

## 다이아몬드상 카본을 코팅한 삼극관 전계방출 소자의 제작 및 모의 실험

고태영, 유희준, 이승협, 이상조, 전동렬  
명지대학교 물리학과

이광렬  
한국과학기술연구원 세라믹스부

김명재, 정효수  
대우 고등기술연구원

## 서 론

스퍼터링 방법으로 제작한 다이아몬드상 카본(diamond-like carbon, DLC) 박막을 음극으로 이용하여 바늘 구조가 없는 삼극관 구조의 전계방출 소자를 제작하였다. 제작된 소자의 진류-전압 특성을 측정하여 게이트 전압이 130 V일 때 전계방출이 일어남을 확인하였다. 다이아몬드상 카본 박막을 atomic force microscope(AFM)로 측정하여 박막의 거칠기를 알아보고 이 자료를 이용하여 유사한 표면 거칠기를 갖는 편평한 전극 면으로부터 전계방출되는 전류를 모의실험으로 조사하였다.

## 실험 방법

결정방향 (100), 비저항  $5 - 10 \Omega \cdot \text{cm}$ , n 형의 단결정 실리콘 웨이퍼에 산화막을 상압 CVD를 이용하여 증착하고 게이트 금속막으로 쓰인 물리브테늄 층과 회생층으로 쓰인 알루미늄 층을 전자선 증착기로 증착하였다. 그 후 원형의 음성 마스크를 이용하여 패터닝하고 회생층, 게이트, 산화막을 차례로 역식각하여 원형의 구멍이 뚫린 패턴이 형성되도록 하였다. 이때 원형의 구멍 속에는 실리콘 표면이 드러나도록 하여 드러난 실리콘 표면에 스퍼터링 법을 이용하여 다이아몬드상 카본을 코팅하였다. 이때 게이트 위에 회생층을 습식 식각으로 제거하여 게이트 위에 다이아몬드상 카본이 붙지 않도록 하였다. 이에 대한 공정 과정은 그림 1과 같다.

앞에서 제작된 소자의 AFM 사진을 이용해 실제와 근사한 모양으로 다이아몬드상 카본이 코팅된 삼극관 전계방출 소자에 대한 모의실험을 수행하였다. 기존의 전계방출 삼극관 소자의 모의실험은 게이트 홀 중앙에 위치한 한개의 키가 높은 음극 바늘 구조에 대해 행해졌다. 그러나 본 모의실험에서는 날카롭지 않고 편평한 다이아몬드상 카본 박막이 음극으로 이용되는 것을 나타내기 위해 게이트 홀의 바닥에 많은 수의 키가 작은 바늘이 있는 것으로 가정하였다. 각각의 바늘은 국지적 전계방출 장소가 되며 바늘의 키가 낮으므로 게이트보다 훨씬 낮은 곳에 위치한 평면 음극을 이 구조로 잘 나타낼 수 있다. 모의실험은 SNU-FEAT 프로그램[1]을 이용하였으며, 절연층, 게이트 등의 소자 구조 변화에 따른 전위 분포, 전자 궤적, 전류 등을 조사하였다.

## 결 과

그림 2는 제작된 소자의 전압-전류 특성 곡선으로 게이트 전압 130 V에서 양극에 들어오는 전류는  $0.5 \mu\text{A}$ 로 측정되었다. 측정시 게이트로 들어가는 누설 전류가 상당히 높게 나타났는데 그것은 다이아몬드상 카본이 코팅되면서 음극과 게이트를 분리시켜주는 절연층 옆에도 코팅이 되어 음극과 게이트 사이의 저항이 낮아졌기 때문이다. 모의 실험 결과에 의하면 음극이 평면이면 바늘 형태의 음

극보다 전자 빔의 집속이 어려웠으며, 절연막 두께, 게이트 막 두께 등의 구조 변화에 의해 전계방출 전류가 많이 달라졌다.

### 결론

스퍼트링 방법으로 제작한 다이아몬드상 카본 박막 전계방출 소자는 음극을 바늘 형태로 만들지 않아도 되므로 제작 공정이 용이하였으며, 제작된 소자로부터 전계방출을 확인할 수 있었다. 그러나 절연층 단면에도 다이아몬드상 카본이 코팅되어 게이트에 가하는 전압을 제한되는 단점이 있었다. 앞으로 필요한 부분에만 다이아몬드상 카본 박막을 증착하는 공정을 개발할 필요가 있다. 다이아몬드상 카본 박막으로 만들어진 음극을 여러개의 작은 바늘 형태로 나타내어 전계방출 모의실험을 수행하여 소자의 기하학적 구조와 전계방출의 관계를 조사하였다.

### 참고 문헌

[1] Seoul National University-Field Emission Analysis Tool, 서울대학교 전자공학과 이종덕 교수 실험실에서 개발

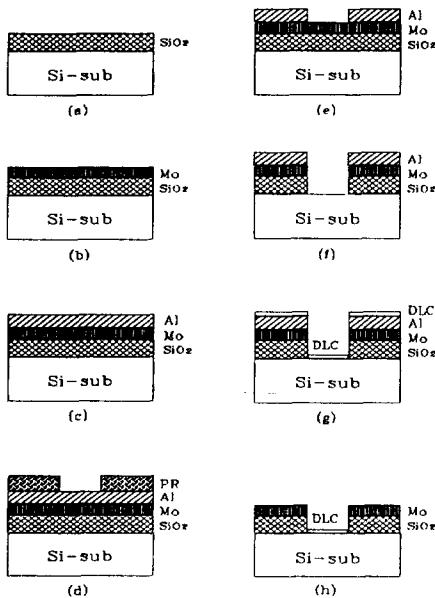


그림 1. 다이아몬드상 카본을 이용한 전계방출 소자의 제작 공정도

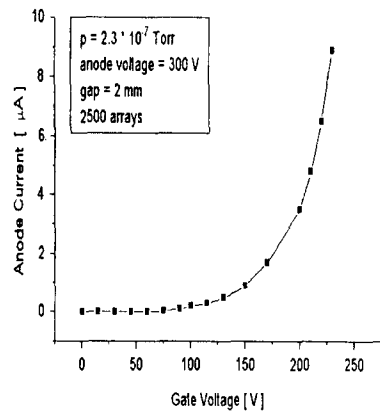


그림 2. 제작된 소자의 전류-전압 특성 곡선