해 보았는데, 그 결과, Remote PECVD로 증착된 산화막의 박막특성이 전기적인 특성, 물리적인 특성, 열처리 특성 등의 거의 모든 면에서 Direct PECVD 산화막보다 우수함을 확인했다.

Abstract

Deposition properties and film characteristics of Remote PECVD silicon dioxide were investigated. Using N₂O/SiH₄, the effects of changing the process conditions; the pressure, the substrate temperature, and the gas mixing ration, on the film quality were observed. A comparison of film qualities of the Remote PECVD SiO₂ with that of a Direct PECVD SiO₂ was made. the experimental results show that the Remote PECVD SiO₂ has better electrical, physical, and annealing properties than the Direct PECVD oxide.

I. 서 론

*準會員, 大宇센터影像研究所 研究5팀

(Daewoo Electronics Co., Ltd. Video Research Center Team 5)

**正會員, 産業技術研究所, 半導體研究分野

(Research Institute of Science & Technology; RIST, Dept. of Semiconductor)

****正會員, ***準會員, 浦項工科大学 電子電氣工學科

(Dept. of Electronic & Electrical Eng., POSTECH)

接受日字: 1992年 3月 12日

(※ 본 연구는 산업과학기술연구소(RIST) 기술과제의 지원을 받았음.)

최근 반도체 공정의 저온화 요구에 의해 낮은 공정온도, 높은 증착률 등의 장점이 있는 플라즈마를 이용한 화학증착법(PECVD)에 대한 관심이 높아지고 있다. 현재 널리 사용되고 있는 전통적인 PECVD장치는 고주파(RF) 방전에 의해 플라즈마를 생성시키며 반응기관이 방전 영역에 노출되어 있기 때문에 플라즈마 생성시 발생하는 고에너지의 이온이나 전자들이 반도체표면과 충돌하여 절연막이나 반도체와 절연막 계면에 많은 defect를 유발시킬 소지가 많다!¹⁻³ 또한, 절연막의 특성을 저하시키는 수소와 전극(electrode)에서 sputtering되어 나오는 불순물의 증착막

으로의 침투를 방지하기가 어렵다. 이러한 결함을 감소시키기 위한 많은 노력이 시도되고 있는데, 초고주파(microwave)를 이용한 remote PECVD (microwave-excited remote PECVD)법도 그 중의 하나이다.^{4,5)}

Remote PECVD법의 장점은 반응 영역과 방전 영역이 분리되어 있어, 고에너지 입자의 표면충돌에 의한 손상을 대폭 감소시킬 수 있으며, 다양한 가스 여기 방법으로 수소의 반응 참여를 제한시킬 수 있다. 그리고, microwave를 이용한 remote PECVD 장치는 공진기 내부에 quartz tube를 설치하여 전극이 없는 (electrodeless) 반응관을 설계할 수 있기 때문에 전극에서 sputtering되어 나오는 불순물의 영향을 배제할 수 있다. Remote PECVD법의 증착반응은 Si_3N_4 증착시 N_2 나 NH_3 가, SiO_2 증착시는 N_2O 나 O_2 가 방전관내에서 플라즈마 상태로 여기되고, SiH_4 는 가열된 반응기관으로 직접 공급되어 방전관으로부터 유입되는 반응기(reactant radical)와 반응하여 증착에 필요한 precursor species를 형성시킴으로써 진행된다. 플라즈마 생성에 필요한 전력원으로는 13.56MHz의 RF나 초고주파(2.45GHz)를 사용하며, RF를 이용한 연구는 많이되고 있으나, 초고주파를 이용한 것은 응용역사에 비해 이에 대한 연구와 이해가 부족한 실정이다.

본 논문에서는 초고주파 여기에 의한 remote PECVD 방법을 이용하여 저온에서 SiO_2 을 Si wafer위에 증착하여 공정 변수에 따른 산화막의 특성을 관찰하였으며, 성장된 산화막의 조직 치밀도 및 계면 상태를 RF방전을 이용한 direct PECVD법에 의해 증착된 산화막과 비교, 검토하였다.

