

FDB 방식을 채용한 멀티 어레이 맥진 센서 설계

전영주, 이진, 이유정, 우영재, 유현희, 김종열
 한국한의학연구원 의료연구부

Design of multi-array pulse diagnosis sensor with FDB process

Y.J. Jeon, J. Lee, Y.J. Lee, Y.J. Woo, H.H. Ryu, J.Y. Kim
 Medical Research Department, Korea Institute of Oriental Medicine

Abstract - 한의학의 주요 방법 중 하나인 맥진은 한의사가 환자의 손목 부위를 손가락으로 진맥하여 환자의 맥동을 감지하는 행위이다. 하지만 이러한 맥진은 주관적이고 형이상학적이어서 맥진의 발견을 위해서는 맥진의 객관화와 정량화가 요구된다. 본 연구는 기존의 와이어 본딩(wire bonding)을 이용한 맥진 센서의 단점인 내구성을 극복하기 위하여 FDB(Face Down Bonding) 방식을 이용하였으며, 3×3 멀티 어레이 센서간의 crosstalk를 극복하고자 센서들을 격리시킬 수 있는 댐(dam)을 형성하였다. 또한, 댐을 감싸고 상단 및 하단에 돌기를 형성하는 패드를 이용하여 피부에 접촉하도록 제작하였다. 센서의 특성을 평가하기 위하여 각 센서 출력 단자의 저항 값을 측정하였으며 센서 스펙에서 제공하는 값과 동일함을 확인하였고, 실제 요골동맥 부위에서 맥파를 측정하여 전형적인 요골동맥 맥파 파형이 측정됨을 확인하였다.

1. 서 론

맥진은 한의학의 대표적인 진찰 방법 중 하나로서 보고, 듣고, 냄새 맡고, 묻고, 만지는 망부문질(望聞問切)의 사진(四診)에 해당된다. 이러한 맥진은 한의사가 자신의 손가락 끝의 예민한 부분을 손목의 특정 부위에 접촉시켜 환자의 맥동(pulsation)을 감지하여 이루어지는데 이를 통하여 환자의 건강 상태 및 질병의 성질, 원인, 부위, 병세 등을 파악하게 된다. 질병이 있는 환자에서 나타나는 특정 형태의 맥동을 24가지 또는 28가지로 분류하여 맥상(脈狀)이라 하였는데 환자에서 나타나는 이러한 특정한 맥상과 손목의 각 부위·깊이에 따라 변화하는 맥동의 양상 및 상대적인 차이 등을 바탕으로 맥진이 이루어지게 된다. 그러나 이러한 맥진은 한의사의 감각과 느낌에 의존하기 때문에 주관적이고 형이상학적이어서 맥진의 객관화와 정량화가 맥진 발견을 위해 지속적으로 요구되고 있다[1-2].

최근에 이러한 문제점을 극복하고자 다양한 형태의 맥진기가 개발되고 있지만 한의학적인 맥진 원리를 충분히 고려하지 못하거나, 기기의 재현성이나 반복성에 문제점이 있어 임상 활용에 한계가 있는 실정이다[3-4]. 기존의 맥진센서에 주로 이용되는 센서 본딩 방식은 와이어 본딩(wire bonding)으로 이루어지는데, 이 방식은 반복 사용 시 센서의 내구성이 떨어진다. 단점과 본딩 와이어 전면을 소프트한 재료로 보호를 해야 하는 등 압력 전달 면적이 넓게 분포해야 하는 제한이 있다. 본 연구에서 개발하고자 하는 맥진 센서는 이러한 문제점을 극복하기 위하여 FDB(Face Down Bonding) 방식을 이용하여 센서의 내구성을 크게 향상시키고, 와이어 루프에 의한 면적을 줄여 한정된 공간에 더 많은 어레이 센서를 구성할 수 있도록 하며, 또한 PCB 홀과 댐(dam)을 이용하여 국부적인 압력 전달 경로를 형성함으로써 crosstalk를 최소화 할 수 있는 것을 특징으로 한다.

