

# SiO<sub>2</sub>膜의 NH<sub>3</sub> 急速熱處理에 의한 nitroxide薄膜의 電氣的 特性

Electrical Characteristics of Thin Nitroxide Films  
Prepared by NH<sub>3</sub> Rapid Thermal Annealing of SiO<sub>2</sub>

朴 贊 元\*  
(Chan-Won Park)

## 요 약

SiO<sub>2</sub>막을 NH<sub>3</sub>분위기에서 급속열처리 하여 nitroxide막을 생성시키고 그 전기적 특성을 조사하였다.

굴절율과 유전율은 열처리시간과 온도에 따라 증가 하였으며 IR스펙트럼분석으로 SiO<sub>2</sub>막이 질화된것을 확인하였다. 절연파괴내력은 대체로 SiO<sub>2</sub>막보다 우수하였으며 ±BT처리와 C-V측정의 결과 nitroxide막이 초기 산화막보다 고전계 stress에 대해 안정한 특성이 나타났다. MIS다이오드의 1/f잡음 특성은 C-V 측정결과와 비슷한 경향을 나타내어 1/f 잡음특성이 박막의 계면특성과 밀접한 관련성이 있음을 알 수 있었다.

## ABSTRACT

In this paper, we study the growth of nitrated oxide(nitroxide) films by using RTA(Rapid Thermal Annealing) method in the NH<sub>3</sub> gas ambient and examine electrical characteristics of the grown films. It is observed that the refractive index and dielectric constant of the films enhance as the increase of annealing temperature and time. The IR spectrum analysis proves the SiO<sub>2</sub> layer is nitrated. It is found that nitroxide film is generally superior to SiO<sub>2</sub> for dielectric breakdown field, and that it shows more stable characteristics than the SiO<sub>2</sub> film in high field stress through the ±BT treatment and C-V measurement. And also, we can find out that 1/f noise characteristic of MIS diode has a close relationship to the interface characteristics from the result that it is similar to the results of C-V measurement.

\* 강원대학교 전기공학과

\* 본 연구는 한국과학재단 연구비지원에 의해 수행되었음. (과제번호 883-0706-006-1)

## 1. 서 론

지금까지 MOS소자의 절연게이트막으로 사용되어온 SiO<sub>2</sub>막은 그 성장기술이나 막질의 특성향상에 대한 연구성으로 일반 MOS IC외에도 메모리소자 등 그 응용이 다양하게 사용되어 왔다. 그러나 이러한 SiO<sub>2</sub>막도 박막화가 요구되는 소자에는 극복하여야 할 기술 및 신뢰도상 문제점들이 있다.<sup>1~4)</sup> 이에 따라 높은 절연내력과 불순물에 대한 마스크성능이 우수한 질화막(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)들이 SiO<sub>2</sub>막을 대신할 수 있는 절연막으로 대두되었는데 프로세스 저온화의 일환으로 등장한 PECVD에 의한 질화막<sup>5)</sup>은 과잉실리콘에 의해 질화막내에 trap center가 생겨 hysteresis현상 및 실리콘과의 계면상태가 좋지 못한 단점이 있어 얇은 박막의 경우 SiO<sub>2</sub>보다 더 안정된 박막이라고 기대하기는 어렵다.<sup>6)</sup> 이를 극복하기 위하여 새로이 등장한 것이 산화막을 질화시켜 생성한 nitroxide막인데<sup>7)</sup> 이는 각종 불순물에 대한 마스크효과가 우수하고 특히 금속게이트전극의 불순물의 침투에 대한 barrier효과가 뛰어나 다음세대의 ULSI의 박막절연 재료로서의 역할이 기대된다고 알려진 것이 최근의 일이다.<sup>8)</sup>

nitroxide막의 생성은 SiO<sub>2</sub>막을 성장한후 고온열질화법(thermal nitridation)에 의해 질화종의 열적작용으로 Si<sub>3</sub>O<sub>5</sub>N<sub>2</sub>의 구성을 갖는 막으로 볼 수 있는데 지금까지 연구에 의한 고온열질화법은 확산로에서 고온장시간의 반응을 요하므로 실제소자의 제조공정시 impurity redistribution 및 고온에 의해 NH<sub>3</sub>가스에서 분해된 N<sub>2</sub>의 활성종에 의해 실리콘계면에 새로이 생성된다고 생각되는 질화종으로 인해 계면특성이 다소 저하되는 등 새로운 문제가

