

# PECVD에 의해 증착된 비정질 탄소층의 광학적 특성

배근학, 김경수, 노형욱, 박소연, 김호식, 박성호\*, 정주희\*, 정일현\*

(주)아토, 단국대학교\*

## Optical Properties of Amorphous Carbon Layer Deposited by PECVD

Geun-Hak Bae, Kyung-soo Kim, Hyung-Wook Noh, So-Yeon Park, Ho-Sik Kim, Sung-ho Park\*, Ju-hee Jung\* and Il-Hyun Jung\*  
 ATTO Co. Ltd, DanKook Univ.\*

**Abstract :** 3,3-Dimethyl-1-butene (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>) monomer를 이용하여 RF power와 압력에 따라 막을 증착하였다. 증착된 막은 power/pressure (W/Torr)가 증가할수록 비정질 탄소막은 FT-IR 스펙트럼에서 CHx (at around 2900cm<sup>-1</sup>)는 감소하였고, n과 k값은 증가하는 것으로 나타났다.

**Key Words :** plasma polymerization, amorphous carbon layer, 3,3-dimethyl-1-butene

### 1. 서론

비정질 탄소층 (amorphous carbon layer, ACL)은 sp<sup>2</sup>와 sp<sup>3</sup> 결합의 비율에 따라 PLC (polymer like carbon), DLC (diamond like carbon), GLC (graphite like carbon)으로 분류된다. 비정질 탄소층은 반도체 재료, 생체 재료, 하드코팅, 부식 방지용, Solar Cell, OLED, touch panel 등 다양하게 응용되고 있다. 현재까지 사용되고 있는 탄화수소 화합물은 일반 화학식 탄소의 수가 1 ~ 9 사이의 범위를 갖지만 구조식으로 볼 때 선형 또는 고리형의 물질이 사용되고 있다. 원료물질 구조에서 선형인 알칸계열 (C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>), 알켄계열 (C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>), 알킨계열 (C<sub>n</sub>H<sub>2n-2</sub>)이고, 탄소수 n은 1-5개이다. 고리형의 물질로는 벤젠계열, 사이클로헥산계열 등이 사용되고 있다[1,2].

본 연구에서는 이성질체인 십자형 구조인 3,3-dimethyl-1-butene 원료물질로 사용하여 증착하였다. 원료물질 구조에 따른 막 구조에 따른 광학적 특성을 알아보았다.

### 2. 실험

실험 장치는 그림 1과 같이 bottom electrode plasma 장비를 사용하였다. 13.56 MHz rf-generator를 이용하였으며 원료 물질인 3,3-dimethyl-1-butene을 carrier gas인 He으로 bubbling 시켜 공급하였다.

실험 조건은 상온(25°C±Δ5)에서 power를 15~60 watt (Input power density : 0.35~0.75 W/cm<sup>2</sup>), pressure를 350~800 mTorr로 증착하였다.

증착된 막의 두께를 α-step profilometer으로 측정하였고, n (refractive index)와 k (extinction coefficients)는 ellipsometric Spectroscopy로 측정하였다. 또한, 화학적

구조를 Fourier Transform Infrared Spectroscopy과 Raman Spectroscopy으로 알아보았으며 hardness와 modulus를 Nano-indentor XPS로 측정하였다.

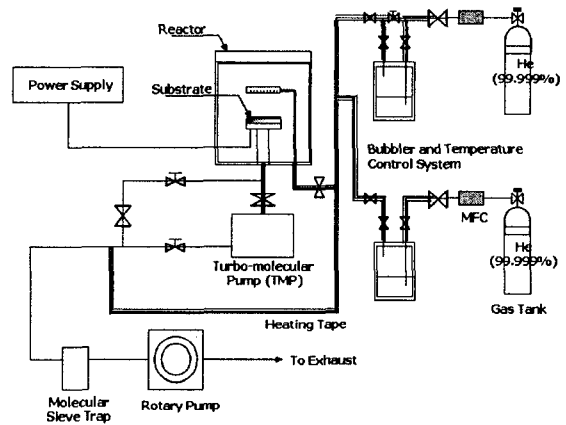


그림 1. Experimental Schematics

### 3. 결과 및 고찰

Figure 2 3,3-dimethyl-1-butene으로 증착된 비정질 탄소막의 구조를 알아보기 위하여 FT-IR 분석한 결과이다. 증착된 비정질 탄소층의 FT-IR peak는 1200~1500 cm<sup>-1</sup>에서 C-H bending vibration peak이, 2700~3100 cm<sup>-1</sup>에서 C-H stretching vibrations peak이 관찰되었다.

1200~1500 cm<sup>-1</sup>의 영역에서 sp<sup>3</sup> CH<sub>3</sub> complexes와 연관된 두 개의 peak가 1375와 1450 cm<sup>-1</sup>에서 나타났다. 또한 1290 cm<sup>-1</sup>에서 C-H bond 내의 sp<sup>2</sup> C-H 결합을 볼 수 있다.

