

## 열처리 전후의 질화막에 대한 습식산화의 효과

윤 명 분 · 최 덕 균

한양대학교 무기재료공학과

Effects of Wet Oxidation on the Nitride with and without Annealing

Byoung moon Yoon and Duck Kyun Choi

Department of Inorganic Materials Engineering, Hanyang University

초 록 인산화막위에 LPCVD 법을 이용하여 질화막을 형성시킨 후, 질화막의 열처리 유무와 습식 재산화처리의 공정조건에 따른 다양한 막의 두께를 가진 ONO(oxide nitride oxide) 캐패시터를 제작하여 여러가지 물성을 조사하였다. 질화막을 습식산화처리하여 질화막의 굴절율과 직각기둥을 관찰한 결과, 40Å 두께의 질화막은 치밀하지 못하여 계속되는 산화공정동안에 하부층 산화막이 성장되었고 정전용량의 확보능력도 떨어졌다. ONO 다층유질막막의 전도전류는 하부층 혹은 상부층 산화막의 두께가 증가함에 따라 감소하였다. 그러나 산화막이 50Å 이상인 경우에는 정전용량의 감소요인으로 작용할 뿐, hole 유입에 대한 barrier 역할은 크게 향상되지 못하였다. 산화전 질화막에 대한 열처리 효과는 막의 굴절율과 정전용량에 큰 영향을 주지 못하였으나 절연파괴전압은 약 2-3V 상승효과를 보였다.

**Abstract** A nitride layer was deposited on the thermal oxide layer by LPCVD process. ONO(oxide-nitride-oxide) capacitors with various thickness of component layer were fabricated by wet reoxidation of the nitride with and without annealing treatment and their properties were investigated. As a result of observation on the refractive index and etching behavior of the ONO films, the nitride layer of 40Å thickness was not so dense that the bottom oxide grew during the reoxidation process and the capability of securing the capacitance decreased. The conduction current in the ONO multi-layer dielectric film was reduced as the bottom(or top) oxide layer became thicker. However, in the case of oxide with thickness more than 50Å, it merely plays a factor of reduction in capacitance, and the effect of barrier for hole injection was not so much increased. Annealing of the nitride layer before reoxidation did not show a great effects on the refractive index and capacitance of the film, however, the annealing process increased the breakdown voltage by 2-3V.

### 1. 서 론

DRAM의 고집적화에 따라 작은 셀 면적을 갖으면서 큰 축적 용량의 캐패시터를 만드는 것이 문제가 되었으며, 이의 해결 방안으로 기존의 실리콘 산화막의 두께 축소에 의한 캐패시터 확보가 시도되었다. 하지만 이는 박막화에 의한 누설 전류 증가와 절연파괴전압의 저하로 적용이 어렵게 되었다. 따라서 이를 개선하기 위해 실리콘 산화막보다 비유전율이 큰 실리콘 질화막을 실리콘 산화막에 적층시켜 산화막 환원 유효두께로 같은 산화막에 비

해서 절연특성이 우수한 질화산화막(NO)이 연구되어왔다. 이와같은 NO(nitride oxide)막은 전계하에서 계면 전하 생성에 대한 저항성이 크며 불순물들이 막막 내로 확산해 들어가는 것을 막는 확산장벽(diffusion barrier)의 역할도 한다. 그러나 NO 막은 고정 전하량이 많고 전하의 포획이 많아서 소자 특성이 불안정한 단점이 있으므로 NO막을 재차 산화시켜 전하포획과 고정전하량을 줄이고<sup>1,2)</sup> 동시에 질화막에 존재할 가능성이 있는 핀홀(pin hole)과 같은 결함부분을 보강한 ONO(Oxide-Nitride Oxide) 구조의 절연막을 연구하여

왔다.

ONO 구조의 절연막을 형성시키는 대표적인 방법으로 Si를 열산화시켜 하층부의 산화막을 형성하고, 여러가지 화학증착법(Chemical Vapor Deposition)으로 질화막을 증착한 후, 질화막 표면을 열산화시켜 상층부 산화막을 형성시키는 것이다. 고신뢰성 ONO막을 얻기 위해서는 질화막 형성시 막내에 존재하는 hydrogen이 nitrogen 혹은 silicon과 열적으로 불안정한 결합을 하여 질화막의 일관된 물성을 얻는데 어려움을 발생시키는 분제와<sup>3,4)</sup> 얇게 증착된 질화막에서 유기되는 여러가지 물성저하에 관련된 연구가 요구되어진다. 또한 ONO막의 각 층(bottom and top oxide)의 두께에 대한 신뢰성, 전류 특성의 효과와 최적 두께에 대한 연구가 필요하다<sup>5,6)</sup>.

