

silicon nanowire의 원리를 이용한 바이오센서 피드백 회로 설계

문준일* · 신종영* · 정일권*

*광운대학교

Biosensor feedback system design using Silicon Nanowire

Jun-il Moon* · Jong-young Shin* · Il-kwon Jung[†]

*Kwangwoon University

E-mail : tswhddud@dreamwiz.com

요 약

21세기는 유전자, 질병검사를 통해 질병 예방, 예후 관리, 재택 및 원격 진료 시스템을 구축하여 초고감도, 실시간으로 환자의 건강 상태를 모니터링 하고 진단, 처방할 수 있는 IT/BT/NT를 결합한 유비쿼터스 의료 시스템이 대두할 것으로 기대되고 있다

유비쿼터스 의료 시스템의 핵심적인 역할을 할 것으로 기대되는 바이오센서는 측정 기술로서 획기적인 발전을 거듭하고 있으며 생물학 화학, 의학, 전자, 물리, 컴퓨터, 기계 공학 등 최첨단 학문의 관련 기술이 복합적으로 융합되면서 실용화에 필요한 요소 기술들이 접목되고 점점 소형화시스템화 되어 가고 있는 추세이다 특히 SiNW(silicon nanowire) 바이오센서 같은 경우 양쪽의 전극이 소스와 드레인 역할을 하고 SiNW receptor가 검출대상과 결합하면 게이트 역할을 하게 된다 불순물의 농도에 따라 전기적 특성이 결정되는데 검출하고자하는 대상이receptor와 결합하게 되면 마치 MOS에서 게이트에 전압을 인가한 동작과 같은 역할을 하게 되어 소스와 드레인 사이에 채널이 형성되고 하나의 저항처럼 동작하게 된다 본 논문에서는 기존의 MOS를 이용하여 현재 전자소자나 바이오센서 등 많은 분야에서 응용되고 있는SiNW 바이오센서의 기능과 유사하게 피드백 회로를 통해 구현하였다. 피드백 회로의 정상 작동 확인과 SiNW 바이오센서의 역할을 대체한 MOS 소자의 정상 작동을 확인을 위해 블루투스 통신을 이용하여 모니터에 전압 값을 표시한다

키워드

silicon nanowire, 바이오센서, 피드백 회로, 블루투스

I. 서 론

오늘날 IT산업 이후 인류의 삶의 변화에 가장 영향을 줄 분야는 BT산업일 것이다. 그 중에서 바이오센서 분야는 생물기능과 과학기술의 융합 학문으로 인류사회에 직간접적으로 영향을 준 대표적인 학문분야이다. 바이오센서는 측정 대상물의 정보를 전기신호로 변환하는 장치의 하나로 2개의 기본부분 구성으로 되어 있다 그 구성을 보면 하나는 목표로 하는 물질만 인식하는 부분(분자식별 소자)이고 다른 하나는 인식했다고 하는 정보를 전기적인 신호 등으로 변환하는 부위(신호변환소자)이다. 바이오센서의 장점은 종래 분석법과 비교해서 사용하기 쉽고, 휴대하기 간편한 작은 크기이며, 실시간 측정이 가능하고, 시료의 전처리가 거의 필요 없다는 것이다. 바이오센서의 특성을 살리기 위해서는 조작이 간단하고 장치를 이동이 가능하도록 작고 가벼우며 짧은 시간에 측

정이 가능하고, 기기분석에 있어서 장비가 저렴해야 된다. [1]

본 논문에서는 silicon nanowire의 원리를 이해하고 그와 동작 원리가 유사한 MOSFET으로 구성된 바이오센서 피드백 회로를 제안한다

논문의 구성은 다음과 같다. 2.1에서 silicon nanowire 바이오센서의 특성과 원리에 대하여 기술하고 2.2에서는 MOSFET으로 구성된 바이오센서의 피드백 회로의 동작원리에 대해 논한다. 2.3에서는 피드백 회로의 출력전압을 확인할 수 있는 실시간 모니터링 프로그램에 대해 설명한다. 마지막으로 3장에서는 본 논문에 대한 결론 및 향후 과제에 대해 도출한다

