

Laser CVD에 의한 poly-Si 막의 퇴적 및 Laser etching 특성

*권경환, 김영훈, 신상우, 김창덕, 성영권
고려대학교 대학원 전기공학과

The Characteristics of poly-Si films Deposition by Laser CVD and Laser Etching

*K.H.Kwon, Y.H.Kim, S.W.Shin, C.D.Kim, Y.K.Sung
Dep. of Electrical Engineering, Korea Univ.

Abstract

Poly-Si films were deposited by Laser CVD using 193nm ArF Excimer Laser from disilane(Si₂H₆) and then the films were etched by Laser Etching using the same Laser with SF₆ etching gas. Dependence on various film deposition conditions and etching conditions was investigated respectively.

1. 서론

근래에 와서 여러 가지 interface로서의 센서의 중요성이 날로 높아지고 각 분야에서의 센서개발이 가속화되고 있다. 반도체 가공기술을 이용하여 보다 미세화된 소자의 적용에는 저온화와 공간적 선택성이 우수한 Laser 광에너지를 이용한 방법이 개발되고 있다.⁽¹⁻²⁾ 본 연구에서는 이를 마이크로머시닝 공정기술에 적용코자 하는 일환으로 Laser CVD에 의한 poly-Si막 퇴적과 그 퇴적막의 Laser Etching에 관한 실험을 했다. poly-Si막 퇴적에 널리 쓰이고 있는 LPCVD는 다량의 기판을 동시에 제작할 수 있고 박막 두께의 균일성이 우수하다는 장점이 있으나 600℃ 이상의 고온이 필요하다는 단점이 있다.⁽³⁻⁵⁾ 또한 PECVD의 경우 이온 충격으로 인한 막의 손상이 문제시되고 있다.⁽⁶⁾

한편, 최근 들어 각광을 받기 시작한 Laser CVD법은 저온 공정이라는 장점 외에도 PECVD에서 발생하는 이온 충격에 의한 막의 손상을 피할 수 있고 극소선택적으로 막퇴적이 가능한 이점이 있다.⁽⁷⁻⁹⁾ 따라서 본 실험에서는 광원으로 파장 193nm의 Excimer Laser를, 반응가스로는 Si₂H₆를 사용하여 poly-Si막을 퇴적시켜 여러 퇴적조건에 대한 막의 특성을 고찰하였다.

한편, 막에칭의 경우 미세가공에 적합한 광원 및 기판의 조합에 대한 고찰을 통해 가스와 Laser가 직접 반응하면 활성종이 먼저 미세가공이 어렵다는 것과 Laser파장이 짧을수록 고해상이라는 두가지 입장에서 광원으로 파장 193nm의 Excimer Laser를, 에칭가스로는 193nm의 파장영역에서 광흡수가 없는 SF₆를 사용하여 Laser CVD로 이미 퇴적된 막을 에칭하여 에칭조건에 따른 그 의존성을 살펴보았다.

2. 시료의 제작 및 측정

2-1. poly-Si막의 퇴적

시료의 제작에는 비저항 0.002 - 0.008 Ω-cm 의 p형(100) Si wafer를 사용하였고 시료제작에 앞서 전처리과정으로 RCA법 #에 의해 세정하였다. 그림1은 본 퇴적실험에서 사용한 Laser CVD장치도로 진공반응로, 광원과 광학계, 반응가스 공급계, 기

판 가열 장치 및 배기계로 구성되어 있다. 또한 CVD반응로는 시료를 넣기전에 수분을 비롯한 잔류가스를 제거하기 위해 기판 holder를 400℃로 1시간정도 가열한 다음에 Laser광이 지나

