

## NVSM용 초박막 ONO 적층 유전층의 특성

이상은, 김선주, 서광열

광운대학교 전자재료공학과, 서울, 139-701

## Characterization of ultrathin ONO stacked dielectric layers for NVSM

Sang-Eun Lee, Seon-Ju Kim and Kwang-Yell Seo

Department of Electronic Materials Engineering, Kwangjuon University, Seoul 139-701, Korea

**요 약** MONOS(metal-oxide-nitride-oxide-semiconductor) EEPROM에 응용하기 위한 얇은 ONO 유전층의 막 특성을 AES, SIMS, TEM 및 AFM을 이용하여 조사하였다. 터널링 산화막, 질화막, 블로킹 산화막의 두께를 각각 달리하여 ONO 박막을 제작하였다. 터널링 산화막 위에 LPCVD 방법으로 질화막을 증착하는 동안 얇은 터널링 산화막이 질화되었으며, 질화막 위에 블로킹 산화막을 형성할 때, 산소가 질화막 표면을 산화시킬 뿐만 아니라 질화막을 지나 확산되었다. ONO 박막은 SiO<sub>2</sub>(블로킹 산화막)/O-rich SiOxNy(계면)/N-rich SiOxNy(질화막)/O-rich SiOxNy(터널링 산화막)으로 이루어졌다. SiON상은 주로 터널링 산화막과 질화막, 질화막과 블로킹 산화막 계면에 분포하였으며, Si<sub>2</sub>NO상은 각 계면의 질화막 쪽과 터널링 산화막 내에 분포하였다.

**Abstract** Film characteristics of thin ONO dielectric layers for MONOS (metal-oxide-nitride-oxide-semiconductor) EEPROM was investigated by AES, SIMS, TEM and AFM. The ONO films with different dimension of tunneling oxide, nitride, and blocking oxide were fabricated. During deposition of the LPCVD nitride films on tunneling oxide, this thin oxide was nitrized. When the blocking oxide were deposited on the nitride film, the oxygen not only oxidized the nitride surface, but diffused through the nitride. The results of ONO film analysis exhibits that it is made up of SiO<sub>2</sub> (blocking oxide)/O-rich SiOxNy (interface)/N-rich SiOxNy (nitride)/O-rich SiOxNy (tunneling oxide). In addition, the SiON phase is distributed mainly near the tunneling oxide/nitride and nitride/blocking oxide interfaces, and the Si<sub>2</sub>NO phase is distributed mainly at nitride side of each interfaces and in tunneling oxide.

### 1. 서 론

삼중 게이트 유전막을 갖는 SONOS/MONOS 구조는 MNOS 소자의 스케일링 한계를 극복하기 위해서 제안된 비휘발성 반도체 소자이다[1]. 질화막 두께가 두꺼운 MNOS 소자에 비해 초박막의 ONO 구조는 막의 형성 과정에서 오는 박막의 특성 변화 때문에 프로그래밍 전압, 기억유지 특성, 내구성 등 기억 특성에 변화를 가져온다. 따라서, 초박막 ONO 구조의 각각의 막과 계면에서의 화학조성 분석 및 화학구조를 분석하고 기억 특성과 관계짓는 연구는 대단히 중요하다. 초박막 ONO 적층 유전막의 화학 구조적인 특성은 명확하게 규명되어 있지 않을 뿐 아니라 분석이 어려운 것으로 알려져 있다.

본 연구는 터널링 산화막, 질화막 및 블로킹 산화막의 두께를 달리한 ONO 구조를 제작하고 AES와 SIMS를 이용하여 질화막 두께의 초박막화에 따른 화학적 결합

이온의 상태와 공간적 분포 분석을 실시하여 각 막질의 물리화학적 변화를 분석, 고찰한 것이며, TEM과 AFM으로는 두께 및 표면분석을 실시하였다.

### 2. 실험

박막은 비저항이 13 Ω-cm인 (100)방향의 p형 실리콘 웨이퍼 위에 형성하였다. 터널링 산화막은 800°C 상압에서 질소로 희석시킨 산소(O<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>=7.25 l/min:7.75 l/min)를 사용해서 웨이퍼를 열산화로 성장시켰다. 산화막의 성장과 질화 과정을 조사하기 위하여 산화막의 두께를 각각 23 Å, 45 Å의 두 종류로 성장하였으며 그 위에 질화막을 785°C에서 SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>와 NH<sub>3</sub>의 혼합 가스(SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>:NH<sub>3</sub>=30 sccm:100 sccm)를 반응시켜 LPCVD 방법으로 증착시켰다. 질화막의 두께는 증착 시간을 다르게 하여

변화시켰고, 형성된 초기 질화막 두께는 각각 23 Å의 터널링 산화막 위에는 57 Å과 80 Å, 45 Å의 터널링 산화막 위에는 57 Å과 130 Å이 증착되도록 하였다. 블로킹 산화막은 900°C의 상압에서 H<sub>2</sub>:O<sub>2</sub>=6.75 l/min:4.5 l/min 혼합 가스를 사용하여 질화막 위에 성장시켰다. 얇은 질화막의 산화 과정을 조사하기 위해서는 질화막의 두께를 57 Å으로 증착하고 그 위에 습식산화 시간을 67분 및 80분으로 달리하여 블로킹 산화막의 두께가 각각 40 Å, 51 Å이 되도록 성장시켰다.

