

# 비정질 실리콘 박막 증착용 고밀도 플라즈마 화학 증착장비

김창조, 최 윤, 김도천, 신진국\*, 이유진\*

아텍시스템, \*전자부품연구원 나노정보에너지 센터

## 초록

평판형 안테나를 채택한 TCP (Transformer Coupled Plasma) 형태의 CVD 장비를 이용하여 비정질의 실리콘 박막을 증착 하였다. 비정질 실리콘 박막은 태양전지 및 TFT-LCD 등의 디스플레이 제품 등에 다양하게 적용되고 있는데, 일반적으로 CCP(Capacitor Coupled Plasma) 형태의 CVD 장비에서 증착되어 왔다. TCP-CVD 장비는 CCP-CVD에 비해 플라즈마 내의 높은 이온밀도 및 저압, 저온에서 공정이 가능할 뿐만 아니라, 기판 바이어스 전압을 독립적으로 조절할 수 있어 이온에 의한 증착막의 결함을 낮출 수 있는 장점이 있다. 본 발표에서는 자체 기술로 제작된 TCP-CVD의 소개와 증착된 비정질 실리콘 박막의 특성평가를 위한 라만 분석 및 dark conductivity 데이터를 다루었다. 또한 비정질 실리콘 박막의 반도체 소자의 응용성을 보기 위하여 3족 및 5족의 불순물을 도핑하여 전기전도도의 변화를 측정하였다.

## 1. 서론

비정질 실리콘 박막은 TFT-LCD 및 태양전지등에 사용되고 있다. 기존의 실리콘 박막 증착은 CCP 형태의 PECVD 장비를 사용하여 증착되고 있으며, 태양전지등에 사용되는 실리콘 박막의 경우 자외선을 사용한 플라즈마 장비 등이 사용되고 있다. 위에 기술된 장비들은 대부분 높은 공정압력, 낮은 증착율 및 이온 충돌에 의한 막의 손상 등을 보이는 단점이 있다. 따라서 본 실험에서는 이러한 단점을 보완하기 위해 고밀도 플라즈마 소스 중, 평판형 안테나를 채택한 TCP 형태의 장비를 사용하였다. TCP 형태와 CCP 형태의 가장 큰 차이점은 플라즈마 내부의 이온밀도 및 균일한 분포, 낮은 공정압력 및 높은 플라즈마 파워를 들 수 있는데, TCP 형태의 플라즈마 소스는 1990년대 Lam Research에서 상업적인 개발에 성공하여 실용화 되었다.

본 실험의 내용은 태양전지에 사용되는 비정질 실리콘 박막 증착과 3족, 5족의 불순물이 첨가된 p 층 및 n 층의 비정질 실리콘 박막 증착 그리고 각 비정질 실리콘 박막의 전도도 측정이다. 증착된 박막이 비정질임을 확인하기 위하여 Raman 분석을 실행하였고, 전도도의 측정은 전자부품 연구원 내의 KEITHLEY 4200 을 사용하였다.

덧붙여서, 장비의 기본적인 특성을 평가하기 위하여 각 공정변수에 따른 증착율 및 dark conductivity 를 측정하였다. 증착율은  $SiO_2/Si/SiO_2$  시편 위에 비정질 실리콘 박막을 증착시키고 SEM 을 이용하여 단면을 측정함으로써 결정하였다.

## 2. 실험 방법

### 1) 시편의 준비

시편으로는 단위막의 특성을 평가하기 위한 corning glass 와 증착 된 막의 두께를 측정하기 위한  $\text{SiO}_2/\text{Si}/\text{SiO}_2$  를 사용하였다. 시편의 표면 상태는 막의 특성에 매우 큰 영향을 미치는데, 시편의 표면세정은 끓고있는 아세톤 용액에서 10 분, 끓고있는 메탄올 용액에서 5 분, 끝으로 증류수에 담가 표면을 닦고, 질소 가스로 시편 표면의 물기를 불어내어 마무리 하였다.

### 2) 비정질 실리콘 막의 증착

사용한 반응 가스로는 100%  $\text{SiH}_4$  와 초고순도  $\text{H}_2$  를 사용하였다. 공정압력은 auto pressure controller 를 사용하였고, 거리의 조절은 고 진공을 형성한 후에도 조절이 가능하도록 하였으며, TCP 의 평판형 안테나가 장착된 유전체로는  $\text{Al}_2\text{O}_3$  를 사용하였고, 이 유전체는 2 중 구조로 되어있다.

공정압력의 변화 : 10 mTorr ~ 300 mTorr

Power 의 변화 : 10W ~ 300W

가스 유량의 변화 :  $\text{H}_2$  :  $\text{SiH}_4$  = 19:1 ~ 0:60

도핑 가스의 유량 변화 :  $\text{B}_2\text{H}_6$  0.2 ~ 1sccm,  $\text{PH}_3$  1~20 sccm

기판과 전극 사이의 거리 : 30~70 mm

기판의 회전 : 7~8 rpm

### 3) Dark conductivity 측정

Dark conductivity 를 측정하기 위해 폭 5000um, 길이 300um 의 전극용으로 알루미늄을 증착시켰다. 알루미늄은 evaporator 를 이용하여 비정질 실리콘이 증착된 면에 증착 시켰으며, 금속 마스크를 사용하였다.

알루미늄 전극 증착 : evaporator (metal mask 사용)

계측기 : KEITHLEY 4200

## 3. 실험결과 및 고찰

비정질 실리콘 박막의 특성이 가장 잘 나온 공정조건은 30mTorr 의 공정압력에서 100W 의 RF 파워를 인가한 경우  $\text{H}_2:\text{SiH}_4$  의 비가 95:1 인 경우였으며, 각 비정질 실리콘 박막의 dark conductivity 의 값은  $10^{-10-11}(\Omega^{-1}\text{cm}^{-1})$ 의 양호한 값을 보였다. Raman 스펙트럼의 결과 450~510( $\text{cm}^{-1}$ ) 사이에서 완만한 peak 을 보이는 비정질임이 확인되었다.

3 족 또는 5 족의 불순물이 포함된 비정질 실리콘의 경우, dark conductivity 는  $10^{-3}(\Omega^{-1}\text{cm}^{-1})$ 정도의 값을 보여 양호한 상태임을 알 수 있다.

#### 4. 결론

저압, 고밀도 플라즈마를 발생시키는 평판형 안테나가 장착된 TCP 형태의 CVD 를 이용하여 태양전지 및 디스플레이 소자에 사용되는 비정질 실리콘 박막을 증착하였다. 증착율 및 증착된 막의 dark conductivity 의 경우  $10^{-10-11}(\Omega^{-1}\text{cm}^{-1})$ , 불순물이 포함된 경우  $10^{-3}(\Omega^{-1}\text{cm}^{-1})$ 의 양호한 값을 보였다. 비정질 실리콘 박막의 증착두께는 조건에 따라 40~120 Å/min 의 결과를 보이는데, 사용하고자 하는 막의 응용 목적에 따라 두께의 조절 및 conductivity를 조절할 수 있다.

#### 참고문헌

- [1] Saravanapriyan Sriraman, et al., "Mechanism of hydrogen-induced crystallization of amorphous silicon" NATURE, VOL 418, 4 JULY 2002 pp. 62-65.
- [2] Kazunobu Tanaka, et al., "AMORPHOUS SILICON"
- [3] K. Takahashi, et al., "Amorphous Silicon Solar Cell"