II. 장치 및 실험

본 실험에서는 n-type(100), 8~12 Ω -cm Si wafer와 p-type(100) 19.5~23.5 Ω -cm Si wafer를 사용하였다. 산화막 증착 전에 TCE, Acetone, Methanol로 각각 8분간 cleaning한 다음 자연산화막을 제거하기 위해 BHF 용액에 20초 정도 에칭한 후 탈이온수로 15초간 세척하고 물기의 제거를 위해 N_2 -blowing한 후 곧바로 반응관에 주입하였다. 시료를 주입한 다음 시료의 물기에 의한 영향 및 자연산화막과 Si 기판의 Si사이의 dangling bond에 의한 영향을 줄이기 위해 H_2 플라즈마에 3분간 노출시켰다. 산화막 증착에 사용한 공정가스는 N_2O 와 SiH_4 이며, N_2O 는 방전관에서 여기되어 반응관으로 유입되고, SiH_4 는 곧바로 반응영역으로 유입되어 여기된 N_2O 와 반응한다.

증착된 막의 두께와 굴절률을 측정하기 위해서 Tenacor사의 model 200 α -step과 NIIC사의 EL101 ellipsometer를 사용하였으며, 치밀도를 분석하기 위해서 6.5% BHF 용액과 Reactive Ion Etching(RIE)을 이용하여 식각률을 측정하였고, 비저항과 절연파괴전계 측정을 위하여 HP4145를 이용한 I~V 측정법을 사용하였다. 계면분석을 위한 C-V측정은 Material Development Corporation사의 C-V measurement system을 이용하였다. I-V 및 C-V측정을 위한 MOS capacitor 시편은 Si wafer에 산화막을 750~800Å 증착한 후, 뒷면에 Al을 진공증착(evaporation)시켜 RTA로 ohmic한 다음, 다시 앞면에 면적이 $2 \times 10^{-3}\text{cm}^2$ 인 shadow mask를 이용하여 Al을 증착시켜 일정한 면적을 가진 전극을 형성시켰다.

본 실험에 사용한 direct PECVD장비는 미국 Integrated Plasma Limited사 장비로서 13.56MHz의 RF로 여기시키는 전형적인 direct PECVD 시스템이며, remote PECVD장비는 영국 Plasma Tech. 사의 장비로 microwave excited downstream 형식이다. 그림 1에 반응관을 중심으로한 장비 개략도를 나타내었다. 반응기의 상단에 원통형 microwave cavity가 있어 마그네트론으로부터 인가된 2.45GHz의 microwave power를 TM₀₁₀모드로 흡수하도록 되어 있으며 하단에는 온도를 제어할 수 있는 heating 장치가 설치되어 있다. 플라즈마는 cavity내의 quartz안에서 발생되며 quartz 튜브는 가스 입력단으로 플라즈마의 역류를 방지하기 위해 윗단이 가늘게 만들어져 있다. 공정가스는 두군데로 반응관 내에 공급되는데, N_2O 가스는 cavity로 직접 공급되고 SiH_4 는 반응기 윗면에 설치되어 있는 shower head를 통하여 cavity아래로 공급된다. 반응관 하단의 펌프 시스템은 rotary 펌

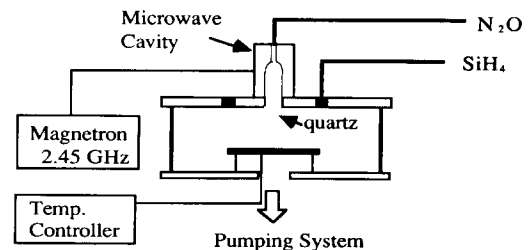


그림 1. Microwave excited remote PECVD 장치의 반응관 구조

Fig. 1. Schematic diagram of microwave excited remote PECVD system.

프와 booster 펌프로 이루어져 있으며 최하 1mTorr의 진공도를 달성할 수 있다.

