

# Laser Assisted PECVD SiN막의 경시적 열화에 관한 시간 의존성의 통계적 고찰

김 천 섭, 김 용 우, 이 승 환, 성 영 권  
고려대학교

Statistical Analysis of wear out in electrically stressed Laser Assisted PECVD SiN Films

Chun-Sub Kim, Yong-Woo Kim, Seung Hwan Yi, Yung-Kwon Sung  
Dept. of Electrical Engineering, Korea University

### ABSTRACT

Recently, it is reported that the behaviour of PECVD under high electric field and current condition has a major effect on MNS device degradation.

In this paper, we evaluated the breakdown and TDDB characteristics of Laser assisted PECVD SiN films which is introduced new deposited method. And also, long term insulator breakdown reliability is described by examining time dependent dielectric breakdown under positive voltage. Failure times against electric field are examined and acceleration factors are obtained for each case.

From these data, breakdown wearout limitation for Laser Assisted PECVD SiN film can be characterized.

### 1. 서론

오늘날 반도체 기술이 고집적화됨에 따라 공정상의 저온화가 중요한 문제로 대두되고 있으며 이러한 추세에 맞추어 새로운 저온 박막퇴적 기술들이 시도되고 있고 그중 플라즈마 CVD법에 의해 퇴적된 SiN막은 SiO<sub>2</sub>막에 비해 치밀한 막을 얻을 수 있으며 높은 유전율을 갖고, 가동이온에 의한 영향을 거의 받지 않는등 매우 우수한 특성을 지녀 최근의 반도체 소자의 표면보호막이나 층간 절연막의 재료로서 각광을 받고 있다.<sup>1,2)</sup> 그러나 계면의 많은 결함이나

존재함으로써 gate 막으로써는 별로 이용되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 우리는 플라즈마 반응과정 동안 Laser를 조사함으로써 Ammonia free SiN막을 만든 결과, 막속에 존재하여 열화 요인으로 작용하는 불순물 H 함량을 줄임으로써 열화 및 시료의 신뢰성의 향상을 본실험을 통해서 확인 하고자 하였다.

### 2. 이론적 고찰

일반적으로 MIS capacitor의 파괴통계는 그 구성 절연막의 전기적 파기에 의한 누적 파괴특성을 표시하는 weibull분포로서 나타낼 수 있으며 다음 두가지 측면에서 누적 파괴율을 측정할 수 있다.

즉, 첫째 ramp 전압전계 E에 대한 누적 파괴율 F(t)에 관련된 것으로서, 시료에 TZDB속정을 통해 weibull probability paper상에  $\ln\ln[1-F(t)]^{-1}$ 와 E의 관계를 도시해 보면 식 (1)과 같이 선형적인 특성을 나타낸다.<sup>3)</sup>

$$\ln\ln[1-F(t)]^{-1} = m(E-E)/(E_{max}-E) \quad (1)$$

여기서  $m/(E_{max} - E)$ 는 직선의 기울기

$E_{max}$ 는 누적 파괴율이 99%일때의 E의 값

E는  $\ln\ln[1-F(t)]^{-1} = 0$ , 혹은  $F(E) = 1 - 1/e = 63\%$ 에서의 전계이다.

둘째, 일정 전계하에서의 인가시간 t에 대한 누적 파괴율 F(t)의 관계를 weibull probability paper에 나타내어 해석하는 것으로서 그 관계는 다음과 같다.

$$\ln\ln[1-F(t)]^{-1} = n \ln(t/t) \quad (2)$$

여기서 n은 직선의 기울기를 나타내고

t는  $\ln\ln[1-F(t)]^{-1} = 0$  혹은  $F(t) = 1 - 1/e = 63\%$ 일때의 t의 값이다.

우리는 이상의 두가지 측면에서 누적 파괴율과 실용상의 수명시간을 실측을 통해 검토해 보았다.

3. 시료의 제작 및 측정

비저항이 20 - 50 Ω-cm이고 (100)결정방향의 p-형 실리콘 웨이퍼를 기판으로 하여 RCA법<sup>3)</sup>으로 세척하였고 SiN막 퇴적에 사용된 PECVD와 Laser assisted PECVD장치는 ArF Excimer Laser(Questex 2220)과 용량 결합형 플라즈마 CVD (ANELVA PED - 301) 시스템으로서 그 구성도는 그림 1 과 같다.