따라서, 본 연구에서는 열산화막위에 LPCVD (Low Pressure Chemical Vapor Deposition)법을 이용한 질화막을 형성시킨 후, 열처리를 하여 불성향상여부를 고찰하고, 이를 재산화처리를 하여 공정조건에 따른 막의 두께 변화를 상부층의 식각거동과 Ellipsometry 측정을 통해 살펴보았다. 또한 각층의 성분 및 조성을 조사하기 위해 AES를 이용하였고, capaci-

tance-voltage(C-V) 및 current-voltage(I-V) 측정을 통하여 유전특성, 전기적 특성 및 각 막의 기능에 대하여 고찰하였다.

## 2. 실험 방법

### 1. 시편 제조

본 실험에서 사용한 시편은 (100)방위의 P type Si wafer이며, bottom oxide는 900°C와 800°C에서 Si를 열산화하여 50Å(건식)과 100Å(습식)의 두께로 형성하였고, nitride층은 NH<sub>3</sub>:SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 주입량의 비가 3.5:1, 775°C, 200 mtorr에서 40Å와 100Å 두께로 각각 증착한 4종류의 시편을 아래 Table 1과 같이 준비하였다. 질화막의 산화전 열처리 유무에 따른 ONO 절연막 물성변화를 고찰하기 위해서 Ar 분위기, 900°C에서 60분간 열처리를 하였다. 그리고 상부층 산화막 형성을 위해 두께가 40Å으로 얇은 50/40과 100/40 시편은 질화막 층의 보존을 위해 800°C에서, 50/100과 100/100 시편은 900°C에서 분위기를 관상로를 이용하여 습식산화시켰으며, 상층부의 산화막 두께 변화를 위해 산화시간을 110분까지 변화시켰다.

각 시편의 전극형성을 위해 1 HF:10 H<sub>2</sub>O

Table 1. Samples for in the experiments.

| Sample  | Thickness of bottom oxide | Thickness of nitride <sup>c</sup> | Annealing <sup>d</sup> (A or NA) | Top Oxide |
|---------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------|
| 50/40   | 50 <sup>a</sup> Å         | 40 Å                              | A, NA                            | e         |
| 50/100  | 50 <sup>a</sup> Å         | 100 Å                             | A, NA                            | f         |
| 100/40  | 100 <sup>b</sup> Å        | 40 Å                              | A, NA                            | e         |
| 100/100 | 100 <sup>b</sup> Å        | 100 Å                             | A, NA                            | f         |

a. 900°C, dry oxidation

b. 800°C, wet oxidation

c. LPCVD: 200 mtorr, 775°C

d. A: annealed sample

NA: non annealed sample

e. 800°C, wet oxidation

f. 900°C, wet oxidation

용액으로 산화 및 질화공정시 시편 뒷면에 성장한 산화막 및 질화막층을 제거하였으며, 상부층 산화막위에는 진공증착기를 사용하여 지름0.55mm의 dot형태로 고순도 Al 전극을 증착시켰다. 그리고 절연막이 제거된 시편 뒷면에는 Ag-paste를 발라 전기적 특성 측정에

정확성을 기했다. 이렇게하여 완료된 특성 측정용 시편의 단면도는 Fig. 1과 같다.

### 2. 물성 측정

(1) Etching과 Ellipsometry를 이용한 막의 특성분석

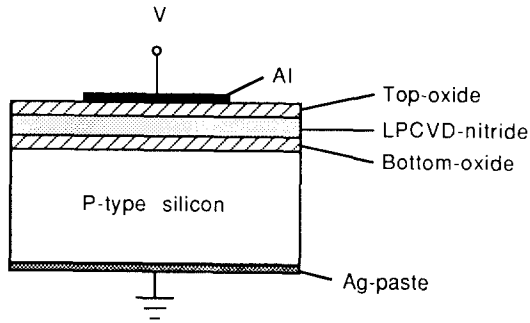


Fig. 1. Schematic cross section of the MONOSM sample.

습식 재산화공정에 의해 만들어진 ONO 막의 두께와 굴절율의 변화를 고찰하기 위해 Ellipsometer(Rudolph Research Ellipsometer mode Auto EL. II)의 6328Å 파장을 이용하였다. 이때 산화된 질화막의 열처리 유무와 상층부의 습식 재산화 시간 변화에 따른 굴절율의 변화는 상, 하부 산화막층과 질화막층을 하나의 층으로 가정한 후 변화경향을 고찰한 것이며 두께변화고찰은 역시 ONO 막을 하나의 실리콘 산화막 층으로 가정하고 굴절율을  $n=1.46$ 로 고정시킨 후 변화를 고찰하였다. 그리고 상층부 산화막만의 두께를 관찰하기 위해 1 HF:49 H<sub>2</sub>O etching solution을 사용 식각 속도차로 top oxide를 완전히 제거한 후에 식각 전후의 두께변화 차이로서 top oxide 두께를 결정하며 또한 각 막의 식각거동을 알아 보았다.

