

## 질화탄소막의 물리적 특성과 센서재료 응용에 관한 연구

김성엽, 이지공, 장중원, 이성필  
경남대학교

### A Study on Physical Properties of Carbon Nitride Films and Application of Sensor Materials

Sung Yeop Kim, Ji Gong Lee, Choong Won Chang and Sung Pil Lee  
Kyungnam Univ.

**Abstract :** Carbon nitride films were evaluated that they had many advantages for miniature micro-humidity-sensors using the standard CMOS technology. humidity sensing properties and CV characteristics of the carbon nitride films have been investigated for fabricating one chip HUSFET(Humidity Sensitive Field Effect Transistor) humidity sensors. Carbon nitride films were deposited on silicon substrate with meshed electrodes by reactive RF magnetron sputtering system. The capacitor-type humidity sensor revealed good humidity-impedance characteristics with a wide range of relative humidity changes, decreasing 254k $\Omega$  to 16 k $\Omega$  according to increase of relative humidity between 5% ~ 95% and the films were very stable on the Si wafer. These results reveal that CN<sub>x</sub> thin films can be used for Si based or HUSFET structure one chip micro-humidity sensors.

**Key Words :** Micro-humidity sensors, Carbon nitride films, MIS capacitor, Sputtering system

### 1. 서 론

결정성 질화 탄소막이 다이아몬드의 경도를 능가할 수 있는 신물질로 발표된 이후 많은 학자들의 연구가 집중되었고, 단순히 경도뿐만 아니라 지금까지 알려진 물질들의 물리적, 화학적 한계를 뛰어넘는 우수한 특성을 지닐 것으로 기대되었다[1]. 특히 선행된 연구결과에 따르면, C-H와 N-H결합을 많이 갖는 비정질 질화탄소막은 공기 중의 습기를 감지할 수 있는 우수한 감습 특성을 보여 주었다 [2, 3]. 특히 질화탄소막의 우수한 내화학성, 내열성, 및 경도 특성 등을 고려해 볼 때 내구성이 우수한 질화탄소막 습도센서를 기대할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 스퍼터링 방식의 얇은 박막구조는 반도체 표준공정과 쉽게 접목하여, 스마트센서 또는 멀티센서 등의 마이크로센서 형태로 제작할 수 있다. 본 연구에서는 반도체 표준공정을 이용하여 원칩화 된 마이크로 센서제작을 위한 질화탄소막의 우수성과 가능성을 연구하였다. 반응성 마그네트론 스퍼터를 이용하여 질화탄소막을 증착하고, 마이크로 크기의 매쉬를 가진 캐패시터형 습도센서의 습기 감지 특성을 분석하였다. 또한 시간에 따른 박막의 증착율과 온도에 따른 막 특성 변화에 대해 조사하였다.

### 2. 실험

5  $\mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$ 의 마이크로 매쉬를 가진 캐패시터 형태의 습도센서를 제작하였다(그림 1). 상부의 규칙적인 매쉬들은 흡착된 습기가 쉽게 공기 중으로 빠져나와 탈착시간을 줄이기 위함이다. 상부와 하부 전극은 동일하게 알루미늄으로 하였고, 질화탄소막과 전극의 두께는 약 0.2  $\mu\text{m}$ , 0.6  $\mu\text{m}$  정도이다. 열처리는 질소 분위기에서 450  $^{\circ}\text{C}$ 로 하부전극 증착 후 30분 상부 전극 증착 후 10 분으로 수행하였다. 질화탄소막은 반응성 마그네트론 스퍼터링 방식으로 증착하였다. 반응성 가스로 질소를 사용하였고, 질소와 아르곤의 비는 감습 특성이 가장 뛰어난 7:3로 하였다 [4]. 100 W의 RF파워에서 30분간 증착하고, 챔버의 온도는 120  $^{\circ}\text{C}$ 로 고정하였다. 현재까지 질화탄소막의 에칭액에 관해 밝혀진 바가 없으므로 lift-off 기술을 이용하여 패턴을 형성하였다.

미늄으로 하였고, 질화탄소막과 전극의 두께는 약 0.2  $\mu\text{m}$ , 0.6  $\mu\text{m}$  정도이다. 열처리는 질소 분위기에서 450  $^{\circ}\text{C}$ 로 하부전극 증착 후 30분 상부 전극 증착 후 10 분으로 수행하였다. 질화탄소막은 반응성 마그네트론 스퍼터링 방식으로 증착하였다. 반응성 가스로 질소를 사용하였고, 질소와 아르곤의 비는 감습 특성이 가장 뛰어난 7:3로 하였다 [4]. 100 W의 RF파워에서 30분간 증착하고, 챔버의 온도는 120  $^{\circ}\text{C}$ 로 고정하였다. 현재까지 질화탄소막의 에칭액에 관해 밝혀진 바가 없으므로 lift-off 기술을 이용하여 패턴을 형성하였다.

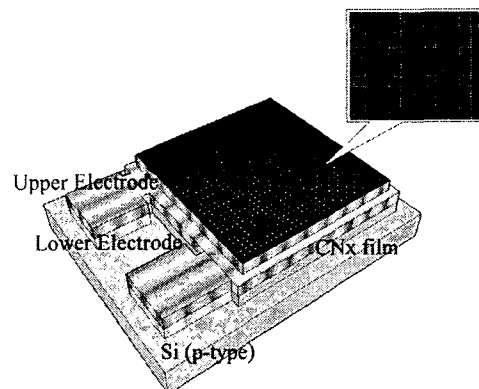


그림 1. 매쉬 전극을 가진 캐패시터형 습도센서.

