

Laser CVD에 의한 SiO₂박막 콘덴서의 시작과 그 특성

홍성훈, 조태훈*, 유환성*, 이한신*, 이계신*, 성영권*

*고려대학교 공과대학 전기공학과

The Fabrication of Laser CVD SiO₂ film condenser and its characteristics

S. H. Hwang*, T. H. Cho*, H. S. Yoo*, H. S. Lee*, K. S. Lee*, Y. K. Sung*

*Dept. of Electrical Eng. Korea Univ.

Abstract

This paper proposes a new SiO₂ film condenser fabrication technique by photo-chemically deposited SiO₂ films by Laser CVD. Laser CVD is noticeable that film deposition can be done at low temperature below 300°C with less damage. After film deposition, the characteristics of Laser CVD SiO₂ films and SiO₂ film condenser is evaluated.

한편 SiO₂박막 Condenser를 형성하기 위해서 우선 하부기판으로 Ni기판(두께 1mm)을 사용하여 이것에 SiO₂ 막을 퇴적한 후, 대향전극으로 silver paste와 Al을 2mmx2mm 면적으로 부착시킨 후 각각 정전용량과 tanδ를 측정하여 두 대향전극재료에 의한 영향을 평가하였다. 아울러 SiO₂박막 Condenser의 전기적 특성을 고찰하기 위하여 이들의 주파수 특성, 온도 특성, 내압 및 경년변화를 실측하였다.

1. 서론

Laser CVD법은 저온 공정이라는 큰 장점을 지니며 PECVD 막 형성법에서 문제시 되어왔던 하부 기판의 손상을 감소시킬 수 있고 공간적으로 국소선택적인 영역에 막형성이 가능하다.⁽¹⁾⁽²⁾ 또한 단일 파장의 빛을 사용하므로 일반적인 Photo-CVD막 형성시보다 상대적으로 균일한 에너지를 지닌 활성 반응종들을 얻을수 있기 때문에 막질 및 막두께의 균일화를 기할 수 있고 아울러 Laser광의 파장에 따라 선택적으로 반응가스 분자들을 여기할 수 있는 장점들을 지닌다.⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾

상술한 특징들을 살려 우리는 수년간 저온화 막형성법인 Laser CVD로 SiO₂막을 형성시켜 그 특성을 분석해 본 결과 막 특성이 우수할 뿐만 아니라 안정성도 좋아 통신용 콘덴서로도 그 활용 가능성이 엿보여 SiO₂ 박막 콘덴서의 실용화를 위한 기초 연구로 저온 광여기 공정인 Laser CVD법에 의해 SiO₂막을 형성하여 SiO₂막 콘덴서를 구성한 후, SiO₂막 형성조건에 따른 막 특성과 SiO₂막 콘덴서의 특성을 평가하였으며, 아울러 전극 재료에 의한 영향도 고찰하였다.

2. Condenser용 SiO₂ 박막의 형성과 그 측정

그림 1은 본 실험에서 사용한 Laser CVD 장치도로서 진공 반응로, 광원 및 광학계, 기판 가열장치 및 진공 배기계로 구성되어 있다. Condenser용 SiO₂박막의 최적조건을 구하기 위하여 비저항이 4.5-6.0Ω·cm의 p형(100) Si 기판을 사용하여 기판의 불순물과 자연 산화막을 제거하기 위한 전처리 과정으로서 기판을 표준 RCA법에 의해 세정하였다. 그후 반응 가스를 넣고 일정한 압력하에서 파장 193nm의 ArF excimer laser를 기판과 평행하게 조사하였다. 막형성에 사용한 반응 가스는 SiH₄(95%), N₂O(99.9%)이며 캐리어 가스로 N₂를 사용하였다. 여러조건에 의해 형성시킨 SiO₂박막의 퇴적율, 굴절율등을 통한 최상의 SiO₂막 최적형성조건을 추출한 바 표.1과 같다. 이와 같은 최적조건에서 형성시킨 SiO₂막 자체의 TDDb, I-V 및 C-V 특성평가를 위해 Al전극(전극 지름 1mm)을 진공 증착하여 MOS 구조를 제작하였다. 이들막의 TDDb 및 I-V 특성을 HP4145B로 측정하였으며 C-V특성을 Wafer Analyzer로 측정하였다.

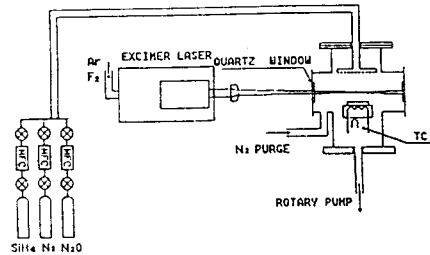


그림.1 Laser CVD 장치도

표.1 본 실험의 SiO₂막 최적 형성조건

시료	SiO ₂
SiH ₄ 유량	20 SCCM
N ₂ O 유량	80 SCCM
N ₂ 유량	100 SCCM
기판온도	280°C
반응로압력	5 Torr
Laser Power	6.4 Watt

3. 결과 및 고찰

3.1 TDDb 특성

그림 2는 상기한 최적조건에서 형성시킨 SiO₂막의 전계 stress TDDb특성을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 전계에 따라 열화가 가속되며, 이때 전계 가속계수는 1.43cm/MV임을 알 수 있다.

