

고경도 전도성 카본 박막의 미세구조에 관한 연구 The microstructure of Hard and Conductive Carbon Coatings

명현식, 김영현*, 이정용*, 한진건

성균관대학교 플라즈마 응용 표면기술 연구센터

*한국과학기술원 재료공학과 전자현미경 연구실

1. 서론

다이아몬드상 카본박막은 높은 경도 및 탄성계수, 낮은 마찰계수, 우수한 화학적 안정성, 높은 전기비저항 및 미려한 표면조도 등의 우수한 특성으로 인해 전세계적으로 많은 연구들이 진행되어 오고 있다. 일반적으로 이러한 다이아몬드상 카본 박막은 박막 내 흑연의 특성을 나타내는 sp^2 결합과 다이아몬드의 특성을 나타내는 sp^3 결합이 혼재하며 주로 높은 sp^3 결합을 지니는 비정질 구조로 알려져 있다. 따라서 이러한 구조적 특성으로 인해 다이아몬드상 카본 박막은 높은 경도, 우수한 윤활성 및 전기절연성을 나타낸다. 그러나 최근 90% 이상의 높은 sp^2 결합구조로 이루어져 있음에도 불구하고 우수한 경도 및 윤활 특성을 나타내며, 기존 다이아몬드상 카본막의 절연특성과 상반되는 매우 낮은 전기 비저항을 나타내는 고경도 전도성 카본 박막에 관한 연구가 세계적으로 활발히 진행되고 있다.

일반적인 높은 sp^2 결합구조로 구성된 다이아몬드상 카본 박막의 미세구조는 비정질 구조로 알려져 있으며, 박막 합성 후에 500°C 이상의 열처리 공정에 의해서 일부 흑연 상으로의 결정화가 진행되는 것으로 알려져 있다. 그러나, 본 고경도 전도성 카본 박막의 미세구조는 아직까지 정확하게 보고되고 있지 않으며, 합성기구에 관한 규명도 전무한 상태이다. 일부 연구자들에 의해 고분해능 투과전자현미경에 의해서 미세구조를 관찰하려는 연구가 수행되었으나 전자빔 회절패턴에 의한 미세구조 분석만 일부 이루어져서 이를 통한 미세구조의 유추 및 추측 결과만 보고되었을 뿐 박막 미세구조에 관한 정확한 이미지를 제공한 것은 전무하다. 따라서 상기 언급한 바와 같이 고경도 전도성 카본막의 합성기구 및 미세구조를 이해하기 위해서 초고전압 투과전자현미경을 통한 고분해능 이미지로 이를 명확히 규명하는 것이 절실히 요구된다.

따라서 본 연구에서는 이러한 우수한 물성 및 넓은 활용성으로 인해 세계적으로 이슈가 되고 있는 고경도 전도성 카본막의 미세구조를 초고전압 투과전자현미경을 이용하여 분석하고, 그 합성기구를 규명하고자 하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 스퍼터링법 중에서 Closed-Field UnBalanced Magnetron Sputtering (CFUBM) 법을 이용하여 수소 함유되지 않은 카본 박막을 합성하였으며 타겟 인가전력에 따른 코팅막 미세구조 변화를 관찰하였다. 카본막 합성 시에 타겟은 99.999%의 순도를 갖는 고상 카본 타겟을 사용하였으며 바이어스 전압은 -200V로 고정하였다.