야기된다.<sup>9)</sup>

한편, 박막을 성장하는데 최근에 새로이 등장한 고속열처리(RTA)법<sup>10)</sup>은 기존의 확산로를 이용한 고온열질화법에 비해 열적고립상태하에서 할로겐램프에서 나온 빛의 복사에너지를 이용함으로써 cold wall상태에서 고속열처리를 가능하게 하여 앞서의 단점을 보완하여 주면서 투명한 quartz tube의 낮은 빛흡수율로 인해 tube가 가열되지 않아 불순물의 오염을 방지해 주는 등 많은 장점이 있다. 따라서 본연구에서는 Metal-Insulator-Si(MIS)구조의 박막과정에서 앞서 열거한 문제점들을 해결하고자 SiO<sub>2</sub>막을 기존의 고온열질화법 아닌 RTA법으로 nitroxide막을 생성시키고 각 파라미터의 변화를 통해 박막절연 재료로서의 전기적 특성과 실리콘과의 계면특성을 조사하였고 새로운 시도으로써 막막의 1/f잡음 특성을 측정하여 계면특성과의 관련성을 추구하였다.

## 2. 실험 및 측정

사진 1에 실험에 사용한 RTA장치를 보여주고 있는데 반응관이 종래의 box형이 아닌 tube형으로써 Low Pressure RTA도 가능함과 동시에 Rapid Thermal CVD에의 응용성 등도 고려하여 제작하였다. 발열체의 광원으로는 텅스텐 할로겐램프(120V 1250W) 4개를 그림 1과 같이 지름 40mm의 원통형 석영관 아래위로 배치하여 시료에 복사에너지가 골고루 분포하도록 하였다. 발열에 대한 냉각장치는 2단계로 나누어 처리하였는데 스테인레스판으로 제작한 원통형의 water jacket를 만들어 램프의 전도열을 강제순환 냉각수로서 흡수하고 water jacket의 내측은 고속정밀연마를

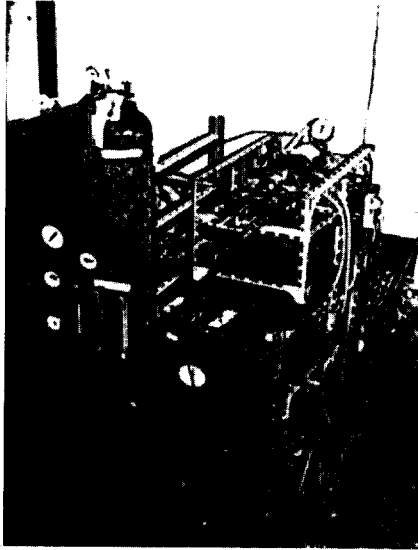


사진 1. RTA 장치의 사진  
Photo 1. Photograph of RTA system.

하여 반사율이 좋도록 함으로써 광원의 효율을 증대시킴과 동시에 램프의 전도열저항을 최소화하였다. 또한 quartz tube와 water jacket사이에는 기름과 수분을 제거한 압축공기로 분출냉각 시켰다.

시료의 크기는 10×10mm의 크기로 작게하여 일반의 큰 웨이퍼 시료에서 나타나는 slip line이나 warpage현상을 최소화 하였다.

실험에 사용된 웨이퍼는 결정면이 (100)이고 비저항이 2~10Ωcm의 CZ웨이퍼를 사용하였으며 반응가스는 99.999%의 NH<sub>3</sub>가스와 N<sub>2</sub> 및 O<sub>2</sub>가스를 사용하였다. 건식산화법(Dry O<sub>2</sub>)으로 성장한 120~370 Å의 초기산화막을 질화시켜 nitroxide막으로 생성시키는데는 RTA furnace에서 온도 800~1100°C, 30~300초간의

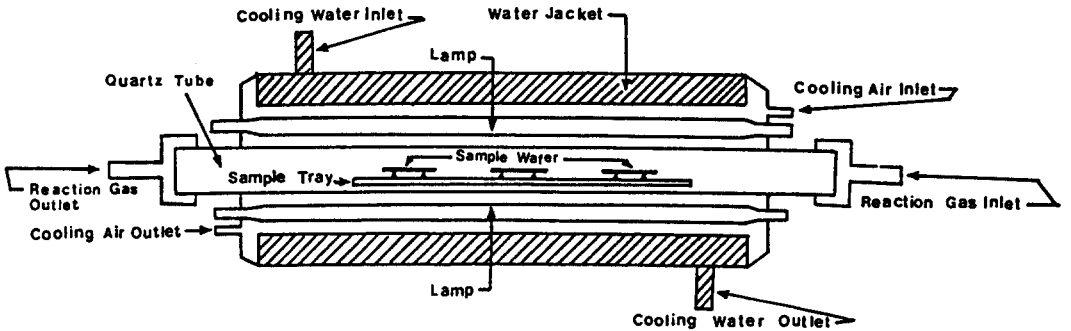


그림 1. RTA 장치의 구조도  
Fig. 1. Configuration of RTA furnace.

