



100-pair Multi-Electrode Array with 1K Resolution Controllable On-chip Heater and Temperature Sensor

Hyeonsik Kim and Jintae Kim
Konkuk University

Mixed Signal Electronics Lab (MSEL)
hs.kim@mssel.konkuk.ac.kr

본 연구는 IDEC에서 MPW를 지원받아 수행하였습니다.

Abstract

최근 biomedical 분야에서 전자공학을 접목한 응용분야가 폭발적으로 성장하고 있다. 특히 Multi-electrode array(MEA)를 이용한 계측분야는 기존의 화학적 방법에 의한 측정을 대체할 분야로 각광받고 있다. 본 chip은 350nm CMOS 공정을 이용하여 200개, 100쌍의 전극 쌍을 나열한 MEA SoC를 구현하였다. 전극 쌍에 의한 전기적 측정에서 열화의 요소가 되는 전극 쌍간의 기생 커패시턴스를 줄이기 위해 전극 쌍 사이를 접지로 차폐하는 특수한 형태로 제작하였다. 각각의 전극 쌍은 디지털로 선택이 가능하도록 설계하였다. 전극 쌍들간의 임피던스를 측정함으로써 임피던스 차이에 따른 이미지를 그릴 수 있게 하여 형광물질을 이용하지 않은 실험을 수행할 수 있도록 하였다. 또한 온도센서와 저항배열을 이용한 히터를 내장하여 온도를 조절해가며 피 측정물질의 온도에 따른 반응양상을 확인할 수 있도록 설계하였다. 온도센서는 시뮬레이션 결과 0.2°C 이내의 Temperature linearity를 달성하였다. 히터는 20단계로 선택이 가능하게 하여 미세한 온도조절을 가능하게 하였으며 조절 가능한 해상도는 1도로 계측되었다.

Multi-Electrode Array

Fig. 2는 전극 쌍과 폴리실리콘 저항 배열의 모식도를 나타낸 것이다. 전극은 세 개의 전극을 나열하고 양 끝의 전극은 연결하고 가운데 전극과 양 끝의 전극 사이에 접지금속을 배치하여 한 쌍의 전극을 구성하였다. 이러한 구성의 전극은 전극을 이용한 실험에서 가장 큰 제약사항으로 작용하는 전극간 capacitance를 최소화하여 고속측정에서도 측정 목표 물질의 임피던스를 명확하게 계측할 수 있다.

