

RTN에 의해 제작된 MOS소자의 전기적 특성
Electrical Properties of MOS Devices by Rapid Thermal Nitridation(RTN)

장 의 구 최 원 은 이 절 인 .

중앙대학교 전기공학과*

Eui-Gu Chang, Won-Eun Choi, Cheol-In Lee

Department of Electrical Engineering, Chung-Ang University

ABSTRACT

The electrical properties of thin nitrified thermal oxides prepared by rapid thermal nitridation(RTN) have been studied.

The flatband voltages were calculated using C-V measurement and found to vary as nitridation time and temperature. After nitridation an increase in the fixed oxide charge density was always observed, but the distribution of it as a function of annealing time was found to be random. The breakdown voltages were measured using curve tracer.

1. 서론

소자의 집적도를 높이기 위해 얇고 신뢰성 있는 절연막이 요구 되고 있으며 이들 막이 소자의 특성에 미치는 영향이 연구 되어지고 있다.

지난 20여년간은 열적으로 성장된 산화막 이

주로 사용되어 왔으나, 산화막은 두께가 얇아짐에 따라 processing 조건에 대단히 민감함이 밝혀져[3] 이를 대체하기 위한 재료에 관심이 모이고 있다.

이에 따른 방법의 일환으로 본 논문에서 조사 하고자 하는 질화된 산화막(oxynitrid)은 게이트 금속 불순물의 침투를 막는 표면 보호막의 역할을 하고,[4] 산화에 대해 큰 저항을 갖고 있으며,[1] [2] 높은 유전력을 제공하는[5] 등의 장점이 있다고 보고되어 있다.

질화된 산화막은 완전한 산화막과 질화막 사이의 성분을 갖는 $Si_xO_yN_z$ 막으로서 SiO_2 와 Si_3N_4 의 몇가지 유용한 전기적, 물리적, 화학적인 특성이 결합되어 있으며, 형성구조가 대단히 복잡함에도 불구하고 재현성이 좋은 기본적인 특성을 갖고 있다. 전기로에 의한 질화는 산화막의 질화 시간이 긴 영향으로 인하여 질화된 산화막 내부의 불순물이 재분포하는 문제점을 안고 있었으며, 이러한 문제의 해결 방안으로 Rapid Thermal

Nitridation (RTN) 방법이 시도되고 있다.[6][7]

본 논문에서는 Lamp-heating 에 의한 RTN 방법을 이용하여 온도와 시간을 제어변수로 하면서 제작된 소자의 전기적 특성을 고찰하고자 한다.

2. 실험

비저항이 14 - 22 [ohm-cm] 이고 불순물이 phosphorous 이며 결정방향이 (100)인 n형 실리콘 웨이퍼(wafer)를 표준 세척공정으로 세척한후 850°C 에서 1500 cc/min 의 산소를 흘려주며 전기로의 석영관 내에서 30분간 산화 시켰다. 그 후 850°C 에서 20분간 N₂ 개스 분위기에서 어닐링 하였다. 다음 공정으로 순수한 NH₃ 개스를 흘려주며 RTN 방법으로 850°C - 1000°C 온도에서 0 - 60 초 동안 질화시킨후 Al을 진공증착한 다음 Photolithography로 전극을 형성하였다.

위와같이 준비된 소자를 L.C.R.meter와 Curve tracer를 사용하여 C-V특성과 브레이크다운 전압을 측정하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1 은 산화된 n형 웨이퍼를 질화 시켰을때 시간에 따른 플랫밴드 전압의 변위를 나타낸 것이다.

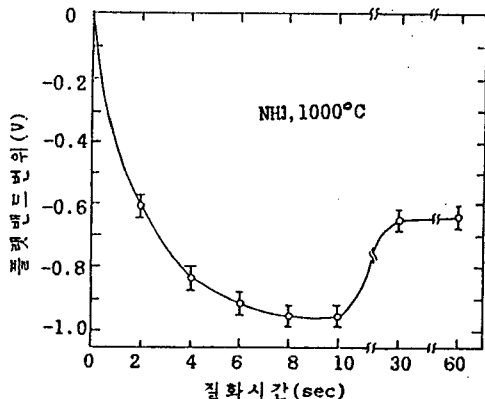


그림 1. NH₃ 질화시간에 대한 negative 플랫밴드 전압의 변위

RTN 0 - 8 초 사이에서는 질화시간 증가에 따라 negative 플랫밴드 전압이 증가하였고, 8 - 30초까지는 서서히 감소하였으며, 30초 이상에서는 거의 안정된 플랫밴드 전압을 볼수있었다. 초기 질화시의 negative 플랫밴드 전압의 증가는 Diffusion controlled behavior에 의한 것이며 이후의 감소는 첨가된 NH₃ 개스의 질소 성분이 산화막과 반응하여 Si-N 결합을 형성 함으로써 dangling 결합을 감소 시켰기 때문이라 생각된다.