제작한 ONO박막은 터널링 산화막이 23 Å, 블로킹 산화막이 40 Å으로 하고 질화막 두께만을 33 Å과 106 Å으로 다르게 두 종류를 제작하고 AES(PHI SAM4300)로 성분분석과 결합상태의 변화를 조사하였다. 화학적 구조의 정확한 분석을 위하여 전자빔은 2 kV, 200 nA를 사용하였고 스퍼터링에 의한 표면 거칠기 및 결합상태의 손상을 줄이기 위하여 1.5kV의 낮은 Ar 이온빔 전압, 9.0 mm<sup>2</sup>의 넓은 Raster 면적, 낮은 입사각도의 스퍼터링(20°) 및 zalar 회전 방법을 적용하였다. TOF-SIMS(Cameca ION-TOF)를 이용하여 화학적 결합 이온의 상태와 공간적 분포 분석을 실시하였다. 초박막 ONO 구조의 두께는 TEM(Philips CM300)으로 분석하였으며 AFM(DI D5000)으로 ONO 박막의 거칠기 분석 및 AES 분석 후 스퍼터링 손상에 의한 표면 거칠기를 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. ONO 구조의 두께 결정

터널링 산화막 두께를 일정하게 하고 질화막의 두께를 57 Å과 130 Å으로 퇴적시킨 후 동일한 공정으로 습식산화를 수행하여 블로킹 산화막을 형성하였다. 제작된 ONO 박막에 대하여 TEM 분석을 수행한 결과, 터널링 산화막 두께는 23 Å으로 동일하게 형성되었고 질화막의 습식산화 이후에 남아 있는 질화막의 두께는 각각 33 Å과 106 Å이었으며 블로킹 산화막의 두께는 40 Å이었다. 터널링 산화막 23 Å, 질화막 33 Å 및 블로킹 산화막 40 Å인 ONO 초박막의 TEM 분석 결과는 Fig. 1과 같다.

#### 3.2. Si LVV AES 피이크 2차 미분법에 의한 ONO 박막의 화학구조 분석

오제전자의 이탈 깊이(escape depth)는 100 eV 이하의 낮은 운동에너지에서 최소 4 Å 정도까지로 보고되고

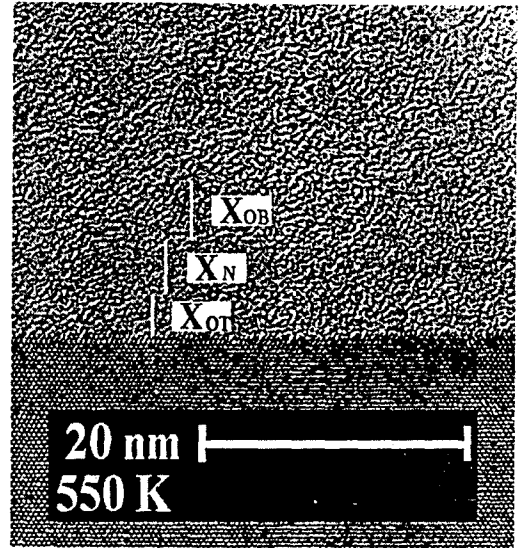


Fig. 1. The XTEM image of the ONO superthin film with X<sub>OT</sub>=23 Å, X<sub>N</sub>=33 Å, and X<sub>OB</sub>=40 Å.

있으며 이는 최근 초박막 분석의 신뢰성을 고려하는 경우에 상부 막질과 하부 막질 사이에서 발생하는 검출 성분 중첩으로 인한 깊이 분석에서 분해능의 한계를 의미한다는 점에서 매우 중요한 의미를 가진다. 오제전자를 이용한 분석에서 화학적 결합상태 변화로 인한 화학 이동(chemical shift)을 다양하게 얻을 수 있는 성분은 실리콘과 알루미늄 등 몇몇으로 한정되어 있다. 따라서 정보의 깊이(information depth)를 최소화하고 화학적 결합에 따른 운동에너지의 변화량이 큰 Si LVV의 피이크 분석이 적절하다. 또한 분석에서 발생하는 오제 스펙트럼의 낮은 분해능을 향상시키고 미세한 결합상태의 변화를 분석하기 위해 2차 미분법을 새롭게 적용할 필요가 있다. Fig. 2에서 나타난 바와 같이, 이는 기존의 오제전자가 검출되는 운동에너지와 동일한 위치에서 음(-)의 피이크를 얻을 수 있으며 매우 작은 양의 검출 전자에 대해서도 정확하게 피이크를 분석할 수 있는 효과적인 방법임을 알 수 있다.