II. 본 론

2.1 silicon nanowire 바이오센서

silicon nanowire 바이오센서는 기존 MOSFET의 전기적 특성과 유사하게 동작하여 전자 소자나 바이오센서 등 많은 분야에서 응용되고 있다. silicon nanowire 바이오센서의 양쪽의 전극은 MOSFET의 source와 drain 역할을 하고 silicon nanowire는 channel과 유사한 역할을 하게 된다. silicon nanowire 바이오센서는 receptor와 검출대상의 결합 또는 back gate에 인가된 전압에 따라 전기적 특성이 결정된다. 검출하고자 하는 대상이 silicon nanowire의 receptor와 결합하게 되면 source와 drain 사이에 nanowire channel을 형성시키며 흐르는 전류의 크기를 변화시킨다. receptor의 결합 외에 back gate에 전압을 인가하게 되면 MOSFET의 gate에 전압을 인가한 동작과 같은 역할을 하게 되어 silicon nanowire 바이오센서에 흐르는 전류의 크기가 바뀌게 된다.

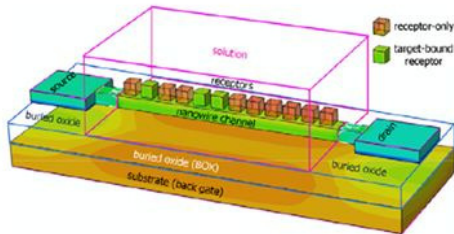


그림 1. silicon nanowire 바이오센서

2.2 MOSFET으로 구성된 바이오센서 피드백 회로

silicon nanowire 바이오센서를 통해 검출하고자 하는 대상의 유무를 파악하기 위해서는 사전에 회로의 안정화가 필요하다. 그래서 이와 유사하게 동작하는 MOSFET을 사용하여 피드백 회로를 설계한다.

2.2.1 피드백 회로 시스템

본 연구에서는 MOSFET, 비교기, 업/다운 카운터, DAC 등을 통하여 피드백 회로를 구성한다.

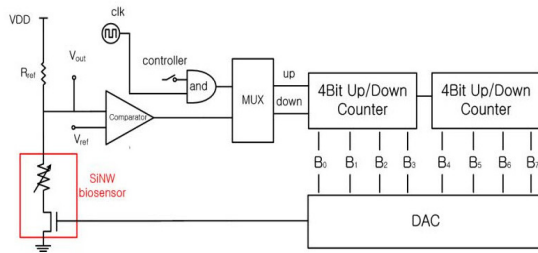


그림 2. 피드백 회로 블록 다이어그램

초기 MOSFET에 흐르는 전류 값에 따른 전압이 비교기에 인가된다.

· 비교기에 인가된 전압은 기준 전압(V_{ref})과 값

을 비교한 후 high 또는 low의 전압 값을 가진다.

· 비교기에서 출력된 전압은 멀티플렉서를 통해 업/다운 카운터의 동작을 결정한다.

· 비교기의 출력 값이 high일 경우 멀티플렉서를 통해 다운 카운터의 명령을 내리고 low일 경우 업 카운터의 명령을 내린다.

· 카운터에서 출력된 디지털 값은 DAC를 거쳐 아날로그 값으로 변환 된다.

· 변환된 아날로그 값은 MOSFET으로 인가된다. 이때 인가된 전압에 따라서 MOSFET에 흐르는 전류의 크기가 바뀌게 되고, 비교기로 인가되는 전압 또한 바뀌게 된다.

이러한 과정을 통하여 출력 전압은 점점 기준 전압(V_{ref}) 값에 수렴함을 확인할 수 있다. 가변 저항을 통해 저항의 값이 변해도 출력 전압 값이 기준 전압 값에 수렴함을 확인하여 피드백 회로가 정상 작동함을 알 수 있다.

2.2.2 Controller 제어 및 검출방법

앞서 제안한 피드백 회로를 통하여 회로가 일정한 전압을 유지하는 것을 확인하였다. 검출 대상의 유무를 확인하기 위해 피드백 회로의 동작을 멈추고 검출대상을 접촉시켜 출력전압의 변화를 살펴봐야 한다. Controller를 통하여 clock 신호를 제거함으로써 카운터의 동작을 멈추게 한다. 피드백 회로는 동작을 멈추고 출력전압은 일정한 전압을 나타낸다. 이 때 검출대상이 silicon nanowire 바이오센서와 접촉하였다고 가정하고 가변저항 값을 변화시킨다. 저항의 변화에 따른 출력전압의 변화 값으로 검출대상의 유무를 파악한다.

2.3 블루투스 통신을 이용한 실시간 모니터링 시스템

피드백 회로에서 출력된 전압을 시각적으로 나타내기 위하여 모니터링 시스템을 구현한다. 모니터링 시스템은 피드백 회로가 기준 전압에 수렴하는 과정, 검출과정의 결과를 출력 전압 값의 변화를 통해 보여준다.