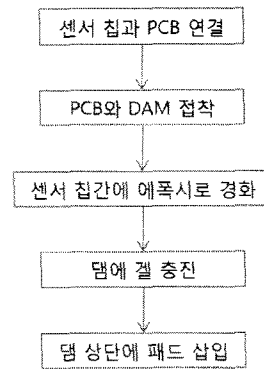
2. 본 론

2.1 맥진센서 개발

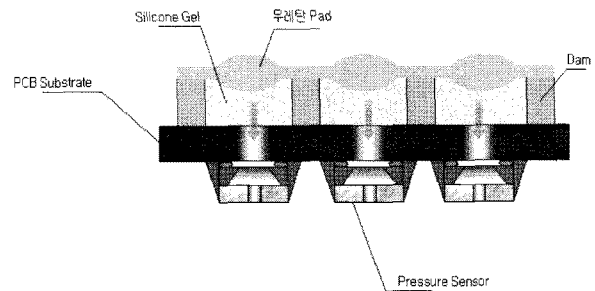
FDB 방식의 맥진 센서를 개발하는 과정을 크게 다섯 가지 부분으로 구분지어 볼 수 있으며 맥진 센서 설계 과정에 대한 전체 블록도를 그림 1에 나타내었다.

센서 칩과 PCB는 UBM(Under Bump Metallization) 공정을 거친 후 solder bump로 PCB와 연결하였으며, 칩과 칩 사이의 공간 및 칩과 PCB 사이 공간을 에폭시로 밀봉하고 경화시켜 젤이나 압력의 빠짐이 없도록 하였다. 이러한 방식으로 11×11 mm²의 공간에 3×3 형태로 고정된 9개의 센서 칩들을 외부의 반복적인 압력이나 예기치 않는 충격으로부터 안전하게 보호하여 내구성을 향상시킬 수 있도록 하였다.

센서 칩이 연결된 PCB 면의 반대 면에 PCB와 같은 형태의 홀이 형성된 댐을 접착하게 되는데, 이러한 형태는 국부적으로 센서 칩에 압력 신호를 각각 전달 할 수 있어 crosstalk를 최소화 할 수 있는 효과를 갖는다. 이후에 홀에 실리콘 젤을 충전하고 우레탄 패드와 함께 경화시킨다. 우레탄 패드의 돌기는 패드의 상단 및 하단에 형성되며 하단에 형성된 돌기는 댐의 홀과 짝을 이루어 외부로부터 인가된 압력을 댐의 홀에 정확히 전달할 수 있도록 개발 하였다. 그림 2는 FDB 형태의 맥진 센서 개념도를 나타낸 것이다.



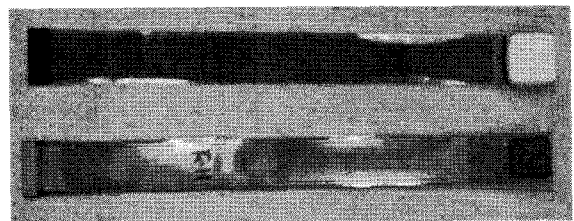
〈그림 1〉 맥진센서 개발 블록도



〈그림 2〉 FDB 형태의 맥진센서 개념도

2.2 맥진 센서 평가

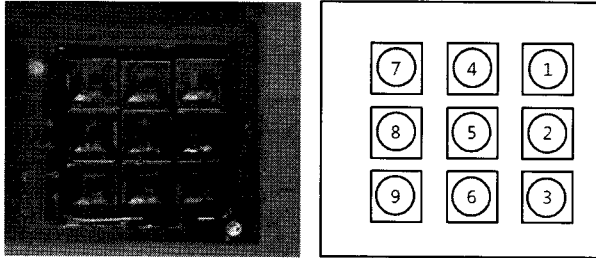
그림 3은 개발된 맥진센서의 사진을 나타낸 것으로서, FPCB를 이용하였으며, 구동 시스템과의 원활한 연결을 위하여 약 100mm의 길이를 확보한 후 커넥터로 구성하였다. 그림 4는 우레탄 패드의 반대 면으로서 센서 칩들이 PCB에 접합되어 있는 사진을 확대한 것이며, 센서 칩들의 구성 배치도를 같이 나타내었다.



〈그림 3〉 개발된 맥진센서

개발한 맥진 센서의 평가를 위하여 각 센서 출력단의 저항을 측정하였으며 센서의 스펙에서 제공하는 출력 저항 값의 범위(4~6Ω)에서 측정되는 것을 확인하였다. 표 1에 임의로 선택한 맥진 센서 각 출력단의 저항 값을 +out, -out 단자에서 각각 측정하여 나타내었다.

