

ECR-PECVD 방법으로 제작된 a-C:H 박막의 결합구조에 관한 연구
A Study on Atomic Bonding Structure of a-C:H Thin Films
Prepared by ECR-PECVD Method

손영호* · 박형국 · 정재인(포항산업과학연구원)

박노길(식품의약품안전청) · 황도원(알파플러스)

김인수(경운대학교) · 배인호(영남대학교)

1. 서론

a-C:H 박막은 높은 경도와 가시광선 및 적외선 영역에서의 광 투과도, 전기적 절연성, 화학적 안정성 및 저마찰·내마모 특성 등의 우수한 물리·화학적 물성을 갖고 있기 때문에 여러 분야의 응용연구가 이루어지고 있다¹⁻³⁾. 이러한 a-C:H 박막을 제작하는 방법에는 여러 가지가 있으나, 본 연구에서는 ECR-PECVD 방법⁴⁻⁶⁾을 사용하였다. 이것은 최근에 많이 이용되고 있는 방법으로, 이온화률이 높을 뿐만 아니라 상온에서도 성막이 가능하고 넓은 진공도 영역에서 플라즈마 공정이 가능한 장점이 있다.

본 연구에서는 ECR-PECVD 장치를 사용하여 ECR power, CH₄/H₂ 가스 혼합비와 유량, 증착시간, negative DC self bias 전압 등의 조건을 변화 시켜가면서 a-C:H 박막을 제작하였으며, FTIR 분석으로 탄소와 수소의 결합구조에 관하여 조사하였다.

2. 실험방법

a-C:H 박막을 제작하기 위한 ECR-PECVD 장치도는 그림 1과 같다. 진공용기는 내부 직경 400 mm, 높이 400 mm의 원통형이며, ECR 소스로부터 150 mm 떨어진 위치에서 a-C:H 박막을 제작하였다. 본 연구에서 주로 사용한 가스 혼합비와 유량은 CH₄/H₂ : 10/100 SCCM이며, 이때의 진공도는 2×10^{-2} torr이다.

박막의 증착 조건은 표1과 같다. 기판으로는 4" 크기의 Si (100)를 사용하였고, 박막을 제작하기 전에 진공 중에서 플라즈마 전처리를 하였다. 플라즈마 전처리는 Ar 가스 150 SCCM 주입시켜 5×10^{-3} torr의 진공도를 유지시키면서, ECR power를 700 W

표 1. a-C:H 박막의 증착 조건

Deposition Parameter	Fixed	Variable
ECR Power (W)	700	350, 550, 700, 850
Gas(CH ₄ /H ₂) Composition and Flow Rate (SCCM)	10/100	5/100, 10/100, 20/100, 30/100, 40/100, 50/100
Deposition Time (h)	2	0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0
Negative DC Self Bias Voltage (V)	0	0, -50, -75, -100, -150, -200

로 고정하고, DC self bias 전압을 -300 V로 하여 5 min동안 기판을 청정하였다. 증착 변수는 표1에서 보여지는 것처럼 4개이며, 하나의 변수를 변화시킬 때 다른 3개의 변

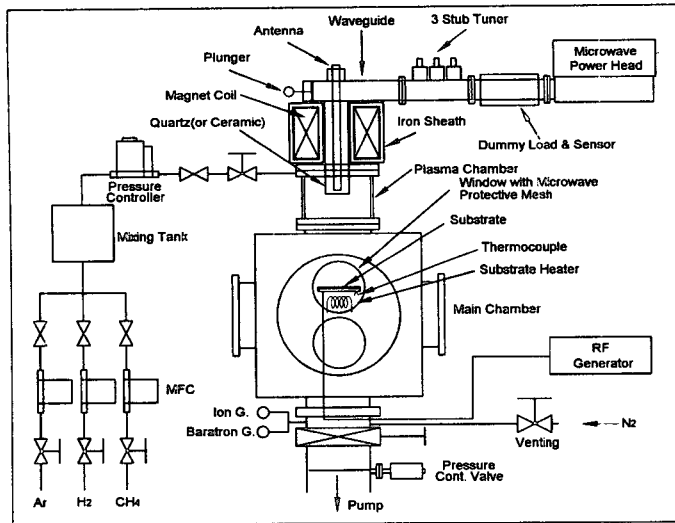


그림 1. ECR-PECVD 시스템의 장치도

수는 고정하였다.

