

Laser CVD에 의한 비정질 실리콘 박막 형성에 관한 연구

유환성*, 박근영, 류지호, 조태훈, 김종관, 성영권
고려대학교 전기공학과

A Study on Amorphous Silicon Film Deposition by Laser CVD

H.S. Yoo, G.Y. Park, J.H. Ryou, T.H. Cho, J.K. Kim, Y.K. Sung
Dept. of Electrical Eng. Korea Univ.

Abstracts

As a highly information-oriented society develops, various kinds of amorphous semiconductor devices, such as solar cells, electrographic printers, image sensors, and flat-panel televisions, have been developed as man/machine interfaces. This paper proposed the laser CVD techniques to deposit hydrogenated amorphous silicon thin film on glass or dielectric substrate at low temperatures. Varying the deposition conditions, we examined optical and electrical characteristics of a-Si:H film deposited by Laser CVD.

1. 서론

고도의 정보화 사회가 되어감에 따라 최근 man/machine interface 소자의 핵심부품 재료로 각광을 받고 있는 수소화된 비정질 실리콘(a-Si:H)은 캐리어의 이동도나 암전도도등의 전기적 특성은 단결정 실리콘에 비해 비교적 낮으나 저온에서 균일한 대면적 박막 제작이 가능하며 광흡수계수 및 광전도도등의 광학적 특성이 우수하여 대면적 display의 구동회로, 태양전지, 이미지센서 및 프린터 헤드등 man/machine interface device에의 응용 연구가 최근 활발히 진행되고 있다.[1-4]

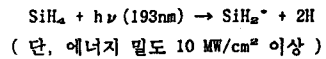
현재 실리콘막 형성에 널리 쓰이고 있는 LPCVD는 양산성이 우수하고 박막두께의 균일성이 우수하다는 장점이 있으나 특성의 안정화를 얻으려면 500°C이상의 고온열처리가 필요하다. 또한 PECVD의 경우 고에너지 이온충격에 의해 a-Si:H막질이 떨어지고 광조사에 의한 열화현상등 경시변화가 실용상의 문제점으로 지적되고 있다.[5-6]

이에 따라 본 연구에서는 양질의 TFT 및 태양전지등 개발의 일환으로 최근 저온의 박막 형성 프로세스로 각광을 받고 있는 ArF Excimer Laser CVD를 사용하여 SiH₄를 분해하여 a-Si:H층을 형성시키고 그 막형성에 대한 기판온도, 반응 압력 및 광강도 의존성등을 살펴 보았다.

2. ArF Excimer Laser CVD에 의한 비정질 실리콘의 형성

SiH₄의 경우 150 nm 이하의 파장에서 흡수 단면적의 피크를 가져 파장이 193nm인 ArF Laser로는 SiH₄의 직접 분해에 의한 퇴적은 보통의 단광자 반응에 의해서는 거의 불가능하다. 그러나 광을 렌즈에 의해 집속시켜 파워 밀도 (power density)를 높이면 그 이하의 파장에서도 광분해가 일어나며 이러한 분해 방법을 다광자 반응 (Multi-photon process)이라 한다.

보통 ArF Excimer Laser의 에너지 밀도를 10 MW/cm² 이상으로 집속하여 조사할 경우 다광자 반응에 의해 SiH₄의 직접적인 광분해 현상이 나타나는 것으로 알려져 있다.[7,8]



3. 시료의 제작 및 측정

본 실험에 사용된 Laser CVD(Questek Series 2000) 장치의 구성은 그림 1에 나타낸 바와 같다. ArF laser 광은 초점 거리가 50cm인 원통형의 렌즈를 통해 집속시켜 기판에 평행하게 조사시켰다. 이때 Laser빔은 기판위 0.3mm이하로 조사시켜 광에너지에 의해 여기된 반응종들이 기판표면까지 충분히 확산할 수 있도록 하였다. 수분을 비롯한 잔류가스를 제거하기 위하여 기판 지지대를 400°C로 1 시간정도 가열한 다음 Laser 광이 지나가는 위치에 시료를 놓고 10⁻² Torr의 진공 상태를 만들었다. 그리고 반응가스를 넣고 일정한 압력하에서 빔을 조사하였다. 기판으로는 Corning 7059 글래스를 사용하였으며 글래스 표면의 오염을 제거하기 위하여 RCA 표준 세정법에 따라 세척하였다. 다음에 a-Si:H 박막을 Laser CVD에 의해 SiH₄/N₂ 가스를 원료 가스로 사용하여 성장시켰다. 형성된 a-Si:H막의 형성 조건 의존성을 보기 위하여 표 1.과 같이 조건하에서 실험하였다.