### (2) 전기적 특성분석

ONO 절연막의 산화막 환산 두께는 Hp 4284A precision LCR Meter를 사용하여 1 MHz C-V방법으로 측정된 용량( $C_{MAX}$ ) 값으로부터 산화막의 유전율을 3.9로 하여 계산하였다. 인가 전압에 따른 유전량의 특성은 1 MHz와 1 KHz의 주파수를 이용하여 측정하였고 전류 전압 특성은 Hp 4140B pA meter/DC Voltage Source를 이용하여 측정하였다. 이때 각 층이 전류특성에 미치는 영향을 알아보기 위해 인가하는 전압에 대한 극성을 바꾸어 측정을 하였다. 유전 파괴 전압은 누설전류가  $1 \mu A/cm^2$ 에 도달하거나 혹은 갑작스런 전류의 증가를 보이는 전압으로 정의하였으며 누설전

류밀도는 인가전압이 3.5 V일 때의 전류밀도로 정의하였다.

### (3) ONO 박막의 화학적 분석

질화막을 습식 재산화 과정에 따른 silicon, nitrogen 및 oxygen 등의 박막내 농도분포를 분석하기 위하여 질화막층을 달리하고 습식산화공정시간을 달리한 시편들을 준비하여 AES(Auger Electron Spectroscopy)를 시도하였다.

## 3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 질화막을 열처리한 시편과 열처리하지 않은 시편에 대해 습식재산화시간에 따른 굴절율의 변화를 보여주고 있다. 6328Å의 파장을 사용한 ellipsometry 측정의 경우 양질의 치밀한 막의 굴절율은 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 막이 2.0이고 SiO<sub>2</sub>가 1.46의 값을 나타내므로 상층부 산화막이 없는 상태에서 50/100과 100/100 시편은 양질의 산화막과 질화막의 중간값 굴절율인 1.7-1.8을 보인다. 그러나 50/40과 100/40 시편의 경우는 1.3-1.5의 값으로 이는 산화막의 굴절율에 준하거나 약간 높은 것을 의미한다. 위와같은 질화막 층의 두께가 40Å인 50/40과 100/40 시편의 낮은 굴절율의 원인은 질화막의 두께가 얇아서 계면 영향을 많이 받아 구조가 치밀하지 못해서 나타나는 영향으로 생각된다. 이러한 상황에서 습식 재산화공정에 의한 상층부 산화막의 형성은 50/100과 100/100 시편에서는 고굴절율을 나타내는 질화막의 소비에 의한 저굴절율의 산화막의 형성으로 전체적인 굴절율은 감소한다. 그러나 50/40과 100/40 시편의 경우는 질화막의 치밀하지 못한 구조의 결합 개선을 통한 굴절율 증가현상과 상층부 산화막의 형성으로 인한 굴절율 감소 효과의 상충작용으로 ONO 막의 전체적인 굴절율은 증가 혹은 미소 감소 효과를 보이는 것으로 생각된다.

질화막의 열처리 효과는 계면성질의 개선이 기대되어 굴절율이 증가할 것으로 보였으나 전반적으로 굴절율의 미소 감소 현상을 보였다. 이에 대한 원인으로 질화막내에 hydrogen [H]이 불안정하게 Si-H 혹은 N-H 결합을 하고 있는데 열처리에 의하여 [H]이 확산하여 빠져 나가는 bake out 현상에 의한 농도저하,

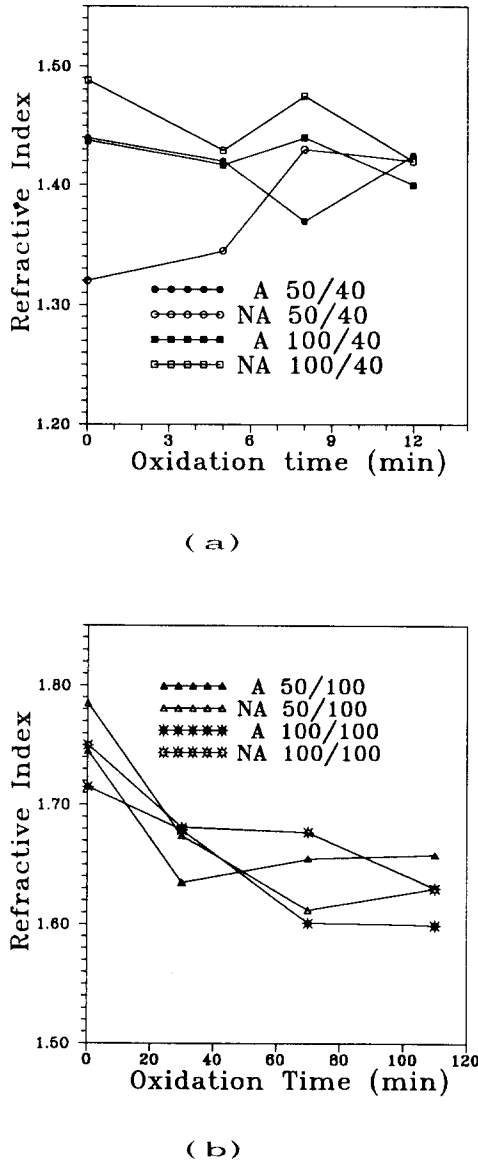


Fig. 2. Characteristics of refractive index of wet oxidized ONO samples as a function of wet oxidation time.