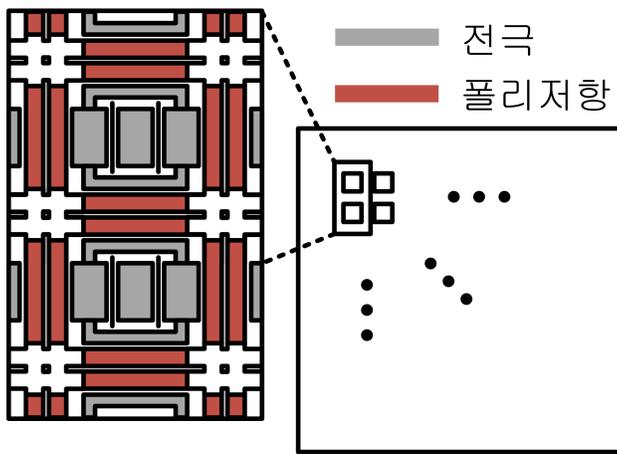


Fig. 2 Pattern of the pair of pads and the poly-silicon resistor heater

Verification

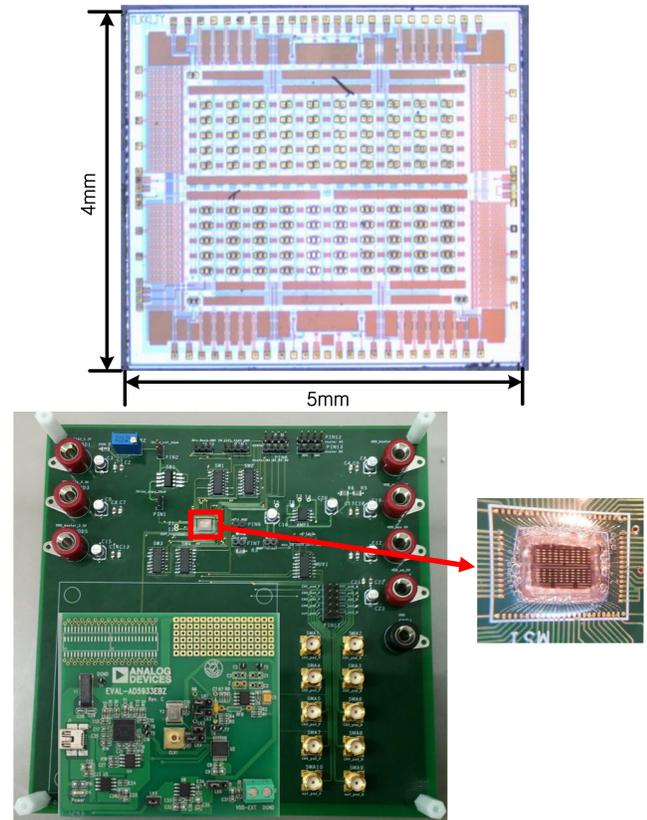


Fig. 4 Die photo and measurement PCB

Architecture

Fig. 1은 Multi-electrode array(MEA) system의 block diagram을 나타낸 것이다. 100쌍의 Metal 전극이 규칙적으로 배열되어 있고 이는 아날로그 mux를 통해 P1, P2와 연결된다. P1, P2는 칩의 내외로 신호를 전달하는 핀으로, 내부의 100쌍의 전극 중 디지털로 선택된 한 쌍의 전극과 연결된다.

전극 쌍들의 아래로 폴리실리콘 저항을 격자형태로 배열한 온칩히터가 내장되어 있다. 디지털로 온도를 조절할 수 있는 이 저항배열은 20단계로 칩의 온도를 올리거나 식힘으로써 다양한 온도상황을 만들어 낼 수 있다.

이렇게 만들어진 온도상황을 감지하기 위해 BJT 소자를 이용한 온도센서를 내장하였다. BJT쌍의 V_{BE1} , V_{BE2} 를 측정할 수 있도록 pin을 할당하였으며 이를 이용하여 온도를 계측할 수 있다.

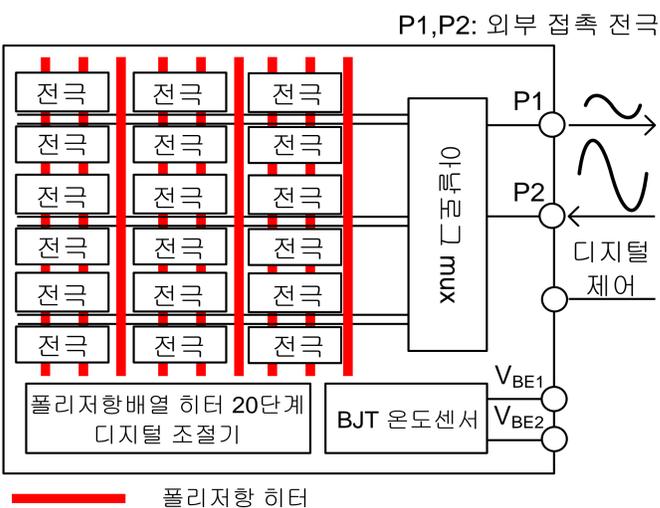


Fig. 1 Block diagram of MEA system

On-chip heater and temperature sensor

저항 배열을 이용한 온칩히터는 20단계의 온도를 조절할 수 있도록 설계하였다. 이 히터는 폴리실리콘 저항을 Fig. 2와 같이 격자 형태로 연결하고 그 연결부 사이에 히터 VDD 인가 여부를 결정하여 저항에 흐르는 전류를 조절함으로써 온도를 조절한다.

