

論文93-30A-11-12

산화막 및 재산화질화산화막의 MOS 캐패시터와
MOSFET의 신뢰성(Reliability of MOS Capacitors and MOSFET's with
Oxide and Reoxidized-Nitrided-Oxide as Gate Insulators)

盧泰文*, 李璟秀*, 兪炳坤*, 南基守*

(Tae Moon Roh, Kyoung Soo Yi, Byoung Gon Yu and Kee Soo Nam)

要約

열전기로 산화법과 급속열처리법을 이용하여 산화막 및 재산화질화산화막을 형성하였다. 그 절연막을 게이트 절연막으로 사용하여 MOS 캐패시터와 n-MOSFET를 제작하였다. 절연막의 전기적 특성을 전류-전압 (I-V) 및 고주파 (high-frequency) 용량-전압 (capacitance-voltage : C-V), quasi-static C-V, 시간의존 절연파괴 (time-dependent dielectrical breakdown : TDDB) 측정 등으로 평가하였다. 또한, MOSFET의 hot carrier 효과를 조사하였다. TDDB 특성에 의하면 재산화질화산화막의 수명이 산화막의 수명 보다 약 3배 이상이 되었다. Hot carrier 효과를 조사하면 재산화질화산화막을 게이트 절연막으로 사용한 MOSFET가 산화막을 게이트 절연막으로 사용한 것 보다 수명이 약 3 배 이상 되었다. 따라서 MOSFET의 hot carrier 효과를 조사하여 얻은 절연막의 신뢰성과 TDDB 방법으로 평가된 절연막의 신뢰성이 잘 일치함을 알았다.

Abstract

Oxide and reoxidized-nitrided-oxide were formed by furnace oxidation and rapid thermal processing (RTP). MOS capacitors and n-MOSFET's with those films as gate insulators were fabricated. The electrical characteristics of insulators were evaluated by current-voltage, high-frequency capacitance-voltage (C-V), and time-dependent dielectrical breakdown (TDDB) measurements. The hot carrier effects of MOSFET's were also investigated. Time-dependent dielectrical breakdown (TDDB) characteristics show that the life time of reoxidized-nitrided-oxide films is about 3 times longer than that of oxides. Hot carrier effects reveal that the life time of MOSFET's with reoxidized-nitrided-oxides is about 3 times longer than that of MOSFET's with oxides. Therefore, it is found that the reliability of dielectric films estimated by the hot carrier effects of MOSFET's is consistent with that of dielectric films from TDDB method.

I. 서론

*正會員, 韓國電子通信研究所
(Electronics and Telecommunications
Research Institute)
接受日字 : 1993年 2月 9日

실리콘 반도체 기술이 ULSI (ultra large scale integrated-circuits)급으로 발전함에 따라 소자의 크기가 급격하게 축소되어 MOS 소자의 게이트 절연

막이 더욱 얇아졌다. 그 결과 게이트 절연막에 고전계가 인가되기 때문에 더욱 신뢰성이 높은 게이트 절연막이 요구된다. 게이트 절연막으로는 불순물 투과 및 고전계에서 계면전하 생성에 대한 저항성이 큰 질화산화막 및 재산화질화산화막에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다. [1-5] 질화산화막은 산화막을 NH₃ 분위기에서 질화시켜 제작하기 때문에 H를 포함하는 화학 결합이 질화막 내에 존재하게 되어 전자트랩 (electron trap)으로 작용하게 되는데, 이 질화산화막을 O₂ 분위기에서 재산화시키면 전자트랩과 계면전하 생성 등의 문제점이 개선된다고 보고되고 있다. [1, 2, 4, 5] 또한 재산화질화산화막을 MOSFET의 게이트 절연막으로 사용하여 소자의 신뢰성을 향상시키는 연구가 진행되고 있다. [6, 7] 그리고 공정 중 불순물 재분포 등의 고온 공정의 단점을 보완하기 위해서 급속열처리법 (rapid thermal processing : RTP)을 이용하고 있다. [4, 6]

따라서 ULSI급 소자의 게이트 절연막으로 사용하기 위하여 신뢰성이 높은 재산화질화산화막에 대한 연구가 필요하게 되었고, 재산화질화산화막을 게이트 절연막으로 사용한 MOSFET의 성능저하 특성에 대한 연구가 절실히 요구되고 있다.