- (a) thin nitride samples.
- (b) thick nitride samples.

결합의 분해에 의한 결합양식의 변화 혹은 dangling bond 생성에 의해 나타나는 현상으로 생각할 수 있다. 그러나 전체 박막의 두께가 매우 얇기 때문에 IR transmission spectra와 MIR(Multiple Internal Reflection Spectra) 분석을 통하여 확인할 수는 없었다.

Fig. 3은 얇은 질화막에 대한 산화방지능력을 알아보기 위해 질화막의 두께가 40Å인 100/40 시편에 습식 재산화공정에 따른 전체 두께변화와 이때 상부층 산화막을 etch out한 후, 하부층 산화막의 두께가 일정하게 보전되어 있다고 가정하고 계산한 잔존 질화막만의 두께변화를 나타내고 있다. 여기서 특기할 사항은 산화과정에 의해 소비되어 점점 줄어드는 것이라고 예상되는 잔존 질화막이 늘어나고 있는 것처럼 보이는 것이다. 즉 상층부 산화막이 주로 다음과 같은 두가지 방법으로 질화막이 산화과정에 의해 이루어진다고 보면<sup>7,8)</sup>,

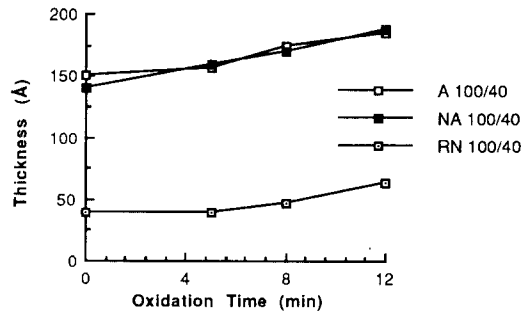
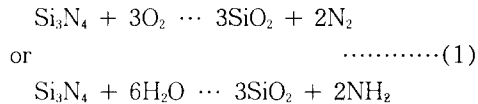


Fig. 3. Variations of total thickness of 100/40 samples and remanant silicon nitride(RN) thickness after etching of top oxide with wet oxidation time.



같은 면적에서 1<sup>\*</sup>몰 부피의 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>(ρ = 3.1 g/cm<sup>3</sup>)가 소비되면 3몰 부피의 SiO<sub>2</sub>(ρ = 2.27g/cm<sup>3</sup>)가 형성된다고 가정할 수 있다. 따라서 다음과 같은 관계가 성립된다.

$$\text{Conversion} = \frac{\text{Thickness of SiO}_2 \text{ Layer}}{\text{Thickness of Si}_3\text{N}_4 \text{ Consumed}}$$

$$= 1.755 \quad \text{.....(2)}$$

위 식이 의미하는 것은 산화공정에 의한 전체 두께 증가분이 d라고 하면, 질화막은 1.36d의 소비를 의미한다. 따라서 잔존 질화막층의 두께가 증가하는 것처럼 보이는 현상은 질화막이 얇아서 막 내에 pin hole 등의 결함

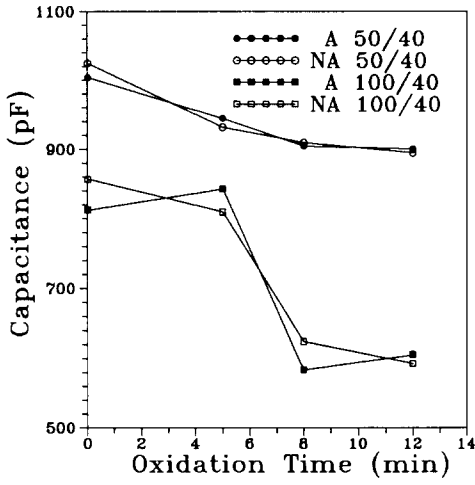
존재가능성으로 산화반응 동안에 oxidants가 질화막을 통과하여 하부층 산화막을 성장시키기 때문에 나타난다고 볼 수 있다.