터널링 산화막의 두께가 각각 23 Å과 45 Å으로 다른 경우에 산화막 성장 직후에 AES 피이크 2차 미분 곡선에 의한 화학적 결합상태를 비교 분석한 결과는 각각 Fig. 3의 곡선 (a) 및 Fig. 4의 곡선 (a)와 같다. Fig. 3에서 알 수 있는 바와 같이 산화막을 23 Å으로 얇게 형성한 경우 산화막은 안정된 SiO<sub>2</sub> 결합상(76 eV)으로 형성되며 정량화로는 표현할 수 없는 Si-H 결합 또는 미결합 손에 의한 실리콘 원소 피이크(92 eV)가 매우 약하게 관찰된다. 이는 AES 분석에 사용된 Ar 이온 및 입사 전자빔에 의한 결합상태의 손상에 의한 상태가 포함되어

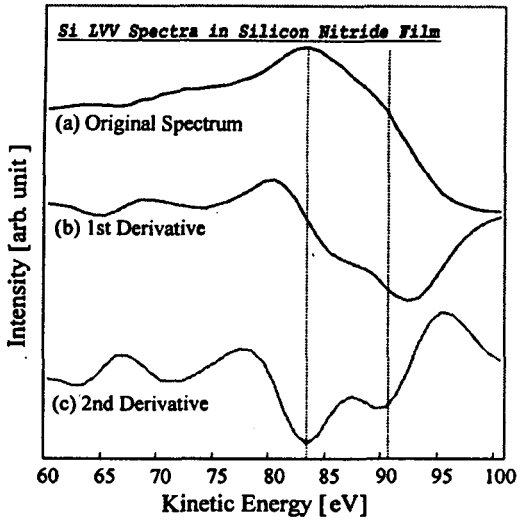


Fig. 2. Derivative spectra and original spectrum consisting of two overlapping peaks. (a) Original spectrum, (b) First derivative spectrum and (c) Second derivative spectrum.

있으며 또한 오제전자 이탈 깊이의 한계 근처에서 검출되는 실리콘 기판 성분의 중첩(실리콘, 95 eV)과는 다르게 산화막 내에 일정하게 분포하고 있는 것으로 미루어 산화막 자체의 결합 특성도 일부 포함하고 있는 것으로 생각된다.

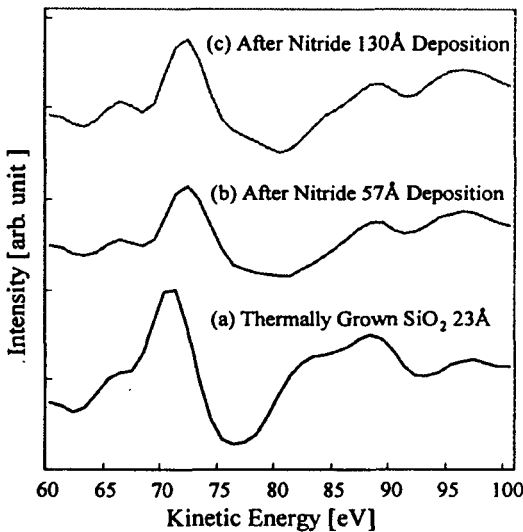


Fig. 3. Si LVV AES spectra of bottom oxide with nitride thickness deposited on the 23 Å bottom oxide. (a) Before deposition of nitride, (b) After deposition of 57 Å nitride and (c) After deposition of 130 Å nitride.

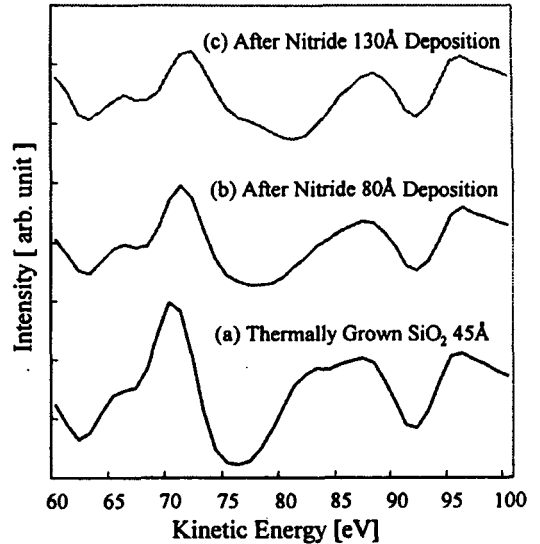


Fig. 4. Si LVV AES spectra of bottom oxide with a 45 Å by nitride deposition. (a) No deposition of nitride, (b) After deposition of nitride 80 Å and (c) After deposition of nitride 130 Å.