III. 결과 및 고찰

1. Remote PECVD의 공정 특성

PECVD에 의해서 증착된 산화막은 가스의 유량비에 따른 굴절률의 변화가 심하다. PECVD를 이용하여 열산화막의 굴절률에 가까운 좋은 특성의 산화막을 증착하기 위해서는 가스 유량비의 조절이 아주 중요하다. 그림 2는 SiH₄ 2.5sccm, 공정압력 185mTorr 인가전력 100watt, 증착온도, 300°C의 조건으로 N₂O의 유량을 변화시키면서 2분 동안 증착한 결과를 도시한 것이다. 사일렌(SiH₄)대 산화질소(N₂O)의 비가 1:8미만에서는 굴절률이 N₂O유량의 증가에 따라 급격히 감소하고, 1:8이상에서는 열산화막의 굴절률인 1.46에 안정되게 접근함을 볼 수 있다. N₂O의 가스유량이 10sccm미만인 경우 3에 가까운 높은 굴절률을 관찰할 수 있었는데, 이것은 N₂O의 유량이 적을 경우 SiH₄가 cavity내부로 확산되어 microwave에 의해 직접 여기되며 따라서 반응에 참여하는 Si 원자의 양이 증가하여 박막이 a-Si에 가까운 Si-rich막을 형성시키기 때문이다. N₂O의 유량이 증가함에 따라 SiH₄의 cavity내부로의 확산이 억제되어 Si 여기량이 감소하며, 따라서 증착두께는 감소하는 반면 N₂O의 충분한 여기로 인해 반응에 필요한 O기의 공급이 증가하게 되어 Si:O=1:2의 화학적 조성비에 도달할 때까지 굴절률은 감소한다. N₂O:SiH₄=8:1 이상에서 안정된 굴절률을 보이는 것은, 이 영역에서는 더 이상 N₂O의 유량을 증가시켜도 화학적 조성이 거의 변하지 않기 때문이다. 이러한 N₂O/SiH₄의 가스비는 일반적인 direct PECVD에서 요구되는 유량비보다 훨씬 낮은 수치이다⁶⁾

그림 3은 압력을 변화시키면서 증착한 산화막의 저항률과 24°C, 6.5% BHF에 의한 식각률을 측정된 결과이다. 반응관 내의 압력이 증가할수록 BHF 식각률은 감소하였으며, 열산화막의 경우 ~17Å/sec의 식각률을 얻었다. I-V를 이용하여 절연파괴가 일어나지 않는 저전계에서 비저항을 계산할 결과, 압력이 증가함에 따라 비저항은 증가했으며, 183mTorr에서 ~9 × 10¹²(Ω-cm), 483mTorr에서는 ~36 × 10¹²(Ω-cm)의 평균 비저항을 얻었다. 이러한 결과로부터 증착압력이 높을수록 산화막의 조직 치밀도도 높아짐을 알 수 있다. 이는 증착 압력이 높을수록 증착물이 감소하는데⁷⁾ 이러한 증착물의 감소로 인해 산화막을 형성하기 위해 표면에 흡착된 반응기의 표면이동 시간

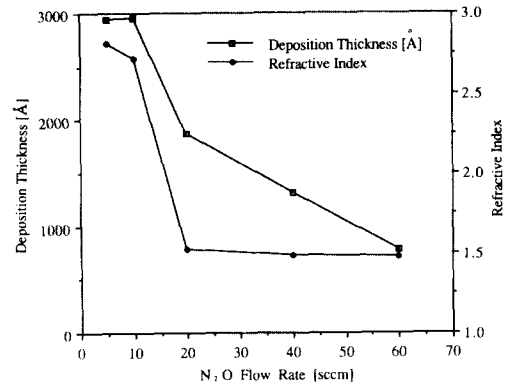


그림 2. N₂O가스 유량에 따른 증착 특성 변화
공정조건 : 압력 185mTorr, SiH₄ 2.5sccm, 전력 100watt, 온도 300°C, 시간 2분

Fig. 2. Dependence of deposition properties on N₂O gas flow rate
Condition : pressure, 185mTorr, SiH₄ 2.5sccm, power 100watt, Temp. 300°C, time 2min.

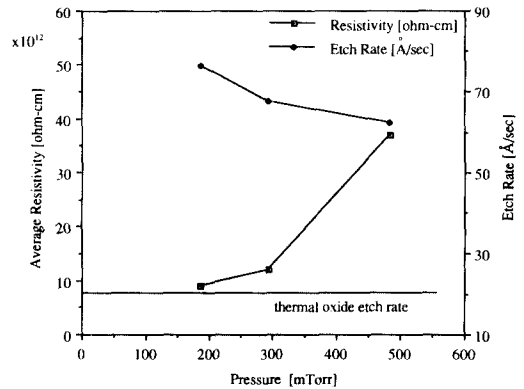


그림 3. 공정압력에 따른 막의 치밀도 변화
공정조건 : SiH₄ 2.5sccm, N₂O 40sccm, 온도 300°C, 전력 100watt

Fig. 3. Effect of pressure on the degree of film denseness
Condition : SiH₄ 2.5sccm, N₂O 40sccm, Temp. 300°C, power 100watt.

이 충분해져서 더욱 견고한 막이 증착될 수 있기 때문이다. 이러한 증착률과 박막 치밀도의 역비례 관계는 공정 변수를 N₂O의 유량으로 선택한 그림 2의 경우에도 관찰할 수 있다.