이와같은 결과는 두가지 면에서 재확인되었다. 첫째, 100Å 질화막과 40Å 질화막의 1 HF:49 DI Water 용액으로 식각하였을 때의 거동은 고찰하였는데, 100Å 질화막의 경우

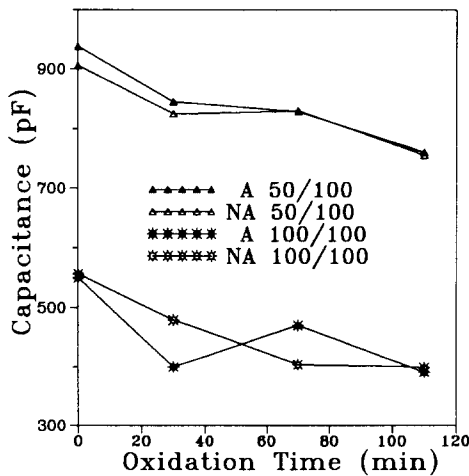
10Å/min 식각율을 보이고 40Å 질화막의 경우 17Å/min의 식각율을 보였다. 이는 치밀하지 못한 질화막이 보다 큰 식각율을 보이는 관계를 적용하면 40Å 질화막의 밀도가 상대적으로 낮다고 볼 수 있어 탁월한 산화장벽으로의 역할을 기대할 수 없다는 점이다. 둘째는 상층부의 식각되어진 산화막의 두께가 5-12분 동안의 산화공정동안에 12-14Å으로 전체가 유사하다는 것이다. 위와 같은 결과들은 50/40 시편에서도 동일하게 나타났다.

다음은 질화막의 습식산화시간에 따른 정전용량의 변화를 1 MHz에서 측정하여 Fig. 4에 나타내었다. 전반적인 정전용량의 크기가 50/40 > 50/100 > 100/40 > 100/100 시편의 순서로 나타나 있다. 여기서 ONO 구조의 정전용량의 크기를 결정하는 중요한 변수로 비유전상수의 크기, 전체 절연막의 두께, 상층부의 습식산화시간을 고려할 때 시편간 정전용량의 우위를 결정하는 인자를 생각해 볼 수 있다.

먼저 질화막층과 하층부 산화막층의 두께비가 유사한 50/40과 100/100 시편의 경우는 전체 두께가 지배적이어서 전체 두께가 더 작은 50/40이 100/100보다 정전용량이 크다. 다음, 전체 두께가 유사한 50/100과 100/40의 경우는 비유전상수의 효과가 지배적이어서 질화막층의 비율이 큰 50/100이 100/40보다 큰 정전용량을 나타내었다. 그리고 질화막층의 두께가 유사한 50/40과 100/40, 50/100과 100/100의 경우는 전체두께가 작은 50/40과 50/100이 각각 100/40과 100/100보다 큰 정전용량을 나타내고 있다. 또한, 50/40과 50/100 그리고 100/40과 100/100의 경우는 전체 두께 증가로 인한 정전용량의 감소효과가 비유전상수가 큰 질화막층의 비율증가보다 우세하여 50/100과 100/100이 각각 50/40과 100/40보다 작은 정전용량을 보였다. 그리고 각 시편에서 습식산화의 시간이 증가함에 따라 즉, 상층부 산화막의 두께가 증가함에 따른 정전용량의 변화는 아래의 식(3),(4) 결과와 같이 분모항의 증가로 감소를 나타내고 있다.



(a)



(b)

Fig. 4. Capacitances of the samples as a function of wet oxidation time.

- (a) thin nitride samples.
- (b) thick nitride samples.

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_{oxide}} + \frac{1}{C_{nitride}} \dots\dots(3)$$

$$C_{total} = \frac{\Lambda \epsilon_s \epsilon_m \epsilon_m}{d_m \epsilon_m + d_s \epsilon_m} \dots\dots\dots(4)$$

여기서 C는 정전용량이고,  $\Lambda$ 는 capacitor의 면적,  $d_s, d_m$ 는 산화막과 질화막의 두께, 그리고  $\epsilon_s, \epsilon_m$ 는 산화막과 질화막의 비유전상수를 의미한다.

Fig. 4는 또한 재산화공정 이전에 질화막의 열처리 유무에 의한 정전용량의 변화 정도는 미소함을 보여주고 있다.

Fig. 5는 얇은 질화막을 갖는 100/40 시편을 습식산화공정을 하기 전과 한 후의 정전용

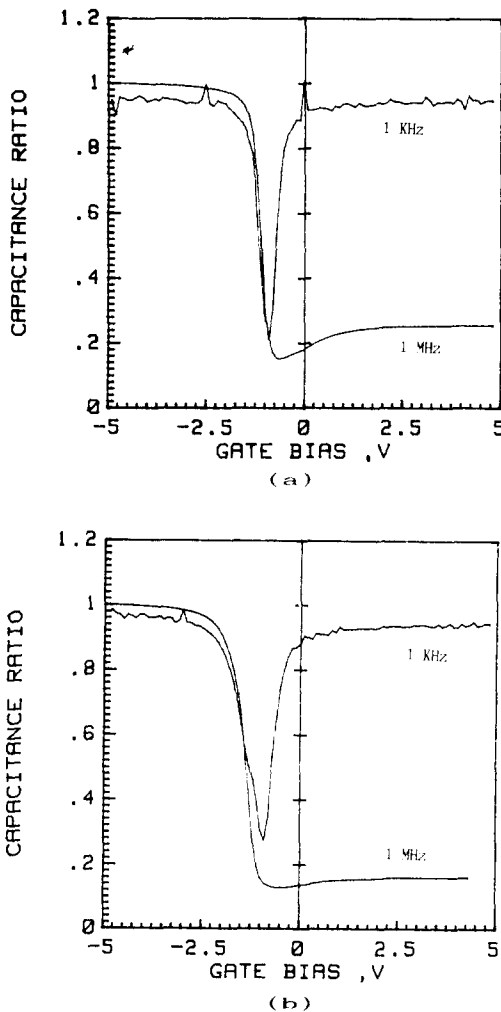


Fig. 5. C-V plots of the 100/40 samples before and after wet oxidation process.