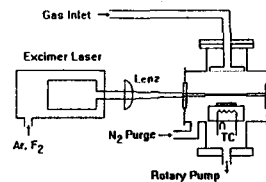


그림 1. Laser CVD 장치도

표 1. Laser CVD에 의한 a-Si:H막의 퇴적조건

조건	온도	압력	Laser Power
	(°C)	(Torr)	(Watt)
기판온도 의존성	200 - 350	15	6.9
반응압력 의존성	300	1 - 15	6.9
광강도 의존성	300	15	5.0 - 6.9

3-1. 두께 및 퇴적율의 측정

형성된 막의 두께는 Thickness meter (α -step)를 사용하여 측정하였으며 그 결과를 이용하여 퇴적율을 계산하였다.

3-2. 광학적 밴드갭의 측정

광학적 밴드갭 (Optical band gap, E_g)은 마이 증착되지 않은 투명한 corning 7059 유리기판을 기준샘플로 하여 각 조건에서 얻은 시료의 광투과도를 파장 400nm에서 800nm의 범위에서 측정하여 다음의 식에 의하여 구할 수 있었다. [9]

$$I \propto \exp(-\beta(h\nu - E_g))$$

3-3. 전기 전도도의 측정

광학적 밴드갭과 더불어 a-Si:H막의 질을 평가하는 중요한 변수가 전기 전도도이다. 특히 a-Si:H막은 대부분이 그 용도상 광전도도와 암전도도를 모두 측정함이 요구된다. 전기 전도도는 a-Si:H막 위에 진공증착 장치로 Al 전극을 형성시켜 암전도도와 100룩스하에서의 광전도도를 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

기판온도 200°C이하인 경우 부착성(adhesion)이 대단히 나빠 양질의 a-Si:H막을 얻을 수 없었다. 따라서 비교적 신뢰성, 재현성이 있는 200°C이상에서 형성시킨 막을 대상으로 결과를 고찰 하였다.

4.1 실리콘막 형성 조건에 따른 퇴적율

그림 2에 도시한 바와 같이 기판온도가 증가함에 따라 퇴적율이 80Å/min에서 120Å/min까지 증가하는 양상을 보이고 있다. 이것은 온도상승에 따른 반응종들의 열분해 효과와 반응율