그림 4는 증착온도를 달리하면서 굴절률과 RIE(R reactive ion etching) 식각률을 비교한 것이다. 증착 온도에 따른 굴절률의 변화는 주로 박막 치밀도에 기인한 것으로, 이것은 RIE 식각 결과로 쉽게 증명된다. 또한 플라즈마 SiO_2 는 필연적으로 적지 않은 양의 수소를 함유하게 되는데, 증착온도가 높으면 어느 정도 수소를 제거해 주는 역할을 하게 되어 굴절률이 증가하고 식각률은 감소한다.¹⁸⁾ CF_4 가스를 이용한 RIE 식각을 한 경우, 250°C 이상에서 증착된 산화막의 식각률이 200°C 이하에서 증착된 산화막과 현저한 차이를 보이는 것—microwave excited remote PECVD의 특징이라 할 수 있다.

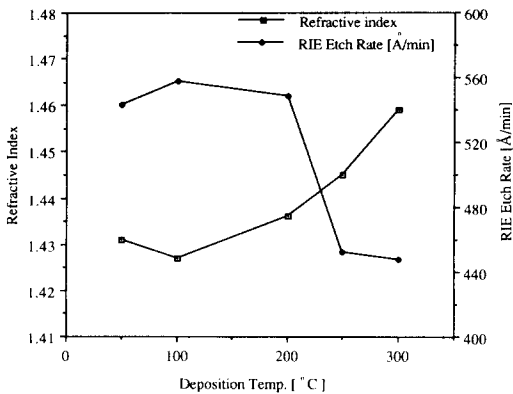


그림 4. 증착온도에 따른 산화막의 굴절률 및 식각률의 변화
증착온도 : 압력 185mTorr, SiH_4 2.5sccm, N_2O 40sccm, 전력 100watt, 시간 3분
식각조건 : 압력 200mTorr, CF_4 36.5sccm, 전력 103watt, 온도 30°C

Fig. 4. Dependence of refractive index and etch rate of SiO_2 film on deposition temperature
Deposition condition : pressure 185mTorr, SiH_4 2.5sccm, power 100watt, time 3 min.
Etch condition : pressure 200mTorr, CF_4 36.5sccm, power 103watt, Temp. 30°C

이상의 실험 결과들로부터 microwave excited remote PECVD법에 의하여 양질의 산화막을 얻을 수 있었다.

2. Remote PECVD와 direct PECVD법에 의한 증착막의 특성을 비교하기 위하여 열산화막에 가까운 굴절률(1.45~1.5)을 가지는 공정 조건하에서 re-

remote PECVD법을 이용하여 증착공정을 수행하였으며, direct PECVD법에 의해 성장된 산화막과 특성 비교를 위해 remote PECVD 공정 조건과 같은 압력, 유량비, 기판온도 및 가스 잔류시간 하에서 direct PECVD법에 의해 산화막을 증착하였다. 공정 조건은 표 1에 나타내었으며, 이 조건으로 증착된 산화막의 굴절률은 remote PECVD에 의한 것이 1.465, direct PECVD에 의한 것이 1.478이었다.

표 1. 산화막 증착조건

Table 1. SiO_2 film deposition condition.

	Direct PECVD	Remote PE(V)
Pressure	380mTorr	38m Torr
Gas Flow	SiH_4 7 sccm (10% diluted in Ar) N_2O 140 sccm	SiH_4 2.5 sccm (5% diluted in Ar) N_2O 50sccm
Gas Flow Ratio (SiH_4 : N_2O)	1 : 20	1 : 20
Temp.	300°C	300°C
Power	15 watt (DC-8V)	100watt

그림 5는 두 산화막의 조직 치밀도를 비교하기 위해 BHF 식각물을 열처리 온도에 따라 관찰한 것이다. 열처리는 각 온도에 대해 RTA에서 30초간 행하였다. PECVD에 의한 산화막이나 절화막은 BHF 식각물을 이용하여 박막의 치밀도 뿐만 아니라 막내의 수소 함유량도 간접적으로 비교할 수 있다. 그림 5에서 볼 수 있듯이 모든 온도에 걸쳐 remote PECVD에 의한 산화막의 식각률이 direct PECVD에 의한 것보다 훨씬 작았으며, 900°C 에서 열처리한 remote PECVD 산화막은 열산화막의 식각률에 거의 근접하였다. 따라서, remote PECVD에 의한 산화막이 막내의 수소 함유량도 적고 조직 치밀도면에서도 우수한 것으로 판단된다. 그리고 두가지 방법에 의해서 증착된 산화막 모두 열처리 온도 600°C 이상에서 두드러진 식각률 감소를 확인할 수 있었다.

