

CMOS 공정을 이용한 마이크로 센서의 설계 및 제작

이성필, 이지공, 장중원, 김주남, 이용재, 양홍열
경남대학교

Design and Fabrication of Micro-sensors Using CMOS Technology

Sung Pil Lee, Ji-Gong Lee, Choong-Won Chang, Ju-Nam Kim, Yong-Jae Lee and Heung-Yol Yang
Kyungnam University

Abstract : On-chip micro humidity sensor, using CN_x films for the sensing material, was designed, simulated, and fabricated with Op amp based readout circuit and diode temperature sensors. To compensate the temperature and other gases, two methods were applied. One is wheatstone-bridge with reference FET that eliminates other undesirable chemical species, and the other is a diode temperature sensor to compensate the temperature effect. CN_x film can be a new humidity sensing material, and has a strong potential to adapt to smart sensors or multi-sensors using MEMS or nano-technology. A particular design technology for integration of sensors and systems together was proposed that whole fabrication process could be achieved by a standard CMOS process.

Key Words : CMOS, Micro-sensor, Carbon nitride films, Humidity sensors

1. 서론

질화탄소막은 수분과 반응하여 쉽게 C-N결합을 깨고 C-H와 N-H결합을 이룰 수 있다. 그러므로 비정질 질화탄소막을 이용하면 공기 중의 습기를 감지할 수 있는 우수한 감습 물질로 활용할 수 있다[1-2]. 화학반응을 근간으로 하는 화학센서는 그 재료적인 특성상 반도체 시스템과 접목할 때 제조공정에 많은 제약을 가져올 뿐만 아니라, 센서와 시스템 전체가 열악한 화학반응환경에 노출되므로, 원칩화가 어려웠다[3].

본 연구에서는 감습물질인 질화탄소막을 이용하여, 표준 CMOS 공정을 기반으로 FET형 습도센서 (Humidity Sensitive Field Effect Transistors, HUSFET)와 Op amp 시스템을 동일 칩 상에 설계한 마이크로 센서 시스템을 제작하고, 그 특성을 측정하였다.

2. 시스템 설계

2.1 연산증폭기 설계

마이크로 습도센서의 신호를 증폭하기 위해 연산증폭기를 설계하였다. 연산증폭기는 2단으로 구성하였으며, 스타트회로, 바이어스회로, 차동 입력 및 공통 소스로 구성하였다. 그림 1은 설계된 연산증폭기의 레이아웃이다. 모든 설계 조건은 0.8 μm CMOS 룰에 맞추어 설계하였다. 공급전압은 $\pm 2.5 V$ 로 하였고, CMRR은 80 dB 이상, 출력 스윙은 $\pm 2 V$ 및 전력소모는 0.5 mW 이하가 되게 하였다. 이러한 조건은 습도센서를 구동하기 위한 최적의 상태를 시뮬레이션을 통해 얻은 값들이다.

그림 2는 설계된 연산증폭기의 응답 특성을 나타낸 것이다. 주파수는 1 kHz에서 입력 전압을 100 μV 인가했을

때 출력의 피크-피크 전압이 3 V 이상이 나오는 것으로 약 30,000배 이상 증폭하는 것을 알 수 있었다. 표 1은 설계된 연산증폭기의 주요사양이다.

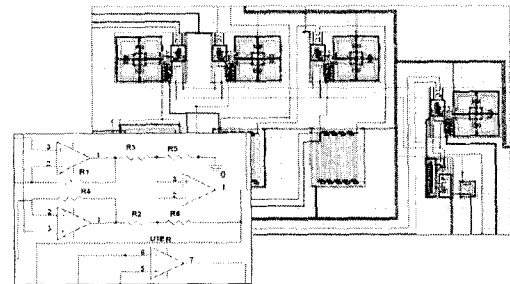


그림 1. 설계된 OP 앰프의 레이아웃

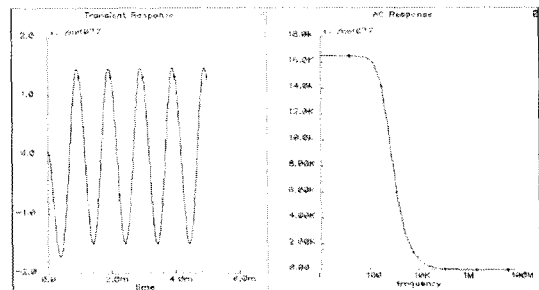


그림 2. 설계된 OP 앰프의 응답 특성

표 1. 설계된 연산증폭기 사양

| | |
|-------------------|-----------------------------|
| Technology | 0.8 μm CMOS Technology |
| Supply Voltage | $\pm 2.5 V$ |
| CL | 5 pF |
| CMRR | > 80 dB |
| Output Swing | $\pm 2 V$ |
| Power Dissipation | < 0.5 mW |

2.2 센서부 설계

습도 센서부는 습도에 감지하는 감지부와 감지부와 다른 요소는 같지만 습도에 민감하지 않게 습도감지부를 절연체로 덮은 비감지부를 만들어 비교하고자 하였다. 즉 차동형 습도감지 센서를 설계하여 온도의 영향을 배제하고자 하였다. 그림 3은 설계된 차동형 브릿지형 습도센서의 레이아웃을 나타내고 있다.