본 연구에서는 석영관 열전기로와 급속열처리로에서 각각 성장시킨 100Å 두께의 산화막과 이 산화막을 급속열처리법으로 NH₃ 분위기에서 질화시킨 후 O₂ 분위기에서 재산화시켜 재산화질화산화막을 형성하였다.

형성된 산화막과 재산화질화산화막을 게이트 절연막으로 MOS 캐패시터 (capacitor)와 n-MOSFET를 제작하여, 절연막의 전기적 특성과 절연막에 따른 MOSFET의 성능저하 특성에 대해서 연구하였다. 각 절연막의 전기적 특성을 연구하기 위하여, 절연막에 따른 MOS 캐패시터의 전류-전압 (I-V) 특성 및 정전류 스트레스 (stress) 전후의 고주파 (high-frequency) 용량-전압 (capacitance-voltage : C-V) 특성, 시간의존 절연파괴 (time-dependent dielectrical breakdown : TDDB) 특성 등을 조사하였다. 그리고 MOSFET에 DC 스트레스를 가한 후 hot carrier에 의한 소자의 성능저하 특성을 조사하여 게이트 절연막에 따른 소자의 신뢰성에 대하여 연구하였다.

II. 실험방법

5 인치 P 형 1-5 Ω · cm, (100)인 실리콘 웨이퍼를 초기 세척한 후에 local oxidation of silicon

(LOCOS) 방법과 n⁺ 다결정 실리콘을 게이트 전극으로 사용하여 MOS 캐패시터 및 n-MOSFET를 제작하였다. 표 1은 사용된 게이트 절연막의 공정조건을 나타내었다.

표 1. 게이트 절연막의 공정조건

Table 1. Process conditions of gate dielectric films.

insulators process step	FO film	FONO film	RO film	RONO film
1	furnace oxidation : 900 °C, O ₂ & TCA 1%	furnace oxidation : 900 °C, O ₂ & TCA 1%	RTO : 1100 °C, O ₂ , 45 sec	RTO : 1100 °C, O ₂ , 45 sec
2		RTN : 950 °C, O ₂ , 60 sec		RTN : 950 °C, O ₂ , 60 sec
3		RTO : 1100 °C, O ₂ , 60 sec		RTO : 1100 °C, O ₂ , 60 sec

100 Å의 초기산화막은 석영관 전기로를 이용하여 900 °C에서 trichloroethane (TCA)를 1 % 포함하는 O₂ 분위기에서 성장된 것 (FO막)과 할로겐 램프에 의해 복사가열 (radiation heating)되는 급속열처리로에 넣고 O₂ 분위기 1100 °C에서 성장된 것 (RO막)이 있다. 한편 재산화질화산화막은 FO막을 급속열처리법으로 NH₃ 분위기 950 °C에서 60 초 동안 질화시킨 후 연속적으로 O₂ 분위기 1100 °C에서 60 초 동안 재산화시킨 것 (FONO막)과 RO막을 동일한 방법으로 질화시키고 재산화시켜 얻은 것 (RONO막)이 있다. 그리고 MOSFET의 문턱전압을 조절하기 위하여 채널이온으로 붕소 (boron)를 2 x 10¹² atoms/cm² 만큼 주입시켰으며, 게이트 전극은 저압화학증착법 (low pressure chemical vapor depositon : LPCVD)으로 다결정실리콘을 증착한뒤 인 (phosphorus)을 900 °C에서 30 분 동안 도핑 (doping)하여 형성시켰다. 다결정실리콘 전극을 형성시킨 후 비소 (arsenic) 이온을 주입하고, N₂ 분위기 1050 °C에서 급속열처리법으로 비소 이온을 활성화시켜 소오스와 드레인을 형성하였다. 그 후 Al-1%Si를 증착하여 전극을 형성한 후, N₂ 분위기 420 °C에서 열처리하여 캐패시터와 MOSFET를 동시에 제작하였다.

MOS 캐패시터를 사용하여 절연막의 전기적 특성을 조사하였는데, I-V 측정은 HP4140B pA meter를 사용하였으며, 정전류 스트레스를 가하기 전후에 고주파 C-V 를 측정하고 TDDB 특성을 조사하였다. 또한 각각의 MOSFET에 대해서 스트레스 조건에 따라 transconductance의 변화를 조사하여 절연막에 따른 소자의 신뢰성에 대하여 연구하였다. 그리고 캐

패시터에서 측정된 절연막의 신뢰성과 MOSFET에서 측정된 절연막의 신뢰성을 서로 비교하였다.