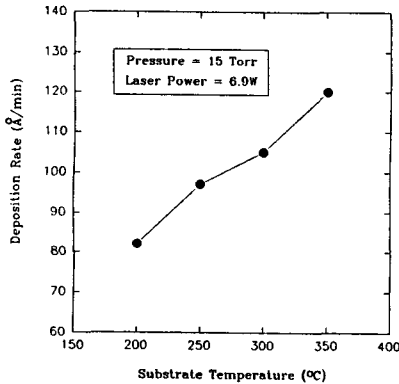


그림 2. 퇴적율의 기판온도 의존성

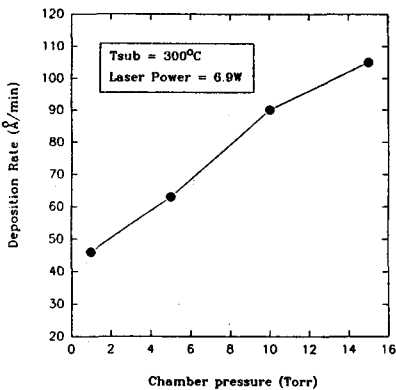


그림 3. 퇴적율의 반응로 압력 의존성

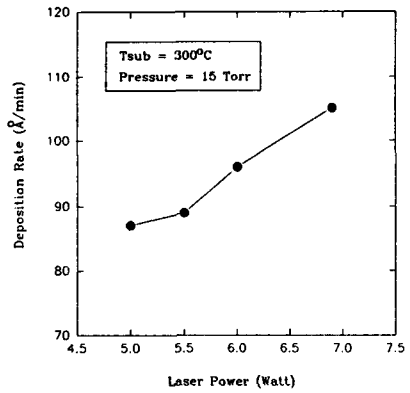


그림 4. 퇴적율의 광강도 의존성

증가로 인한 막퇴적율 증가 효과가 막 형성에 크게 작용하기 때문이라고 사료된다. 또한 압력의 증가에 대해 퇴적율의 증가가 관측되고 있으며 이것은 압력이 증가함에 따라 반응에 참여하는 활성종이 증가하기 때문인 것으로 생각된다. 그림 4에 나타난 바와 같이 광강도에 대해서도 역시 선형적인 의존성을 보였다.

4-2. 실리콘막 형성 조건에 따른 광학적 밴드갭

그림 5는 광학적 밴드갭의 기판 온도 의존성을 나타내었다. 기판 온도의 증가에 따라 광학적 밴드갭은 작아지는 양상을 보이고 있으며 이것은 Si-Si 결합과 뒤섞인 더 큰 결합 에너지를 갖는 Si-H결합이 줄어들기 때문이라고 생각된다. 한편 그림 6, 7에서 보듯 압력에 대해서는 커다란 의존성을 보이지 않았으며 광강도에 대해서는 밴드갭이 줄어드는 양상을 보였다.

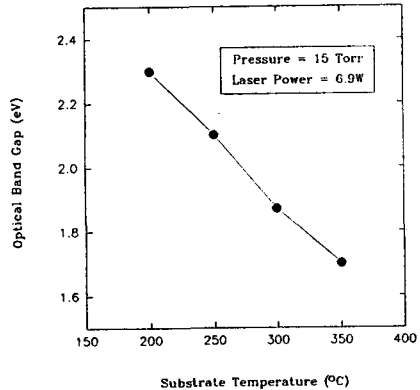


그림 5. 광학적 밴드갭의 기판온도 의존성

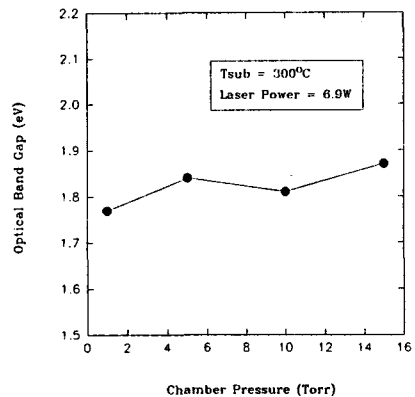


그림 6. 광학적 밴드갭의 반응로 압력 의존성

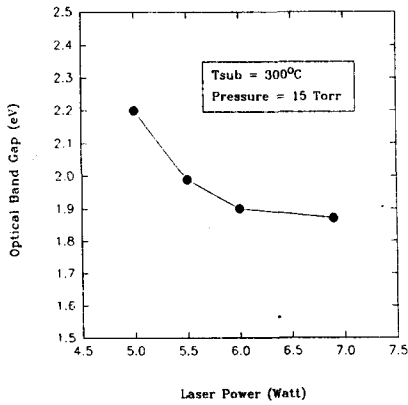


그림 7. 광학적 밴드갭의 광강도 의존성

4-3. 실리콘막 형성 조건에 따른 전기전도도

그림 8은 기판온도 변화에 따른 암전도도 및 광전도도의 변화를 나타내고 있다. 기판온도가 증가함에 따라 전기전도도가 증가함은 온도에 따라 a-Si:H막내의 수소화가 효과적으로 이루어지기 때문인 것으로 생각된다. 한편 그림 9에 나타낸 바와 같이 반응로 압력에 대해서는 광전도도와 암전도도 모두 커다란 의존성을 보이지 않았다. 또한 광강도에 대해서 전도도는 약간 증가하는 경향을 나타내었다. (그림10)

그림 11에 나타낸 바와 같이 PECVD로 형성시킨 a-Si:H막에서 나타나는 광조사에 의한 열화 현상인 Staebler-Wronski 효과도 Laser CVD로 형성시켰을 경우 거의 나타나지 않았다.