3. 실험결과

그림 2는 증착조건중 고정 조건에서 제작된 박막의 AES 분석 결과이다. 그림 2와 3은 ECR power의 변화에 따른 ERDA 및 RBS 결과이다. 그림 2, 3 및 4의 결과로부터 본 연구에서 제작된 박막은 탄소와 수소만으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

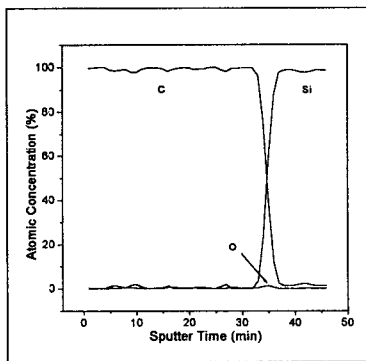


그림 2. AES 분석에 의한 박막의 조성

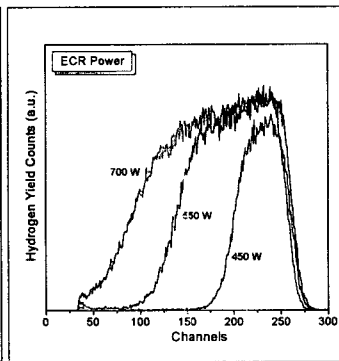


그림 3. ECR power 변화 따른 ERDA 스펙트럼

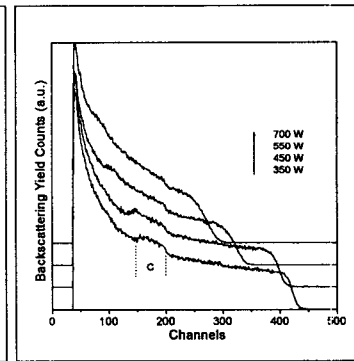


그림 4. ECR power의 변화에 따른 RBS 스펙트럼

FTIR 분석은 물질에 넓은 영역의 적외선을 쬐어주고 흡수되는 영역의 적외선을 조사하여 두 원자간의 진동현상으로부터 원자 결합구조를 파악하는 분석법이다. 일반적으로 a-C:H 박막의 FTIR 스펙트럼에서 탄소와 수소의 결합 구조는 2850~3305 cm^{-1} 영역에서 나타나는 stretching 형태와 1300~1700 cm^{-1} 영역에서 나타나는 deformation 형태로 구분할 수 있다^{7,8)}.

그림 5에서 대체로 모든 시료들의 흡수 peak들이 2800~3000 cm^{-1} 영역에서 나타나고 있다. 이것은 시료들을 이루고 있는 원자들이 주로 sp^3 결합을 하고 있음을 의미한다. 2855 cm^{-1} 에서 나타나는 peak는 sp^3CH_2 구조, 2870 cm^{-1} 에서 나타나는 peak는 sp^3CH_3 구조, 2960 cm^{-1} 에서 나타나는 peak는 sp^3CH_3 구조에 의해서 나타나는 것이고, 2930 cm^{-1} 에서 나타나는 peak는 sp^3CH_2 구조 때문에 생긴 peak이다. 박막을 이루는 대부분이 sp^3 이고 일부 sp^2 구조가 약간 있음을 알 수 있다. 그림 6에서 보여 지는 것처럼 메탄 가스의 양이 수소 가스의 양에 대하여 상대적으로 증가함에도 불구하고 peak 들의 강도나 위치에 두드러진 변화를 관측할 수 없었다. 이러한 현상은 메탄 가스의 양이 a-C:H 박막의 형성에 영향을 미치지 못함을 의미하며, 오히려 메탄