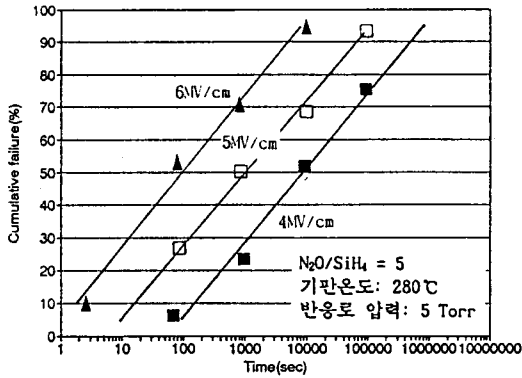


그림.2 Laser CVD법에 의해 형성시킨 SiO₂막의 전계 stress TDDB특성의 weibull분포

그림 3은 장기 예측 시간을 가속전계와 50% 누적파괴시간의 plot을 동작전계 부분으로 외삽하여 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 Laser CVD SiO₂막의 경우 소자의 상온 동작 하에서 동작전압이 5V이면 50% 누적파괴율이 1.7×10^8 sec(약 30년) 이상의 수명을 유지할 수 있어 높은 신뢰성을 예측할 수 있다. 한편, PECVD SiO₂막의 경우 50% 누적파괴율은 7.3×10^7 sec(약 2년)의 값을 나타내어 Laser CVD SiO₂막이 신뢰성 측면에서 PECVD SiO₂막 보다 우수함을 알 수 있었다.

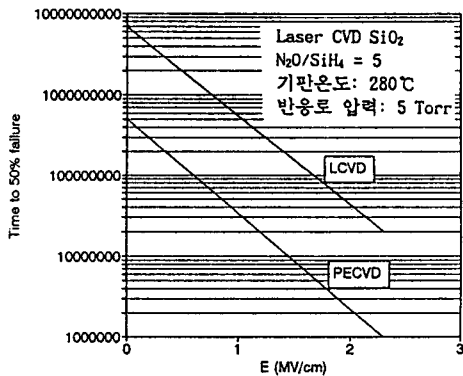
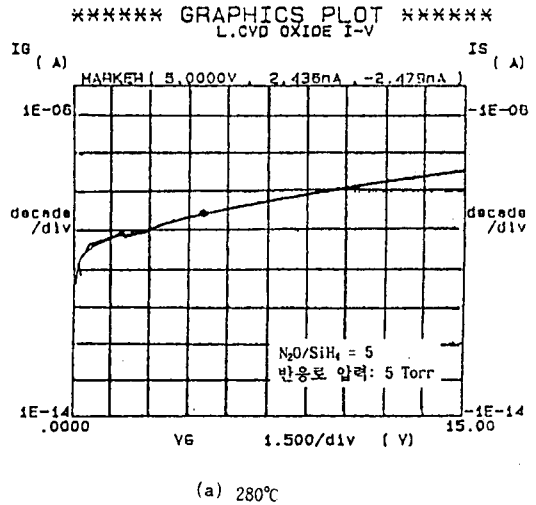


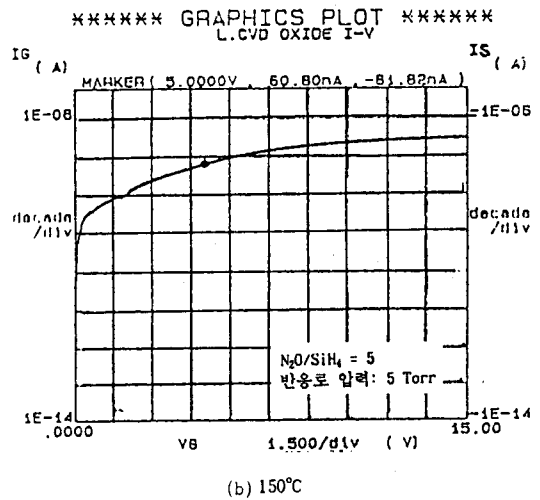
그림.3 저전계 함수로서 50%누적파괴에의 도달시간

3.2 I-V 특성

그림 4은 최적막의 누설 전류를 위주로 한 I-V 특성곡선이 다. a)는 최적조건인 280°C에서 형성시킨 막의 경우이고 (b)는 이에 대비시키기 위해 150°C에서 최적한 막의 누설 전류 특성이다. 5V bias 인가시 150°C에서 형성한 막의 경우 약 60[nA], 280°C에서 형성한 막의 경우 약 2[nA]의 누설 전류값을 보여주고 있어 고온에서 형성된 막이 densification에 의해 더욱 치밀해져 누설 전류치도 저온에서 형성된 막보다 적음을 알 수 있다.