(a) before oxidation

(b) after oxidation process at 800°C for 8 min.

량의 변화 및 막질의 변화를 고찰하기 위하여 1 MHz와 1 KHz의 주파수로 각각하여 normalized capacitance 측정치를 보여주고 있다. 이 C-V plot에서 나타난바와 같이 8 분간의 산화공정에 의한 상층부 산화막의 형성으로 1 KHz 주파수에서의 C-V plot의 요철이 감소하는 것은 막내의 mobile charge, trapped charge 들이 산화공정에 의한 구조적 결함의 개선을 통하여 감소되어졌기 때문으로 보인다.

I-V 특성분석은 박막의 결함 및 계면상태를 알 수 있는, 신뢰성에 직접 연관된 중요한 분석으로<sup>9)</sup> carrier 전도의 경향은 산화막 층의 다양한 두께 변화로 해석이 가능하다. 먼저 질화막에서 hole과 electron중 hole의 유효질량이 크기 때문에 hole의 포획이 상대적으로 취약하여 ONO film의 주된 current conduction이 hole이라는 제안에 근거를 두었으며<sup>10)</sup>, 이는 Fig. 6에서 Poole-Frenkel plot를 그려서  $\ln(J/E)$ 와  $E^{1/2}$ 의 그래프가 직선에 근사함을 통하여 확인하였다.

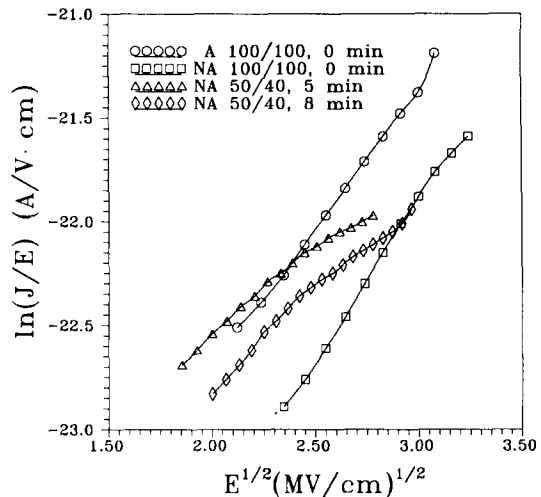


Fig. 6. The Poole-Frenkel plot of  $\ln(J/E) E^{1/2}$  relation for various ONO structures.

Fig. 7은 습식산화공정시간에 따른 J-V (current density-voltage) 특성 곡선을 상층부 산화막에 음의 전압을 인가한 positive bias와 반대인 negative bias로 나타내어 고찰하였다. 그 결과 positive bias에서 보다 적은 누설전류

와 높은 절연 파괴전압을 보였다. 일반적인 산화막의 경우는 negative bias에서 depletion layer가 형성되어 실리콘 웨이퍼에도 전압강하가 발생하므로 위의 결과와 상반되어 나타난다. 이러한 현상은 Fig. 6에서 확인한 바 있는 hole에 의한 전도기구를 고려하여 보면 된다. 즉 negative bias에 비교해 positive bias에서 ONO film에 전압 강하가 크게 나타나지만 하부층의 치밀한 산화막에 의해 양극으로부터의 hole 유입에 대한 장벽의 효과가 보다 탁월한 것으로 보여진다. 뿐만 아니라 습식산화 시간이 증가함에 따라, 즉 상부층 산화막이 두꺼워짐에 따라 전극으로부터 유입되는 hole 양이 줄어들어서 current density가 상당히 감소함을 알 수 있다. 질화막의 열처리 효과는 negative bias에서는 미소하지만 positive bias에서는 절연 파괴전압이 약 2 V 정도 상승하는 효과를 보였다.

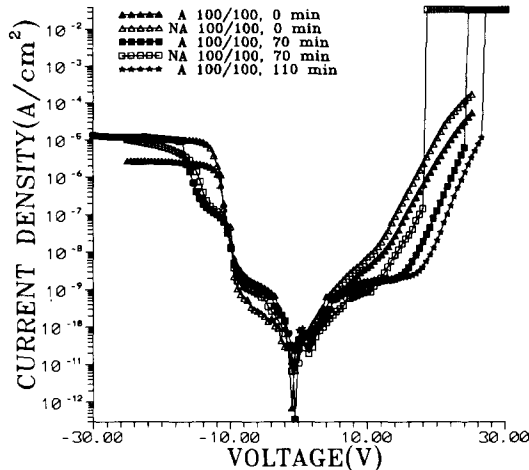


Fig. 7. Characteristics of current density vs. voltage (J-V) for the 100/100 samples under positive and negative bias.