그림 6은 산화막의 비저항과 절연파괴전계를 계산하기 위해 MOS capacitor를 만들어 I-V를 측정할 결과이다. 이 그림에서 화살표로 표시한 지점에서 누설 전류가 급격히 증가하는 것을 볼 수 있는데, 이 지점의 전계를 절연파괴전계로 간주하였으며 비저항은 절연파괴가 일어나지 않은 저전계 영역에서 계산하였다. Direct PECVD와 remote PECVD의 산화막 모두 절연파괴가 일어나는 지점에서 수 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 정도

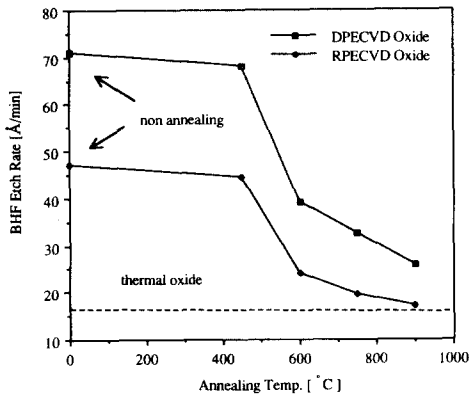


그림 5. 열처리 온도에 따른 BHF 식각률
 Fig. 5. Dependence of BHF etch rate on annealing temperature.

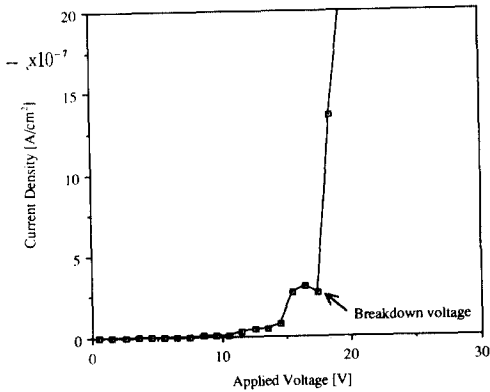
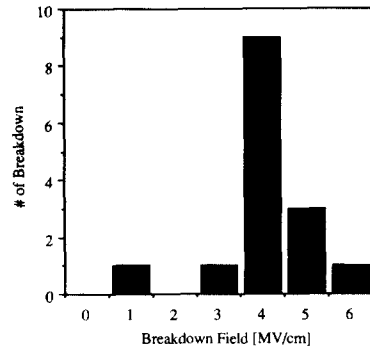


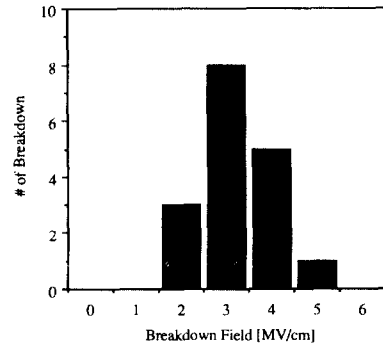
그림 6. 증착된 산화막으로 만든 MOS capacitor의 일반적인 I-V 특성곡선
 Fig. 6. A typical I-V characteristic of a MOS capacitor fabricated with deposited SiO₂ film.

의 누설 전류 밀도를 관찰할 수 있었으며, 이렇게 측정된 절연파괴전계와 비저항을 그림 7과 그림 8에 막대 그래프로 비교하였다.

위의 방법으로 계산한 절연파괴전계는 direct PECVD로 증착된 산화막은 평균 4~5MV/cm 이었고 remote PECVD 산화막은 평균 3~4MV/cm 로 direct PECVD에 의한 산화막이 조금 높은 절연파괴전계를 가지며 둘다 전형적인 열산화막의 절연파괴전계인 ~7MV/cm 보다 낮았다. 비저항은 그림 8에 보이는 것처럼 remote PECVD에 의해 증착된 산화막이 10배 정도 높았는데, remote PECVD에 의한 산화막은 1~2×10¹⁴



(a)



(b)

그림 7. 산화막의 절연 파괴 전계
 (a) Remote PECVD 법에 의해 성장된 산화 산화막
 (b) Direct PECVD 법에 의해 성장된 산화막
 Fig. 7. Breakdown Field of SiO₂ film.
 (a) SiO₂ film deposited by remote PECVD,
 (b) SiO₂ film deposited by direct PECVD.