유량 1.0 l/min NH<sub>3</sub> 분위기로 급속열처리한 후 1000°C N<sub>2</sub>분위기에서 60초간 어닐링 하였다. 이때 NH<sub>3</sub>급속열처리에 의한 막의 두께변화를 관찰해본 결과 열처리 전후의 두께변화는 무시할 수 있을 정도(10%이내)로 약간 증가되는 것으로 나타났다.

생성된 박막의 전기적 특성을 측정하기 위해서는 박막의 상부에 지름 0.5mm되는 Al전

극을 진공증착 시키고 하부는 박막을 에칭하여 Si기판에 Al 전극을 다시 증착하여 MIS구조의 다이오드를 만들었다.

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 질화전의 초기산화막을 1100°C에서 질화시켰을 때의 열처리 시간에 따른 굴

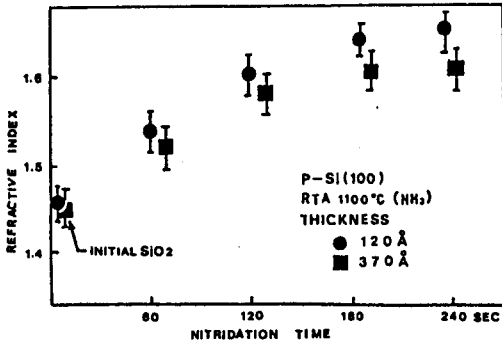


그림 2. 질화시간에 따른 굴절율의 변화  
Fig. 2. Relation of refractive index to nitridation time.

굴절율의 변화양상을 보여주고 있다. 이때 굴절율의 측정은 automatic ellipsometer (Applied Materials Inc. AME-500)를 이용하여 측정하였으며 초기산화막을 1.45로 하여 컴퓨터에 자동측정된 값들을 시료박막상의 상하좌우 및 중앙부분의 5군데를 측정하여 평균하였다. 그림에서와 같이 nitroxide막의 굴절율은 초기산화막에서 nitroxide막으로 질화되는 시간에 따라 증가하는 양상을 나타내는데 두께 120 Å 시료의 경우 180초 이상 열처리 시킨 경우 1.65 정도에서 포화되는 것으로 나타났다. 한편 katoh<sup>11)</sup> 등에 의해 보고된 stoichiometry화에 가까운 PECVD질화막의 경우 굴절율이 1.9-2.0의 범위로 나타나는 것을 비교해 볼때 nitroxide막의 굴절율은 SiO<sub>2</sub>막과 질화막의 중간적인 값을 가진다고 할 수 있다. 원래 굴절율은 물질의 가장 기본적인 광학적 특성의 하나로서 막내의 Si와 N, O 등의 조성비가 굴절율의 대소에 대응하고 있다는 보고가 있다.

<sup>11)</sup> nitroxide막의 경우 SiO<sub>2</sub>막을 NH<sub>3</sub>로 급속열처리 시킴에 의해 막내로 침투해 들어간 nitrogen의 양이 많아짐에 따라 굴절율이 증가되는 것으로 추측된다. 또한 nitroxide막은 막의 표면에서 막의 내부로의 깊이에 따라 조

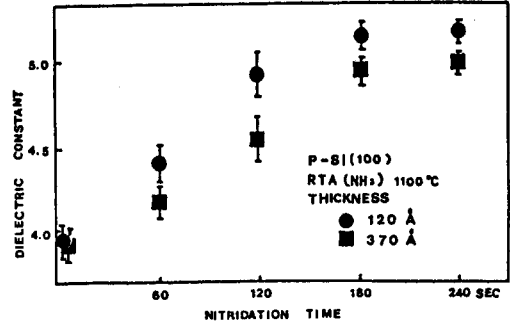


그림 3. 질화시간에 따른 유전율의 변화  
Fig. 3. Relation of dielectric constant to nitridation time.

성이 다르다고 생각되므로<sup>9)</sup> 두께가 다른 SiO<sub>2</sub>막을 성장시켜 같은 조건으로 질화하여 굴절율을 측정하여본 결과 초기산화막의 두께가 두꺼운 것은 굴절율이 다소 적게 나타남을 보였다. 이는 초기산화막의 두께가 두꺼울수록 같은 조건으로 반응시켰을 때 nitroxide막내의 nitrogen의 조성비가 적어져서 더 낮은 굴절율을 보이는 결과로 해석된다. 그림 3은 120 Å, 370 Å의 SiO<sub>2</sub>막을 1100°C에서 질화시간을 변화시켜 급속열처리 한 후 고주파 CV 측정에서 실리콘 표면이 측정층으로 되었을 때의 용량값으로 계산한 유전율의 변화를 나타낸 것이다. nitroxide막의 유전율은 질화시간에 따라 점차 증가하며 180초 부근에서 증가의 비율이 둔화됨을 보여 굴절율의 변화양상과 비슷함을 보였다. 마찬가지로 두꺼운 막일수록 유전율이 약간 적게 나타나는 것도 앞서의 결과와 비슷하였다.