그림 2는 RTN 온도에 대한 negative 플랫 밴드 전압의 변위이다.

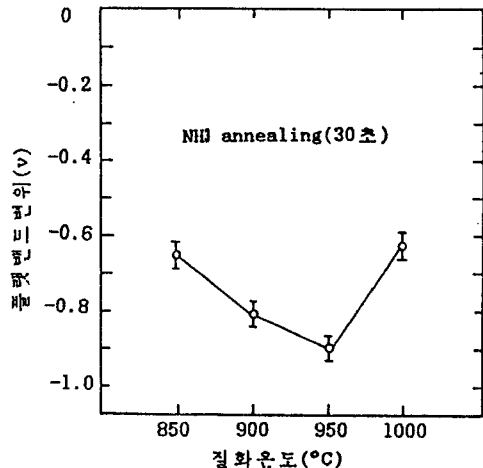


그림 2. RTN온도에 따른 negative 플랫밴드 전압

negative 플랫밴드 전압은 950°C까지 증가하였다가 다시 감소함을 볼수 있었다. 이러한 결과는 산화막 속으로 침투한 질소의 영향으로 생각된다.

그림 3은 1000°C에서 질화 시켰을때의 RTN 시간에 따른 고주파(1MHz) C-V 곡선이다.

8초 동안 질화된 경우에는 큰 negative C-V 변위가 있었다. 그러나 질화시간이 30초에서는 negative 변위가 상당히 줄어들었음을 볼수 있었다.

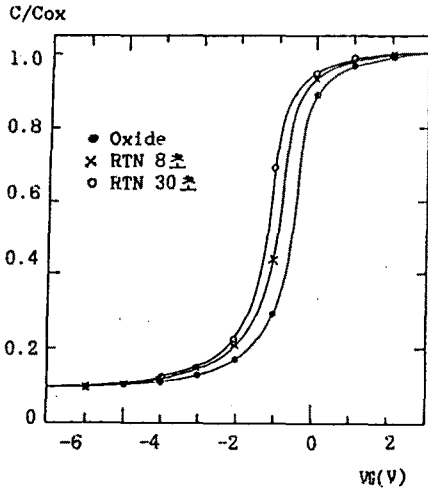


그림3. 질화된 MOS 소자의 C-V 특성 곡선

실험에 의한 고정 표면 전하 Q_{ss} 의 분포는 질화 시간에 따라 변화가 있음을 나타냈었는데, 이러한 점으로 미루어보아 C-V 변위의 주된 원인은 질화된 산화막과 실리콘 계면에서 구조적인 결함에 의해 형성된 빠른 표면상태(fast surface state)이었음을 추정할수 있다. 즉, 질화에 의한 SiO_2 에서 Si-N-O로의 구조적인 형성 변화로 의해서 공유결합의 파괴로 인해 생성되었던 현수결합(dangling bond)이 감소함에 따라 그림과 같은 결과가 나왔으리라 생각된다.

4. 결론

RTN이 산화막에 미치는 영향을 조사 하였다. negative 플랫밴드의 변위는 어닐링 온도와 시간의 함수였으며, 변위의 주된 원인은 빠른 표면상태에 의한 것임을 알수 있었다. 이것은 양전하의 근원인 현수결합이 SiO_2 에서 Si-N-O로의 구조적인 변화에 의해 Si-N결합이 형성됨으로서 감소되었기 때문이라고 해석 할수있었다. 곡선 추적기로써 구한 브레이크다운 전압 분포는 조밀 하였다.

참고문헌

1. F.H.P.M.Habraken, A.E.T.Kuiper, Y.Tamminga, and J.B.Theeten, "Thermal nitridation of silicon dioxide films," J.Appl.Phys.,53,6996, 1982.
2. T.Ito, T.Nakamura, and H.Ishikawa, "Effect of thermally nitrided SiO_2 on MOS characteristics," J.Electrochem.Soc.,129,184,1982.
3. P.Pan, "Characteristics of thermal SiO_2 films during nitridation," J.Appl.Phys.,61,284,1987.
4. T.Hori, Y.Naito, H.Iwasaki, and H.Esaki, "Interface state and fixed charges in nanometer-range nitrided oxides prepared by rapid thermal annealing," IEEE Electron device Lett.,vol.EDL-7,P.669,1986.
5. J.Nulman, J.P.Krusius, and L.Rathbun, "Electrical and structural characteristics of thin nitrided gate oxides prepared by rapid thermal nitridation," in IDEM Tech.Dig.,p.169, 1984.
6. T.Hori,H.Iwasaki,Y.Naito,and H.Esaki, "Electrical and physical characteristics of thin nitrided oxides prepared by rapid thermal nitridation," IEEE Trans.Electron Devices,vol. ED- 34,P.2238,1987.
7. J.L.Vossen,and W.Kern,"Thin film process," Academic Press,1978,p.353.