

# Packaging 형태에 따른 CMOS ISFET pH 센서의 특성평가

\*<sup>1</sup>신규식, <sup>1,2</sup>노지형, <sup>1</sup>조남규, <sup>1</sup>이대성  
<sup>1</sup>전자부품연구원 나노센서센터, <sup>2</sup>고려대학교 전기공학과  
 e-mail : [neokarion@keti.re.kr](mailto:neokarion@keti.re.kr),

## Characteristics of CMOS ISFET pH sensor as packaging type

\*<sup>1</sup>Kyu-Sik Shin, <sup>1,2</sup>Ji-Hyoung Roh, <sup>1</sup>Nam-Kyu Cho, <sup>1</sup>Dae-Sung Lee  
<sup>1</sup>Nano sensor Research Center of Korea Electronics Technology Institute  
<sup>2</sup>Dept. of Electrical Engineering, Korea University

### Abstract

Highly integrated ISFETs require the monolithic implementation of ISFETs, CMOS electronics, and additional sensors on the same chip

This paper presents novel packaging type of CMOS ISFET pH sensor using standard CMOS FET chip and extended sensing membrane which is separated from CMOS FET. This proposed packaging type will make it easy to fabricate CMOS ISFET pH sensors

### I. 서론

Ion-sensitive field-effect transistor (ISFET)는 환경 감시, 화학분석 및 바이오 메디컬 응용분야에 있어서 폭넓게 적용 가능한 sensing device이다. ISFET pH 센서는 일반적인 유리전극을 이용한 pH 센서에 비하여 size가 작고, 깨지지 않으며, 대량생산이 가능하다는 특징을 갖고 있다.[1] 현재 ISFET에 대한 연구는 이온 감지막을 변화시켜 pH에 따른 감도를 향상시키는 것과 ISFET와 CMOS 공정을 통합하는 것에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.[2] 그 중 CMOS FET에 pH에 대한 감도를 높이기 위하여 extended gate를 이용하여 ISFET로 사용하기 위한 연구가 진행되고 있다. 그러나 one chip 형태의 extended gate의 형태는 CMOS ISFET의 packaging시 chip의 감지막인 gate를 외부에 부분적으로 open시켜야 하기 때문에 pH센서 제작 시

많은 문제점을 발생시킨다.

본 논문에서는 extended sensing membrane 과 CMOS FET chip을 분리한 two chip 형태의 packaging을 제안함으로써 CMOS ISFET chip의 packaging시 발생할 수 있는 문제점을 보완하였고 일반적인 CMOS FET 소자에 감지막을 올린 소자의 비교분석을 통하여 two chip 형태의 extended gate type의 소자의 전기적 특성 및 packaging 특성을 확인하였다.

### II. 본론

#### 2.1 Fabrication & Packaging

본 연구에 사용된 CMOS FET는 일반적인 0.35 $\mu$ m CMOS 공정을 이용하여 제작되었으며, 소자의 layout 및 회로는 그림 1과 같다. 그러나, 본 연구에서는 CMOS FET의 회로를 이용하여 출력 값을 확인한 것이 아닌 ISFET 소자로서의 전기적 특성만 확인하였다.

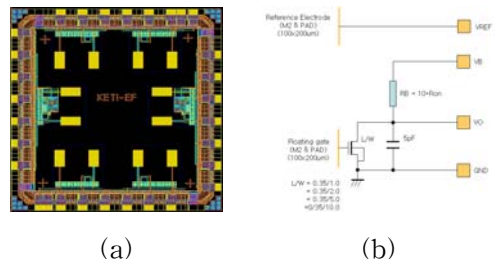


그림 1. CMOS FET 구조 및 CMOS FET 회로도

그림 2는 CMOS FET 소자를 이용하여 gate sensing membrane 및 extended sensing membrane type의 packaging 형태를 각각 나타낸 것이다.