그림 4는 SiO<sub>2</sub>막을 1100°C에서 120초간 NH<sub>3</sub>로 급속열처리 시킨 nitroxide 막의 적외선 흡수 spectrum을 나타낸 것으로 nitroxide막에 존재하는 함유원소의 결합상태를 분석해 보기 위하여 2.5-25 μm (4000cm<sup>-1</sup>—400cm<sup>-1</sup>)의

적외선 영역에서 투과율을 측정하였다. 이때의 시료는 박막내에서 다중간섭에 의한 효과를 최소화하기 위하여 10 $\mu$ m의 비저항을 갖는 실리콘 웨이퍼 기판에 nitroxide막을 생성시킨 시료를 사용하였다. nitroxide막의 흡수 peak는 파수 800cm<sup>-1</sup> 부근(asymmetric stretching)과 450cm<sup>-1</sup> 부근(symmetry)의 Si-N 결합 및 1100cm<sup>-1</sup>에서의 Si-O결합과 600cm<sup>-1</sup> 근처의 Si-Si 결합에 의한 흡수 peak가 뚜렷하게 나타났으며 PECVD 질화막에서 흔히 볼수있는 파수 2100cm<sup>-1</sup>에서의 Si-H결합은 거의 관찰되지 않았다.<sup>11)</sup> 그러나 3600cm<sup>-1</sup>에서는 NH<sub>3</sub>가스의 불완전한 분해에 의한 결과로 생각되는 N-H결합이 미소하게 나타났는데 이것은 Si-H결합의 결합에너지(70.4kcal/mol)가 N-H결합의 결합에너지(93.4kcal/mol)보다 훨씬 적으므로 비교적 고온에서 질화시킨 nitroxide막의 경우 결합에너지가 적은 Si-H결합이 존재하기 어렵게 되는 결과로 추측된다. 이는 CVD질화막의 경우 700°C에서 성장한 질화막에서는 Si-H결합이 나타나지 않았음에 비해 300°C에서 성장한 PECVD 질화막의 경우는 Si-H 결합이 다소 존재함을 보여준 Fujita<sup>12)</sup>의 연구결과와 잘 부합된다. 그림5는 각각의 반응 조건을 달리한 nitroxide막의 시료에 대해 절연파괴 실험을 행한 결과를 나타내었다. 박막의 절연파괴 측정은 0.5V/sec의 ramp전압 상승속도로 측정하였으며 destructive breakdown이 일어날때 peak voltage detector에 나타난 전압을 전계로 환산하여 절연파괴 전계값으로 정하였다. 그림의 결과로 알수있는 바와 같이 nitroxide막의 절연파괴 전계는 질화온도와 시간에 따라 증가하여 1100°C, 180초에서 그 이상 더 절연파괴 전계가 증가하지 않는 것을 관찰하였고 전체

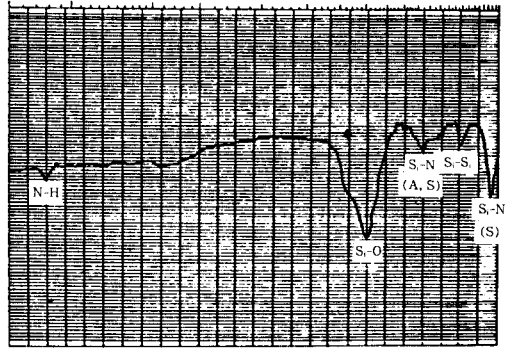


그림 4. nitroxide막의 적외선 스펙트럼

Fig. 4. Infrared absorption spectrum of a nitroxide film.

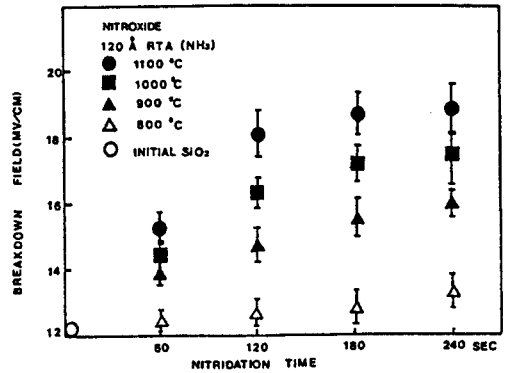


그림 5. 질화시간과 온도에 따른 절연파괴 전계의 변화

Fig. 5. Relation between breakdown field to nitridation time as a function of nitridation temperature.