다음은 하부층 산화막이 기능을 알기 위해 50/40과 100/40 시편을 동일하게 800°C에서 습식산화공정 후, positive bias를 인가하여 J-V (current density-voltage) 특성 분석을 Fig. 8에 나타내었다. 그 결과, 하층부 산화막의 두께가 각각 50Å, 100Å이고 나머지 공정조건이 같은 경우에는 current density의 감소 정도가 두께차이에 비해 크지 않았고 이는 하부층 산화막으로부터 유입되는 hole 양의 변

화가 적음을 의미한다. 즉 동일 조건에서 정전용량의 확보라는 문제를 결부시키면 50Å 혹은 그 이하의 두께를 지니는 하층부 산화막이 유효함을 알 수 있다.

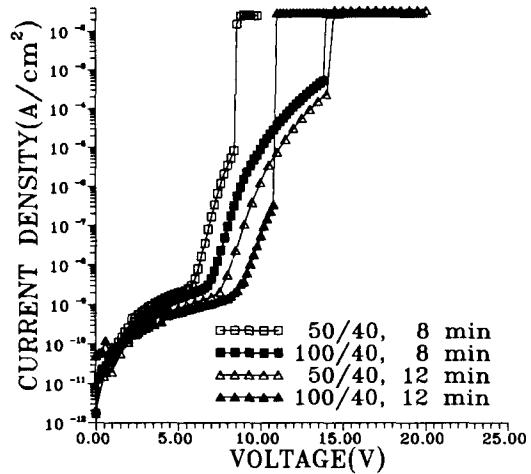
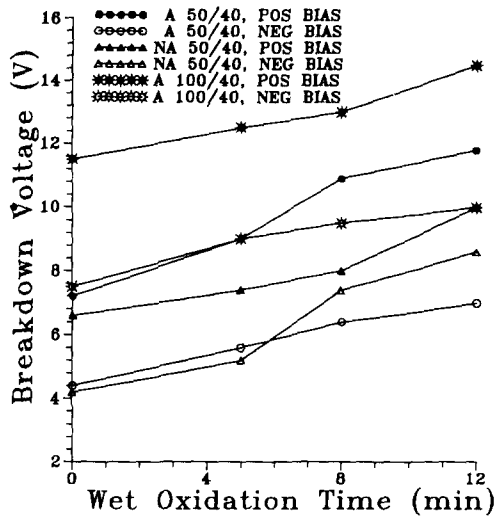


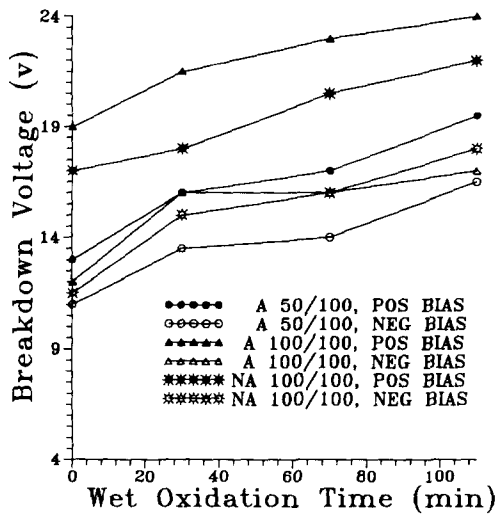
Fig. 8. Characteristics of current density vs. voltage (J-V) for the ONO structures under positive bias.

Fig. 9은 공정조건에 따른 절연 파괴전압을 보여 주고 있다. 모든 시편에 산화공정시간이 증가함에 따라 절연 파괴전압이 증가함을 볼 수 있는데 이는 상부층의 산화막이 두꺼울수록 전극으로부터 유입되는 hole 양이 급격히 줄어들기 때문이다. 그리고 전체적으로 질화막을 열처리를 행한 후 산화막을 형성한 경우는 약 2-3V 가량의 절연 파괴전압의 상승효과를 보인다.