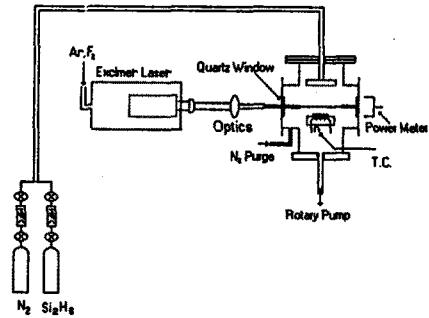


그림1. Laser CVD 장치도

표1. Laser CVD poly-Si막 퇴적조건

조 건	범 위
기판온도 (℃)	150 - 350
반응로압력 (Torr)	2 - 5
Laser Power (W)	3 - 7
Si ₂ H ₆ /N ₂ 유량 (sccm)	10/200
어닐링 온도 및 시간 (℃, min)	800, 60
Laser source gas	Ar, F
Laser beam height (mm)	0.3
Repetition rate (Hz)	50
초점거리 (cm)	50
시료상의 반응영역 (가로×세로(cm))	1×2

판은 위치에 시료를 놓고 1×10⁻²Torr의 진공으로 하였다. 그 후, 반응가스를 넣고 일정압력하에서 파장 193nm의 ArF Excimer Laser를 시료와 평행하게 조사하였다. 이때 시료와 Laser광 사이의 간격은 0.3mm로 고정하였다. 막형성에 사용한 원료gas는 Si₂H₆이고 버퍼gas로는 N₂를 사용하였다. 막퇴적후 막의 결정화를 위해 N₂ 분위기에서 800℃로 60분간 annealing 하였다. 이때 poly-Si의 형성조건은 표1과 같다.

한편, 막형성후 Nanoscope와 Ellipsometer를 통해 막의 두께와 굴절률을 측정하였다.

2-2. poly-Si막의 에칭

그림2와 같은 Laser etching장치를 이용해 본 실험에서 형성시킨 poly-Si막을 에칭하였다. 전처리과정은 막퇴적시와 같으며 에칭가스는 SF₆이고 캐리어가스로는 N₂를 사용했다. 광원으로는 파장 193nm의 ArF Excimer Laser를 시료와 수직으로 조사하였으며 3.5μm×3.5μm 크기로 막에 focus시켰다. profilermeter로 에칭율을 측정하였으며, AES 분석을 통해 에칭막의 표면잔류막을 분석하였다. poly-Si의 에칭조건은 표2와 같다.

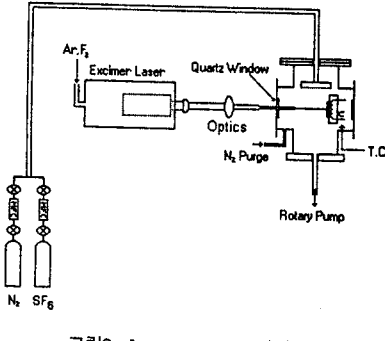


그림2. Laser Etching 장치도

표2. poly-Si막의 Laser etching 조건

조건	범 위
막퇴적시 기판온도 (°C)	150 - 350
SF ₆ 가스압력 (Torr)	3 - 15
Laser Peak Power (MW/cm ²)	33 - 3
Laser source gas	Ar, F
Repetition rate (Hz)	50
초점거리 (cm)	50
focus beam크기 (가로×세로(μm ²))	3.5×3.5

3. 실험결과 및 고찰

3-1. 퇴적률과 굴절률의 막퇴적조건 의존성

그림3은 막의 퇴적률과 굴절률의 기판온도 의존성을 나타낸 것이다. 기판온도가 증가할수록 퇴적률과 굴절률 모두 증했는데 퇴적률이 증가하는 것은 온도상승에 따른 반응중종의 열분해효과와 반응물증가에 기인하는 것이며, 굴절률이 증가하는 것은 막내의 수소함유량이 감소하여 막이 치밀해지기 때문이다.

그림4는 반응로압력에 따른 퇴적률과 굴절률의 변화 양상을 보여준다. 반응로압력이 증가함에 따라 퇴적률은 증가했는데 이는 반응로압력이 증가와 더불어 반응에 참여하는 반응중종의 수가 함께 증가하기 때문인 것으로 사료된다. 굴절률의 경우는 반응로압력이 증가함에 따라 약간 증가하다 포화되는 양상을 나타내었다.

그림5는 막퇴적률과 굴절률의 Laser Power 의존성을 나타낸 것이다. Laser Power를 높임에 따라 퇴적률이 증가하는데 이는 Laser Power가 증가하게 되면 그에 상응하여 생성되는 반응중수도 늘어나기 때문이다. 굴절률의 경우 Laser Power가 증가함에 따라 거의 일정하게 유지되었는데 이로써 Laser Power는 막의 굴절률에 영향을 주지 못 함을 알 수 있다.