Ⅲ. 실험결과 및 고찰

그림 1은 열전기기로 급속열처리법으로 제작한 산화막 (FO막, RO막) 및 이 산화막을 질화시킨 후 재산화시켜 제작한 재산화질화산화막 (FONO막, RONO막)의 고주파 C-V 특성을 나타내었다. 이때 측정된 MOS 캐패시터의 크기는 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 이었고, 측정 주파수는 1 MHz이었다. FO막 및 RO막, FONO막, RONO막의 용량은 각각 33 pF 및 34 pF, 28 pF, 27 pF이었다.

따라서, 산화막의 비유전율이 3.9일때 FO막 및 RO막, FONO막, RONO막의 유효산화막 두께는 106 Å 및 103 Å, 124 Å, 126 Å이었다. 그리고 FO막 및 RO막, FONO막, RONO막의 flat band 전압은 각각 -1.03 V 및 -1.03 V, -1.08 V, -1.09 V이었다. FO막과 RO막의 flat band 전압은 같음을 알 수 있으며, FONO막과 RONO막의 flat band 전압도 서로 거의 같음을 알 수 있다. 그러나 FONO막과 FORONO막의 flat band 전압이 FO막과 RO막 보다 약 -0.04 V 증가하여서 양 (+) 고정전하가 약 $8.8\text{E}10 / \text{cm}^2$ 만큼 증가하였음을 알 수 있다. 이것은 산화막이 질화하면서 고정전하가 생성되었음을 의미한다.

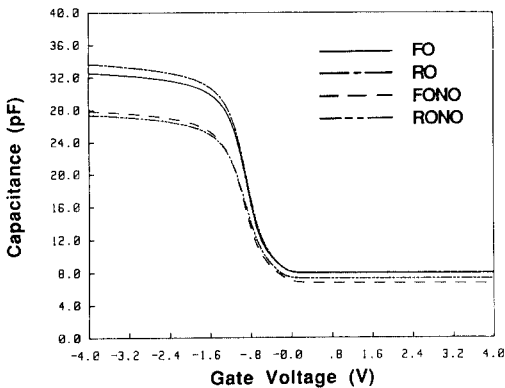


그림 1. FO막과 RO막, FONO막 RONO막의 고주파 C-V 특성

Fig. 1. High frequency C-V characteristics of FO film, RO film, FONO film and RONO film.

그림 2는 FO막 및 RO막, FONO막, RONO막의

전류-전압 특성을 나타내었다. 이때 측정된 MOS 캐패시터의 크기는 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 이었다. FO막 및 RO막, FONO막, RONO막의 절연파괴전계 (dielectric breakdown electric field)는 13.2 및 12.6, 12.8, 11.8 MV/cm이었다. 절연막의 I-V 특성을 살펴보면 재산화질화산화막의 절연파괴전계가 산화막의 절연파괴전계 보다 약간 감소 되었음을 알 수 있다. 그리고 FO막이 RO막 보다 FONO막이 RONO막 보다 절연파괴전계가 약간 큰 값을 나타내었다. 따라서 열전기기를 이용하여 제작된 산화막이 급속열처리법으로 제작한 산화막 보다 절연파괴전계가 높은 것을 알 수 있다.

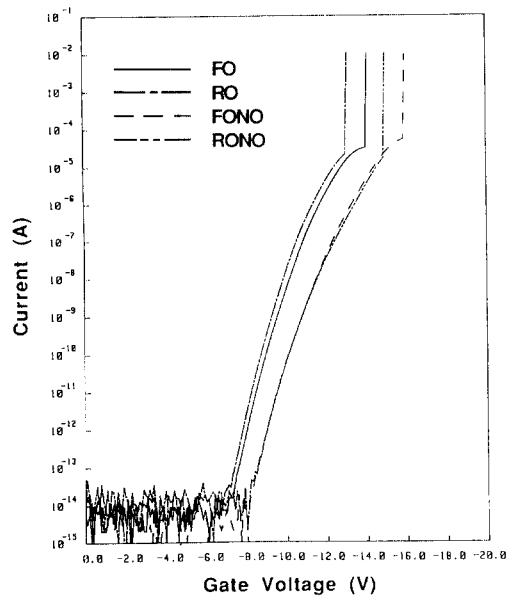
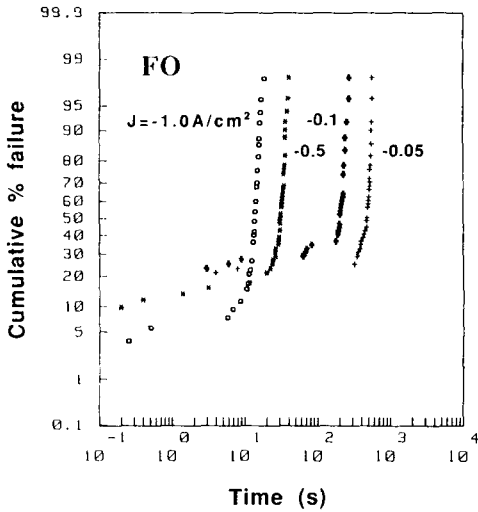