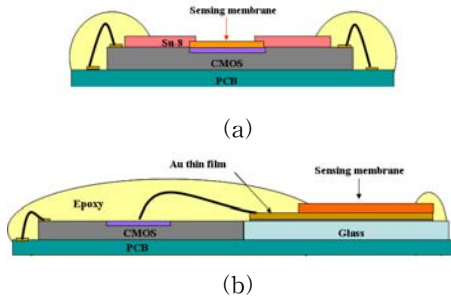


그림 2. packaging 형태 (a) gate sensing membrane type (b) extended sensing membrane type

Gate sensing membrane type의 경우에는 CMOS chip 위에 PECVD silicon nitride(2000Å)를 이용하여 sensing membrane을 형성 후 SU-8을 이용하여 passivation을 한 구조이다. extended sensing membrane type의 경우에는 확장 게이트를 CMOS ISFET pH sensor 위에 제작한 것이 아닌 two chip을 이용하여 glass 위에 전극 및 감지막을 형성한 후 CMOS FET 소자와 wire bonding을 이용하여 extended gate를 연결한 형태이다. 제작된 샘플은 그림 3에 나타내었다.

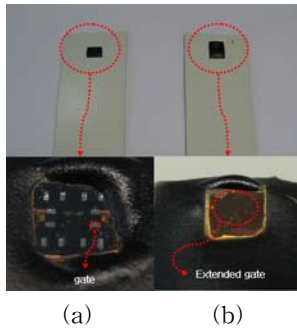


그림 3. packaging 된 CMOS ISFET pH sensor (a) gate sensing membrane type (b) extended sensing membrane type

### III. 특성평가

그림 4는 packaging type에 따라 제작된 CMOS FET 소자의 reference voltage에 따른 drain current를 나타낸 그림이다. 그림에서 볼 수 있듯이 extended sensing membrane type의 경우 확장된 감지막의 면적 차이에 의해 pH에 따른 drain current의 값 차이가 높게 나오는 것을 확인할 수 있으며 wire bonding을 이용한 감지막과 CMOS FET의 연결에 의해 전체적인 drain current의 값이 낮아진 것을 확인할 수 있다. 따라서 packaging시 extended membrane을 wire bonding을 이용하여 CMOS FET의 gate와 연결을 하여도 ISFET 소자로서 동작하는 것을 확인할 수 있다.

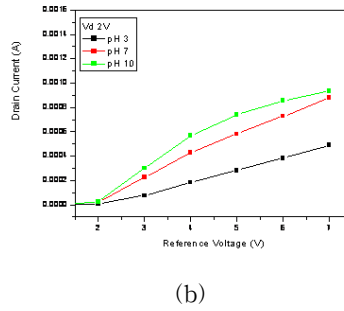
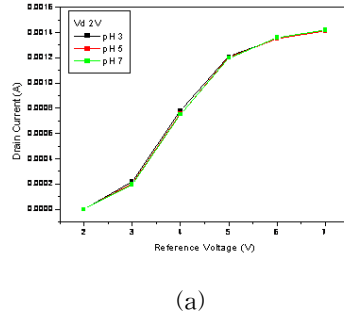


그림 4. Packaging type에 따른 CMOS FET 소자의 특성평가 (a) gate sensing membrane type (b) extended sensing membrane type

### IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구의 결과로서 extended gate와 CMOS FET chip의 분리를 통하여 packaging시 extended gate만 외부에 노출 시키는 packaging이 가능한 것을 확인하였으며, 이로 인해 CMOS ISFET pH 센서의 packaging 공정의 단순화 및 감지막 크기의 대형화에 따른 감도향상의 장점을 가질 수 있다.

차후 연구에서는 제작된 CMOS FET 소자를 구동시킴으로써 pH 센서로서의 특성을 확인해 보고자 한다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 21세기 프론티어지능형마이크로시스템개발사업으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

### 참고문헌

[1] P.K. Chan, A CMOS ISFET interface circuit with dynamic current temperature compensation technique, IEEE transaction on circuits and systems pp. 1057-1122, 2007  
 [2] Mark J. Milgrew, Matching the transconductance characteristics of CMOS ISFET arrays by removing trapped charge, IEEE transaction on electron devices. vol. 55, No. 4, pp. 1074-1079, 2008