3-2. 에칭률의 에칭조건 의존성 및 표면잔류막 분석

그림6은 막퇴적시 기판온도에 따른 에칭률의 변화양상을 나타낸 것이다. 막퇴적 온도가 증가함에 따라 에칭률은 감소하였다. 이는 막퇴적 온도가 증가함에 따라 막의 굴절률이 증가하기 때문으로 그림3과 잘 일치함을 알 수 있다.

그림7은 에칭률의 SF₆압력 의존성을 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 SF₆압력이 증가함에 따라 에칭률이 거의 선형적으로 증가하다가 포화되는 양상을 띠었다. 이것은 SF₆압력이 증가하여 에칭에 참여하는 반응중도 함께 증가했기 때문이며 포화되는 이유는 에칭 면적이 일정하므로 반응중이 증가하더라도 poly-Si막과 반응하는 반응중의 수는 한정되기 때문이다.

그림8은 에칭률의 Laser Peak Power(단위면적당 Laser Power) 의존성을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 Laser Peak Power가 증가함에 따라 초기에는 에칭이 거의 이루어지지 않다가 약 45 MW/cm² 부근에서 에칭률이 급격히 증가하고 그 이후 약간 증가하는 양상을 보였다. 이렇듯 에칭이 급격히 일어나는 것은 이 부근에서 막이 용체에 도달해서 SF₆과 Si의 반응이 활발히 일어나기 때문인 것으로 사료된다.

그림9는 에칭된 poly-Si막의 AES 분석결과를 보여주고 있다. 표면잔류막의 두께는 약20Å 정도로 거의 무시할 수 있어 에칭 후 표면잔류막 문제는 매우 양호한 것으로 생각한다. 또한 막 표면의 산소성분은 자연산화막에 기인한 것으로 사료된다.