적으로 초기 산화막보다 절연파괴 특성이 우수하게 나타났다. 또한 800°C에서 질화시킨 시료는 질화시간을 증가시켜도 절연내력이 향상되지 않는 것으로 보아 질화의 threshold가 800-900°C 사이임을 알 수 있었다. 이와같이 SiO<sub>2</sub>막이 질화됨에 따라 절연내력이 증가

되는 것은 초기산화막의 질화에 의한 nitroxide막내의 치밀한 결합구조의 n-rich layer의 형성과 Pool-Frenkel효과로 설명될 수 있는데<sup>(4)</sup> 막의 표면과 실리콘과의 계면에 질화에 의해 형성된 N-rich layer는 Al전극의 불순물에 대한 barrier역할과 막내의 mobile 이온에 대해 gettering 작용을 하여 고전계 인가시 불안정한 low energy barrier point의 형성을 방지하고 전자가 절연체내에 트랩되어 외부에 가해진 전계와 반대방향의 전계를 형성하므로써 인가전계에 의한 영향이 줄어드는 여러가지 상호작용에 기인하는 것으로 추측된다.

그림 6은 120Å의 초기산화막과 이를 NH<sub>3</sub> 분위기에서 각각 다른 조건으로 RTA처리 시킨 nitroxide막의 고주파 특성을 보였다. 그림에 나타난 바와 같이 NH<sub>3</sub> 급속열처리 온도가 증가함에 따라 축적영역에서의 최대용량값은 증가하는 양상을 나타내어 이는 앞서 언급한 유전율의 증가에 따른 현상으로 나타났다. 그런데 플랫밴드전압의 증가는 다소 다른 양상을 나타내었는데 900°C로 질화시킨 시료가 플랫밴드전압의 이동이 최대로 나타났으며

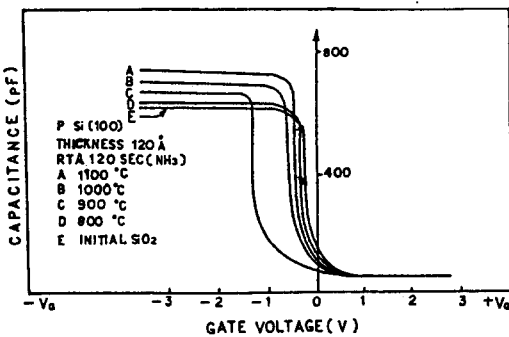


그림 6. nitroxide막의 고주파 C-V곡선  
Fig. 6. 1MHz C-V curves for nitroxide films.

1000°C와 1100°C의 시료는 초기산화막에 대해 미소한 값의 음의 방향으로 플랫밴드전압의 이동을 나타냈다. 이는 질화반응의 어느 온도까지는 산화막과 계면에서의 Si-dangling bond에 의한 전하의 발생이 증가하다가 그 이상의 온도에서는 반응속도가 빨라져 안정된 Si-N결합이 증가하여 전하의 감소를 일으키는 결과로 해석된다. 또한 800°C에서 질화시킨 시료는 용량값과 플랫밴드전압의 변화가 초기산화막과 거의 차이가 없는 것으로 나타나 앞서 절연과괴 실험의 결과와 같이 800°C에서는 RTA에 의한 질화반응이 일어나기 어려움을 알수 있다.

BT처리(Bias-Temperature treatment)를 하면 막질에 따라 계면과 막내에서 전하의 변화가 나타날 수 있는데 이들의 결과는 고주파 CV측정을 하므로써 그 정도를 알수 있었다. 박막의 두께가 100Å 정도에서는 수 V의 인가전압에 대해서 수MV/cm이 고전계가 걸리므로 소자로서의 동작시 고전계상태와 높은 온도에서의 안정된 동작특성을 파악하기 위하여 ±BT처리(250°C, 10min±5MV/cm)

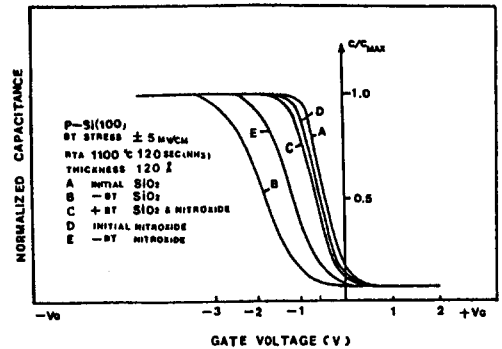


그림 7. BT처리 전후의 고주파 C-V곡선  
Fig. 7. 1MHz C-V curves for nitroxide films after BT treatment.

