

펄스 레이저 증착법에 의한 DLC 박막 제작 연구

°정 영 식*, 은 동 석*, 이 상 렬*, 정 해 석**, 박 형 호**
 연세대학교 전기공학과*, 연세대학교 세라믹공학과**

Study on the fabrication of DLC thin films
 by pulsed laser deposition

°Young Sik Jeong*, Dong Seog Eun*, Sang Yeol Lee*, Hae-Suk Jung**, Hung-Ho Park**
 Department of Electrical Engineering, Yonsei University*
 Department of Ceramic Engineering, Yonsei University**

Abstract - We have deposited hydrogen-free diamond-like carbon (DLC) films by pulsed laser deposition of graphite. Pulsed laser deposition (PLD) can be utilized to generate films with desired properties quite different from those of the starting material. Since DLC films grown by PLD using turbo pump are prepared without hydrogen, they have a higher density and a higher index of refraction than the hydrogenated DLC films. In this study, effects of the substrate temperature and laser energy density on the properties of DLC films were systematically investigated. The structure and properties of the films have been studied by scanning electron microscopy (SEM), Fourier Transform Infrared (FT-IR), X-ray diffraction (XRD), and Raman spectroscopy.

1. 서 론

최근 다이아몬드성(diamond-like carbon, DLC) 박막은 다이아몬드와 비슷한 특성을 갖고 있기 때문에 전자소자 분야에 적용 가능한 물질로 관심이 모아지고 있다[1]. DLC 박막은 경도가 높아 내마모 소자의 코팅분야에 적용이 가능할 뿐만 아니라[2], 마스크의 보호막으로 사용할 수 있으며 또한 높은 열전도도를 가지고 있어 냉각소자로 적용이 가능하다. 특히 DLC 박막은 낮은 일함수로 인해 FED (Field Emission Display) 의 팁 (tip)으로 적용이 가능하다. DLC 박막은 팁의 첨예화가 필요없으므로 평평한 소자의 제작과 화학적 불활성으로 인해 산화성의 단점을 극복할 수 있고, 제작공정이 간단하며 낮은 외부전압에서도 충분히 전자방출이 가능하다[3]-[5]. 복잡한 다성분계

재료의 박막공정기법으로 큰 관심을 끌고 있는 PLD [6][7]에 의해 제작된 DLC 박막은 수소를 거의 포함하지 않아서 밀도와 굴절률이 높으며[8], 무엇보다도 높은 에너지의 탄소 이온들이 기판의 수 원자층을 투과하여 증착되기 때문에 기판과의 결합이 견고하며 기판의 종류에 크게 의존하지 않는다[9].

본 연구에서는 PLD에 의해 DLC 박막 증착시 기판온도와 레이저 에너지밀도가 박막특성에 미치는 영향을 관찰하였다.

2. 실험 방법

그림 1에 나타난 박막증착 시스템을 이용하여 DLC 박막 제작하였다. 레이저 빔으로는 355 nm 의 파장을 갖는 Q-switched Nd:YAG 레이저가 사용되었으며 타겟표면과 레이저 빔이 이루는 각도를 45° 로 유지하고 렌즈를 통해 집광시킨 레이저 빔의 에너지밀도를 6~17 J/cm²의 범위에서 변화시켜 가며 실험을 하였다. 레이저 반복율은 5 Hz 를 사용하였다. 타겟은 지름이 2.48 cm, 두께가 0.29 cm 인 다결정 그래파이트 타겟을 사용하였다. 그래파이트 타겟을 사포로 문질러 표면을 최대한 매끈하게 만든 후 타겟을 회전가능한 타겟홀더에 은페이스트를 이용하여 부착하였다. 기판으로는 1cm×1cm 크기의 Si 기판을 사용하였는데, 기판을 클리닝하기 위하여 아세톤, 메탄올, DI water 순으로 초음파 세척기로 3분씩 세척을 하였다. 그리고 난 후에 Si 기판 위에 있는 산화막을 제거하기 위해 DI water 와 HF 가 10 : 1 로 혼합된 HF 수용액에 1분간 넣은 후, DI water로 세척을 하고 질소가스로 건조시켜 저항가열히터에 실버페이스트를 이용하여 부착하였다. DLC 박막의 물성을 분석하기 위하여 Raman Spectroscopy, X-ray

Diffraction(XRD), Fourier Transform Infrared (FT-IR), Scanning Electron Microscopy(SEM)를 이용하였다.

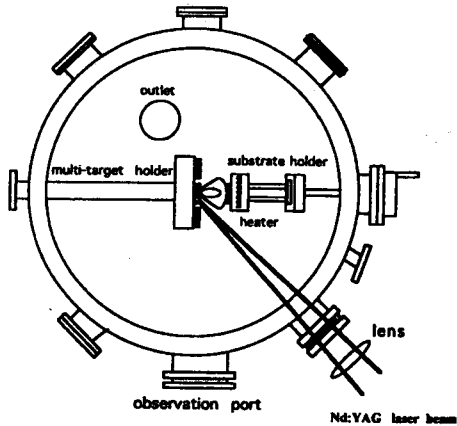


그림 1. 펄스 레이저 증착시스템 개략도

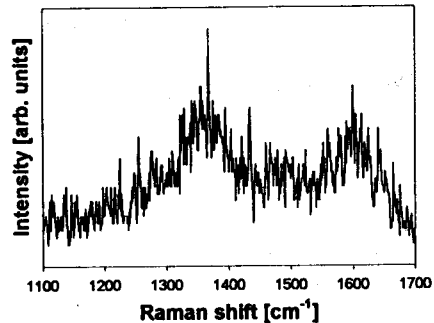
3. 결과 및 고찰

증착된 DLC 박막의 결정성과 결합상태를 확인하기 위하여 XRD 및 FTIR 분석을 실시하였다. 분석결과 증착된 DLC 박막은 XRD에서는 Si 기판에 의한 peak와 DLC 박막의 구조가 amorphous임을 나타내는 hallow만이 관찰되었고 FT-IR 분석에서는 DLC 박막이 IR에 대해 비활성을 나타내었다.