산화막의 두께를 45 Å으로 증가시킴에 따라 산화막은 이중구조로 이루어지며 산화막의 상부는 Fig. 3의 곡선 (a) 같은 결합상으로 치밀하게 이루어지나 산화막의 하부는 Fig. 4의 곡선 (a)에서 알 수 있는 바와 같이 92 eV의 실리콘 피크 강도가 강하게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 AES 분석에 의한 결합상태의 손상 및 Si-SiO<sub>2</sub> 계면 근처에서의 Si-Si, Si-H 결합이나 미결합손 증가 등을 고려할 수 있다. Fig. 5는 이러한 현상을 나타내기 위한 그림이다. 이의 정확한 분석을 위하여 산화막의 두께를 다양하게 제작하고 후속 열처리를 수행하여 분석한 결과, 열산화법에 의한 산화막 성장시 산화막 하부에는 Si-O-Si의 작은 결합각을 가지는 SiO<sub>2</sub> 전이층 (transition layer)이 존재하고 이는 높은 스트레스를 가지는 것으로 사료된다. 따라서 이러한 특성을 가지는 전이층은 AES 분석시 사용되는 Ar 이온이나 가속 전자에 의하여 쉽게 손상을 받아 92 eV의 실리콘 피크로 나

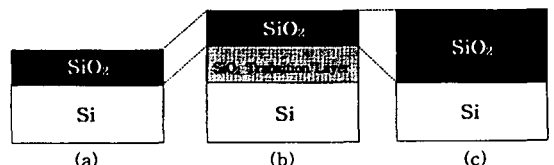
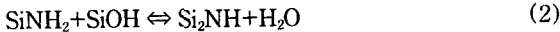


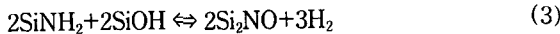
Fig. 5. Modeling of SiO<sub>2</sub> film structure deduced from AES analysis. (a) Thermally grown SiO<sub>2</sub> of 23 Å, (b) Thermally grown SiO<sub>2</sub> of 45 Å and (c) After 950°C annealing of 45 Å oxide.

타난다고 보여진다. 이러한 산화막을 950°C 이상으로 열처리하는 경우 92 eV의 실리콘 피이크 강도는 매우 약해지고 산화막 표면에서부터 Si-SiO<sub>2</sub> 계면에 이르기까지 산화막 전체에서 동일한 피이크를 갖는 것으로 미루어 전이층은 열처리에 의하여 소멸되는 것으로 해석할 수 있으며 산화막의 품질은 향상되는 것으로 생각된다.

두께가 23 Å과 45 Å인 터널링 산화막을 성장시키고 그 위에 질화막의 두께를 달리하여 증착시킬 때 산화막의 질화를 조사하였으며 그 결과는 Fig. 3의 곡선 (b), (c) 및 Fig. 4의 곡선 (b), (c)와 같다. 두 시료 모두 질화막의 두께를 증가시킴에 따라 산화막에서의 실리콘 피이크(76 eV, Si-O)는 78 eV 및 83 eV(Si-N)로 연속적으로 이동하며 Si-O 결합에 의한 피이크 강도는 상대적으로 감소함을 알 수 있다. 피이크의 이동은 Si-N 결합에 의한 화학구조 변화에 기인하며 SiO<sub>2</sub> 피이크 강도의 감소는 Si-O 결합에서 산소의 소실을 의미한다. 또한 산화막의 두께 및 질화막 증착 두께와 무관하게 92 eV 근처의 Si 피이크의 강도 변화 및 에너지 이동은 관찰되지 않는 것을 보면 산화막의 질화는 산화막내 전이층의 결합상태 변화에는 기여하지 못하며 산화막 내 산소와 NH<sub>3</sub>내 질소의 치환 과정으로 해석할 수 있다. 그 결과는 다음 반응식과 같이 나타낼 수 있다[2].



또는



질화막 증착 두께를 각각 다르게 하여 질화막 형성 직후 초기 상태를 조사한 결과 질화막 증착 두께에 무관하게 질화막 표면으로부터 질화막 내 약 30 Å의 깊이에 이르기까지 산소가 검출되고 있음을 확인할 수 있으며 질화막 두께를 30 Å 이하로 제작하는 경우 질화막 전체가 산화됨으로 인하여 질화막은 전형적인 특성을 상실한다고 생각된다. 이러한 질화막 형성 직후의 자연적인 표면 산화는 LPCVD 노에서의 질화막 증착 직후 배기 및 냉각공정 상에서 발생하는 것으로 생각된다.

