

다이아몬드상 카본이 코팅된 실리콘 바늘의 전계 방출

전 동렬, 정 복현, 이 승협, 조 형식, 고 태영, 이 상조, ,
이 승운, 이 광렬*

명지대학교 물리학과, *과학기술연구원 세라믹스부

서론

전계방출 소자(field emission array)는 solid state 소자의 단점을 보완하여 차세대의 통신 및 전자 기기에 이용 가능한 전자 소자로서도 기대를 모으고 있다. 그 이유로는 전자의 터널링 시간이 짧으므로 전자의 유동 속도가 빠르고, 고집적도의 음극 격자를 만들 수 있으며, cold cathode의 고집적 격자에서 높은 전류 밀도를 짧은 순간에 얻을 수 있다. 이러한 장점 때문에 평판 디스플레이, 초고주파용 증폭기, 압력센서, 이온 방출기 등의 응용에 많은 연구가 이루어지고 있다. 최근 많은 연구에서 negative electron affinity(NEA)를 가지는 다이아몬드나 다이아몬드상 카본 필름 같은 재료들이 전계방출 소자로서 연구되어지고 있다[1]. 이 재료들은 표면의 형태가 평판에서 주로 사용 되어져왔다. 본 연구에서는 다이아몬드의 장점을 대부분 가지면서 다이아몬드 보다 낮은 온도에서 필름 형성이 가능한 다이아몬드상 카본(DLC) 필름[2]을 에미터로써 사용하였다. 다이아몬드상 카본 필름은 비정질 고상 카본 필름으로써 물리화학적 성질이 넓은 범위에 걸쳐있고, 합성조건에 따라 그 성질을 손쉽게 변화시킬 수 있으며, 비정질이므로 합성표면이 수백 Å 미만의 평활도를 가지고 있어서 광학 및 내마모 윤활코팅 등의 적용에 적합하다[3]. 또한 복잡한 구조의 소자 위에도 코팅이 가능하므로, 본 연구에서는 실리콘 기판위에 코팅된 DLC 필름의 전계방출 거동을 알아 보기 위하여, 실리콘 웨이퍼 위에 DLC 코팅한 시료와 실리콘 에미터 바늘위에 DLC를 코팅한 시료의 전계방출 특성을 비교 분석하였다. 실리콘 평판 위에 DLC 코팅 된 시료와 실리콘 바늘의 전계 방출 효과를 비교한 결과 실리콘 바늘위의 DLC 코팅된 시료의 전계방출이 향상되었음을 알 수 있었다.

실 험

다이아몬드상 카본을 실리콘 전계방출 바늘에 코팅하였다. 기판으로 사용된 실리콘 웨이퍼는 비저항이 $10\sim 20\Omega \cdot \text{cm}$ 인 n형이었고, POCl_3 도핑시킨 것이었다. 실리콘 바늘은 산화막을 마스크로 사용하여 일반적인 건식 식각 방법으로 식각하여 텃을 형성하였다. 제작된 실리콘 텃 높이는 $1.4\mu\text{m}$ 이고 텃과 텃 사이의 거리는 $5\mu\text{m}$ 이다. 다이아몬드상 카본 필름은 r.f. 플라즈마를 이용하여 C_6H_6 가스를 분해하여 코팅하였다. 다이아몬드상 카본 필름을 코팅하기 전에 실리콘 바늘위의 자연산화막을 제거하기 위해 BHF로 처리하거나 알곤 이온에 실리콘 바늘을 노출시켰다.

결 과

HF에 처리된 것은 다이아몬드상 카본 필름이 일정하게 코팅되지 않았음을 알 수 있었다. 또한, 알곤 크리닝을 하지 않고 DLC를 코팅 하였을 때는 접착력이 약화되어 필름이 실리콘 표면으로부터 뜯다는 것을 확인하였다. 우리는 알곤 bombarding을 함으로써 팁의 aspect ratio가 증가함을 알 수 있었고, DLC 필름의 접착력과 증착되는 uniformity가 더 향상되어짐을 알 수 있었다. 그러나 알곤 bombarding 한 후의 실리콘 바늘의 끝 부분은 약간 무디어졌음을 알 수 있었다. DLC를 코팅한 후의 팁끝의 크기는 약 1500Å이었다.

전계방출 전류는 진공도 2×10^{-6} Torr에서 측정하였다. 스페이서를 사용하여 어노드와 바늘 사이는 50 μ m 되게 하였고 바늘은 접지 시키고 어노드에는 양전압을 주었다. 측정된 결과에 의하면 다이아몬드상 카본이 코팅된 실리콘 바늘은 구동 전압이 가장 낮음을 알 수 있었다. 또한 실리콘 표면에 증착된 다이아몬드상 카본 필름의 경우 스파크가 났 후의 측정값이 스파크가 튀기 전 보다 방출 전류량이 많았으나, 실리콘 바늘 위의 DLC 필름은 스파크가 튀지 않고도 방출 전류량이 많았다. NEA의 전계방출 메카니즘은 알 수 없지만, 표면상태가 평면 보다는 뾰족한 부분이 전계방출에 필요한 전기장의 값이 낮아지게 된다는 것은 알 수 있었다.

결 론

실리콘 바늘이 알곤 이온에 bombarding되었을때 aspect ratio가 증가함을 알 수 있었고, 다이아몬드상 카본의 접착력이 좋아짐을 알 수 있었다. 전류-전압 특성에서 전계방출 효과는 다이아몬드상 카본이 코팅된 실리콘 바늘이 실리콘 평판위에 DLC 코팅된 시료와 실리콘 바늘 보다 향상되었음을 알 수 있었다. 이 연구는 실리콘 팁에 DLC 코팅 후 게이트를 가지는 삼극관 제조에 쉽게 응용될 수 있는 장점도 있다.

참고 문헌

1. N. Kumar, C. xie, N. potter, A. Krishnan, C. Hilbert, D. Elchman, "Late-News Paper:Field-Emission Displays BsJased on Diamond Thin Films," J. Sid, p1009-1011, 1993
2. C. badis, B. B. pate, PRL, p74, Jan, 1995
3. 이광렬, 은광용. "다이아몬드상 카본 필름" 대한 금속 학회지. 1993