

뇌압 측정을 위한 원격 측정용 압력센서의 제작 및 측정

정진석, 윤현중, 양상식
아주대학교 전자공학부

Fabrication and test of a telemetry sensor for measurement of the brain pressure

Jin Suk Jeong, Hyeun Joong Yoon, Sang Sik Yang
School of Electronics Engineering, Ajou University

Abstract - 본 논문에서는 뇌압을 측정하기 위해 LC 공진을 이용한 압력센서를 제작하고 그 성능을 시험하였다. 원격 측정용 압력센서는 움직이는 전극역할을 하는 p+ 박막이 있는 실리콘 기판과 고정된 평면 코일이 있는 유리 기판으로 구성되어 있다. 압력에 따라 두 전극간의 간격이 달라지고 이에 따른 캐피시턴스가 변화하여 공진주파수가 변화하게 된다. 원격 측정용 외부 안테나를 이용하여 측정회로의 공진 주파수에서 위상의 변화를 측정하여 압력을 측정한다.

상부기판은 실리콘 기판을 도핑하여 p+ 막을 형성하고 금속막을 증착하여 전극을 형성한 후 실리콘을 식각하여 완성하고, 하부기판은 유리 기판 위에 금속막을 증착한 후, 전기도금으로 평면 코일을 형성하고 다시 금속막을 증착하여 전극을 형성하여 제작한다.

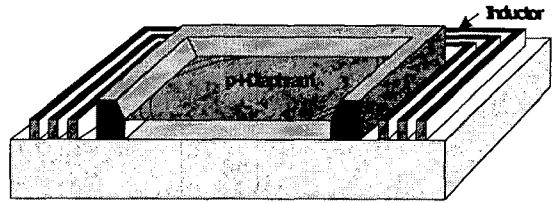
압력을 변화시킬 때 전극간의 간격의 변화에 따른 공진주파수에서의 위상의 변화를 외부 안테나에 연결된 측정회로를 통해 측정한다. 측정결과 공진주파수인 160 Mhz에서 -0.08 deg/mmH₂O의 감도를 얻을 수 있었다.

1. 서 론

압력센서는 여러 분야에 응용되고 있으며, 인체에 삽입하여 안압, 혈압, 뇌압을 측정하는데 사용되고 있다. 본 논문에서는 수두증 환자의 뇌압을 측정하기 위한 목적으로 인체에 삽입되는 압력센서를 제작하고 그 특성을 관찰하였다. 인체에 삽입되기 위해서는 생체 적합한 물질로 만들어져야하며, 원격 측정이 가능해야한다. 원격 측정을 위해 능동형 압력센서가 사용되기도 한다. 그러나 이러한 능동형 압력센서는 송수신 회로와 충전지가 함께 삽입되기 때문에 그 크기가 커지게 된다.⁽¹⁾ LC공진을 이용하여 무선으로 측정하는 경우에는 그 구조가 간단하여 크기를 훨씬 줄일 수 있다. 본 논문에서는 LC 공진을 이용하여 원격 측정용 압력센서를 제작하여 측정하였다. 네트워크 측정기를 사용하여 외부안테나와 센서의 공진주파수를 측정하였다. 공진주파수에서 압력 변화에 따른 위상의 변화를 측정하였다. 신호발생기와 전력계를 사용하여 공진주파수에서 압력 변화에 따른 출력 전력을 측정하였다.

2. 센서의 구조

그림 1은 원격 측정용 압력센서의 구조를 나타낸다. 원격 측정용 압력센서는 주름진 p+박막을 가진 실리콘 상부 실리콘 기판과 코일과 전극을 제작한 하부 유리 기판으로 구성된다. 압력센서의 크기는 8.05 mm × 7.8 mm이다. 박막의 두께는 약 1.5 μ m이고 크기는 3 mm × 3 mm이다. 잔류 인장 응력으로 인한 감도 저하를 방지하기 위해 p+박막에 주름 구조를 넣는다. 코일의 높이는 10 μ m이고 총 길이는 4900 μ m, 캐피시터 전극의 간격은 10 μ m이다.