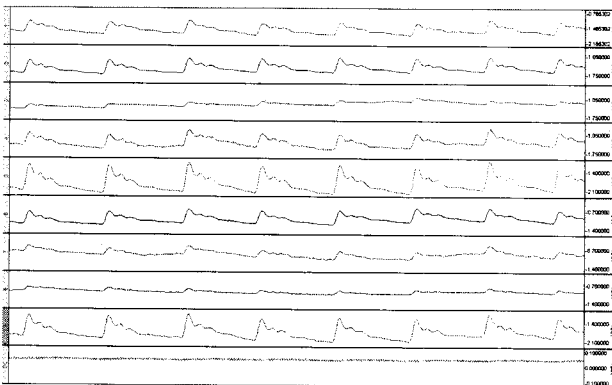
실제 맥파를 측정하기 위하여 0.1~30Hz 대역통과 필터와 전체 이득이 500으로 설정된 아날로그 증폭단을 거친 후 Biopac의 AcqKnowledge 소프트웨어를 이용하여 200Hz의 샘플링 주파수로 측정하였다. 그림 5는 개발된 맥진 센서를 이용하여 실제 요골 부위에서 측정된 맥파를 나타낸 것이며, 각 센서의 출력 값들은 y축 범위를 동일한 값으로 설정하였다. 맥동이 가장 크게 감지되는 곳에 5번 센서를 위치시키도록 하여 5번 센서에서 맥파가 가장 크게 나타나는 것을 확인할 수 있으며, 3번, 7번, 8번 센서에서 맥파가 작게 측정되었는데, 이는 아직까지 정량적 가압 시스템이 마련되지 않아 손으로 가압을 가하는 과정에서 측정위치에 제대로 접촉이 되지 않았거나 또는 접촉 부위의 해부학적 구조 때문에 발생한 것으로 추정되며, 향후 정량적 가압 시스템이 마련되고 다양한 실험을 수행하면 정확한 원인을 찾을 수 있을 것으로 판단된다. 그림에서 맨 마지막 채널은 9개의 센서들 중 5번 센서에서 DC 값을 측정한 것으로 센서에 가해지는 가압력을 측정하기 위한 것이다.



〈그림 4〉 각 센서 칩 배치도

〈표 1〉 각 센서의 입출력 저항 값

센서	Pin	각 단자 저항 값(Ω)
1	1pin-2pin(-out)	2.49
	1pin-3pin(+out)	2.55
2	1pin-4pin(-out)	2.55
	1pin-5pin(+out)	2.49
3	1pin-6pin(-out)	2.41
	1pin-7pin(+out)	2.54
4	1pin-8pin(-out)	2.47
	1pin-9pin(+out)	2.56
5	1pin-10pin(-out)	2.52
	1pin-11pin(+out)	2.59
6	1pin-12pin(-out)	2.47
	1pin-13pin(+out)	2.49
7	1pin-14pin(-out)	2.49
	1pin-15pin(+out)	2.52
8	1pin-16pin(-out)	2.48
	1pin-17pin(+out)	2.59
9	1pin-18pin(-out)	2.49
	1pin-19pin(+out)	2.56



〈그림 5〉 측정된 맥파 파형

3. 결 론

본 연구는 기존의 맥진기에서 사용되는 와이어 본딩 방식의 맥진센서의 문제점인 내구성을 향상시키고 각 센서간의 crosstalk를 최소화하기 위하여 FDB 방식과 댐 구조물을 추가한 9채널 맥진 센서를 개발하기 위하여 진행되었다. 좁은 공간에 9개의 센서를 배치하면서 센서와 PCB 간의 접촉 특성을 높이기 위하여 UBM 방식을 이용하였으며, 각 센서들의 출력 단자 저항 값을 측정하여 우수한 접촉 특성을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 개발된 9채널 맥진 센서를 이용하여 요골 부위에서 실제 맥파를 측정하여 안정된 맥파가 측정되는 것을 확인하였다. 본 연구에서 개발한 맥진 센서는 향후, 정량적 가압이 가능한 가압 시스템을 개발한 후 임상에서 신뢰할 만한 수준의 측정 재현성을 확보한 맥진 시스템을 완성하는데 기여할 수 있을 것으로 판단한다.

감사의 글

본 연구는 2008년도 한국한의학연구원 기관고유사업인 체질건강수준 표준 개발의 지원에 의하여 이루어진 것임.

참고 문헌

- [1] 이봉교, 박영배, 김태희, 한방진단학, 성보사, pp. 161-276, 2004
- [2] 백정의, "맥진의 기원과 내경의 맥진에 관한 연구", 대한한의진단학회지, Vol. 2, pp. 225-248, 1998
- [3] 박영배, "맥진기의 현황과 전망", 대한한의진단학회지, Vol. 1, pp. 86-94, 1997
- [4] 김종열, "맥진기의 문제점과 개선방안에 대한 연구", 대한한의진단학회지, Vol.3, pp. 28-36, 1999