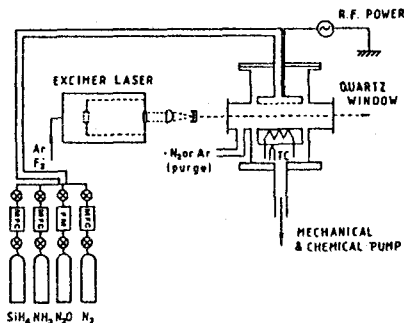


그림1 Excimer laser assist CVD system for Si-base insulating films

Laser의 경우는 ArF광을 원통렌즈를 통해 기판상 1mm 이하의 평행으로 조사시켜 반응물과 시료에 대해 Laser 효과를 증대 시켰다. 이때 Laser repetition rate는 20 Hz, Laser 평균 power는 4.8W/cm<sup>2</sup>이다. PECVD의 경우 Laser 효과를 상대적으로 높이기 위해 RF power를 170watt로 하였고, 기판온도 300°C, SiH<sub>4</sub>/N<sub>2</sub>가스 유량비 1/30, chamber 압력 1 torr로 두께 850Å의 SiN막을 실리콘 기판위에 퇴적 시켰다. 형성된 SiN막의 두께는 Nanoscope(ANELVA (911-9150))를 사용하여 측정하였다. 전극은 진공증착장치로 직경 1.5mm의 Al전극을 2 x 10<sup>-5</sup>torr의 진공하에서 증착하여 MNS구조의 capacitor를 시료로 삼았다. 절연파괴측정은 ramp rate 4V/sec 전압을 인가하여 breakdown순간을 peak detector로 holding 하여 측정하였다. 한편 TDDB측정은 상온(22 °C)에서 정전압 stress를 각각 4, 5 및 6MV/cm로 달리하여 절연파괴가 일어날 때까지의 시간을 측정하였고, 신뢰성 있는 막을 얻기 위하여 screening 하였다.

4. 실험 결과 및 검토

그림 2은 ramp전압에 의한 PECVD SiN막 및 Laser

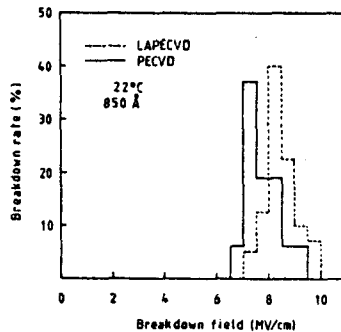


그림2 PECVD막과 LAPECVD막의 절연파괴 전계와 파괴율에 대한 히스토그램

Assisted PECVD SiN(LAPECVD SiN)막의 절연 파괴 histogram을 나타낸 것으로 그림에서 본 바와같이 LAPECVD막의 절연파괴분포가 고전계쪽으로 이동하고 있으며 누적 파괴율 99%인 E<sub>max</sub>값은 PECVD 막의 경우 9.5MV/cm이고 LAPECVD 막의 경우 10MV/cm 로 LAPECVD막의 경우가 0.5MV/cm 높게 나타났다. 이는 Laser Assist에 의해 막속의 H함량의 감소로 인한 절연내력이 증가한 것으로 간주된다. 한편, 각각 전계를 달리한 SiN막의 TDDB특성은 그림 3 및 4에 나타내었다. 그림에서 보는 바와같이 전계에 따라

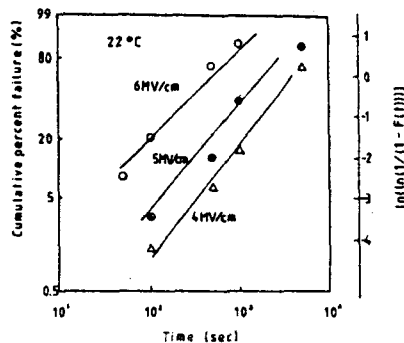


그림3 PECVD막의 전계 Stress TDDB특성의 Weibull분포

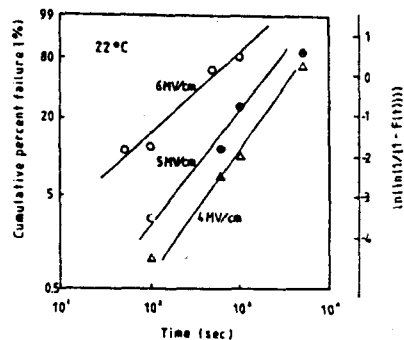


그림4 LAPECVD막의 전계 Stress TDDB특성의 Weibull분포

열화가 가속됨을 알 수 있고 또한, 전계에 따른 파괴가 얼마나 가속되는가를 나타내는 전계가속계수  $\gamma$  (accelerator factor)를 다음식에 의해 나타낼 수 있다.