모든 습도측정 장치와 시료를 함께 자체 제작된 항온 챔버에 넣어 갑작스런 온 습도 변화에 영향을 최소화하였다. 주입 가스는 수분이 포함되어 있지 않은 공기(dry air)

와 포화 수증기를 각각의 MFC(mass-flow controller)를 통해 조절하여 측정용 챔버로 유입되게 하였다. 측정용 챔버에는 준비된 시료와 온도센서, 그리고 값을 비교하기 위한 상업용 습도센서(Control Company, Accuracy:  $\pm 1.5$  %RH, Calibration complies with ISO 17025)를 삽입하였다. 측정 챔버의 온도는 모든 시료를 동일한 온도조건에서 측정하기 위해 25 °C로 고정 하였다. LCR(HP 4263B) meter를 이용하여 캐패시터형 습도센서의 습도변화에 따른 임피던스 특성을 측정하였다.

주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope, SEM), ABT-32 (TOPCON, Japan) 를 사용하여 질화탄소막의 표면을 분석하고, 열처리에 따른 질화탄소막의 두께변화와 증착 시간에 따른 증착률을 알아보기 위해 알파 스텝 (Alpha-step 500, KLA-Tencor, U.S.A)으로 막의 두께를 측정하였다.

### 3. 결과 및 검토

그림 2는 Si 기판 위에 증착된 CN<sub>x</sub> 막의 SEM 표면 사진이다. 질화탄소막 증착시 질소와 아르곤의 비가 7:3 일 때 막질이 치밀하였고, 그레인 크기는 대략 20~30 nm 정도로 나타났다.



그림 2. 질화탄소막의 SEM 표면 사진.

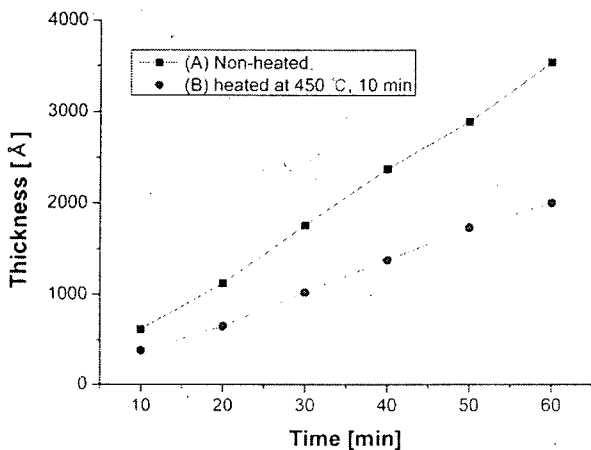


그림 3. 시간에 따른 질화탄소막의 두께 변화: (A) 열처리 전, (B) 450 °C에서 10분간 열처리 후.

그림 3은 7:3의 질소와 아르곤의 가스비와 120 °C의 챔버 분위기에서 성막 된 질화탄소막의 시간에 따른 증착속도를 나타낸 것이다. 또한 동일한 샘플에 대한 열처리 영향을 동시에 나타내었다. 30min 간 증착한 샘플의 두께는 열처리 전후에 따라 각각 176 nm, 102 nm로 나타났다. 그림 4는 반응 면적에 따른 질화탄소막 습도센서의 임피던스 특성곡선이다. (a), (b), (c) 샘플의 면적은 각각 940×940 μm<sup>2</sup>, 1090×1090 μm<sup>2</sup>, 1240×1240 μm<sup>2</sup>이다. 상대습도가 5% ~ 95%로 변할 때 반응 면적이 가장 넓은 샘플 (c)는 254 kΩ에서 16 kΩ으로 감소하였다. 또한 샘플의 면적이 증가할수록 감도도 높아졌다.

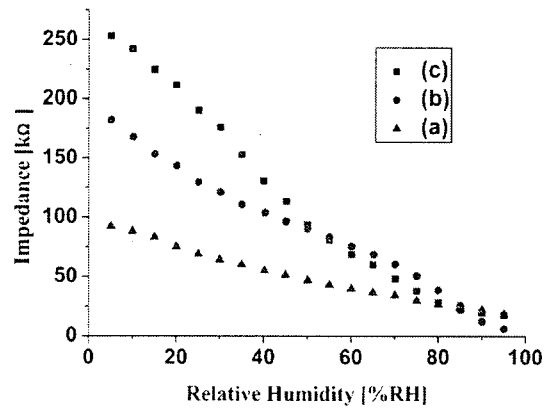


그림 4. 습도 변화에 따른 임피던스의 변화.

### 4. 결론

질화탄소막을 이용한 원침화 된 HUSFET 습도센 응용을 위해 반응성 마그네트론 스퍼터링 장치를 통해 증착된 질화탄소막의 감습 특성 및 시간에 따른 두께 변화를 분석하였다.

질화탄소막 습도센서는 반응 넓은 상대습도변화에 비교적 선형적인 임피던스 출력 특성을 반응면적이 넓을수록 보다 높은 감도를 나타내었다. 질화탄소막은 열처리 후 두께가 얇아 졌으며, 30분간 증착한 샘플의 두께는 열처리 전후에 따라 각각 176 nm, 102 nm로 나타났다.

실리콘 기판위에 성막이 쉬우며, 안정한 상태를 유지하므로 실리콘 기판을 기반으로 하는 반도체 공정을 이용하여 미소크기의 마이크로 센서응용 분야에 적용이 용이할 것으로 사료된다.

### 참고 문헌

- [1] A. Y. Liu and M. L. Cohen, Science, Vol. 245, p. 841, 1989
- [2] J. G. Lee and S. P. Lee, J. Korean Phys. Soc., Vol. 45, No. 3, p. 619, 2004
- [3] J. G. Lee and S. P. Lee, Sensors and Actuators B Vol. 108, p. 450, 2005
- [4] J. G. Lee and S. P. Lee, J. Electroceram., Vol. 13, p. 321, 2004