Ω-cm, direct PECVD에 의한 산화막이 1~2×10¹⁴ Ω-cm의 비저항을 가졌다. 같은 방법으로 열산화막의 비저항을 측정한 결과 ~3×10¹⁵ Ω-cm의 비저항을 가졌다. 따라서 저전계의 산화막 특성인 비저항은 remote PECVD에 의한 산화막이 열산화에 버금가는 우수한 특성을 가짐을 알 수 있다.

그림 9는 remote PECVD와 direct PECVD에 의한 산화막의 계면상태를 비교하기 위해서 저주파(quasi-static)와 고주파(1MHz)에서 C-V를 측정한 것이다. 이때, accumulation 영역에서 고주파와 저주파의 정전용량이 차이를 보이는 것은 측정 probe의 parasitic effect 때문이라고 사료된다. 고주파에서는 두 경우 모두 뚜렷한 depletion과 accumulation 영역을 나타내었으며 저주파에서는 remote PECVD 산화막이 더

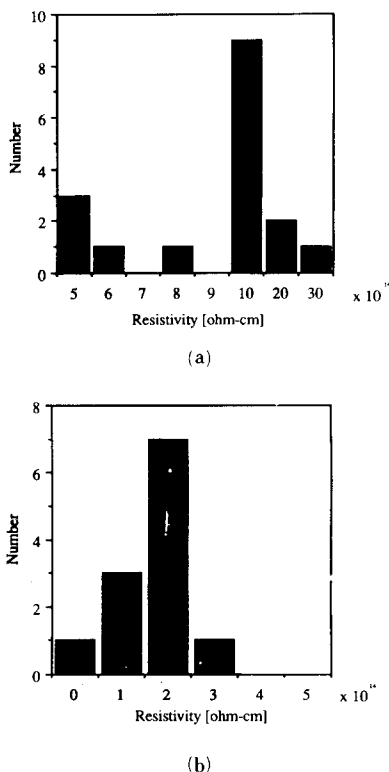


그림 8. 산화막의 비저항

- (a) Remote PECVD 법에 의해 성장된 산화막
 (b) Direct PECVD 법에 의해 성장된 산화막

Fig. 8. Resistivity of SiO₂ film.

- (a) SiO₂ film deposited by remote by remote PECVD,
 (b) SiO₂ film deposited by direct PECVD.

양호한 곡선을 나타내었다. Flatband voltage의 변화에 의해 계산된 고정전하밀도는 remote PECVD에 의한 산화막이 4.73×10^{11} ions/cm²였으며 direct PECVD에 의한 산화막은 7.1×10^{11} ions/cm²였다. 이런 결과는 여러 sample에 대해서 비교적 재현성 있게 관찰되었는데, 이렇게 direct PECVD에 의해 증착된 산화막이 높은 고정전하밀도를 가지는 이유는 앞에서 관찰한 바와 같이 remote PECVD에 의한 산화막보다 조적이 치밀하지 못하고 이온 충돌에 의한 손상 및 오염이 크기 때문인 것으로 사료된다. 또한 direct PECVD에 의한 산화막의 저주파 정전 용량 특성 곡선은 썩그러짐이 심하고 inversion 영역이 뚜렷하게 나타나지 않아 remote PECVD에 의한 산화막의 정전 용량 특성과는 큰 차이를 보이고 있다. 이처럼 정