2.3.1 마이크로프로세서 동작 및 제어

마이크로프로세서는 연산장치와 제어장치를 실리콘칩으로 집적화한 처리장치를 말한다. 연산을 수행하며, 각 장치에 제어 신호를 제공한다[2].

아날로그신호로 출력되는 출력전압을 양자화 시켜 디지털코드로 변환해야 한다. 이를 위해 ADC를 사용한다. 마이크로프로세서를 통해 ADC동작을 위한 clock신호를 넣어주며 데이터 입출력을 한다. 마이크로프로세서의 통신 속도, 외부 clock등을 설정하기 위해 CodeVision AVR C Compiler을 이용하여 제어한다. 소스코드를 작성 후 ISP Cable을 이용하여 작성한 코드를 입력한다. 마이크로프로세서에서 데이터 입출력은RXD, TXD포트에서 이루어

지며 RXD, TXD포트는 블루투스의 데이터 입출력 포트로 연결된다. 이러한 과정을 통해 출력전압에 대한 데이터를 송수신 한다.

2.3.2 블루투스통신

블루투스는 다양한 기기간의 무선통신을 가능하게 하는 통신 시스템이다. 블루투스 통신을 위해서 반드시 Master 모드(수신부)와 Slave 모드(송신부)가 필요하다.[3]

Master모드에서 Slave를 호출하여, Slave모드에서 Data를 전송한다. Master부에서는 Data를 수신하여 컴퓨터로 전송한다. 블루투스 데이터 송수신을 위해 블루투스 제어가 필요하다. 블루투스의 제어를 위해 하이퍼터미널의 AT명령어를 이용한다 이 때 Mater 모드와 Slave모드의 주소, 마이크로프로세서의 UART등을 설정해준다.

Master모드는 Slave모드 블루투스의 주소를 입력하여 각각의 블루투스를 연결한다 블루투스 통신을 통한 데이터는 하이퍼 터미널 형태로 저장된다 하이퍼 터미널을 통해 데이터를 전송시켜야 하는 어려움을 피하기 위해 비주얼 베이직을 기반으로 하여 소스코드를 작성한다. 이를 통해 컴퓨터로 자동 데이터 연결을 가능하게 한다. 소스코드작성을 통해 데이터를 처리하는 과정을 실시간으로 시각화시킬 수 있다 이 뿐만 아니라 수치표시, 데이터 저장 등을 가능하게 한다.

III. 결 론

산업의 발전은 각종 정보의 검지(sensing) 및 이의 변환기술을 크게 필요로 하게 되어 각 산업에서 첨단센서는 매우 중요한 위치를 차지하게 되었다. 또한 반도체, 전자공학, 유전공학 등 과학 전반에 걸친 기술의 집약체인 미래형 융합기술이며, 가족질병의 진단과 예측 등의 의료 분야와 신약 개발 분야, 더 나아가 군사 분야까지 적용 및 응용이 광범위하고 무궁무진한 잠재력을 가지고 있다.

본 논문에서는 silicon nanowire 바이오센서를 이용하여 검출하고자 하는 대상의 유무를 확인하는 방법을 제안하였다. 이를 위해 피드백 회로를 설계하고 controller를 구현하였으며, 모니터링 시스템을 사용하여 출력전압 값을 모니터로 출력하였다. 이번 실험에서는 silicon nanowire 바이오센서 대신 MOSFET과 가변저항으로 대체하였다. 검출 대상의 유무의 따라 가변 저항 값을 변화시킴으로써 silicon nanowire 바이오센서의 동작을 표현하였으며 실험을 통한 출력 전압의 변화로 검출대상의 유무를 파악할 수 있었다. 또한 출력 전압의 변화를 블루투스 통신을 이용하여 모니터로 나타내었다. 본 논문에서 다룬 silicon nanowire 바이오센서 피드백 회로는 세포, 효소, DNA 및 다양한 검출대상을 검출할 수 있고 저 복잡도로 구현될 수 있어 다양한 분야에 효과적으로 응용

참고문헌

- [1] 천병수, 유중수, 마사키 다카키, 민재호 “바이오센서의 신진개”, pp13-19, 2011
- [2] 송봉길, “AVR ATmega128 마이크로컨트롤러”, 성인당, p.121-162, 2008
- [3] 김병국, “블루투스 HCI를 이용한 장치간의 데이터 통신”, 대한전자공학회, 27권 1호, p.245-247, 2004