전후로 고주파 CV측정을 관찰해 보았다. 그림 7은  $\pm$ BT처리전후에 측정된 고주파 CV곡선을 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 초기산화막과 nitroxide막의 CV곡선은 다소 다른 양상을 보여주고 있다. -BT처리후 측정된 SiO<sub>2</sub>막의 C-V곡선은 initial C-V곡선으로부터 왼쪽으로 크게 편이되어 나타났으며 미소하나마 곡선이 stretch-out이 됨을 보였으나 nitroxide막의 경우 그 변화량이 SiO<sub>2</sub>막의 경우보다 다소 적은 값을 나타냈다. 이러한 현상은 B.E. Deal<sup>3)</sup>에 의하면 SiO<sub>2</sub>막의 경우에는 산화막과 실리콘사이의 천이영역에 과잉실리콘이 존재하여 Si<sup>+</sup>와 같은 이온화된 실리콘에 의해 positive charge인 계면전하가 생기게 되는데 이때 높은 온도(100-400°C)에서의 고전계를 인가할 경우 산화막의 천이영역에서는 원래 실리콘과 산소는 비교적 약하게 결합되어 있으므로 이미 strain을 받고 있는 Si<sup>+</sup>의 또다른 Si-O결합이 끊어지고 이에 따라 Si<sup>++</sup>가 생성되어 산화막의 천이영역에서 부가적인 positive charge가 만들어지기 때문에 생각된다. 그런데 nitroxide막의 경우는 실리콘과의 계면에 강한 결합의 Si-N이 존재하므로 산화막에서 보다 high field strss에 의해 새로이 생성된 positive charge가 적은 결과 -BT처리에 대한 영향이 적은것으로 추정된다. 또한 +BT처리의 경우에는 산화막 및 nitroxide막 모두 -BT 처리때 보다 플랫폼 전압의 이동은 적게 나타났다. 한편 고주파 C-V측정 동안에 nitroxide막은 Mar등<sup>15)</sup>이 보고한 PECVD질화막의 경우와 같은 히스테리시스 현상이 거의 나타나지 않았는데 이는 CVD질화막의 경우는 막내의 트랩이 많이 존재하여 캐리어의 트래핑으로 인한 히스테리시스 현상이 큰데 비해 nitroxide막의 경우는

막내의 트랩이나 가동이온이 적어 전하의 트랩에 의한 총방전 현상이 적기 때문으로 생각된다.

종래 Deal<sup>3)</sup>이나 Hsu 또는 Gotzberger<sup>16)</sup> 등에 의해 MOS구조에 대해 BT처리를 행한 것은 Si금지대 내에 분포하는 계면상태밀도가

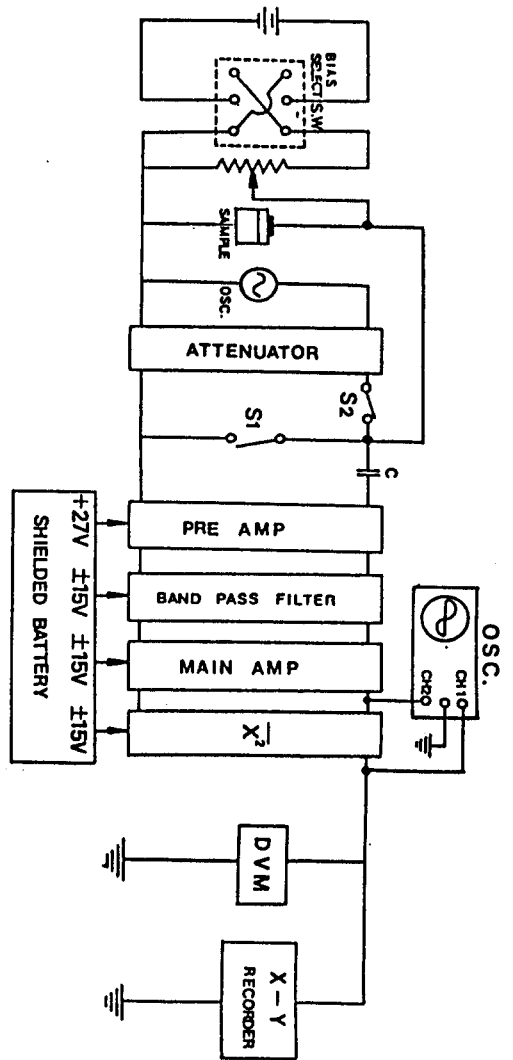


그림 8. 1/f 잡음 측정장치도

Fig. 8. Block diagram for measuring system of the 1/f noise.