질화막 두께를 57 Å으로 한 얇은 시료에 대하여 블로킹 산화막 형성을 위한 습식산화 시간에 따른 질화막 내 산소의 확산을 조사하였으며 그 결과는 Fig. 6과 같다. 습식산화 시간을 증가시킴에 따라 질화막내 산소의 증가가 관찰되며 이때 질화막내로 확산한 산소는 미결합손(91 eV)을 보호하거나 미량 존재하는 Si-H 결합에서 수소를 치환하는 것으로 예상되며 이렇게 결합된 Si-O의 상태가 증가함에 따라 91 eV 근처의 Si 피이크는 소멸된다. 따라서 산소와의 결합에 의한 미결합손의

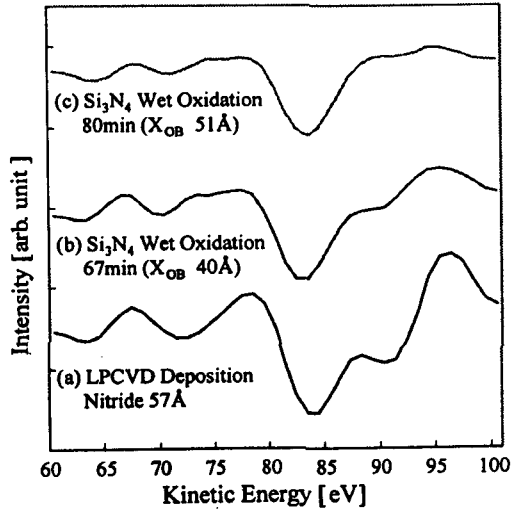


Fig. 6. Si LVV AES spectra for different oxidation time. (a) Before oxidation, (b) After wet oxidation for 67 min ( $X_{OB}=40 \text{ \AA}$ ) and (c) After wet oxidation for 80 min ( $X_{OB}=51 \text{ \AA}$ ).

감소는 77 eV의 피이크 감소로 나타나며, 또한 72 eV 근처의 피이크도 강도가 작아지면서 낮은 에너지 방향으로 이동하는 것은 Si-O 결합이 증가하고 Si-N과 Si-O 결합상태가 합쳐져서 생긴 현상으로 해석된다. 위에서 조사된 바와 같이 터널링 산화막 위에 질화막을 형성하는 과정에서 발생하는 NH<sub>3</sub>에 의한 산화막의 질화와 질화막의 습식산화에 의한 산화는 서로 다른 기구로 설명된다.

### 3.3. ONO 구조의 AES 깊이 분포 분석

터널링 산화막 23 Å, 블로킹 산화막 40 Å이고 질화막의 두께가 각각 33 Å과 106 Å으로 한 ONO 박막에 대한 AES 깊이 분포는 Fig. 7(a), (b)와 같다. 질화막 벌크내 산소의 농도는 질화막 두께가 감소함에 따라 증가하는 경향을 나타낸다. 소자의 집적화, 저전압화 및 정전용량 향상을 위한 질화막 두께의 감소는 더 이상 훌륭한 산소 장벽 특성을 가지지 못함을 의미한다[3]. 질화막내 산소 농도의 증가는 질화막내 미결합손에 의한 기억트랩 증가는 트랩을 보호하여 트랩 준위를 깊게 하므로 기억유지 특성의 감퇴를 줄일 수 있으며 내구성도 향상시킬 수 있게 한다[4]. 터널링 산화막은 질화막 증착에 사용된 NH<sub>3</sub> 기체에 의하여 SiO<sub>2</sub> 상에서 SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub> 상으로 변화하며 질소의 확산은 터널링 산화막의 장벽 높이를 감소시키며 프로그래밍 전압강하와 기억유지 특성 저하 및 절연파괴로 인한 누설전류를 증가시킬 것으로 예상된다. 질화막 위에 성장된 블로킹 산화막의 경우 SiO<sub>2</sub>

