

## 얇은 산화막의 wear out에 관한 광 조사 효과

김 제 호, 최 복 길, 성 영 권  
고려대학교 전기공학과

The effect of irradiation on the wear out of thin oxide film.

Jae-Ho Kim, Bok-kil Choi, Yung-Kwon Sung  
Department of Electrical Engineering, Korea University.

### ABSTRACT

Due to the increased integration density of VLSI circuits a highly reliable thin oxide film is required to fabricate a small geometry MOS device.

The behavior of thermal SiO<sub>2</sub> under high electric field and current condition has a major effect on MOS device degraion and also the practical use of MOS device under irradiation has cause the degraion of thin oxide films.

In this paper, in order to evaluate the reliability of thin oxides with no stress applied and stressed by the irradiation under low electric field, the tests of TDDB (Time-dependent-dielectric breakdown) are used.

Failure times against electric field are examined and acceleration factor is obtained for each case. Based on the experimental data, breakdown wear out limitation for thin oxide films is characterised.

### 1. 서론

오늘날 VLSI 시대를 맞이하여 소자크기의 미세화에 따른 집적도가 증가함에 따라 소자구조 파라미터중 양질의 얇은 표면보호막이 절실히 요구되고 있다. 그러나 이와같은 박막화는 고전계로 말미암은 bias

stress가 가중되어 소자가 파괴되는경우가 흔히 발생 되고, 실제 소자 동작시 높은 에너지의 광 조사등에 의해 막내에서 발생된 양전하로 인한 산화막내의 벌크전하와 새로운 계면준위가 형성됨으로써 표면보호막의 열화현상이<sup>1)</sup> 촉진 되어 소자의 신뢰성이 큰 문제가 되어왔다.

그래서 본 논문에서는 전계 스트레스에 의한 TDDB (Time-Dependent-Dielectric-Breakdown) 과 높은 에너지의 광 조사에 의한 막의 열화 정도를 보기위해 막의 파괴전계보다 낮은 저 전계하에서 자외선 ( U.V light ) 을 시간을 달리하면서 조사한후 전계스트레스에 의한 TDDB 를 측정하고, 광조사후 고주파 C - V측정으로 부터 광조사 시간에 따른 플랫 밴드 전압 변화량을 보았다.

또한 이 TDDB<sup>2-4)</sup> 특성들로부터 막의 파괴양상을 Weibull 본포에 적용시켜 전계 가속 계수 (Electric-field-accelerator-factor) 를 구하여 반도체소자의 신뢰도 및 안정성에 지배적인 영향을 미치는 절연막의 절연내력에 대해 검토해 보고, 이로부터 저전계 정규동작 조건하에서의 산화막의 수명시간을 추출하여보았다.

### 2. 시료의 제작 및 측정

기판으로 비저항이 20 - 50 Ω-cm 인 (100), P형 결정방향의 실리콘 웨이퍼를 사용하였으며, 1050° C 에서 산화시간을 달리하여 1 l/min 의

산소유량으로 250 Å 정도의 얇은 산화막을 성장시켰다. 산화후 900° C에서 25분간 어닐링을 하였다. 막 두께는 Nanoscope (ANELVA 911-9150)를 사용하여 측정하였다.

제작된 시료는 진공증착 장치를 사용하여 직경 2 mm의 Al의 전극을 형성하였다.

하부전극은 HF를 이용하여 에칭을 한후 Al을 증착시켜 ohmic contact을 만들었다

절연과피 측정은 ramp rate 0.1V/sec 인 ramp 전압을 인가하고 전류가 0.5mA 로 흐를 때를 Breakdown 이라 규정하고 이때의 전압을 Breakdown 전압으로 측정 하였다.

TDDB 측정은 광 조사를 하지 않은 막과 , 저전계하에 광 조사를 30분 , 60분간 가한막에 대해 각각 전계 스트레스 7, 7.5, 8 MV/cm 를 가하여 절연과피가 일어날때까지의 시간을 측정 하였다. 또한 광 조사를 하지 않은 막의 고주파 C - V 특성과 , 저 전계하에서 30분, 45분, 60분간 가한 막에 대해 고주파 C - V 측정을 함으로써 플랫폼 밴드 전압의 양상을 살폈다.