$$\gamma = \exp[(E_0 - E_s/E_{ef})] \text{ -----(3)}$$

그림 5는 그림 4에서 스트레스 전계에 대한 50% 누적파괴에 이르는 시간을 선택하여 다시그린 것인데

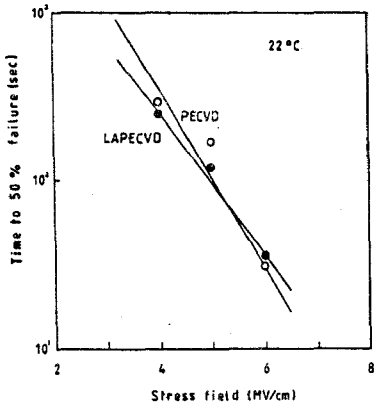


그림5 Stress 전계와 50% 누적파괴 시간과의 관계

여기서 직선의 기울기 즉 전계가속계수 값을 구하여 각각 PECVD경우 1.394 cm/MV, LAPECVD경우 1.224를 얻을 수 있어 Laser Assist에 의해 열화현상이 덜 가속됨을 알 수 있다.

또 그림 6은 동작 전압과 0.01% 누적 파괴율과의 관계를 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와같이 알 수

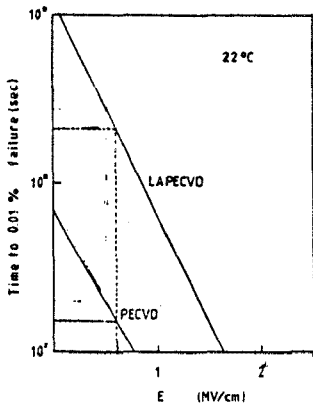


그림6 전압의 함수로써 0.01% 누적파괴율의 도달시간

있듯이 소자의 상온 동작하에 동작전압이 5V이면 누적 파괴율 0.01%까지 PECVD막의 경우  $1.5 \times 10^7$ sec이고 LAPECVD막의 경우  $2.1 \times 10^8$ sec 이상의 수명을 유지할 수 있어 LAPECVD막이 1 order이상이나 더 안정된 막을 유지함을 알 수 있다.

## 5. 결론

PECVD SiN막과 LAPECVD SiN막을 TDDB 실험을 통해 막질평가를 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. ramp 전압을 이용 절연파괴전압분포를 측정할 결과 PECVD SiN막의 경우 7MV/cm, LAPECVD SiN막의 경우 8MV/cm의 절연파괴 전계를 얻어 LAPECVD SiN막이 더 고전계쪽으로 이동함을 알 수 있다.
2. 위 막의 신뢰성을 평가하기 위하여 전계 stress를 인가하여 TDDB를 측정할 결과 LAPECVD SiN막의 전계가속계수가 작음을 알 수 있다.
3. 위의 TDDB data를 이용하여 0.01% 누적파괴 까지의 시간을 외삽하여 실제 사용온도와 전압에서의 신뢰성을 평가한 결과, 본 실험실에서 제작한 막이 상온(22°C), 0.59MV/cm에서 PECVD SiN막은  $1.5 \times 10^7$ sec, LAPECVD SiN막은  $2.1 \times 10^8$ sec를 얻음으로써 LAPECVD막이 PECVD막보다 더욱더 오랜 신뢰성 있는 막으로 동작할 수 있으리라고 판단된다.

## REFERENCE

1. R. Swann, R. Mehta, T. Cauge, J. Electrochem. soc., vol. 114, p713 (1967)
2. T. Chu, C. Lee, G. Gruber, J. Electrochem. soc., vol. 114, p 718 (1967)
3. L. W. Falls, Technometrics, vol. 12, No 2 (1970)
4. C. Osburn and D. Ormand, J. Electrochem. soc., vol. 119, p 591 (1972)