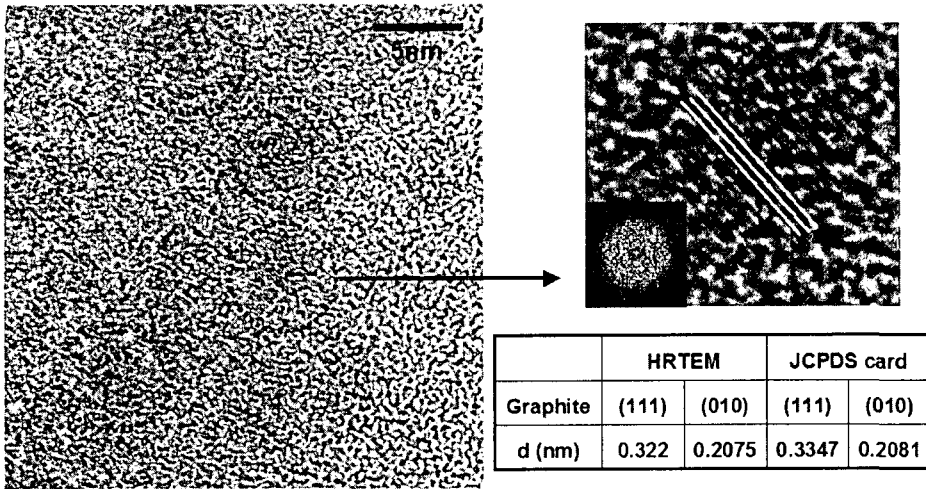
3. 결과 및 고찰

타겟 인가전력에 따라 합성된 카본 코팅막의 미세구조를 초고전압 투과전자현미경을 이용하여 관찰하였다. (그림 1) 타겟 인가전력에 관계없이 모든 조건에서 sp^2 결합구조를 지니는 약 5nm 크기의 나노 결정들이 비정질 카본 기지위에 고르게 분포되어 있는 형상이 관찰되었으며 나노결정에서 (111)과 (010) 면의 면간거리를 분석한 결과 각각 $d_{(111)}=0.3347\text{nm}$, $d_{(010)}=0.2081\text{nm}$ 으로 관찰되었다. 이를 JCPDS 카드와 비교한 결과 나노결정은 흑연으로 관찰되었다. 일반적으로 다이아몬드상 카본막의 미세구조는 비정질로 알려져 있으나, 본 연구에서 합성된 고경도 전도성 카본막은 비정질 기지위에 나노 크기의 흑연상 미세 결정들이 분포되어 있는 것으로 보아 이로 인해 전기전도도가 우수한 막이 합성된 것으로 판단된다.

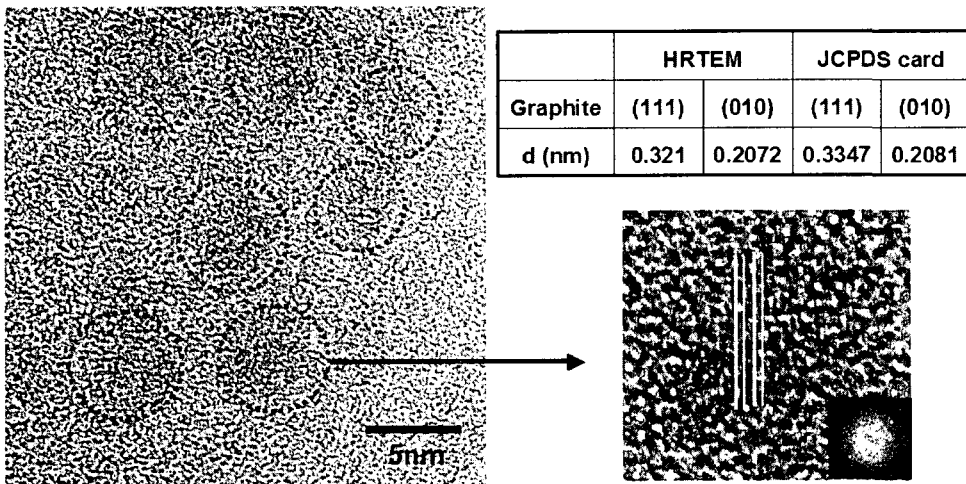
10W/cm²의 타겟 인가 전력에서 합성된 카본막의 미세구조를 30W/cm²의 타겟 인가 전력에서 합성된 카본막과 비교한 결과 동일 비정질 카본 기지 내의 흑연상 나노 결정의 수가 30W/cm²의 타겟 인가 전력에서 합성된 카본막의 경우, 더 많은 것으로 관찰되었다. 따라서 본 결과로부터 타겟 인가전력이 증가함에 따라 나노 결정화가 촉진됨을 예측할 수 있으며, 이를 통해 전기전도도 역시 상승할 것으로 판단되어진다.

References

- [1] 8. V. Kulikovskiy, P. Bohac, F. Franc, A. Deineka, V. Vorlicek, L. Jastrabik, *Diamond Relat. Mater.*, 10 (2001) 1076-1081
- [2] F. C. Marques, R. G. Lacerda, M. M. de Lima Jr, J. Vilcarromero, *Thin Solid Films*, 343-344 (1999) 222-225
- [3] R. G. Lacerda, V. Stolojan, D.C. Cox, S. R. P. Silva, F. C. Marques, *Diamond Relat. Mater.*, 11 (2002) 980-984



(a)



(b)

그림 1. 타겟 인가전력에 따른 고경도 전도성 카본막의 미세구조 변화
 (a) $10\text{W}/\text{cm}^2$ (b) $30\text{W}/\text{cm}^2$