### 3. 실험 결과 및 검토

그림 1 은 광조사를 저전계하에서 가한 막들과 광조사 및 저 전계를 가하지않은 막에 대해 ramp rate 0.1 V/cm 전압을 가하여 측정한 절연과피 히스토그램을 나타내었다

그림 2는 광 조사 전 후 막에 대한 고주파 C - V 곡선의 좌측으로 이동한 플랫폼 밴드 전압 변화량을 나타낸것이다. 그림 1에서 광처리를 한막이 광처리를 하지않은 막에 비해 절연과피가 저전계로 이동됨은 그림 2에서 플랫폼 밴드 전압 이 좌측으로 이동된 것에서 알수있듯이 막내의 양전하 발생 및 축적으로 인한 열화현상이라고 생각된다.

그림 3은 그림 1의 절연과피 전계 본모를 Weibull본모로 나타낸 것이다.

그림 4는 광 조사를 하지 않은 막에 대해 상온에서 7, 7.5, 8 MV/cm의 일정전계하에서 TDDB의 결과를

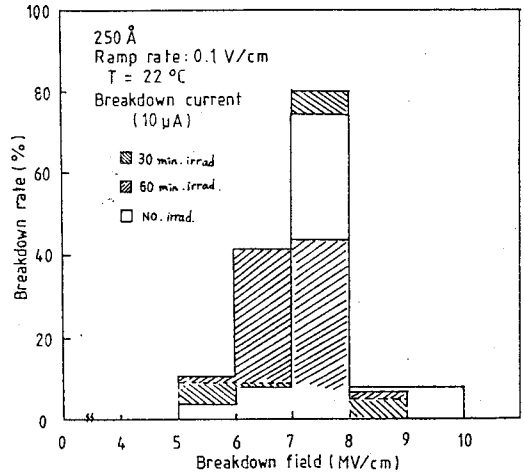


그림 1. SiC<sub>2</sub> 막의 절연과피의 전계본모.

Weibull paper 에 도시 하였고, 그림 5와 6은 광조사 및 전계를 가한 막에 대해 상온에서 7, 7.5, 8 MV/cm 의 전계를 가한 TDDB결과를 Weibull 본모로 나타낸것이다. 그림 4, 5, 6에서 보면 stress 전계가 증가하면 절연과피 도달시간 Tbd 가 지수적으로 감소함을 알수 있는데 이는 MOS소자들의 절연과피 양상이 stress 전계의 증가에따라 크게 가속 됨을 시사하고 있다. 여기서 전계의 함수로서 50% 누적 파괴에 이르는 시간을 나타낸 전계 가속 계수<sup>5)</sup>는 각각 1.1cm/MV, 1.5cm/MV, 1.55cm/MV 를 얻었다.

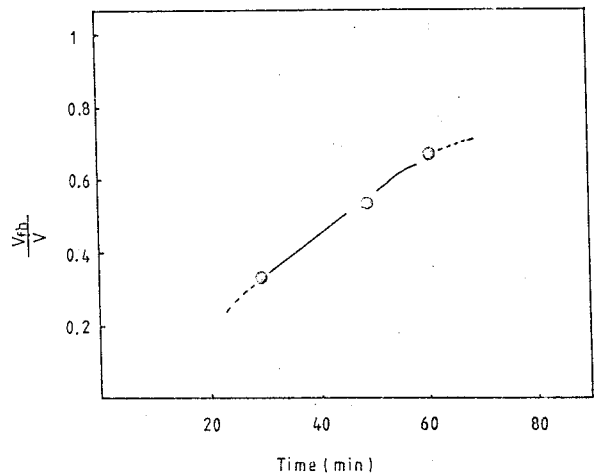


그림 2. 광 조사 시간에 따른 플랫폼 밴드 전압 변화량.

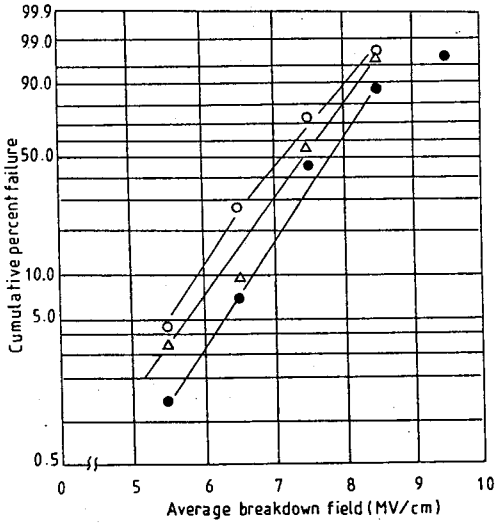


그림 3. 절연 파괴 분포의 Weibull 분포.