(a) 280°C



(b) 150°C

그림.4 I-V 특성 곡선

3.3 계면특성

그림 5은 온도에 따른 고주파 C-V특성 곡선을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 플랫 밴드 전압 V_{FB} 는 온도가 증가함에 따라 감소함을 알 수 있다. 계면상태밀도 N_{it} 를 구해보면 150°C, 240°C, 280°C에서 각각 3×10^{12} , 8×10^{11} , $2 \times 10^{11} \text{eV}^{-1} \text{cm}^{-2}$ 을 나타내어 온도가 증가함에 따라 계면 상태 밀도가 줄어들음을 알 수 있고 따라서 최적 조건인 280°C에서의 형성막이 가장 계면특성이 양호함을 알 수 있다.

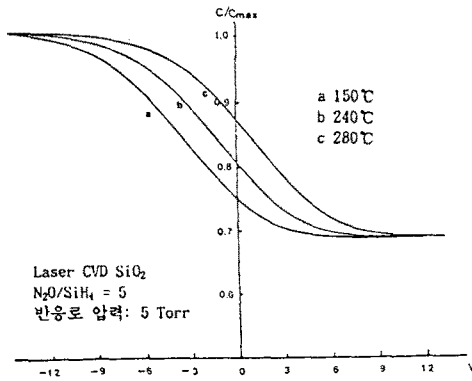


그림.5 SiO₂막의 기판온도에 따른 C-V특성곡선

3.4 SiO₂박막 Condenser의 특성

앞에서 살펴본 바와 같이 SiO₂막은 대단히 우수한 전기적 특성을 지니고 있어 이것을 실제 condenser로 활용하기 위하여 Ni기판 위에 SiO₂막을 laser CVD로 같은 최적형성조건으로 퇴적시킨 후 이것에 상부부착 전극재료로 silver paste와 Al증착의 두 전극을 사용하여 그 영향과 tan δ를 측정 한 바 표 2에 나타낸 바와 같이 silver paste 쪽이 tan δ가 비교적 크다. 이와같은 silver paste는 습분과 수지 및 용매로 되어 있기 때문에 100°C 정도에서 경화하는 수지가 많아서 도전율은 별로 크지 않다. 또 Al 증착전극의 경우는 그 두께가 대단히 얇기 때문에 (1000Å 정도) 단위 길이당의 저항이 크다.

이와같은 대향전극의 재료 종류에 따른 영향에 대한 상세한 검토는 각 시료에 대한 주파수 특성, C-T 특성 및 기판금속재료의 영향등을 종합적으로 실험과 물성론적으로 평가하여 당일 발표하겠다.

표.2 전극의 영향

전극 특성 주파수(kHz)	silver paste		Al 증착	
	용량 (pF)	tanδ x10 ⁻⁴	용량 (pF)	tanδ x10 ⁻⁴
1	670.2	9.8	761.5	7.6
10	669	11.0	760.5	7.6
100	668	14.0	759.2	8.1

4. 결론

본 실험에서 추출한 최적조건하에서 Laser CVD에 의해 SiO₂막을 위주로 한 MOS구조와 같은 조건에서 Ni판 위에 형성시킨 SiO₂박막 condenser의 특성을 각각 실험적으로 평가한 결과 다음과 같은 사실들을 알 수 있었다.

1. SiO₂막 자체의 TDDB 특성 평가 결과 수명시간은 약 30년 정도의 아주 큰값을 나타내어 높은 신뢰성을 예측할 수 있었다.
2. SiO₂막 자체의 누설전류치는 열산화막의 경우와 비슷한 2[nA] ~ 60[nA]의 값을 보여 leakage 특성이 아주 좋음을 알 수 있었다.
3. SiO₂막의 MOS구조상태에서의 계면상태 밀도는 $2 \times 10^{11} \text{eV}^{-1} \text{cm}^{-2}$ 인 값으로 비교적 낮았다.
4. SiO₂박막 condenser의 경우 상부 대향전극을 silver paste와 Al 증착전극을 부착시켰을 경우 silver paste쪽이 Al 증착전극 보다 큰 tan δ 값을 나타내었다.

참고문헌

1. J.L.Vossen et al, Thin Film process, Academic Press Inc., p.256, 1991
2. R.Solanki et al, Solid State Technol., 66, pp. 220, 1985
3. A.Sugimura et al, J.Appl. phys., 6, 8, pp. 3222, 1987
4. R.S.Rosler et al, Solid State Technol., 20, 4, pp. 63, 1977
5. A.C.Adams et al, J.Electrochem. Soc., 126, pp. 1042, 1979