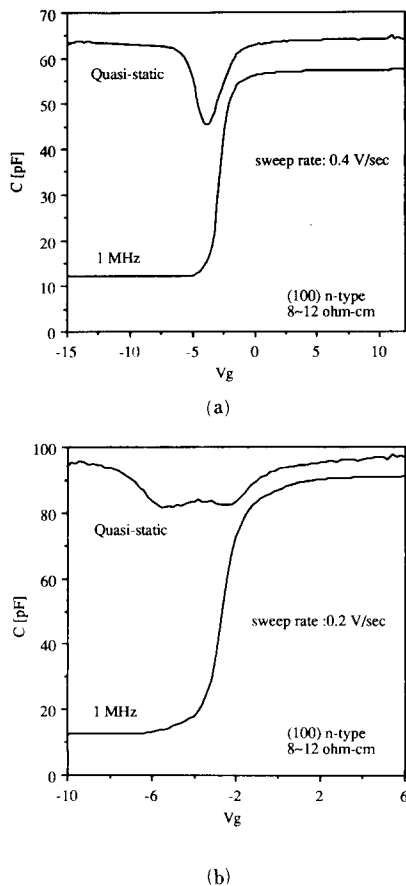


그림 9. 열처리하지 않은 산화막의 C-V특성

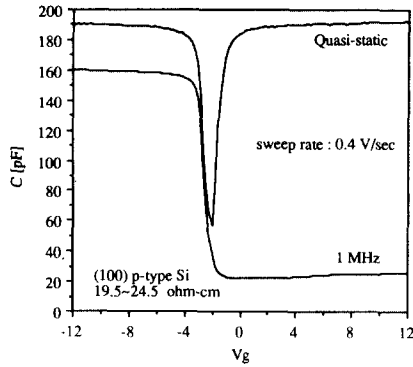
- (a) Remote PECVD 법에 의해 성장된 산화막
 (b) Direct PECVD 법에 의해 성장된 산화막

Fig. 9. C-V characteristics of as-grown SiO₂ film.

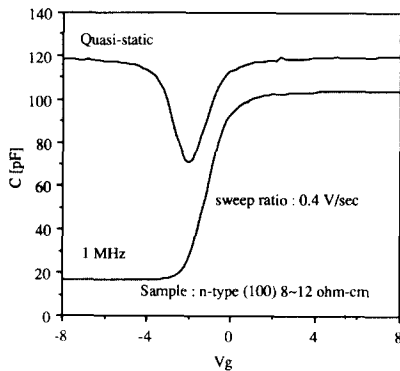
- (a) SiO₂ film deposited by remote PECVD,
 (b) SiO₂ film deposited by direct PECVD.

전 용량 특성이 좋지않은 것은 계면이나 산화막 내에 많은 전하가 존재하여 게이트 전압에 따른 계면 전위에 영향을 주기 때문이다. 이것으로 보아 remote PECVD 법은 direct PECVD에서 큰 문제가 되었던 이온 충돌에 의한 표면손상 및 오염을 상당히 개선시켰다고 볼 수 있다.

그림 10은 열처리에 의한 SiO₂/Si의 계면특성 개선을 관찰한 것이다. 증착후 열처리는 900°C에서 45초간 RTA로 행하였다. 그림 10에서 microwave excited remote PECVD에 의한 산화막이 RF에 의한 direct PECVD 산화막보다 특성 개선이 두드러짐을



(a)



(b)

그림 10. 열처리한 후의 산화막의 C-V 특성
열처리 조건 : 온도 900°C, 시간 45초 RTA
(a) Remote PECVD 법에 의해 성장된 산화막
(b) Direct PECVD 법에 의해 성장된 산화막.

Fig. 10. C-V characteristics of annealed SiO₂ film.
Annealing condition : Temp. 900°C,
time 45sec RTA.
(a) SiO₂ film deposited by remote PECVD,
(b) SiO₂ film deposited by direct PECVD.

관찰할 수 있는데, 이는 remote PECVD에 의한 산화막의 계면준위 밀도(interface trap density)의 증가는 하전입자의 표면손상에 의한 영향이라기 보다는 CVD 법 자체의 문제점인 SiO₂/Si 계면에서 발생하는 계면불연속과 dangling bond의 영향인 것을 나타내고 있다고 사료된다.

그림 11은 그림 10과 같은 조건에서 remote PECVD 법으로 산화막을 증착하고 시료 뒷면에 Al을 진공 증착한 후, 질소 분위기에서 430°C로 30분간 postmetallization한 결과이다. 고주파와 저주파 정전 용량의 차

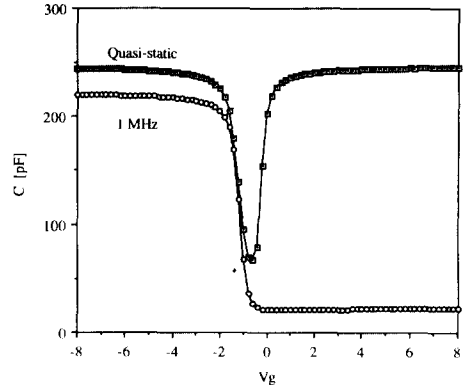


그림 11. 저온에서 post-metallization한 산화막의 C-V 특성
Alloy조건 : 온도 430°C, 시간 30분, N₂분위기
Fig. 11. C-V characteristic of SiO₂ film after post-metallization at low temperature.
Alloy condition : Temp. 430°C, time 30min, N₂ ambient.