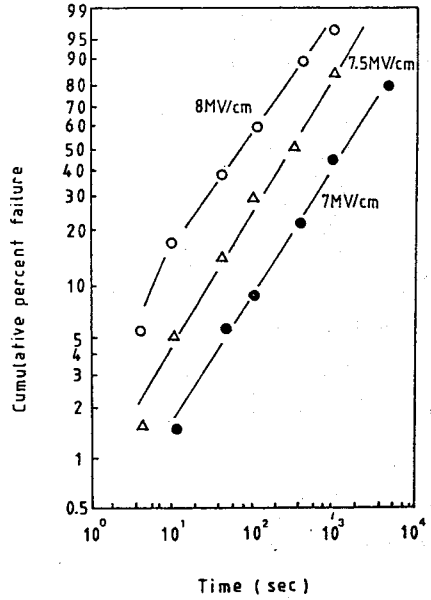


그림 5. 광 조사 30분후 전계스트레스 TDDB특성의 Weibull 분포.

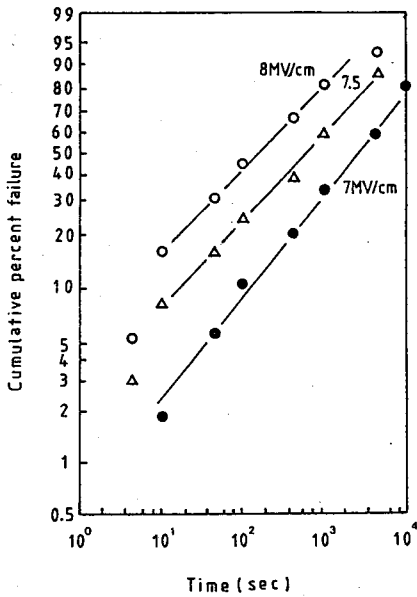


그림 4. 전계 스트레스 TDDB특성의 Weibull 분포.

그림 7, 8, 9는 22° C인 상온에서 고 전계 stress (7, 7.5, 8 MV/cm)하의 누적파괴율 0.01% 까지 도달시간에 대한 것이다.

앞에서 구한 전계 가속 계수들을 이용하여 그림 10, 11, 12에 동작전압과 누적파괴율 0.01%

누적파괴율과의 관계를 보여주고 있다. 그림에서 보인 상온 동작하에 동작 전압이 2 V 이면 누적파괴율 0.01% 까지의 시간은 각각  $9 \times 10^4 \text{ sec}$ ,  $4 \times 10^5 \text{ sec}$ ,  $3.5 \times 10^7 \text{ sec}$ 임을 알수 있다.

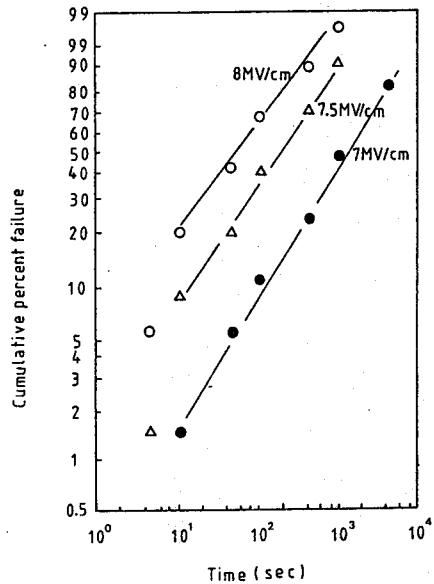


그림 6. 광 조사 60분후 전계스트레스 TDDB특성의 Weibull 분포.