3. 제작공정

다음의 그림 2는 원격 측정용 압력센서의 제작공정을 나타내는 공정도이다. 그림 2의 왼쪽은 상부기판의 제작공정을 나타낸다. 센서 내부의 공간을 형성하고 주름진 박막을 형성하기 위하여 실리콘 웨이퍼에 열산화막을 성장시킨 후 패터닝하여 얇은 식각을 두 번 수행한다. boron을 도핑하여 p+막을 형성한 후 Cr/Au를 증착하고, 실리콘 뒷면 식각을 하여 p+박막을 가진 상부기판을 완성한다. 그림 2의 오른쪽은 하부기판 공정도이다. 유리 기판위에 Cr/Au를 증착하고, 일부를 절연하기 위해 질화막을 증착하고 RIE로 패터닝한다. 구리도금용 전극으로 사용하기 위해 Cr/Au를 증착한 후, 구리를 전기 도금하여 코일을 형성한다. 마지막으로 Cr/Au를 패터닝하고 전극을 형성하여 하부기판을 완성한다.

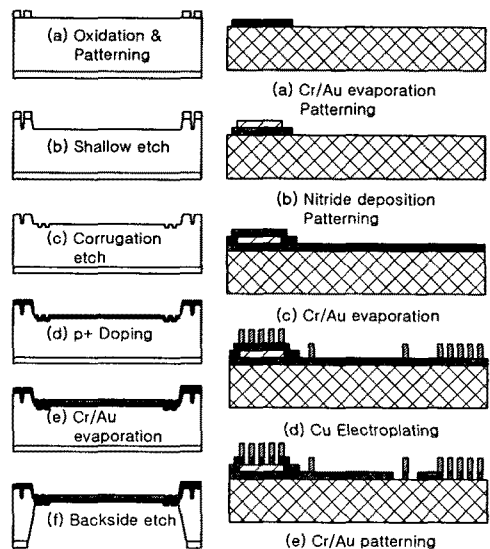


그림 2 원격 측정용 압력센서의 공정도

4. 측정 및 결과

센서와 외부 안테나의 결합에 의한 주파수 특성을 알아보기 위해 Network analyzer를 사용해서 50MHz에서 450 MHz까지 주파수를 변화시키면서 결과를 측정하였다. 그림 3은 압력센서의 특성을 측정하기 위한 장치도이다. 제작한 압력센서를 메스실린더 바닥에 고정시킨다. 메스실린더의 바깥쪽 바닥에는 외부 안테나용 코일을 설치하고 압력을 변화시키기 위해 메스실린더에 물의 높이를 변화하면서 측정하였다. 측정장비는 HP Network analyzer 8510C이고 안테나용 코일은 반사파를 줄이기 위해 50 Ω의 전송선으로 정합하였다.

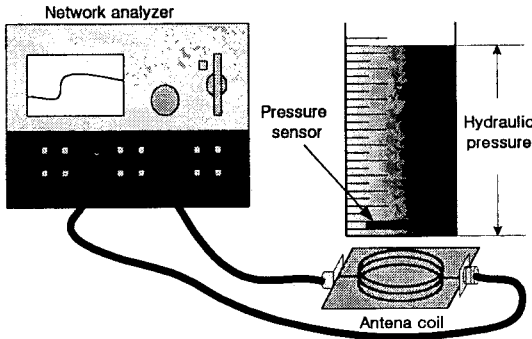


그림 3 원격측정용 압력센서의 특성을 시험하기 위한 실험 장치도

5. 공진주파수 측정

그림 3과 같이 장치한 후 메스실린더에 물을 넣지 않

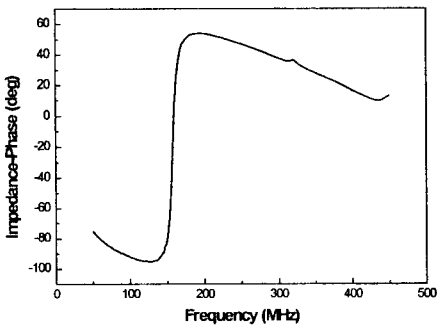


그림 4 주파수에 따른 임피던스의 위상

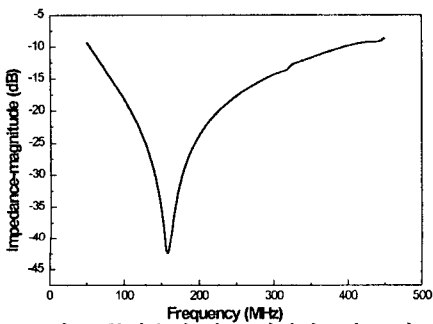


그림 5 주파수에 따른 임피던스의 크기

고 측정하였을 때 그림 4와 그림 5와 같은 결과를 얻었다. 160 MHz 부근에서 위상과 진폭이 급격하게 변화하는 것을 관찰할 수 있다. 따라서 센서와 안테나의 결합 회로의 공진 주파수가 160 MHz정도라는 것을 알 수 있다.