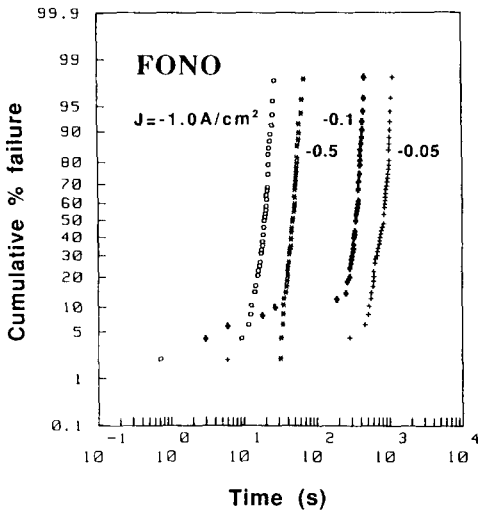
그림 2. FO막과 RO막, FONO막, RONO막의 I-V 특성

Fig. 2. I-V characteristics of FO film, RO film, FONO film and RONO film.

그림 3는 대표적인 FO막과 FONO막의 TDDB 특성을 나타내었다. 이때 측정된 캐패시터의 수는 50개이며, 스트레스 전류밀도는 -1.0 및 -0.5, -0.1, -0.05 A/cm² 이고, 절연파괴 시간에 따른 누적고장율 (cumulative percentage failure)을 대수정규 그래프에 나타내었다. 여기서 FO막이 FONO막 보다 초기 고장율이 많은 것을 알 수 있는데, 이것은 산화막이 질화될때 절연막의 결함이 많이 회복되어졌음을 나타낸다.^[4]



(a) FO막



(b) FONO 막

그림 3. FO 막과 FONO 막의 TDDDB 특성
Fig. 3. TDDDB characteristics of FO film and FONO film.

그림 4는 FO막 및 RO막, FONO막, RONO막의 수명을 예측하기 위해서 스트레스 전류밀도에 따른 t_{BD} 를 나타내었다. 이 t_{BD} 는 절연막의 누적고장율이 50%가 되는 시간으로 정의하였다. 여기서 FO막 및 RO막, FONO막, RONO막의 전류밀도 가속인수 (current density acceleration factor : β)가 각각

1.20 및 1.28, 1.24, 1.47 cm^2/A 이었다. 따라서 스트레스 전류밀도가 $1 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$ 일때 FO막 및 RO막, FONO막, RONO막의 수명은 각각 2×10^6 및 3×10^6 , 6×10^6 , 2×10^9 초로 재산화질화산화막의 수명이 산화막의 수명 보다 약 3배 이상 되었다. 한편 스트레스를 인가한 전류밀도 범위 내에서는 FO막과 FONO막이 RO막 및 RONO막 보다 t_{BD} 가 큰 값을 나타내었으나, 전류밀도 가속인수의 크기는 RONO막 그리고 RO막, FONO막, FO막 순이었다. 그 결과 스트레스를 인가한 범위에서 RO막과 RONO막의 t_{BD} 가 FO막과 FONO막 보다 작았지만 소자가 동작하는 영역에서는 RO막과 RONO막의 수명이 FO막과 FONO막의 수명과 거의 같거나 오히려 증가하였다.

