

## 새로운 Annealing 방법

○ 홍순관\*, 박선우\*\*, 김철주\*

\*서울시립대학교 전자공학과, \*\*현대전자 반도체 연구소

A New Annealing Method.

Soon-Kwan Hong\*, Sun-Woo Park\*\*, Chul-Ju Kim\*

\*Dept. of Electronics Seoul City Univ. \*\*Hyundai Electro. Ind. Co.

### ABSTRACT

We suggest a new annealing method for stabilization of Si-SiO<sub>2</sub> interface state in MOS device using NH<sub>3</sub>(10%) + N<sub>2</sub>(90%) ambient gases. The annealing effect was examined through C-V characteristics, threshold voltage, effective mobility on channel, respectively. The experimental result show that the new method is available to improvement of MOS device characteristics.

### 1. 서론.

VLSI에서 ULSI로 집적도가 변천됨에 따라서 Si-SiO<sub>2</sub> 경계면의 안정화는 더욱 중요한 문제로 대두되었다. 경계면 특성을 안정화 시키기 위하여 수소나 질소가스 분위기에서 혹은 HCl이나 TCE(trichloroethylene)등을 첨가하는 어닐링 방법이 이용되었다[1-3]. 산업용 웨이퍼 프로세스에서는 문턱전압 V<sub>th</sub>(Threshold Voltage)을 이온주입에 의하여 정확히 제어하므로 수소 어닐링에 의한 변동이 거의 없다. 따라서 채널 실효이동도가 증가하여 Drain전류는 쉽게 흐르게 된다. 또한 알루미늄 전극과 Source-Drain의 오움집속도 개선되기 때문에 접촉저항도 감소하게 된다.

최근에는 전자빔 직접조사방식에 의한 소자제작이 활발히 진행되고 있으며[4], 이러한 전자빔 직접조사법으로

MOS 소자를 제작할 경우, 다결정-Si의 게이트영역과 소자의 활성영역을 묘사하는 과정에서 두번정도 채널영역이 전자빔에 조사된다. 이때 여러가지 결함이 발생하여 V<sub>th</sub>값을 변화시키고 이동도를 저하시킨다.

본 연구에서는 MOS 트랜지스터를 제작하여 암모니아를 첨가하는 질소 분위기에서의 어닐링 효과를 검토하였다. C-V특성 곡선에서의 어닐링효과에 따른 V<sub>fb</sub>의 변화 및 채널의 실효이동도에 미치는 암모니아 어닐링의 효과를 검토한다.

### 2. 실험방법

그림 1에 본 실험에서 사용된 장치의 개략도를 보였다. 열원으로 적외선 램프와 텅스텐 할로젠 램프를 사용하였다. 램프의 발광부는 부형 석영관 속에 텅스텐 필라멘트로 구성되어 있는 길이 12cm의 원통형으로서 1.15μm의 peak 출력파장을 갖는다. 발광부의 뒷면은 원형의 반사경이 있으며 반사경의 초점위치에 발광부가 설치되어 있다. 램프유니트는 4개로 구성하였으며 시료위치에서 사방면으로 방사되도록 설치되어 있다. 램프에서 방사된 적외선은 반사경에서 반사되어 평행으로 Si웨이퍼에 흡수된다. 반사경은 냉각수를 순환시켜서 수냉한다. 램프의 최대 공급전압은 144V, 최대 공급전력은 2.4KW이며 전류량을 조정하여 온도를 조절한다. 온도 설정은 PID회로를 이용한 제어기로 하여, 고온 영역은 산화, 확산의 온도 의존성 실험에서, 저온은 CVD막의 증착온도 의존성에서 설정하였다.

