

SiF₄를 이용하여 증착한 PECVD 박막의 빛에 의한 열화도 특성 분석

장근호, 최홍석, 한민구
서울대학교 공과대학 전기공학과

An Analysis of Light-Induced Degradation of PECVD a-Si Films Using SiF₄

K. H. Jang, H. S. Choi, and M. K. Han
Department of Electrical Eng., Seoul National University

ABSTRACT

Light induced degradation of hydrogenated amorphous silicon (a-Si:H) are related to the number of weak dangling bonds which are thought to be responsible for the Staebler-Wronski effects, and caused the many photoelectric problems in applications of thin film transistors and solar cell, etc. In this paper, we deposited fluorinated amorphous silicon films (a-Si:H:F) with SiH₄ and SiF₄ gas mixture and investigated the effects of fluorine atoms on the evolutions of the crystallinity and improvements of light instability. We have found that micro-crystallinity produced in a-Si:H:F films and marked maximum value of 22 % at the flow rate of SiH₄ : SiF₄ = 2 : 10 sccm by UV spectrophotometer measurement, while a-Si:H film deposited with only SiH₄ gas showed no crystallinity. Light-induced degradation property of a-Si:H:F films is also improved which is mainly due to the etching effects of fluorine atoms on the weak Si-Si bonds and unstable hydrogen bonds. It is considered that involving fluorine atoms in a-Si:H films may contribute to the suppression of light-induced degradation and evolution of micro-crystallinity.

1. 서론

액정 표시기 (Liquid Crystal Display, LCD) 의 픽셀 소자에 주로 쓰이는 a-Si:H 박막은 빛에 대해 민감하여 광전도도와 암전도도와의 차가 심하며 장시간 노출시에는

박막의 심한 열화로 전도도 저하가 발생한다.[1] 이와 같은 열화현상은 a-Si:H 박막 내에 존재하는 덩글링 본드와 약한 Si-Si 결합이 빛에 의해 끊어져 metastable 상태로 변화하는 소위 Staebler-Wronski 효과에 의해 발생하며, 실제 소자 동작 시에는 그 문제가 심각하다.

본 연구에서는 일반적으로 a-Si:H 박막 증착에 사용되는 SiH₄ 가스에 SiF₄ 가스를 첨가하여 fluorine이 Si 결합에 미치는 영향을 분석하였으며, 그 결과 fluorine의 식각작용으로 덩글링 본드나 약한 Si-Si 결합, 불안정한 수소결합 등이 제거되어 열화 현상이 개선됨을 알 수 있었다.

2 실험 방법

본 논문의 실험에서 박막 증착은 corning 7059 유리 기판을 사용하여 rf power 60 mW/cm² 와 기판 온도 350℃ 서 PECVD로 증착하였다. 증착압력은 500 mTorr를 유지하였으며, SiH₄의 함량은 2 sccm으로 고정하고 SiF₄는 0~50 sccm으로 변화시켰다.

전도도를 측정하기 위해 알루미늄을 스퍼터링으로 증착하여 전극을 형성하였으며, 이 때 전극 길이는 300과 200 μm이며 전극 간격은 100 μm로 co-planar 구조이다. 전도도 측정은 schottky 특성을 배제하고 박막의 특성을 측정하기 위해 전류 특성이 선형적으로 나타나는 저전압 (-0.5V~0.5V) 영역에서 전류-전압 곡선의 기울기로부터 추출하였다.

열화를 위한 광원으로는 일반적으로 쓰이는 형광등을 이용하였으며 입사광의 power는 ~150mW/cm²이다.

3 실험 결과

비정질 실리콘 박막의 증착 시 SiF_4 를 첨가하면 불소와 수소의 강한 반응력으로 인한 불완전한 수소 결합의 제거와 Si-Si 네트워크 형성의 활성화로 결정화가 일어날 수 있다. [2] 본 실험에서 제작된 박막의 불소기에 의한 Si 결합 형성의 영향을 고찰해 보기 위하여 SiF_4 유속도에 따른 UV 반사도를 통하여 결정화도를 측정하였으며, 그 결과가 그림 1에 나타나 있다.