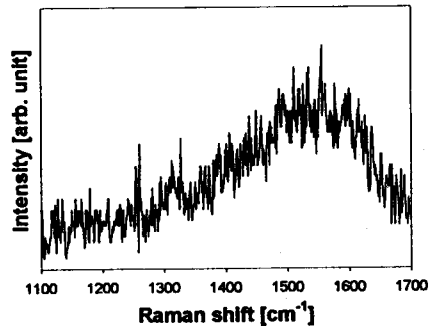
그림 2는 12 J/cm^2 의 레이저 에너지밀도에서 온도를 변화시켜가며 증착한 DLC 박막의 Raman 스펙트럼을 나타내고 있다. 그래파이트 상(phase)을 나타내는 Raman 피크의 위치는 1350 cm^{-1} (D-line), 1580 cm^{-1} (G-line)에서 존재하며 다이아몬드 상을 나타내는 Raman 스펙트럼은 1000 cm^{-1} 에서 시작하여 1560 cm^{-1} 에서 피크가 존재한다. 그림 2(a)는 기판온도 200°C 에서 증착한 DLC 박막의 Raman 스펙트럼으로 그래파이트 상을 나타내는 반면에, 그림 2(b)는 300°C 에서 증착한 박막의 Raman 스펙트럼으로 다이아몬드 상을 나타냄을 관찰할 수 있다. 이 결과로부터 기판온도가 DLC 박막의 형성에 민감하게 영향을 미치는 조건임을 확인할 수 있었다.

또한, 기판온도 300°C 에서 레이저 에너지밀도의 변화에 따른 DLC 박막을 증착하였다. 레이저 에너지밀도가 너무 높아도, 너무 낮아도 다이아몬드 상을 형성시키지 못하였다. 즉, 에너지밀도가 임계값이하이면, 에너지가 부족하여 그래파이트 타겟을 구성하고

있는 탄소원자를 충분히 이온화시키지 못해 다이아몬드 상을 형성시키지 못하며, 또한 에너지밀도가 너무 크게되면 그래파이트 타겟으로부터 그래파이트 물질이 완전히 분해되지 않고 기판위로 직접 증착되기 때문에 알맞은 레이저 에너지밀도에서 DLC 박막을 증착하는 것이 필요함을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 2. 기판온도 (a) 200°C 와 (b) 300°C 에서 각각 증착한 DLC 박막의 Raman 스펙트럼

4. 결 론

본 연구를 통해 펄스 레이저 증착법에 의한 DLC 박막 증착시 기판온도와 레이저 에너지밀도가 중요한 증착조건임을 확인하였다. 에너지밀도가 임계값이하이면, 에너지가 부족하여 그래파이트 타겟을 구성하고 있는 탄소원자를 충분히 이온화시키지 못해 다이아몬드 상을 형성시키지 못하며, 또한 에너지밀도가 너무 크게되면 그래파이트 타겟으로부터 그래파이트 물질이 완전히 분해되지 않고 기판위로 직접 증착되기 때문에 알맞은 레이저 에너지밀도에서 DLC 박막을 증착하는 것이 필요함을 알 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 97년도 정보통신부 국책과제(과제번호 : AB-97-B-0004)에 의한 결과임.

참고 문헌

- [1] L.S. Pan and D.R. Kania, "Diamond : electronic properties and applications", Kluwer Academic Publishers, 1995
- [2] C.B. Collins, F. Davanloo, T.J. Lee, D.R. Jander, J.H. You, H. Park, and J.C. Pivin, "The bonding of protective films of amorphous diamond to titanium", J. Appl. Phys. Vol. 71, pp.3260-3265, 1992
- [3] F.Y. Chuang, C.Y. Sun, T.T. Chen, and I.N. Lin, "Local electron field emission characteristics of pulsed laser deposited diamondlike carbon films", Appl. Phys. Lett., Vol. 69, pp.3504-3506, 1996
- [4] T. Asano, Y. Oobuchi, and S. Katsumata, "Field emission from ion-milled diamond films on Si", J. Vac. Sci. Technol. B, Vol. 13, pp.431-434, 1995
- [5] J. Liu, V.V. Zhirmov, A.F. Myers, G.J. Wojak, W.B. Choi, J.J. Hren, and S.D. Wolter, "Field emission characteristics of diamond coated silicon field emitters", J. Vac. Sci. Technol. B, Vol. 13, pp.422-426, 1995
- [6] S.Y. Lee, Q.X. Jia, W.A. Anderson, and D.T. Shaw, "In situ laser deposition of superconducting $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-y}$ thin films on GaAs substrates", J. Appl. Phys., Vol. 70, pp.7170-7172, 1991
- [7] Y.S. Jeong, J.H. Park, and S.Y. Lee, "Epitaxial growth of YBCO on Hastelloy with YSZ buffer layer by laser ablation", to be published in Thin Solid Films
- [8] D.L. Pappas, K.L. Saenger, J. Bruley, W. Krakow, and J.J. Cuomo, "Pulsed laser deposition of diamond-like carbon films", J. Appl. Phys. Vol. 71, pp.5675-5684, 1992
- [9] C.W. Ong, X.-A. Zhao, J.T. Cheung, S.K. Lam, Y. Liu, C.L. Choy, and P.W. Chan, "Thermal stability of pulsed laser deposited diamond-like carbon films", Thin Solid Films, Vol. 258, pp.34-39, 1995