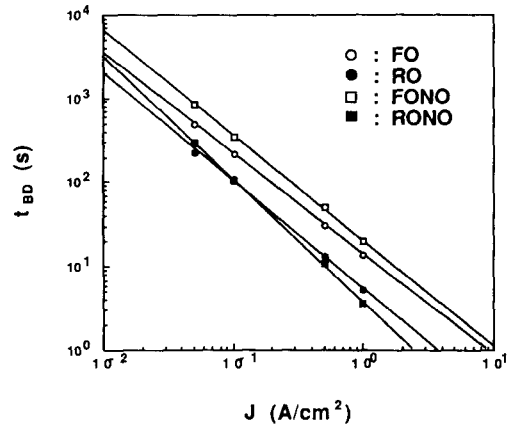


그림 4. FO 막과 RO 막, FONO막, RONO막의 stress 전류밀도에 따른 t_{BD} 특성
Fig. 4. t_{BD} characteristics of FO film, RO film, FONO film and RONO film as a function of stress current density.

그림 5는 스트레스 전류밀도에 따른 FO막 및 RO막, FONO막, RONO막의 Q_{BD} 를 나타내었다. Q_{BD} 는 스트레스 전류밀도에 절연막의 t_{BD} 를 곱하여 얻었다. 각 절연막의 Q_{BD} 는 스트레스 전류밀도에 따라 비교적 좋은 선형특성을 나타내었다. 스트레스 전류밀도가 -1.0 A/cm^2 일때 FO막과 RO막, FONO막, RONO막의 Q_{BD} 는 14 및 5.2, 20, 3.5 C/cm^2 이었으며, 스트레스 전류밀도가 -0.05 A/cm^2 일때 FO막과 RO막, FONO막, RONO막의 Q_{BD} 는 25 및 11, 5, 42.5, 15 C/cm^2 이었다. 여기서 스트레스 전류밀도가 -1.0 A/cm^2 일때 RONO막의 Q_{BD} 가 RO막의 Q_{BD} 보다 적었으나, 스트레스 전류밀도가 -0.05 A/cm^2 일때는 RONO막의 Q_{BD} 가 RO막의 Q_{BD} 보다

오히려 증가하였다. 따라서 절연막의 Q_{BD} 는 스트레스 전류밀도에 크게 의존하고 있음을 알 수 있다.

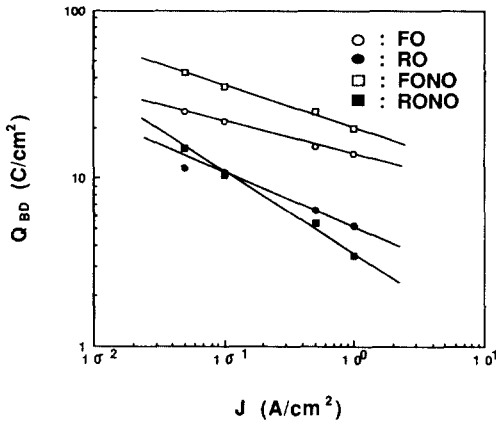


그림 5. FO 막과 RO 막, FONO막, RONO막의 stress 전류밀도에 따른 Q_{BD} 특성

Fig. 5. Q_{BD} characteristics of FO film, FONO film, RO film and RONO film as a function of stress current density.

이상의 절연막 특성 측정 결과에서 산화막이 질화되면서 고정전하가 생성됨을 알았다. 그리고 절연막의 절연파괴전계 특성과 TDDB 특성과는 밀접한 관계가 없음을 알 수 있었다. 이것은 재산화질화산화막의 절연파괴전계가 산화막의 절연파괴전계 보다 작았지만 TDDB 특성에서 예측한 재산화질화산화막의 수명이 산화막의 수명 보다 약 3배 이상 증가하였기 때문이다. 그리고 절연막에 스트레스를 인가하는 영역은 일반적으로 고전계이지만 실제로 소자가 동작하는 영역은 저전계하이어서 절연막의 열화 현상이 다를 수 있기 때문이다. 본 실험에서 TDDB 방법으로 절연막의 수명을 예측한 결과 초기 산화막 제작방법에 관계 없이 재산화질화산화막이 산화막 보다 우수한 신뢰성을 나타내었다.

산화막 및 재산화질화산화막을 게이트 절연막으로 사용한 MOSFET의 hot carrier 효과를 조사하기 위해서 소자를 제작하였는데, FO막 및 RO막, FONO막, RONO막을 게이트 절연막으로 사용한 소자를 FO MOSFET와 RO MOSFET, FONO MOSFET, RONO MOSFET라고 각각 칭하였다.