이를 살펴보면 그림 10의 900°C에서 RTA로 열처리한 것과 거의 비슷한 결과를 얻었음을 관찰할 수 있다. 그리고, V_{TH}의 shift도 적어 약 1.57 × 10¹¹ ions/cm²의 고정전하밀도를 나타내었는데, 이것은 고온의 RTA에서 열처리한 것과 달리 계면상태의 개선뿐 아니라 산화막 자체의 질적인 개선도 가져올 수 있음을 보여준다. 그리고, 계면 준위 밀도도 고주파 수 / 저주파 수 정전 용량 측정법에 의해 계산한 결과¹⁾ depletion 영역에서 최저 ~3 × 10¹⁰ (cm⁻²eV⁻¹)로 열 산화막에 비금가는 양호한 계면상태를 관찰할 수 있었다.

IV. 결 론

본 실험에서 microwave excited remote PECVD에 의해 증착한 실리콘 산화막의 공정변수에 따른 변화를 관찰하였고, RF 전원을 쓰는 direct PECVD법에 의한 산화막과 조직의 치밀도, SiO₂/Si 계면 특성 등을 비교하여 microwave excited remote PECVD의 장단점을 살펴보았다. remote PECVD에 의한 산화막이 조직 치밀도면에서 direct PECVD법에 의한 산화막보다 우수하였고 C-V를 이용한 SiO₂/Si 계면 특성의 관찰로 direct PECVD법의 문제점이었던 하전입자에 의한 표면 손상과 오염이 줄어든 것을 확인했다. 특히, Remote PECVD로 증착한 후 430°C에서 30분간 post-metallization한 산화막은 열 산화막에 비

금가는 SiO₂/Si 계면 특성을 가져, 저온 공정으로 게이트 산화막 수준의 양질의 산화막을 성장시킬 수 있었다.

參 考 文 獻

- [1] C.S. Pai, C.P. Chang, and F.A. Baiochi, "Material properties of plasma-enhanced chemical vapor deposition fluorinated silicon nitride", *J. Appl. Phys.* 68, pp.2442-2447, 1990.
- [2] J.B. Posthil, R.A. Rubber, S.V. Hattangady, G. G. Fountain, D.J. Vitkavage, and R.J. Markunas, "Characterization of epitaxial Ge films grown by remote plasma enhanced chemical vapor deposition on Ge (111) and GaAs (111) substrates", *J. Vac. Sci. Technol.*, A7(3), pp. 1130-1135, 1989.
- [3] S.Yokayama, N. Kajihara, M. Hiroso, and Y. Osaka, "Characterization of plasmadeposited silicon nirtide films", *J. Appl. Phys.* 51(10), pp.5470-5475, 1980.
- [4] S. Zaima, Y.Yasuda, T. Nakamura, and A. Yoshida, "Growth and properties of dielectric thin films by microwave-excited plasma" *Ext. Abstr. 18th(1986 Int.) Conf. on solid-State Dev. and Mat.*, pp. 249-252, Tokyo, 1986.
- [5] Isamu Kato, Kazuto Noguchi, and Kouchi Numada, "Preparation of silicon nitride films at room temperature using double-tubed coaxial line-type microwave plasma chemical vapor deposition system", *J. Appl. Phys.*, 62 (2), pp. 492-497, 1987.
- [6] J. Mort and F. Jansen, "Plasma Deposited Thin Films", CRC Press, Florida, 1986.
- [7] 정윤권 "초고주파 방전을 이용한 실리콘 산화막 및 질화막의 증착공정 개발", pp. 38-56, 1992.
- [8] C.Blauw, "Preparation and characterization of plasma deposited silicon nitride", *J. Electro. Soc.: Solid State Science and Technology*, May, 131(5), pp. 1114-1118, 1984.
- [9] E.H. Nicollian and J.R. Brews, "MOS (Metal Oxide Semiconductor) Physics and Technoly", John Wiley & sons, 1982.

著 者 紹 介

鄭 允 權 (準會員) 第28卷 A編 第6號 參照
현재 포항공과대학 전기전자
공학과 석사과정.

權 英 規 (正會員) 第28卷 A編 第8號 參照
현재 산업과학기술연구소 반
도체 소자 연구 그룹장.

鄭 文 植 (準會員) 第28卷 A編 第6號 參照
현재 대우전자 영상연구소
연구원

姜 鳳 求 (正會員) 第26卷 A編 第7號 參照
현재 포항공과대학 전자전기
공학과 조교수

金 興 洛 (正會員) 第28卷 A編 第11號 參照
현재 산업과학기술연구소 반
도체 소재그룹 연구원.