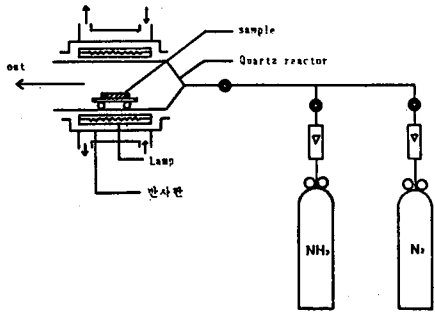


그림 1. 실험장치의 개략도

장치를 간단화 하고 불필요한 불순물의 개입을 막기 위하여 thermocouple 등의 측정용 탐침은 반응관내에 넣지 않았다. 실험에 사용한 반응가스와 캐리어 가스는 NH<sub>3</sub>, O<sub>2</sub>이며 소자제작후 NH<sub>3</sub>를 450 °C에서 30분간 흘리면서 어닐링하였다. 시료는 저항률이 60 Ωcm 인 p형 Si 웨이퍼를 100X35mm로 잘라서 가열대로 하고 그 위에 10X20mm의 시료를 얹어서 사용하였다. N<sub>2</sub>의 유량을 2 l/min, NH<sub>3</sub>의 유량을 200cc/min로 하였을때가 가장 우수한 어닐링 효과를 얻었다. 어닐링의 효과를 관찰하기 위하여 n-MOS 트랜지스터를 제작하였다. MOS Capacitor의 C-V 특성에서 V<sub>fb</sub>를 관찰하여 어닐링 전후의 변화를 비교 검토하였다. n-MOS 트랜지스터는 문턱전압의 변화를 부하특성인  $\sqrt{I_{ds}}-V_{ds}$  곡선에서 검토하여 어닐링의 효과를 알아보았다. 채널의 실효이동도의 변화는 V<sub>ds</sub> 전압을 40mV로 일정하게 인가한후, V<sub>g</sub>의 값을 변동 시키면서 어닐링 전후의 결과를 검토하였다.

n-MOS 트랜지스터의 게이트 산화막 두께는 1000 Å이며 확산층의 접합 깊이는 0.8 μm로 하였다. 또한 게이트의 W/L비는 1.2:1로 고정하였다.

3. 실험결과 및 검토.

3-1. MOS Capacitor의 C-V 특성.

그림2에 MOS Capacitor에서 측정된 C-V 특성의 어닐링 처리전과 처리후의 변화를 비교하여 보았다. 그림에서 직선은 이상곡선이며 접선은 어닐링을 하지 않았을 때, 그리고 0표는 처리를 한후의 C-V곡선의 회복상태를

나타낸다. C<sub>max</sub>의 값은 85pF이며 접선의 V<sub>fb</sub>는 -1.5V 였다. 어닐링 처리후의 C-V곡선은 이상곡선과 거의 일치하며 ΔV<sub>fb</sub> < 0.01V인 조건에서 Q<sub>ss</sub>=q=C<sub>max</sub>. ΔV<sub>fb</sub>를 이용하여 계산해보면 Q<sub>ss</sub> < 8x10<sup>10</sup> (cm<sup>-2</sup>)개로 산출되어 NH<sub>3</sub>에 의한 어닐링 처리효과의 우수성이 입증된다.

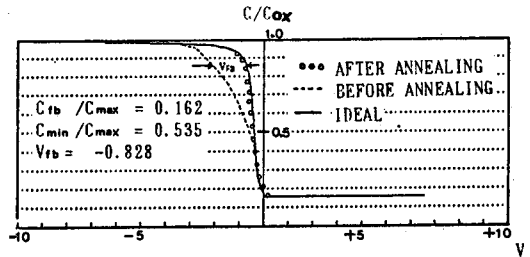
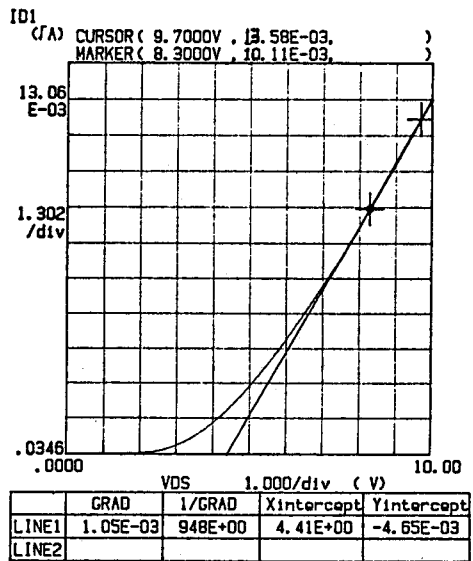


그림 2. 어닐링 전과 어닐링 후의 C-V 특성

3-2. MOS 트랜지스터의 부하특성.

그림 3에 MOS 트랜지스터의 부하특성을 보였다. 그림 3의 (a)는 어닐링 처리전의 부하특성이며, 전자선 조사의 영향으로 부하특성은 좋지 않으며 V<sub>th</sub>는 4.41V였다. 그림 3의 (b)는 어닐링 처리후에 부하특성이 호전됨을 나타내며 V<sub>th</sub>도 1.41V로 회복되었다. 이러한 결과는 그림에서도 알 수 있듯이 NH<sub>3</sub>를 이용한 어닐링의 효과가 우수함을 보여준다.