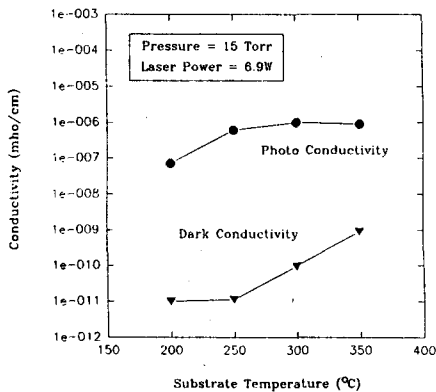


그림 8. 전기전도도의 기판온도 의존성

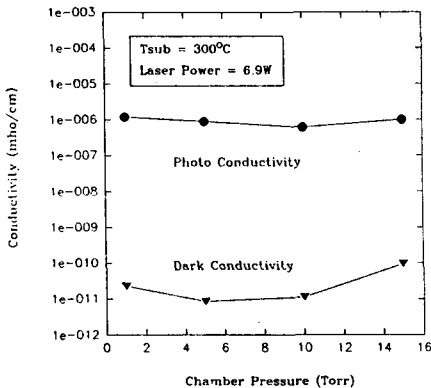


그림 9. 전기전도도의 반응로 압력 의존성

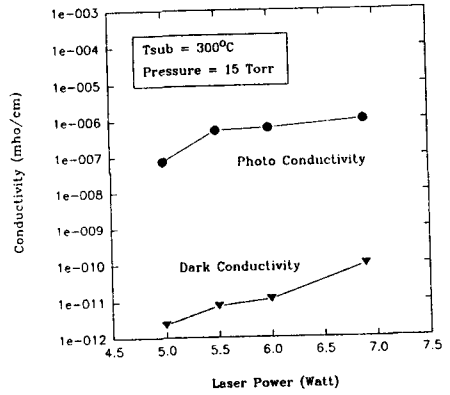


그림 10. 전기전도도의 광강도 의존성

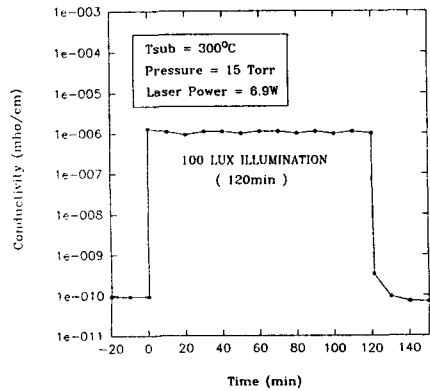


그림 11. 광조사후 암전도도의 변화

제 6 장 결론

Laser CVD로 형성한 a-Si:H 박막은 비교적 높은 퇴적율과 전기 전도도 및 변화가 용이한 광학적 밴드갭을 얻을 수 있었으며 특히 Staebler-Wronski 효과의 저감은 태양전지 및 TFT 등의 응용에 적합할 것으로 기대된다.

1. a-Si:H 박막의 기판온도 의존성을 살펴본 결과 기판 온도가 증가할수록 퇴적율은 증가하였고 광학적 밴드갭은 감소하였으며 전기전도도는 증가하였다.
2. 반응로 압력 의존성을 살펴본 결과 압력이 증가할수록 퇴적율은 증가하였고 광학적 밴드갭과 전기전도도는 별로 영향을 받지 않았다.
3. Laser power 의존성을 검토한 결과 power가 증가함에 따라 퇴적율은 급격히 증가하였으며 광학적 밴드갭은 감소하였으며, 전기전도도는 약간 증가하였다.

참고 문헌

- [1] P.G.LeComber et al., Elec. Lett., vol.15, pp.179,1979
- [2] T.L.Credelie, Int.Display Research Conf, pp.208, 1988
- [3] H.Ito et al., Mater. Res. Soc. Symp. Proc., vol.95, pp.437, 1987
- [4] L.E.Fennel, Int.Display Research Conf., pp.167, 1988
- [5] Staebler.D.L et al., Appl.Phys.Lett., 31, pp.292, 1977
- [6] A. Mishima, J. Non-Cryst Solids 59/60, 707, 1983
- [7] T.Taguchi et al., A.P.L. 49(15), 13 Oct, pp.971, 1986
- [8] M. Meunier et al, A.P.L. 43(3), 1 August, pp.273,1983
- [9] J. Tauc, in Optical properties of solids, pp.227-313, North-Holland, Amsterdam, 1970