센서를 측정하기 위하여 3개의 저항과 감지부 저항을 이용하여 브릿지 회로 형태로 설계하여 3개의 트랜지스터는 고정부로 만들고, 습도 센싱용 트랜지스터는 질화탄소막으로 만들어 습도에 민감한 특성을 얻고자 하였다.

그림 4는 제조된 마이크로 습도센서의 사진이다.

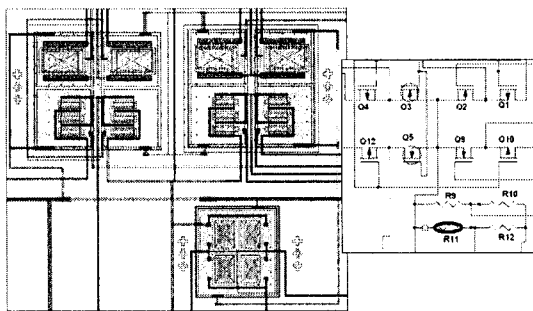


그림 3. 설계된 브릿지형 센서부의 레이아웃

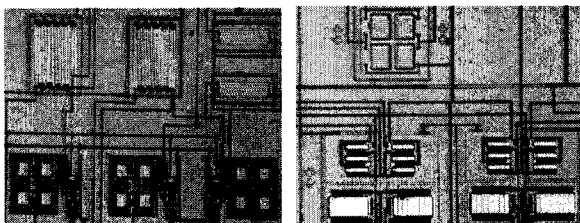


그림 4. 마이크로 센서 사진, (a) 증폭기, (b) 센서부

3. 결과 및 고찰

습도 감지용 소자인 HUSFET(humidity sensitive field effect transistors)를 제작하고 그 특성을 조사하였다. HUSFET는 공기 중의 수분이 흡착할 때 강습 물질인 질화탄소막의 유전율이 변화하고 이는 문턱전압의 변화를 가져온다. 그림 5는 상대습도를 30%에서 90%로 변화시키면서 얻은 HUSFET의 습도 감지 특성을 측정된 결과이다. 게이트 전압은 2 V로 고정하고, 드레인 전압은 0 V에서 6 V까지 1 V 스텝으로 전압을 인가하였다. 포화영역에서의 상대습도가 30%에서 60%, 90%로 증가함에 따라 드레인 전류는 35.04 μ A, 39.07 μ A, 42.09 μ A로 증가하였다.

그림 6은 HUSFET의 감도 특성을 나타낸 것이다. HUSFET의 감도는 감지부 소자와 비 감지부 소자의 상대 습도 변화에 따른 드레인 전류 차를 기준화 한 값으로 정의할 수 있다. I_0 는 비 감지부 소자의 드레인 전류이고, I_x 는 상대 습도에 따라 변화하는 비감지부 소자의 드레인

전류이다. 감도는 상대습도가 30%RH에서 90%RH로 변화할 때 0.116에서 0.316으로 증가하였다.

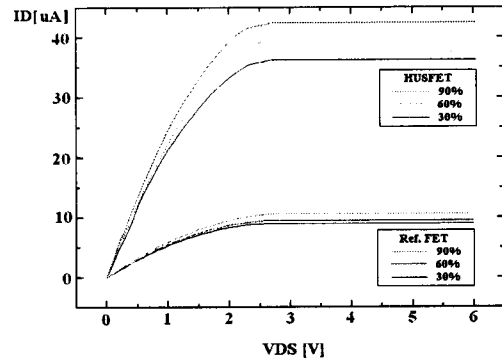


그림 5. HUSFET의 습도 감지 특성

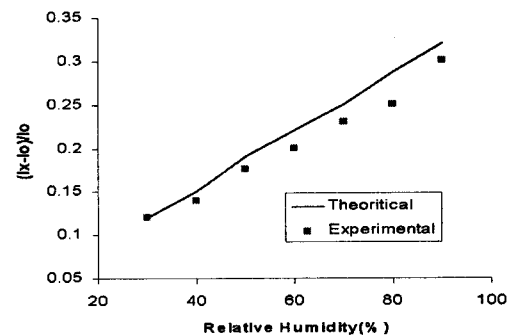


그림 6. HUSFET의 감도 특성

4. 결론

CMOS 마이크로 습도센서 시스템을 집적화하여 설계하고 제작한 결과 아래와 같은 결과를 얻었다.

1) CMOS 마이크로 습도센서는 습도 센싱용 CMOS 소자, 비센싱용 CMOS 소자 및 OP 앰프, 온도센서로 설계하였다.

2) HUSFET의 습도 감지 특성을 측정된 결과, 게이트 전압은 2 V로 고정하고, 드레인 전압은 0V에서 6V까지 1V 스텝으로 전압을 인가하였을 때 포화영역에서의 상대습도가 30%에서 60%, 90%로 증가함에 따라 드레인 전류는 35.04 μ A, 39.07 μ A, 42.09 μ A로 증가했다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

참고 문헌

- [1] A. Y. Liu and M. L. Cohen, "Prediction of New Compressibility Solids", Science 245, p. 841, 1989.
- [2] 이지공, 이성필, "기판과 성장조건에 따른 질화탄소막의 결정성장 특성", 전기전자재료학회논문지, Vol. 16, No. 12, pp. 1103-1109, 2003.
- [3] S. M. Sze, "Semiconductor Sensors", Wiley, New York, p. 383, 1994.