온도센서는 크기가 다른 두 BJT의 V_{BE} 차이를 측정하여 온도 계측이 가능하도록 Fig. 3와 같이 설계하였다. 온도 계측은 Fig. 3의 수식을 통해 얻을 수 있다. 실제 측정 시에 히터에 인가한 디지털 비트에 따라 온도가 변화하는 양상을 온도센서를 통해 먼저 계측한 후, 필요 시에 원하는 온도에 해당하는 디지털 비트를 인가하여 실험을 수행할 수 있다.

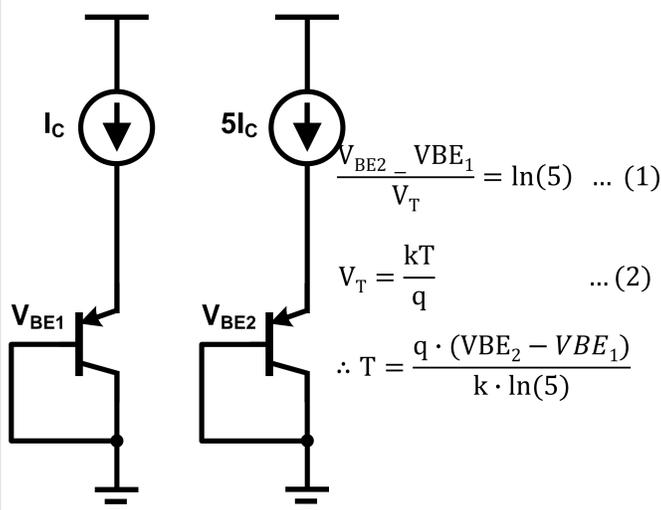


Fig. 3 Temperature sensor and sense the temperature

Simulation and measurement result

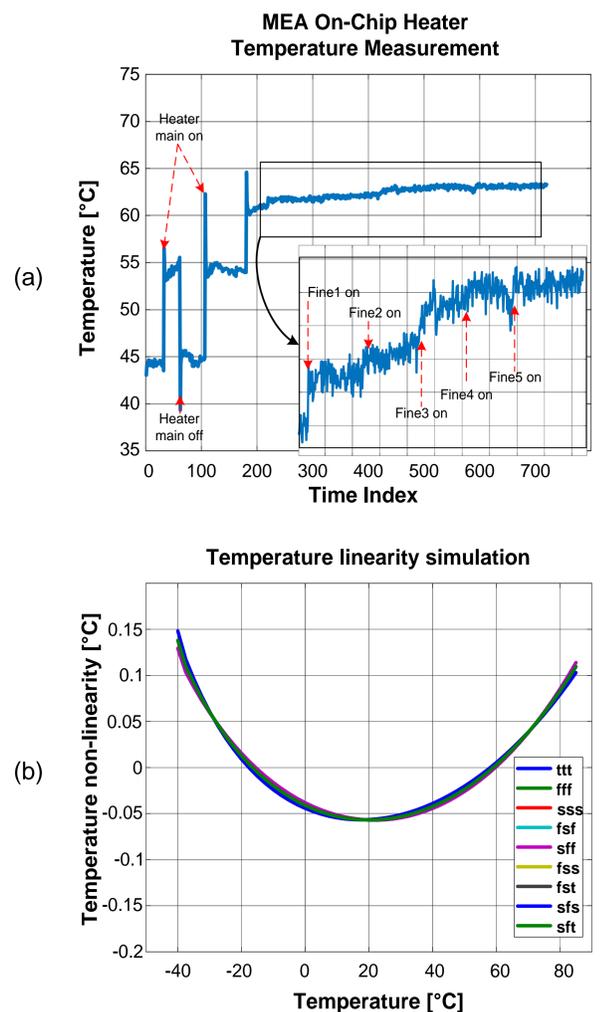


Fig. 5 (a) Measurement of temperature varying heater VDD selection and (b) simulation of temperature linearity of temperature sensor