2700~3100 cm<sup>-1</sup> 영역에서는 서로 다른 결합의 peak가 10 cm<sup>-1</sup> 정도의 위치에서 이동하기 때문에 서로 겹쳐서 나타난다[3,4]. 이러한 peak를 Gaussian peak로 분리하여 분석하게 된다. 분리된 peak는 sp<sup>3</sup> CH<sub>3</sub>

symmetric vibrational mode인  $2870\text{ cm}^{-1}$ 에서 나타난다. 그리고  $\text{sp}^3\text{ CH}_2$  또는  $\text{sp}^3\text{ CH}$ 는  $2920\text{ cm}^{-1}$ 에서 나타나지만  $\text{sp}^3\text{ CH}_2$ 인  $2850\text{ cm}^{-1}$ 과 같이 형성되며,  $\text{sp}^3\text{ CH}$ 는  $2920\text{ cm}^{-1}$ 인 것으로 판단된다[5]. 그리고  $2956\text{ cm}^{-1}$ 에서  $\text{sp}^3\text{ CH}_3$  asymmetric vibrational mode로 분리될 수 있다.

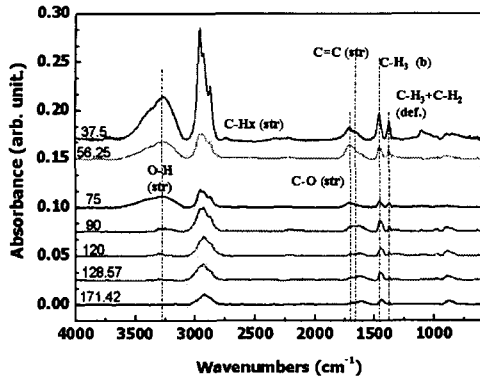


그림 2. FT-IR spectra as a function of the power/pressure.

$2700\sim 3100\text{ cm}^{-1}$  영역에서의 각각의 peak의 면적으로 -CHx에서의 상대적 수소함유량을 계산할 수 있으며[5], 그림 3에 나타내었다. 그림에서와 같이 power/pressure (W/Torr)이 증가할수록 -CHx의 면적이 감소하는 것으로 나타났다.

막의 증착에서 수소의 함유량은 플라즈마 에너지의 증가에 의해 수소탈착 또는 기상에서의 분해효율 증가로 낮아지게 된다. 본 연구에서 또한 상대적인 플라즈마 에너지의 척도인 power/pressure가 증가할수록 -CHx의 면적이 감소하였고, 따라서 수소의 함유량이 낮아지고, power/pressure이 증가할수록 막의 밀도는 조밀해질 것으로 판단된다[5].

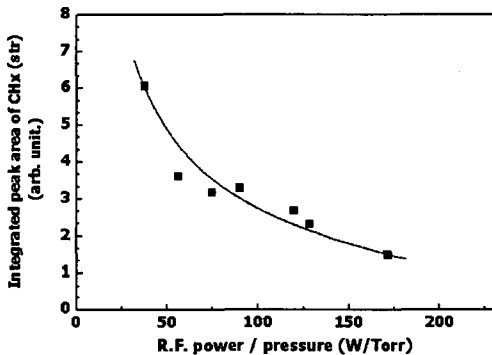


그림 3. Integrated peak area of -CHx in a-C:H films a function of the R.F. power/pressure.

그림 4는 power/pressure에 따른 refractive index (n) 과 extinction coefficient (k)값의 변화를 나타내었다. 그림에서와 같이 power/pressure이 증가할수록 n과 k 값이 증가하였다.

그림 3에서 설명한 바와 같이 수소의 함유량이 낮아지면서 막의 밀도가 조밀해지기 때문에 n과 k값이 power/pressure에 따라 증가하게 되었다.

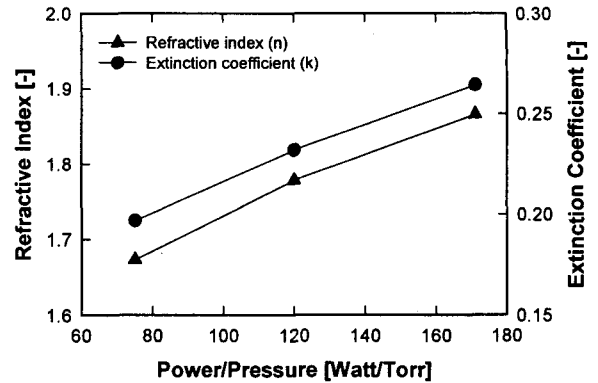


그림 4. Refractive index and extinction coefficients of a-C:H films as a function of the power/pressure.

#### 4. 결론

3,3-Dimethyl-1-butene ( $\text{C}_6\text{H}_{12}$ ) monomer를 이용하여 RF power와 압력에 따라 막을 증착하였다. 증착된 막은 power/pressure (W/Torr)가 증가할수록 비정질 탄소막은 FT-IR 스펙트럼에서 CHx (at around  $2900\text{ cm}^{-1}$ )는 감소하였고, n과 k값은 증가하는 것으로 나타났다.

#### 참고 문헌

- [1] H. Biederman, "Plasma Polymer Films", Imperial College Press, 2004.
- [2] H. Yasuda. "Plasma Polymerization", Academic Press, Inc., 1985.
- [3] B. Dischler, *E-MRS Proc.*, 17, 189(1987).
- [4] C. De Martino, F. Demichelis, A. Tagliaferro, *Diamond Relat. Mater.*, 4, 1210(1995).
- [5] Ge'raud-Grenier, Ve'ronique Massereau-Guilbaud, Andre' Plain, *Surface & Coatings Technology*, 187, 336(2004).