전체적으로 증가하여 이것이 MOS소자의 제 특성에 영향을 미쳐 이를 반영한 현상이 나타난다고 보고되고 있다. 따라서 이러한 현상들로부터 역으로 계면상태밀도의 변화를 관찰할 수 있으며 그중에서 흥미있는 현상의 하나로서 MIS다이오드의 1/f잡음특성이 있다. 특히 nitroxide막이 MOS소자의 중간절연막 재료로써 digital소자에의 응용뿐만 아니라 리니어 IC의 응용면도 추구하기 위한 관점에서 1/f잡음의 측정을 통해 그 특성을 규명하고 아울러 ±BT처리에 의한 1/f잡음 변화와 이에 따른 계면상태의 변화와의 상관성을 추구하고 하기 위해 1/f잡음특성 측정실험을 행하였다. 잡음측정방법으로는 sine wave generator method<sup>17)</sup>를 사용하였으며 그림8은 전체시스템 구성도이다. 이때 모든 측정은 shield room 내에서 행하였고 이중으로 차폐한 shield box와 직류배터리, 동축케이블, BNC콘넥터 등의 사용으로 외부로부터의 잡음을 최소화하였다. 측정된 잡음은 random한 많은 주파수성분으로 이루어져 있으므로 이러한 성분이 어떻게 분포되어 있는가를 나타내기 위하여 주파수에 대한 단위 대역폭(band width)당 실효잡음으로 나타낸다.<sup>17)</sup>

$$S_v(f) = V^2 / \Delta f (V^2/Hz) \dots \dots (1)$$

V : 잡음의 전압섭동분의 실효치  
 Δf : 잡음대역폭

로 표시된다.

잡음의 스펙트럼분석은 100Hz에서 10kHz까지 하였으며 spectral density의 측정은 다음의 실험식으로 구한값으로 행하였다.

$$S_v = \frac{N_2 - N_1}{N_3 - N_2} \frac{[rv(t)]^2}{f} \dots \dots (2)$$

N<sub>1</sub> : S<sub>1</sub>만 ON하고 측정된 전체시스템잡음  
 N<sub>2</sub> : S<sub>1</sub>과 S<sub>2</sub> 모두 off하고 시료의 잡음만을

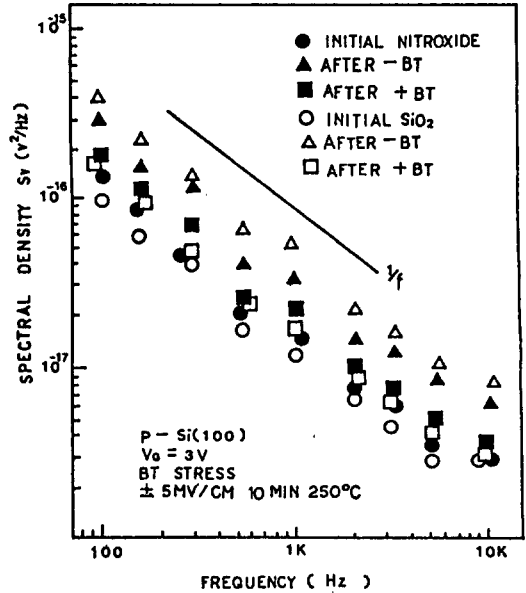


그림 9. BT처리 전후의 nitroxide막과 산화막의 1/f잡음 비교

Fig. 9. 1/f noise spectral density vs. frequency after BT treatment for nitroxide and SiO<sub>2</sub> films.

측정한 값.

N<sub>3</sub> : S<sub>2</sub>만 on하고 시료의 잡음과 감쇄비 r인 정현파 발생기 출력 rv(t)와 합성출력을 측정된 값

그림 9는 +BT처리 전후의 SiO<sub>2</sub>막과 1100°C, 120초간 NH<sub>3</sub>로 질화한 nitroxide막의 1/f잡음특성의 결과를 비교하였으며, 그 결과 앞서의 C-V특성에서 나타난 결과와 비슷한 양상을 1/f잡음의 BT처리에 의한 특성에서도 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 주파수 변화에 대한 전체적인 spectral density의 변화양상은 1/f기울기에 거의 근접하게 나타났으며 BT처리 전후의 잡음 특성의 양상은 +BT처리를 한 경우는 별차이가 없으나 -BT처리의 경우는 1/f잡음이 증가하는 경향을 볼 수 있다. 이와 같은 현상은 -BT처리의