Fig. 10은 질화막에 습식산화가 진행됨에 따른 성분원소의 농도변화를 Auger depth profile을 통하여 나타내고 있다. Fig. 10의 (a) 경우 하부층 산화막이 50Å이고 질화막이 40Å인 50/40 시편을 800°C에서 8분간 산화공정된 것이다. 형성된 상부층 산화막과 잔존 질화막의 두께가 얇은 관계로 정확한 분석은 어렵지만 하부 산화층 두께의 비율이 상부층 산화막과 질화막층을 포함한 부분보다 큼을 알 수 있다. 이와같은 결과는 하부층 산화막이 성장하였음을 간접적으로 나타내는 것이다. Fig. 10의 (b) 경우는 50Å 산화막위에 100Å의 질화막이 증착된 50/100 시편을 900



(a)

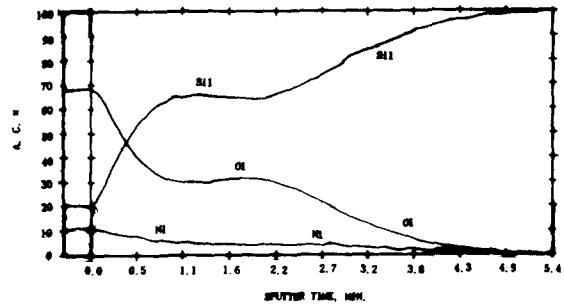


(b)

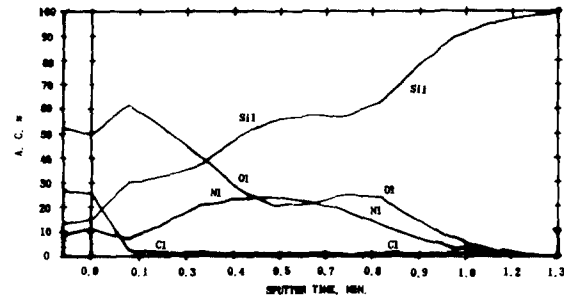
Fig. 9. Breakdown voltage of the ONO capacitors before and after annealing silicon nitride with wet oxidation time.

- (a) thin nitride samples.
- (b) thick nitride samples.

℃, 100분간 습식산화처리한 시편으로 산화에 의해 산소가 표면으로 확산되어  $\text{SiO}_x\text{N}_y$  조성



(a)



(b)

Fig. 10. AES depth profiles of 50/40 and 50/100 samples.

- (a) 50/40 sample after wet oxidation at 800 °C for 8 min.
- (b) 50/100 sample after wet oxidation at 900 °C for 100 min.

으로 바뀌어져 있음을 알 수 있고 nitrogen은 질화막층을 중심으로 확산에 의해 농도가 감소함을 보이고 있다.

#### 4. 결 론

본 실험 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 하부 산화막층이 50 Å이고 질화막층이 40 Å인 시편을 습식산화공정을 처리한 것의 정전용량이 전반적으로 크게 나타났지만 5분이상의 산화는 하부층의 산화막을 성장시켜 정전용량의 감소효과만을 보였다.
- 2) 질화막에 습식산화처리하여 전체막의 굴절율과 식각 거동을 관찰한 결과, 40 Å 두께의 질화막은 치밀하지 못해서 정전용량의 확보능력이 떨어진다.



3) ONO 다층 유전 박막의 전도전류는 하부층 혹은 상부층 산화막의 두께가 증가함에 따라 감소하였다. 즉 하부층과 상부층의 산화막이 두꺼울수록 양극(anode)으로부터 질화막으로의 hole 유입에 대해 효과적으로 barrier 역할을 한다는 사실이 확인되었다. 그러나 산화막이 50Å 이상인 경우는 정전용량의 감소 요인으로 작용할 뿐, hole 유입에 대한 barrier 역할은 크게 향상되지 못하였다.

4) 산화된 질화막에 대한 열처리 효과는 막의 굴절률과 정전용량에는 큰 영향을 주지 못하였으나 전연과괴전압은 약 2.3V의 상승 효과를 보였다.

### 감사의 글

본 연구는 RETCAM의 연구비 지원에 의하여 이루어진 것으로 본 연구비 지원에 감사드립니다.

### 참고 문헌

1. F.L. Terry, JR., R.J. Aucoin, IEEE Electron Device Lett., vol ED L-4, no.6, pp.

- 191, 1983.
2. T. Watanabe, A. Menjoh, T. Mochizki, S. Shinozaki and O. Ozawa, IEEE Electron Devices, vol. 35, no. 6, pp. 806, 1988.
3. H.J. Stein, Appl. Phys. Lett., 32(1978) 379.
4. J.A. Jopich and R.A. Turi, Appl. Phys. Lett., 41(1982) 641.
5. K. Kobayashi et al., Sympo. VLSI Tech. Dig., pp. 119-120, 1990.
6. C.S. Pan et al., IEEE Trans. Electron Devices, vol. 37, no. 6, pp. 1439-1443, 1990.
7. S.I. Raider et al., J. Electrochem. Soc., vol. 123, no. 4, pp. 560, 1976.
8. T. Enomoto, R. Ando, H. Horita, and H. Nakayama, Japan. J. Appl. Phys., vol. 17, no. 6, pp. 1049, 1978.
9. K.N. Ritz et al., IEEE Elec. Devi. Lett., vol. EDL 7, no. 2, pp. 58-60, 1986.
10. Ellechi Suzuki et al, IEEE Trans. Electron Devices, vol. ED 30, NO. 2, 1983.