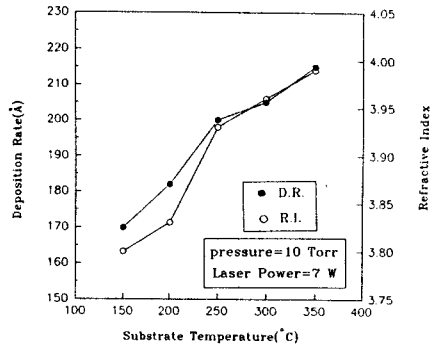


그림3. 퇴적률의 기판온도 의존성

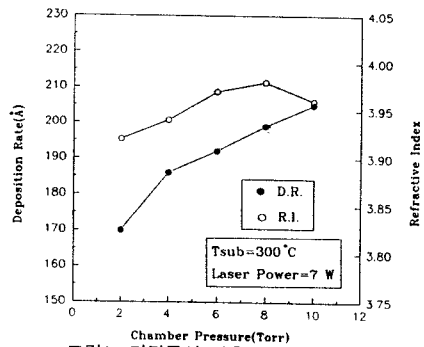


그림4. 퇴적률의 반응로압력 의존성

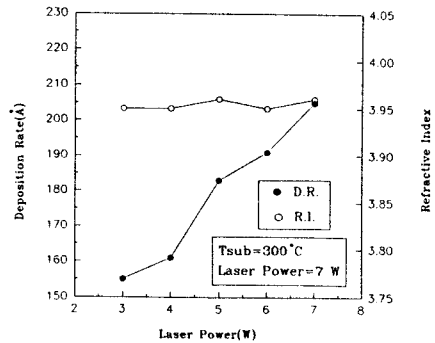


그림5. 퇴적률의 Laser Power 의존성

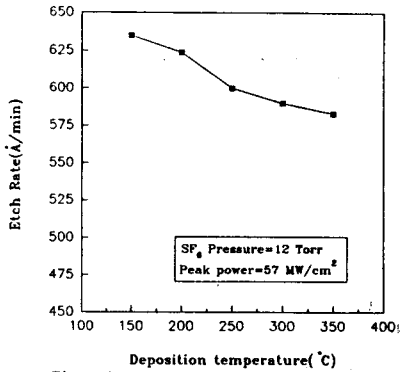


그림6. 에칭률의 막퇴적시 기판온도 의존성

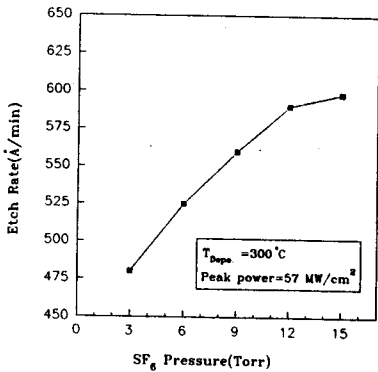


그림7. 에칭률의 SF₆ 압력 의존성

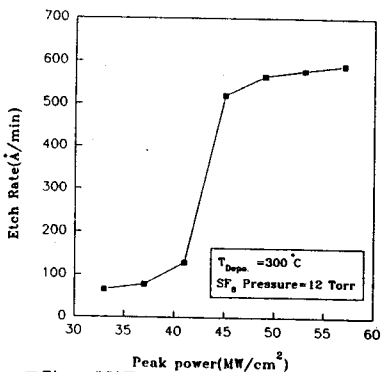


그림8. 에칭률의 Laser Peak Power 의존성

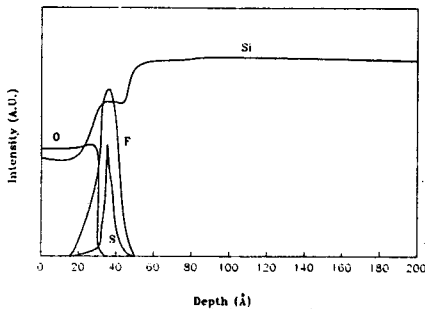


그림9. 에칭막의 AES 분석

4. 결론

CVD법에 의해 파장 193nm의 Excimer Laser로 poly-Si막을 퇴적시킨 후 그 막을 Laser etching하여 막의 퇴적률과 글질률 및 에칭률의 공정조건 의존성을 살펴 보았다.

기판온도가 증가함에 따라 막의 퇴적률과 글질률 모두 증가했는데 이는 열분해 효과와 반응물증가로 인해 막퇴적이 활발해지고 수소 함유량이 감소하여 막이 치밀해졌기 때문이다. 반응로압력이 증가함에 따라 퇴적률은 증가했으며 글질률은 증가하다 포화되었다. Laser Power를 증가시킴에 따라 퇴적률은 그에 비례하여 증가했으나 글질률은 아무런 변화가 없었다.

막퇴적시 기판온도에 따라 에칭률은 감소했는데 이는 높은 온도에서 퇴적된 막이 더 치밀하다는 실험결과와 잘 일치한다. SF₆압력이 증가함에 따라 에칭률은 거의 선형적으로 증가하다가 포화되는 양상을 띠었다. 이것은 SF₆압력이 증가하여 에칭에 참여하는 반응종도 함께 증가했기 때문이다. Laser Peak Power가 증가함에 따라 초기에는 에칭이 거의 이루어지지 않다가 약 45 MW/cm² 부근에서 poly-Si가 용점에 도달해 에칭률이 급격히 증가하였다. AES 분석결과 에칭된 막에는 표면잔류막이 거의 형성되지 않았음을 알 수 있었다.

참고문헌

- 1) H.N.Yu, et al. IEEE Trans. Electron Devices, ED-26, p318 (1979)
- 2) W.Kern, Semiconductor International, 8(7), p122 (1985)
- 3) P.Singer, Semiconductor International, p72, May (1984)
- 4) W.L.Johnson, solid state technol., p191, Apr (1983)
- 5) M.Hammond, solid state technol., p61, Dec (1979)
- 6) W.Kern and V.Ban, Thin Film process, p257-331, Academic, New York (1987)
- 7) T.I.Kamins, J.Electrochem.Soc., 127, p686, March (1980)
- 8) G.Harbecke, et al, J. Electrochem.Soc., 131, p675, March (1984)
- 9) M.L.Walker Semiconductor International, 7(5), p90, May (1984)