그림 6은 대표적으로 채널 폭이 $30\mu\text{m}$ 이고 길이가 $1.0\mu\text{m}$ 인 RONO MOSFET에 대하여 스트레스를 인가하기 전후에 드레인 전압에 따른 드레인 전류 특성을 나타내었고, 그림 7은 채널 폭과 길이가 각각 30

μm 및 $1.0\mu\text{m}$ 인 RONO MOSFET에 대하여 스트레스를 인가하기 전후에 게이트 전압에 따른 드레인 전류 및 transconductance의 변화를 나타낸다. 이때 스트레스 조건은 드레인 전압과 게이트 전압이 각각 5.8V 와 2.4V 이며 기판전류가 $410\mu\text{A}$ 이고 스트레스 시간은 5000 초이었다. 문턱전압 (threshold voltage) 및 transconductance의 변화를 측정할 때 드레인 전압은 0.1V 이었다. 그리고 스트레스를 인가한 후에 소자의 성능 저하 특성을 조사하기 위하여 소오스와 드레인 단자를 바꾸어서 측정하였는데, 이것은 MOSFET의 드레인 부근에서 국부적으로 열화가 일어나기 때문에 스트레스에 따른 소자의 성능저하 특성을 더욱더 잘 관찰하기 위한 것이다.^[6]

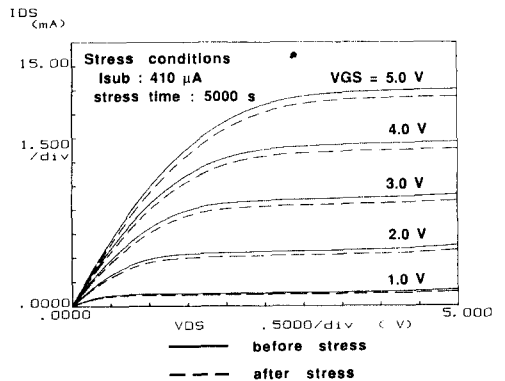


그림 6. Stress 전후에 RONO MOSFET의 I_{DS} - V_{DS} 특성

Fig. 6. I_{DS} - V_{DS} characteristics of RONO MOSFET before and after stress.

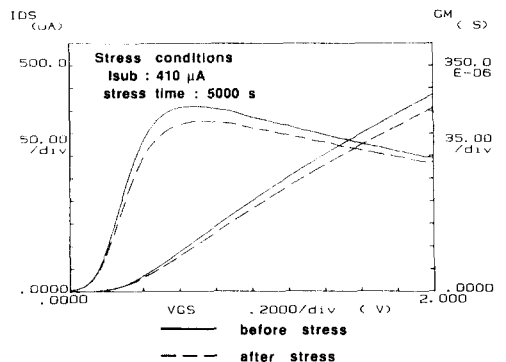


그림 7. Stress 전후에 RONO MOSFET의 I_{DS} - V_{GS} 와 g_m - V_{GS} 특성

Fig. 7. I_{DS} - V_{GS} and g_m - V_{GS} characteristics of RONO MOSFET before and after stress.

그림 6에서 드레인 전류가 선형영역에서 뿐만 아니라 포화 영역에서도 스트레스를 인가한 후에 감소한 것을 알 수 있다. 그림 7에서는 스트레스를 인가하면 최대 transconductance가 약 7.5 % 감소하였고 문턱전압이 약 8.0 mV 증가하였다는 것을 알 수 있는데, 이것은 스트레스를 인가함에 따라 hot carrier가 산화막에 포획되고 계면전하를 생성시키기 때문이다.^[8,9]

그림 8은 대표적으로 채널 폭과 길이가 30 μm 및 1.0 μm 인 FO MOSFET에 대하여 기판전류 밀도와 스트레스 시간에 따른 최대 transconductance의 감소를 나타낸다. 소자에 스트레스를 인가할 때 기판전류를 최대가 되도록 게이트 전압을 결정 하였다. 스트레스 조건은 드레인 전압이 각각 5.0 및 5.5, 6.0, 6.5 V이었으며, 이때 기판전류는 각각 180 및 300, 660, 1500 μA 이었다. 스트레스 시간에 따른 transconductance의 변화가 비교적 좋은 선형 특성을 나타낸다.