경우 high field stress에 의한 영향이 계면에서의 트랩의 발생을 야기하여 이로 인해 변화된 계면특성이  $1/f$  잡음의 spectral density를 변화시키는 것으로 생각되는데<sup>18)</sup> 그림에서 nitroxde시료의 경우  $\text{SiO}_2$ 시료의 경우보다 — BT후의  $1/f$ 잡음이 다소 적은 것으로 보아 이는 앞서 설명한 바와 같이 nitroxde막이  $\text{SiO}_2$ 막보다 high field stress에 의한 계면트랩의 증가가 적음을 알수있고 따라서 high field stress에 의한  $1/f$ 잡음 특성에도 더 양호하다는 것을 나타낸다. 현재 이러한  $1/f$ 잡음과 계면상태밀도와의 관련성은 Mcwhorter<sup>19)</sup>에 의한  $1/f$ 잡음의 surface model로 설명이 가능한데 그에 의하면 MOS소자에서  $1/f$ 잡음은 반도체 표면부근에 존재하는 캐리어들이 터널링에 의해  $\text{SiO}_2$ 층내의 넓은 시정수 분포를 갖는 energy state에 트래핑되거나 혹은 그 반대로 터널링 process에 의하여 캐리어를 주고 받음으로써 캐리어 수의 맥동이 생기고 이 캐리어수의 변화에 의해  $1/f$ 잡음이 생성된다고 했다. 특히 이 model에 의하면 MOS구조에서 Si— $\text{SiO}_2$ 계면에 존재하는 계면상태밀도  $N_{ss}$ 가  $1/f$ 잡음에 중요한 관련성을 보인다고 알려져 있다. 그러나 아직까지  $1/f$ 잡음은 근본적으로 그 원인이나 발생현상에 대한 이론적인 규명과 관련 메카니즘이 정립되지 못한 상태에 있어서 계면상태밀도에 관련된  $1/f$ 잡음의 정량화에는 아직 보다 더 많은 연구를 필요로 하고 있다.

#### 4. 결 론

산화막을  $\text{NH}_3$ 분위기에서 급속열처리하여 nitroxde막을 생성시키고 제반 특성들을 고찰하였다. 굴절율과 유전율은 초기산화막을 질

화시키는 온도와 시간에 따라 증가하여  $1100^\circ\text{C}$ , 180초 정도의 반응조건에서 더 이상 증가하지 않았으며 IR spectrum 분석결과 산화막이 잘화되어 nitroxde막으로 변화된 것을 볼 수 있었다. 절연파괴특성은 산화막 보다 다소 우수한 특성을 나타냈으며  $1100^\circ\text{C}$ 에서 180초간 반응시킨 시료가 가장 우수하게 나타났다. C-V 측정과 BT처리로 본 nitroxde막의 계면특성은 초기산화막 보다 고전계 인가에 대해 보다 안정한 특성이 나타났다.  $1/f$ 잡음 측정으로 계면특성과의 관련을 시도하였으며 측정된 결과는  $\pm$ BT처리후 C-V측정한 결과와 비슷한 양상을 보여  $1/f$ 잡음이 박막의 계면특성과 밀접한 관련이 있을 것으로 추측되었다.

#### 참고문헌

- 1) M. Shatzkes, et al; *J. Appl. Phys.*, **47**, 3192 (1976)
- 2) T. H. Distefano; *J. Appl. Phys.*, **44**, 527 (1973)
- 3) B. E. Deal; *J. Electrochem. Soc.*, **121**, 198 (1974)
- 4) T.N. Ning, et al; *IEEE Trans. ED-26*, 346 (1979)
- 5) M. Maeda, et al; *J. Appl. Phys.*, **53**, 6852 (1982)
- 6) Y. Kuwano; *Jap. J. Appl. Phys.* **8**, 876 (1969)
- 7) T. Ito, et al; *Appl. Phys. Lett.*, **44**, 969 (1984)
- 8) S.K.Lai, et al; *J. Electrochem. Soc.* **129**, 2042 (1982)

- 9) M. M. Moslehi, et al; *IEEE Trans*, ED-32, 2, (1985)
- 10) J. Nulman and J. P. Krusius; *Appl. Phys. Lett.* 47 (2), 148(1985)
- 11) K. Katoh et al; *Japanese Institute of Electrical Communication Engineers, CPM 85-51*, 35~41, (1985)
- 12) S. Fujita, H. Toyoshima; *J. of Electronic Materials*, 11, 4,(1982)
- 13) T. Ito, H. Arakawa; *J. Electrochem. Soc.*, 127, 10, 2248(1980)
- 14) S. M. Sze; *Physics of Semiconductor Device*, John-Willy & Sons Inc., Chap. 7, (1981)
- 15) K.M. Mar, G.M. Samuelson; *Solid State Technol.* 23, (4) 137, (180)
- 16) S. T. Hsu; *Solid State Electronics*, 13, 1451 (1970)
- 17) C. D. Motchenabacher, F. C. Fichen; *Low Noise Electronic Design*, John-Willy & Sons Inc., Chap. 14, (1977)
- 18) H. Mikoshiba; *IEEE Trans. ED-39*, 6, (1982)
- 19) A. L.Mewhorter; *Semiconductor Surface Physics*, University of Pennsylvania Press, P.206.(1956)

(1989년 11월 28일 접수)