비정질 실리콘의 경우 원자 배열이 불규칙적이어서 장범위 규칙성이 사라지는 반면 단결정 실리콘의 경우는 주기적인 원자 배열 상태를 가지므로 광학적 특성이 비정질 실리콘과 차이를 나타내게 된다. [3] 결정질의 경우 275 nm (~4.5eV)인 파장에서 X valley 간의 광학적 왜곡으로 반사광의 peak가 발생하게 된다. 그러므로 UV 반사도를 통한 결정도 평가는 반사도 곡선의 275 nm 파장에서 peak를 적분하여 그 적분 값을 단결정에서의 값과 비교함으로써 그 비를 백분율로 환산하여 구할 수 있다. [4]

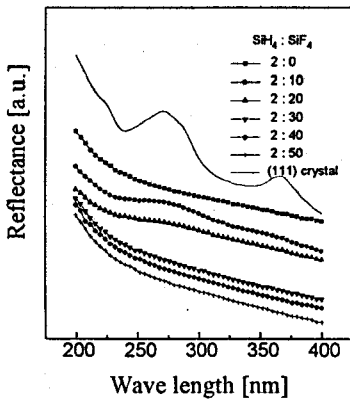


그림 1. UV 반사도를 이용한 SiF_4 함량에 따른 결정도 분석

그림에서 알 수 있듯이 SiF_4 함량이 10 sccm 일 때 결정도가 약 22% 정도로 가장 높으며 SiF_4 유속도가 증가함에 따라 결정화도가 감소함을 알 수 있다. 이는 총유속도에 따라 결정화도가 감소함을 알 수 있다. 이는 총유속도의 증가는 막의 흡착을 증가시켜 실질적인 불소기의 화학적 반응을 통한 에칭효과가 줄은 것으로 사료되며, 이로 인한 증착율이 총유속도에 비례하여 증가함을 알 수

있었다.

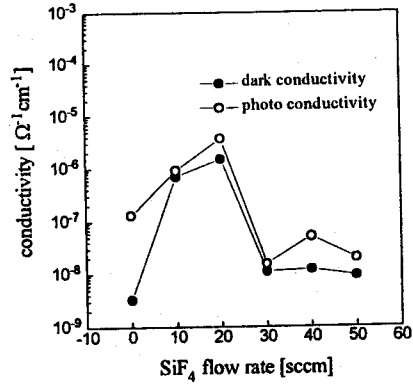


그림 2. SiF_4 함량에 따른 광전도도와 암전도도의 비교

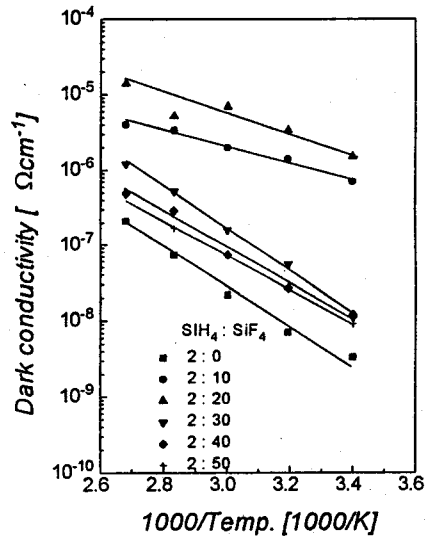


그림 3. 온도에 따른 암전도도의 변화

그림 2는 광전도도와 암전도도간의 차이를 나타내고 있다. a-Si:H 박막의 경우 차이가 심함을 알 수 있다. 이러한 광전도도의 증가는 빛에 의한 generation 전류의 증가에서 기인하는데 a-Si:H 박막의 경우 generation center로 작용할 수 있는 결함이 많기 때문에 광전도도와 암전도도간의 차이가 심하게 나타난다. 이런 결함은 주로 mid-gap 내에 존재하는데 장시간 빛에 노출되면 약한 Si-Si 결합이 깨어지면서 결함이 늘어나게 되어 준안정적인 상태가 된다. 이에 반하여 a-Si:H:F 박막은 SiF_4 가 10sccm 일 때는 결정화가 일어나므로 암전도도에서 a-Si:H 박막

에 비해 월등히 우수하다. 20sccm 이상일 때는 비록 결정화는 일어나지 않지만 불완전한 결합들이 효과적으로 제거되기 때문에 전도도에서 우수한 특성을 보이고 있다.