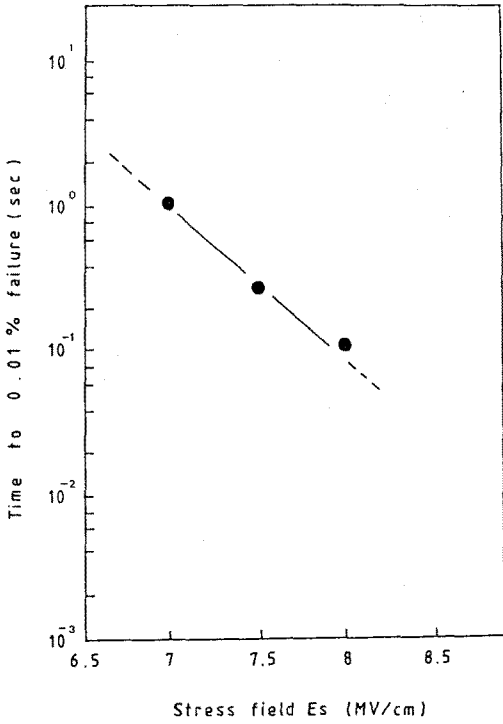


그림 7. 광 처리를 하지않은 막의 stress 전계 함수로서 0.01% 누적파괴에의 도달시간.

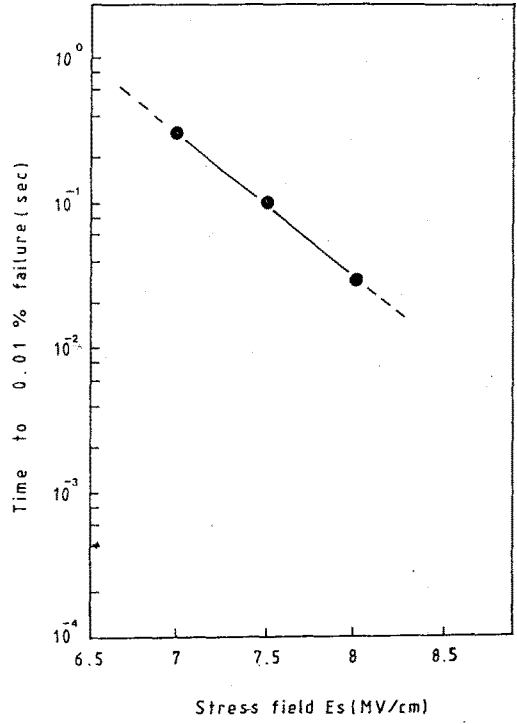


그림 9. 60 분간 광 처리를 가한 막의 stress 전계의 함수로서 0.01% 누적파괴에의 도달시간.

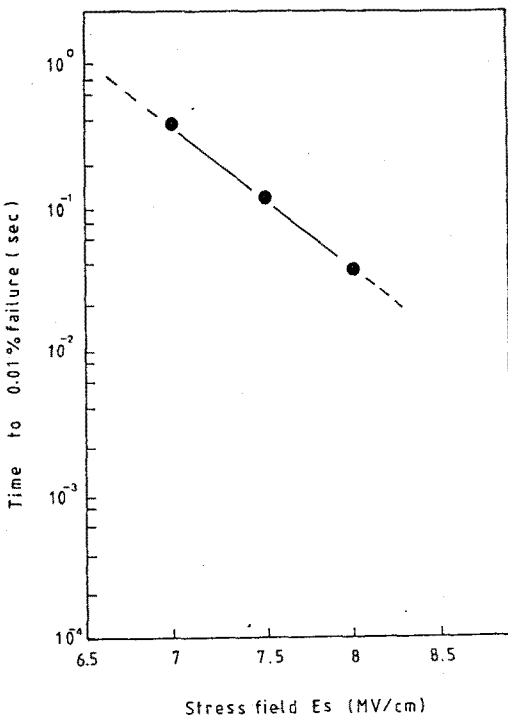


그림 8. 30 분간 광 처리를 가한 막의 stress 전계의 함수로서 0.01% 누적파괴에의 도달시간.