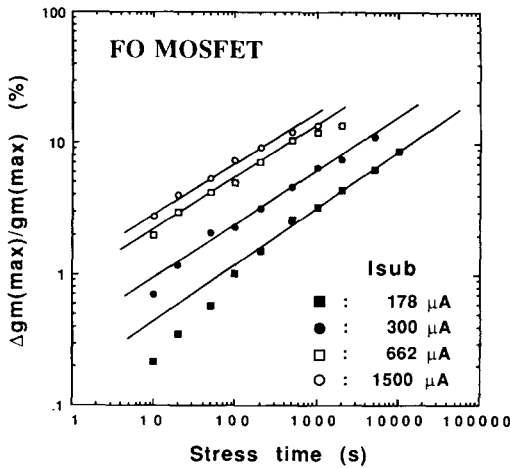


그림 8. Stress 시간에 따른 FO MOSFET의 transconductance 감소

Fig. 8. The decrease of transconductance with stress time for FO MOSFET.

그림 9는 각각의 MOSFET가 동작하는 영역에서 소자의 수명을 예측하기 위하여 기판전류 밀도의 변화에 따른 소자의 수명 변화를 나타내었다. 여기서 스트레스 조건에 따른 소자의 수명은 스트레스 전의 transconductance가 10 % 감소할 때의 스트레스 시간으로 정의하였다. 기판전류가 1 μA 일때 FO MOSFET 및 RO MOSFET, FONO MOSFET, RONO MOSFET의 수명이 약 2×10^8 및 $3 \times$

10^8 , 8×10^8 , 1×10^9 초이었다. 이 결과에서 재산화질화산화막을 게이트 절연막으로 사용한 MOSFET의 수명이 산화막을 게이트 절연막으로 사용한 MOSFET의 수명 보다 약 3 배 이상 증가하였음을 알 수 있다. 이 결과는 TDDB 방법으로 예측한 절연막의 특성 결과와 잘 일치한다.^[10]

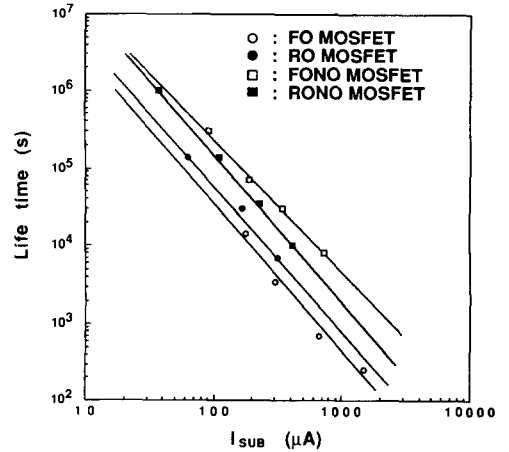


그림 9. 기판전류에 따른 FO MOSFET와 RO MOSFET, FONO MOSFET, RONO MOSFET의 수명

Fig. 9. The life time of FO MOSFET, RO MOSFET, FONO MOSFET and RONO MOSFET with substrate current.

이상의 절연막 특성과 게이트 절연막에 따른 MOSFET의 특성을 분석한 결과 중요한 사실을 알 수 있었다. 절연막에 스트레스를 인가하는 범위에서 절연막의 전기적 특성이 나쁜 경우에도 소자가 동작하는 영역에서 절연막의 수명을 예측할 경우에 더 좋은 특성을 나타낼 수 있다. TDDB 방법으로 평가한 절연막의 신뢰성 특성과 MOSFET에 DC 스트레스를 인가하여 소자의 성능 저하 특성으로 평가된 절연막의 신뢰성 특성이 일치함을 알 수 있었다.

IV. 결론

석영관 열전기로와 금속열처리로에서 형성시킨 100 Å 두께의 산화막과 이 산화막을 금속열처리법으로 질화시킨 후 재산화시킨 재산화질화산화막을 게이트 절연막으로 사용하여 MOS 캐패시터와 n-MOSFET를 제작하였다. 절연막의 신뢰성과 이 절연