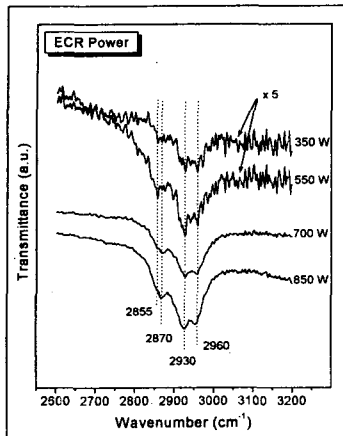


그림 5. ECR power의 변화에 따른 FTIR 스펙트럼

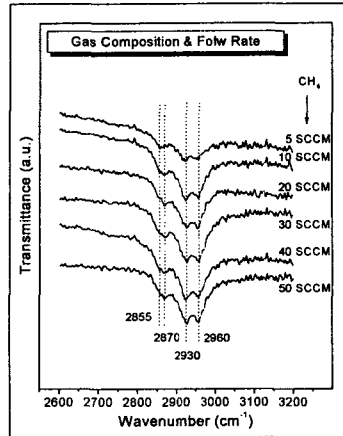


그림 6. CH₄/H₂ 가스 구성비와 유량의 변화에 따른 FTIR 스펙트럼

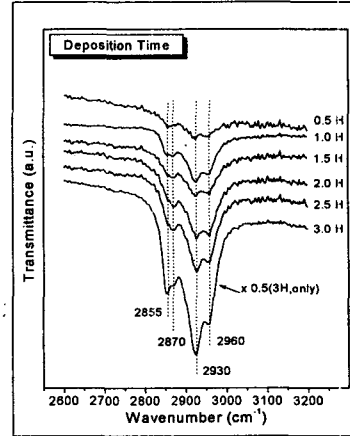


그림 7. 증착시간의 변화에 따른 FTIR 스펙트럼

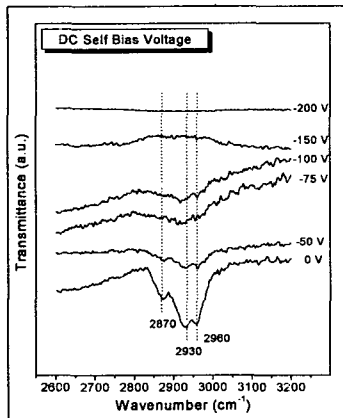


그림 8. Negative DC self bias 전압의 변화에 따른 FTIR 스펙트럼

분자를 얼마나 많이 이온화시킬 수 있는지가 a-C:H 박막 형성에 더 큰 영향을 미칠 수 있다는 사실을 그림 5의 결과로부터 알 수 있다. 증착시간을 변화시키면서 제작한 박막에서는 그림 7에 보여지는 것처럼 2930 cm⁻¹에서 나타나는 peak의 강도가 증가하는 것이 뚜렷하게 보인다. 이러한 현상은 주어진 조건에서 막의 성장률이 2~3시간 사이에서 현저하게 증가하는 변화가 일어났으며, a-C:H 박막을 이루고 있는 탄소와 수소 원자들의 결합구조가 CH₃ 구조로부터 CH₂ 나 CH 구조로 변하고 있음을 의미한다. 그리고 그림 8에서 보여지는 것처럼 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 의미한다⁵⁾. (본 연구는 포스코신기술연구소의 지원으로 이루어졌음)

참고문헌

1. J. Suzuki and S. Okada, Jpn. J. Appl. Phys. **34**, L1219(1995).
2. V.K. Kudoyarova, A.V. Chernyshov, T.K. Zvonareva, N.B. Dzhelepova and M.B. Tsolov, Surf. Coat. Tech. **100/101**, 192(1998).
3. K. Endo T. Miyamura, N. Kitaori and O. Yoshida, Jpn. J. Appl. Phys. **37**, 3486 (1998).
4. K. Kuramoto, Y. Domoto, H. Hirano S. Kiyama and S. Tsuda, Applied Surface Science, **113/114**, 227(1997).
5. E. Kamijo, T. Nakamura and Y. Tani, Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. **B121**, 110(1997).
6. S.F. Yoon, H. Yang, R.J. Ahn and Q. Zhang, J. Electron. Mater. **27**, 44(1998).
7. N. Mutsukura, S.I. Inoue and Y. Machi, J. Appl. Phys. **72(1)**, 43(1992).
8. D.S. Patil, K. Ramachandran, M. Pandey, S. Venkateswaran and R. D'Cunha, J. Alloy. Compd. **278**, 130(1998).