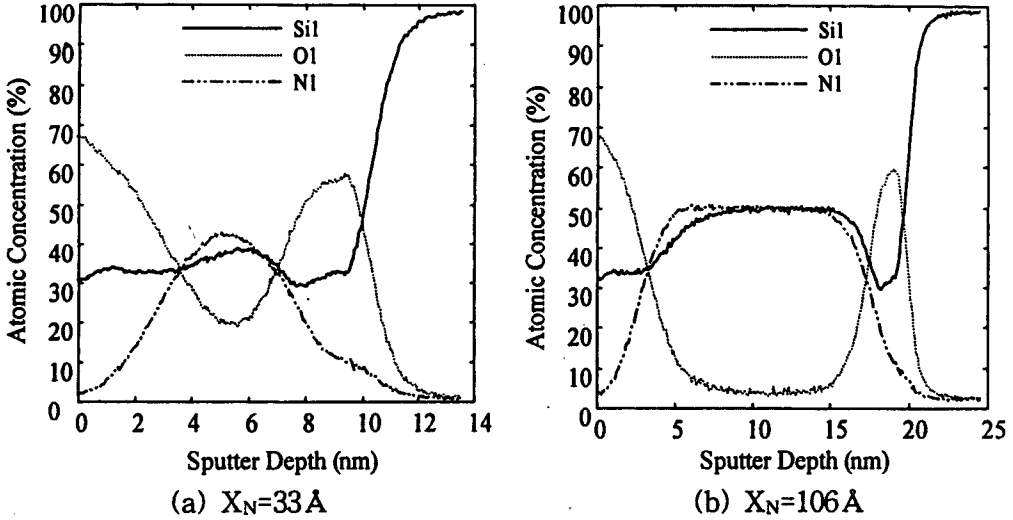


Fig. 7. AES depth profile of ONO dielectric films with the same thicknesses for the tunnel oxide of 23 Å and blocking oxide of 40 Å but different thickness of nitride.

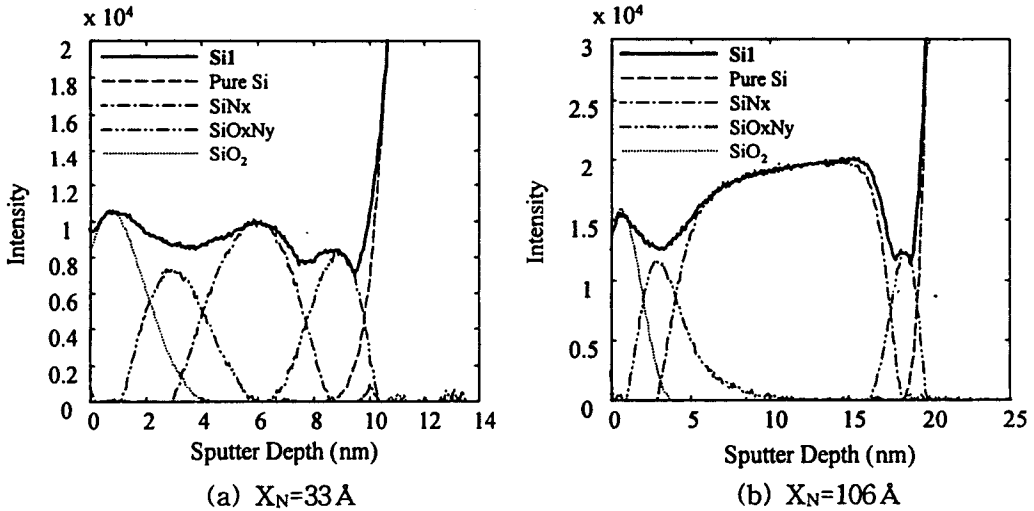


Fig. 8. Chemical structure analysis of ONO dielectric films with the same thicknesses for the tunnel oxide of 23 Å and blocking oxide of 40 Å but different thickness of nitride by linear least squares fit using AES Si LVV spectra.

뿐만 아니라 SiOxNy 상의 전이층이 존재하며 이곳에 분포하는 다량의 기억트랩은 질화막 벌크트랩의 감소에도 불구하고 낮은 프로그래밍 전압에 대해 큰 기억창을 갖게 한다[1]. AES 스펙트럼에서 정보의 깊이가 가장 작고 화학결합 상태의 변화에 따른 피크 에너지 이동량이 큰 Si(LVV) 피크를 이용하여 ONO 박막에 대한 선형최소자승 일치(linear least squares fit)를 수행한 결과는 Fig. 8과 같다.

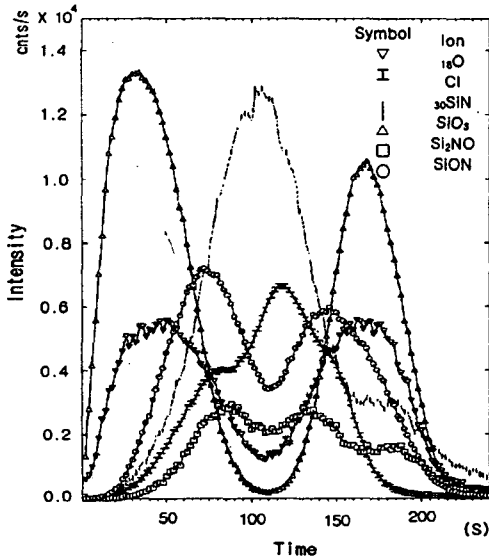
그림에서 알 수 있는 바와 같이 질화막 두께가 33 Å과 106 Å인 두 ONO 박막 시료는 모두 SiO<sub>2</sub>/O-rich

SiOxNy/N-rich SiOxNy/O-rich SiOxNy의 동일한 구조를 갖는다.