그림 3은 SiF₄ 함량에 따른 암전도도의 변화를 온도에 대한 함수로 나타내고 있다.

$\sigma = \sigma_0 \exp(E_a/kT)$ 의 식으로부터 각 박막의 활성화 에너지를 구하였다. a-Si:H 박막의 경우가 0.53 eV로서 큰 값을 보이며 SiF₄가 10sccm 인 경우가 0.22 eV로서 가장 작은 값을 나타낸다.

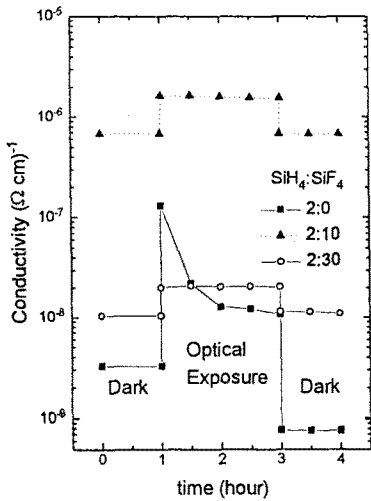


그림 4. 빛을 조사하기 전후의 시간에 따른 전도도의 변화

그림 4는 박막의 빛에 의한 열화도를 전도도로써 나타내고 있다. a-Si:H 박막의 경우 빛에 노출되고 있는 동안 광전도도의 점차적인 감소를 보이다가 광원의 제거 후 박막은 열화되어 암전도도는 감소하게 된다. 이에 반해 SiF₄가 첨가된 박막에서는 전도도의 차가 두드러져 보이지 않는다. 여기서 SiF₄ 함량은 광전도도와 암전도도의 차가 가장 작은 경우를 채택했다.

박막을 빛에 노출시키면 비정질 실리콘의 약한 결합들이 끊어져 땀글링 본드가 형성되고 이로 인해 mid-gap에서의 결합이 늘어난다. 이러한 결합들은 광원의 제거 후에도 회복되지 않아 준안정적 상태로 남아 있게 되어 암전도도의 감소를 유발시킨다.[1] SiF₄가 들어간 박막의 경우는 F基의 식각 작용으로 박막의 증착시 약한 결

합들은 제거되고 보다 단단한 결합이 생성되어 이런 열화 현상이 억제된다.

4. 결론

본 논문에서는 a-Si:H 박막과 SiF₄가 함유된 박막의 빛에 의한 열화도를 분석하였다. s-Si:H 박막의 경우 빛에 노출되면 비정질 실리콘의 약한 결합들이 끊어져 땀글링 본드가 형성되고 이로 인해 mid-gap에서의 결합이 늘어나 암전도도가 감소되었다. SiF₄가 들어간 박막의 경우는 F基의 식각 작용으로 박막의 증착시 약한 결합들은 제거되고 보다 단단한 결합이 생성되어 이런 열화 현상이 억제됨을 알 수 있었다.

REFERENCES

- [1] D. L. Staebler and C. R. Wronski
Applied Physics Letters, Vol. 31, No. 4, p.292, 1977.
- [2] K. Fujimoto et al..
Microprocess '92 Technical Digest, 224, 1992.
- [3] T. Noguchi, H. Hayashi, and T. Ohshima, J.
Electrochem. Soc., Vol. 134, No. 7, p.1771, 1987.
- [4] T. Noguchi, SEMICON/KOREA 92 Technical
Proceedings II, p.19, 1992.