

**RF Induced Bias 전압이 DLC 박막의 특성에 미치는 영향**  
**The Effect of RF Induced Bias Voltage on DLC Thin Film**

손영호\* · 박형국 · 정재인(포항산업과학연구원)  
 박노길(식품의약품안전청) · 황도원(알파플러스)  
 김인수(경운대학교) · 배인호(영남대학교)

1. 서론

DLC (Diamond-Like Carbon) 박막은 화학적으로 대단히 안정되어 있고, 광 투과율, 경도, 열전도도, 내화학성, 굴절률 등이 높은 동시에 마찰계수가 낮은 특성을 가지고 있으므로 여러 분야에 응용 될 수 있다. 기계적 강도가 요구되는 공구, 베어링 등의 내마모성 코팅 재료로 연구가 되고 있으며, 적외선 창과 실리콘 태양전지 등 광학재료의 보호 및 무반사 코팅재료, 반도체소자의 열 방사 코팅재료 등의 응용 연구도 활발히 진행되고 있다<sup>1,2)</sup>.

본 연구에서는 ECR-PECVD 장치<sup>3,4)</sup>를 사용하였고, RF power에 의해서 유도되는 negative DC self bias 전압을 변화시켜가면서 DLC 박막을 제작하였다. 그리고 SEM, FTIR 분광계, Raman 분광계 및 Hardness Tester를 이용하여 negative DC self bias 전압이 DLC 박막의 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험방법

ECR-PECVD 장치 내부에 있는 시료 스테이지 상단에는 스테이지와 절연이 유지 되도록 세라믹을 사이에 두고 4" 실리콘 웨이퍼를 놓을 수 있는 시료 잡계를 설치하였다. 그리고 RF power에 의해서 유도되는 negative DC self bias 전압을 시료에 인가할 수 있도록 잡계에 13.56 MHz의 RF power를 연결하였다.

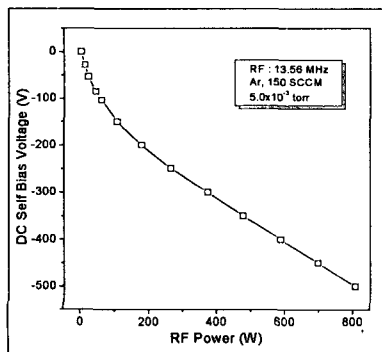


Fig. 1. Variation of the negative DC self bias voltage as a function of RF power.

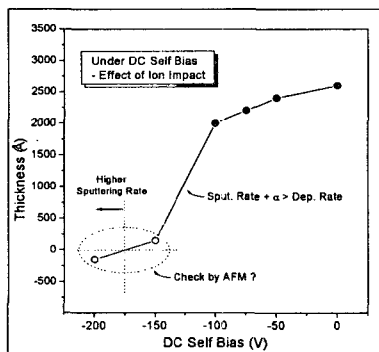


Fig. 2. Thickness of DLC films according to the variations of DC self bias voltage.

기판으로는 4" 크기의 Si (100)를 사용하였고, 박막을 제작하기 전에 진공 중에서 플라즈마 전처리를 하였다. 플라즈마 전처리는 Ar 가스를 150 SCCM 주입시켜  $5 \times 10^{-3}$  torr의 진공도를 유지시키면서, ECR

power를 700 W로 고정하고, DC self bias 전압을 -300 V로 하여 5 min동안 기판을 청정하였다.

DLC 박막은 ECR power를 700 W, 가스 혼합비와 유량을  $\text{CH}_4/\text{H}_2 : 10/100$  SCCM, 증착시간을 2시간으로 고정하고, DC self bias 전압을 0, -50, -75, -100, -150, -200 V로 변화시켜가면서 제작하였다. 이때 ECR 소스로부터 기판까지의 거리는 150 mm로 하였고, 진공도는  $2 \times 10^{-2}$  torr이었다.

### 3. 실험결과

RF power에 의해서 유도되는 negative DC self bias 전압은 Fig. 1과 같다. Fig. 2에서 보여지는 것처럼 negative DC self bias 전압의 증가에 따라서 박막의 두께가 감소

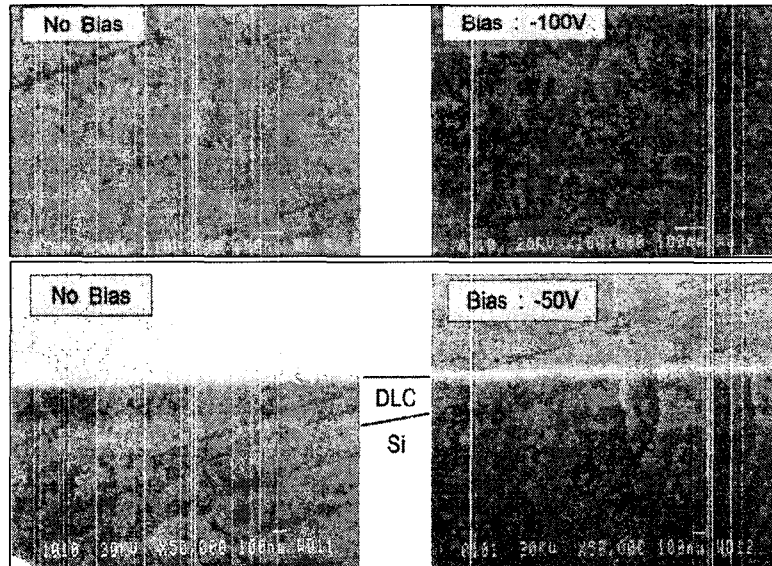


Fig. 3. Surface morphology and cross-sectional area image by SEM.