(a)

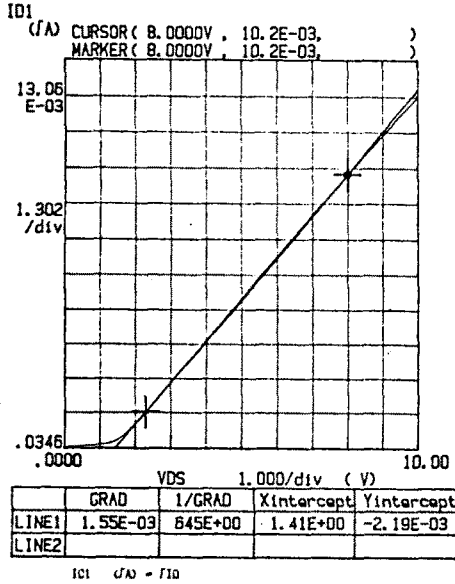
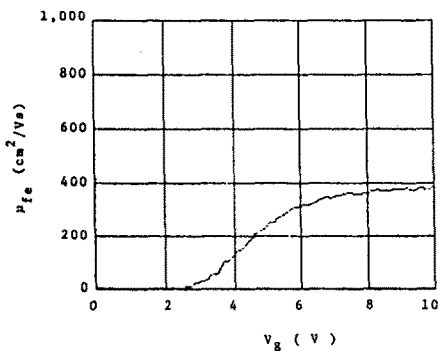


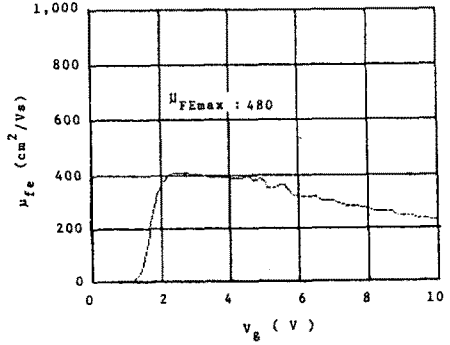
그림 3. n-MOS 트랜지스터의 부하특성  
(a) 어닐링 처리전  
(b) 어닐링 처리후

3-3. MOS 트랜지스터의 채널 실효이동도.

그림 4에 어닐링 처리전, 후의 채널 실효이동도의 변화를 보였다. 그림 4의 (a)에 보인 실효이동도는 전자빔으로 1시간 동안 조사된 시료에서 측정된 것으로 그값은 낮아져 있으며 기공기로부터 결함이 발생되어 있음을 예상할 수 있다. 어닐링 처리후에는  $\mu_{fe}$ 가 480cm/v.s로 회복되었으며 따라서 NH<sub>3</sub>의 어닐링 효과가 있음이 입증되었다.



(a)



(b)

그림 4. 게이트 전압에 대한 채널 실효이동도  
(a) 어닐링 처리전  
(b) 어닐링 처리후

4. 결론.

이미 사용되고있는 어닐링 처리방법을 NH<sub>3</sub> 와 N<sub>2</sub>가스의 혼합 분위기에서 처리하는 새로운 방법을 제안하였다. 어닐링 처리전, 후의 효과를 MOS Capacitor와 MOS 트랜지스터의 부하특성 및 채널 실효이동도에 있어서 비교하여 보면 처리후에 특성이 개선됨을 알 수 있었다.

확실한 메카니즘은 아직 분명하지는 않으나 NH<sub>3</sub>의 열분해에 의한 발생기 수소가 갖는 효과로 생각되며, 메카니즘을 밝혀 내는것이 남은 과제라 하겠다.

참고 문헌

1. H. Shiraki, "Suppression of Stacking Faults Generation in Si Wafer by HCl Added to Dry O<sub>2</sub> Oxidation," J.J. Appl. Phys. vol. 15, NO.1, (1976), pp.83-86.
2. M. Futagami, M. Hamazaki, "Influence of Nitrogen Heat Treatment on Si Surfaces," J.J. Appl. Phys. vol. 17, NO.8, (1978), pp.1343-1349.
3. B.Y. Liu and C. Cheng, "Growth and Characterization of Thin Gate Oxides by Dual TCE Process," J. Electrochem Soc., vol.131, No.3.
4. E.N. Fuls, L.R. Thibault, "Electron-Beam Lithography for Small MOSFET's," IEEE Transactions on Electron Dev. vol. ED-28, No. 11, (1981)