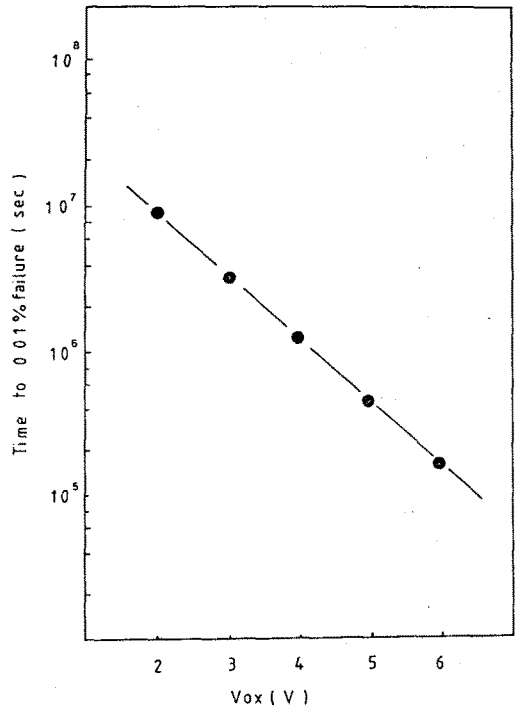


그림 10. 광 처리를 하지않은 막의  $V_{ox}$  함수로서 계산한 0.01% 누적파괴에의 도달시간.

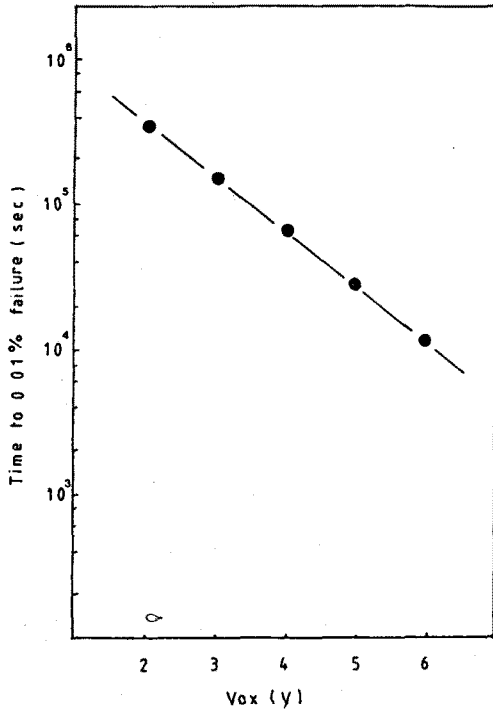


그림 11. 30 분간 광 처리를 가한 막의  $V_{ox}$  함수로서 0.01% 누적파괴 계산한예의 도달시간.

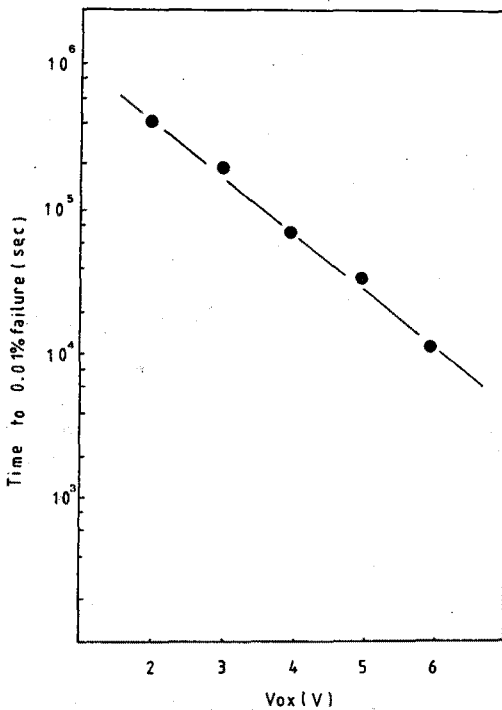


그림 12. 60 분간 광 처리를 가한 막의  $V_{ox}$  함수로서 계산한 0.01% 누적파괴예의 도달시간.

(참고 문헌)

- 1) K.H.Zainnger ; RCA. Review , p 208 (1967)
- 2) S. Raider ; Appl.Phys.Lett vol 23, p 34 (1973)
- 3) I. Chen ,S. Holland ,C. Hu ; IEEE. ED-32, p 413 (1985)
- 4) T. Kusaka ,Y. Ohji, K. Mukai ; IEEE . ED-8 ,p 61 (1987)
- 5) J. Mcpherson , D. Baglee ; J.Electrochem . Soc , vol 132, 1903 (1985)