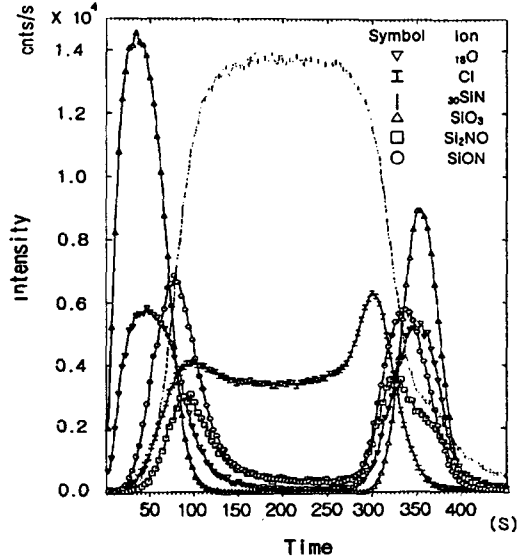
### 3.4. ONO 구조의 TOF SIMS 깊이 분포 분석

ONO 박막의 화학구조를 정확히 이해하기 위한 SIMS 분석 결과는 Fig. 9와 같다.

TEM과 AES의 두께 및 성분분석 결과를 SIMS 깊이 분포에 적용하여 분석한 결과, SiON의 분포는 블로킹 산화막/질화막 계면 및 질화막/터널링 산화막 계면에서



(a)  $X_N=33\text{\AA}$



(b)  $X_N=106\text{\AA}$

Fig. 9. TOF-SIMS depth profile of ONO dielectric films with the same thicknesses for the tunnel oxide of 23 Å and blocking oxide of 40 Å but different thickness of nitride.

최대 값을 가지며,  $\text{Si}_2\text{NO}$ 는 양 계면의 질화막 안쪽에서 가장 많이 분포한다.  $\text{SiON}$ 의 분포는 각각의 계면을 구분하고 성장 기구를 이해하는데 매우 중요하며  $\text{Si}_2\text{NO}$ 는 질화막의 상부와 하부에서 서로 대칭 구조를 이루며 전이층으로 존재한다. 또한 질화막의 두께가 증가함에 따라 터널링 산화막 내  $\text{Si}_2\text{NO}$  및  $\text{SiN}$ 의 농도는 증가하고  $\text{SiO}_2$ 는 감소하는 반면  $\text{SiON}$ 은 질화막 두께에 관계없이 일정함을 알 수 있다. 따라서  $\text{SiON}$ 은 계면을 형성하는 대표적인 결합상으로 질화나 산화 과정에서 급격히 변화하지 않는 반면, 산화막내 존재하는  $\text{Si}_2\text{NO}$ 와  $\text{SiN}$  결합은 반응식 (1), (2), (3)에서 언급한 바와 같이 후속 공정에 의하여 생성되는 2차 결합상임을 알 수 있다.

또한 터널링 산화막과 블로킹 산화막에서 산소의 강도는 동일한 반면  $\text{SiO}_2$ 의 급격한 차이는 초기 터널링 산화막에서의 안정된  $\text{SiO}_2$  결합이 질화막 증착 과정에서  $\text{NH}_3$ 의 치환반응으로 인하여 결합상태가 변화하였음을 증명한다.

질화막 증착 시에 사용된  $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$  가스로 인한 Cl 이온의 분포는 질화막의 형성을 근원적으로 나타내고 있으며 터널링 산화막 및 블로킹 산화막 계면에서의 분포 비교는 상부 막과 하부 막의 반응 기구를 설명하는데 매우 중요하다. 터널링 산화막 계면에서 Cl 이온의 기울기는 매우 가파르며 계면에서 정확히 멈추는 것으로 관찰되는 반면, 블로킹 산화막 계면에서 Cl의 기울기는 상대적으로 완만하고 블로킹 산화막 내부에 이르기까지 존재하는 것으로 미루어 블로킹 산화막 하부는 습식산화

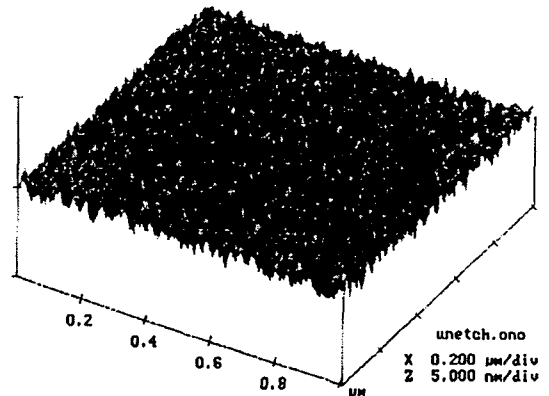


Fig. 10. AFM surface image of scaled ONO dielectric film. Rms surface roughness of 2.2 Å for 1 μm × 1 μm area scan.