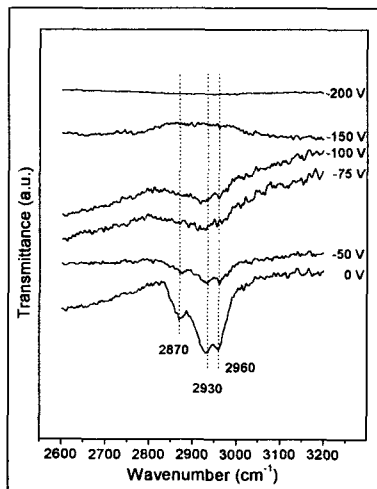


Fig. 4. FTIR spectra according to the variations of DC self bias voltage.

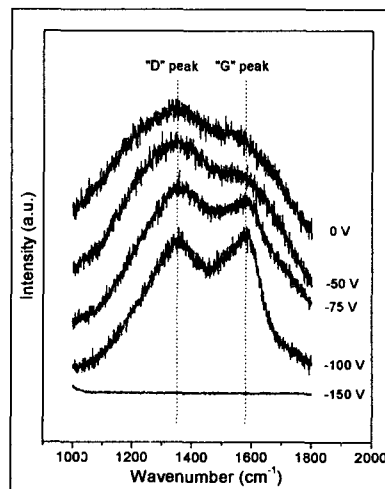


Fig. 5. Raman spectra according to the variations of DC self bias voltage.

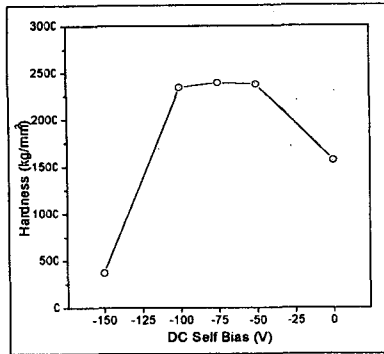


Fig. 6. Hardness according to the variations of DC self bias voltage.

됨을 볼 수 있고, -150 V에서는 박막이 거의 만들어지지 않았으며, -200 V에서는 기판 표면이 식각되었다. 이것은 negative DC self bias 전압과 ECR 플라즈마에 의한 이온 충돌 효과 때문으로 판단되며, 150 V 이하에서는 증착되는 양보다 re-sputtering 되는 양이 더 많은 것으로 추측된다. Fig. 3은 SEM에 의한 표면과 단면의 영상이다. 표면 영상에서는 DLC 박막이 조밀하면서 균일하게 형성되었음을 볼 수 있고, 단면 영상에서는 bias 전압의 증가로 박막의 두께가 감소되었음을 볼 수 있으며, SEM의 결과로부터 제작된 DLC 박막이 비정질 상태임을 알 수 있다. Fig. 4는 FTIR 스펙트럼이다. 2870  $\text{cm}^{-1}$ 에서 나타나는 peak은  $\text{sp}^3\text{CH}_3$  구조, 2960  $\text{cm}^{-1}$ 에서 나타나는 peak은  $\text{sp}^3\text{CH}_2$  구조에 의해서 나타나는 것이고, 2930  $\text{cm}^{-1}$ 에서 나타나는 peak은  $\text{sp}^3\text{CH}_2$  구조 때문에 생긴 peak이다. bias 전압을 인가하지 않았을 때 관측되었던 2870  $\text{cm}^{-1}$ , 2930  $\text{cm}^{-1}$ , 2960  $\text{cm}^{-1}$  peak들이 DC self bias 전압을 -50, -75, -100 V로 변화시킬수록 peak의 절대 강도가 감소하는 것을 볼 수 있다. 이러한 현상들은 DC self bias 전압을 인가할수록 플라즈마에 의한 이온 충돌현상이 두드러져 탄소와 결합하고 있던 수소원자들이 떨어져 나갔음을 의미한다<sup>5,6)</sup>. Fig. 5의 결과도 마찬가지로 해석할 수 있다. C-H 결합 에너지는 3.4 eV로 C-C 결합이나 C=C 결합 보다 약하여 수소 원자가 비교적 해리가 잘 되므로 이러한 현상이 일어난다고 해석된다. 결합이 끊어진 탄소 원자들은 다른 탄소 원자들과 dangling bond 결합하여 3차원적 cross-link를 형성시켜 나가면서 내부 압축 응력을 증가시키는 것으로 알려져 있으며, Fig. 6의 경도 시험 결과로 이를 확인할 수 있었다. (본 연구는 포스코신기술연구조합의 지원으로 이루어졌음)

#### 참고문헌

1. V.K. Kudoyarova, A.V. Chernyshov, T.K. Zvonareva, N.B. Dzhelepova and M.B. Tsolov, Surf. Coat. Tech. 100/101, 192(1998).
2. T.C.S. Vandavelde, K. Vandierendonck, M. Van Stappen, W. Du Mong and P. Perremans, Surf. Coat. Tech. 113, 80(1999).
3. S.M. Rosnagel, J.J. Cuomo and W.D. Westwood, Handbook of Plasma Processing Technology, Noyes Publications, New Jersey, 1990.
4. O.A. Popov, High Density Plasma Sources, Noyes Publications, New Jersey, 1995.
5. K. Kuramoto, Y. Domoto, H. Hirano S. Kiyama and S. Tsuda, Applied Surface Science, 113/114, 227(1997).
6. S.F. Yoon, H. Yang, A. Rusli, R.J. Ahn and Q. Zhang, Diam. Relat. Mater. 7, 70 (1998).