막을 적용한 MOSFET의 성능저하 특성을 조사한 후 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째 산화막을 질화시키고 재산화시켰을 때 양 (+) 고정전하가 약 $8.8E10/cm^2$ 만큼 증가하였다. 둘째 재산화질화산화막의 절연과피 전계가 산화막 보다 약간 작았다. 셋째 TDDB 방법으로 절연막의 수명을 예측한 결과 재산화질화산화막의 수명이 초기 산화막의 제작방법에 관계 없이 산화막 보다 약 3 배 이상 증가되었다. 넷째 재산화질화산화막을 게이트 절연막으로 사용한 MOSFET가 산화막을 게이트 절연막으로 사용한 것보다 수명이 약 3 배 이상 증가하였다. 다섯째 TDDB 방법과 MOSFET의 성능저하 특성에서 얻은 절연막의 신뢰성은 서로 일치 하였다. 여섯째 스트레스를 인가하는 범위에서는 절연막의 전기적 특성이 나빠도 소자가 동작하는 영역에서는 더 좋은 특성을 나타낼 수 있다. 따라서 재산화질화산화막을 게이트 절연막으로 사용하면 MOSFET의 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 그리고 절연막과 소자의 신뢰성을 정확히 평가하기 위하여서는 TDDB 및 hot carrier 효과 등으로 수명을 예측하는 것이 필요하다.

参 考 文 献

- [1] T. Hori, H. Iwaski, and K. Tsuji, "Electrical and physical properties of ultrathin reoxidized nitrated oxides prepared by rapid thermal processing," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-36, no. 2, pp. 340-349, Feb. 1989.
- [2] 노태문, 이경수, 이중환, 남기수, "연속적 급속열처리법에 의한 재산화 질화산화막의 특성," *전자공학회지*, 제 27 권 제 5호, pp. 85-92, 1990년 5월.
- [3] T. Morimoto, H. S. Momose, Y. Ozawa, K. Yamabe, and H. Iwai, "Effects of boron penetration and resultant limitations in ultra thin pure-oxide and nitrated-oxide gate-films," *IEDM Tech. Dig.*, pp. 429-432, 1990.
- [4] P. Pan, "Characteristics of thermal SiO₂ films during nitridation," *J. Appl. Phys.*, vol. 61, no. 1, pp. 284-293, Jan. 1987.
- [5] D. K. Shih, D. L. Kwong, S. Lee, "Study of the SiO₂/Si interface endurance property during rapid thermal nitridation and reoxidation processing," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 54, no. 9, pp. 822-824, Feb. 1989.
- [6] T. Hori, and H. Iwasaki, "Improved hot-carrier immunity in submicrometer MOSFET's with reoxidized nitrated oxides prepared by rapid thermal processing," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. EDL-10, no. 2, pp. 64-66, Feb. 1989.
- [7] B. S. Doyle, and G. J. Dunn, "Dynamic hot-carrier stressing of reoxidized nitrated oxide," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. EDL-12, no. 2, pp. 63-65, Feb. 1991.
- [8] K. L. Chen, S. A. Saller, I. A. Groves, and D. B. Scott, "Reliability effects on MOS transistors due to hot-carrier injection," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-32, no. 2, pp. 386-393, Feb. 1985.
- [9] E. Takeda, "Hot carrier effects in submicrometre MOS VLSIs," *IEE Proceedings*, vol. 131, Pt. I, no. 5, pp. 153-162, Oct. 1984.
- [10] M. Davis, and R. Lahri, "Gate oxide charge-to-breakdown correlation to MOSFET hot-electron degradation," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. EDL-9, no. 4, pp. 183-185, Apr. 1988.

著者紹介



盧泰文(正會員)

1962年 3月 6日生. 1984年 2月 경북대학교 전자공학과 (공학사). 1986年 8月 경북대학교 전자공학과 (공학석사). 1986年 9月 ~ 1988年 1月 삼성종합기술원 연구원. 1988年 2月 ~ 현재 한국전자

통신연구소 공정개발실 선임연구원. 주관심분야는 절연막 형성 및 평가 기술, CMOS 공정, MOS 소자의 신뢰성, ASIC 제작 등임.



俞炳坤(正會員)

1957年 4月 18日生. 1984年 2月 경북대학교 물리학과 (이학사). 1987年 3月 東京工業大學 原子核工學科 (공학석사). 1990年 3月 東京工業大學 原子核工學科 (공학박사). 1990年 4月 ~ 1991年 2

月 日立 中央研究所 근무. 1988年 2月 ~ 현재 한국 전자통신연구소 미세구조연구실 선임연구원. 주관심 분야는 MOS 소자의 신뢰성 연구 및 Deep submicron 소자, TFT 소자 등임.

李 璟 秀(正會員) 第 27卷 第 5號 參照

현재 한국전자통신연구소 선임연구원

南 基 守(正會員) 第 27卷 第 5號 參照

현재 한국전자통신연구소 미세구조 연구실 실장