이전에 질화막이었음을 알 수 있으며 이러한 블로킹 산화막 내부의 계면 변환층은 Fig. 8의 AES 분석에서 O-Rich  $\text{SiOxNy}$  층과 동일한 분포를 가질 뿐만 아니라 기존의 블로킹 산화막/질화막 계면트랩 생성 모델과도 일치한다.

ONO 박막의 미세 거칠기는 소자의 유전특성과 신뢰성에 많은 영향을 미친다[5]. 본 소자의 ONO 박막 형성 후 거칠기 분석은 AFM을 이용하여 분석하였으며 그 결과는 Fig. 10과 같다. 질화막 두께가 얇은 시료에서 rms 거칠기는 2.2 Å로 분석되어 매우 우수하다고 판단되어진다.

#### 4. 결 론

NVSM용 초박막 ONO 적층 게이트 유전막의 특성을 AES, SIMS, TEM과 AFM으로 분석 고찰하였다. ONO 적층막의 형성에 의한 터널링 산화막과 질화막의 결합상은 Si LVV AES 피이크의 2차 미분법을 사용하였으며 작은 양의 검출 전자에 대해서도 정확하게 피이크를 분석할 수 있어서 미세한 결합상태의 변화를 고찰할 수 있었다. 분석 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

20 Å과 45 Å의 두 종류로 성장시킨 하부 터널링 산화막을 비교 분석한 결과 열산화된 산화막은 초기 약 20~30 Å은 안정된 SiO<sub>2</sub> 결합상을 이루고 있으나 그 이후는 결합손의 상태가 상대적으로 불안정하게 존재함을 알 수 있었다. 산화막 위에 질화막을 화학증기증착시킬 때 산화막의 질화는 산화막 내의 미결합손을 질소가 채우는 것이 아니라 SiO<sub>2</sub>내의 산소와 NH<sub>3</sub>내의 질소의 반응으로 SiOxNy 상을 이룬다. 이러한 질소의 확산은 터널링 산화막의 장벽 높이를 감소시켜서 프로그래밍 전압 강하와 기억유지 특성 저하 및 절연파괴로 인한 누설전류의 증가 등을 초래할 수 있다.

두께가 57 Å되는 질화막 위에 블로킹 산화막을 습식 산화로 성장시킬 때 성장시간을 증가시키에 따라 산소의 확산이 질화막 대부분에서 관찰되었다. 질화막으로 확산한 산소는 질화막의 띠틈격 내에 얇은 트랩을 보호하게 되어 트랩 준위를 깊게 하며 기억유지 특성과 내구성을 향상시킬 것으로 고찰되었다. 질화막과 블로킹 산화막 계면에는 SiOxNy 상의 전이층의 존재가 관찰되었고 이곳에 존재하는 다량의 계면트랩 때문에 얇은 질화막에도 불구하고 낮은 프로그램 전압에 대해 큰 기억창을 갖게 된다.

터널링 산화막 두께, 23 Å, 블로킹 산화막 두께, 40 Å이며 질화막 두께가 각각 33 Å, 106 Å인 박막을 비교한 결과 화학적 구조는 모두 SiO<sub>2</sub>(블로킹 산화막)/O-rich SiOxNy(계면)/N-rich SiOxNy(질화막)/O-rich SiOxNy(터널링 산화막)으로 조사되었다. 질화막 벌크 내 산소의 농도는 질화막 두께가 감소함에 따라 증가하였다. SiON의 분포는 블로킹 산화막/질화막 계면과 질화막/터널링 산화막 계면에서 최대 값을 갖기 때문에 두 계면을 구분하는 분명한 수단으로 사용할 수 있음을 알 수 있다. ONO 박막 형성 후 거칠기 분석은 질화막 두께가 얇은 시료에서 rms 거칠기는 2.2 Å으로 매우 우수하다고 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지원 '97 핵심전문연구비(과제 번호: 971-0802-022-2)에 의해 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

- [ 1 ] E. Suzuki, H. Hiraishi, K. Ishii and Y. Hayashi, IEEE Trans. Electron Dev. 30(2) (1983) 122.
- [ 2 ] I.J.R. Baumvol, F.C. Stedile, J.-J. Ganem, I. Trimaille and S. Rigo, J. Electrochem. Soc. 143(9) (1996) 2938.
- [ 3 ] T.S. Chao, C.L. Lee and T.F. Lei, J. Appl. Phys. 73(4) (1993) 1732.
- [ 4 ] V.J. Kapoor, D. Xu, R. Bailey and R. Turi, J. Electrochem. Soc. 139(3) (1992) 915.
- [ 5 ] H. Tanaka, H. Uchida, T. Ajioka and N. Hirashita, IEEE Trans. Electron Dev. 40(12) (1993) 2231.