6. 측정결과

주파수를 159MHz로 고정시키고 압력을 10 mmH₂O에서 110 mmH₂O로 변화시키면서 위상의 변화를 측정하였다. 그림 6은 압력이 10 mmH₂O에서 110 mmH₂O로 변화하는 동안 위상은 -33.5°에서 -41.5°로 8°의 변화함을 보여준다. 일정한 압력 범위 내에서 압력이 변화할 때 위상이 선형적으로 변화하는 것을 볼 수 있다. 압력 변화에 대한 위상의 감도는 -0.08 deg/mmH₂O이다.

제작된 압력센서는 인체에 삽입되어져 센서와 외부 안테나가 유도결합을 하게 된다. 이때 센서와 외부 안테나 사이에는 피부나 뼈 등이 존재할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 센서와 외부 안테나 사이에 패지의 지방층을 삽입하였을 경우와 그렇지 않은 경우를 비교하였다. 그림 7에서 보여지는 것처럼 위상의 대역이 변화 하기는 하였지만 두 선의 기울기는 유사하다.

발진주파수를 변화하였을 때, 센서와 코일의 중심이 벗어났을 때에 대한 실험에서도 비슷한 결과를 얻을 수 있

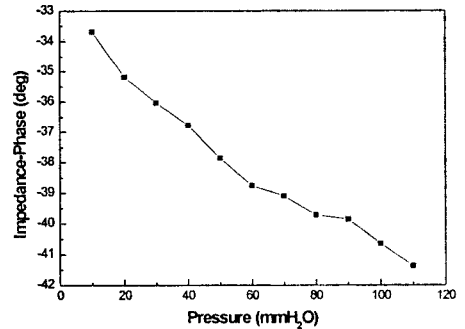


그림 6 압력의 변화에 따른 임피던스의 위상의 변화

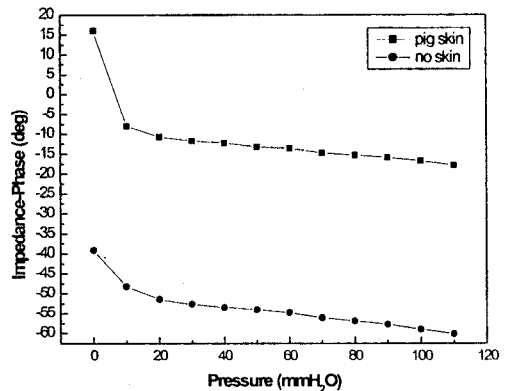


그림 7 지방층의 유무에 따른 압력에 대한 임피던스의 위상

었다.

출력을 전력계로 측정할 수 있도록 그림 8과 같이 장치를 구성하였다. 측정 장비는 Agilent signal generator E4437B, Agilent Power meter E4417A, Agilent Power sensor E9326이다. 신호발생기로 주파수가 160 MHz이고 신호 크기가 10 dBm 인 신호를 안테나에 인가하고 다른 끝단을 전력센서를 통해 전력계에 연결하였다. 파워미터는 PC로 신호를 보낼 수 있어 연결된 PC를 통해 출력신호 즉 압력신호를 실시간으로 얻을 수 있다.

그림 9는 압력이 변할 때 안테나를 통해 전송된 신호의 전력의 변화를 보여주고 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Orhan Akar, Tayfun Akin, Khalil Najafi, "A Wireless Batch Sealed Absolute Capacitive Pressure Sensor", sensors and actuators, A, pp29-38, 2001.
- [2] T. Eggers, C. Marschner, U. Marschner, B. Clasbrummel, R. Laur, J. Binder, "Advanced hybrid integrated low-power telemetric pressure monitoring system for biomedical application.", proc.IEEE MEMS2000.,pp329-334, 2000.
- [3] Jennifer M. English, Mark G. Allen, "Wireless micromachined ceramic pressure sensors", IEEE,1999
- [4] Eun-Chul Park, Jun-Bo Yoon, and Euisik Yoon, "Hermetically sealed inductor-capacitor(LC) resonator for remote pressure monitoring", Jap J.Appl.Phys. Vol. 37, pp7124-7128,1998.

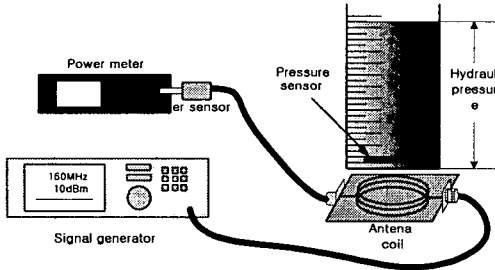


그림 8 전력계를 이용 출력 측정 장치도

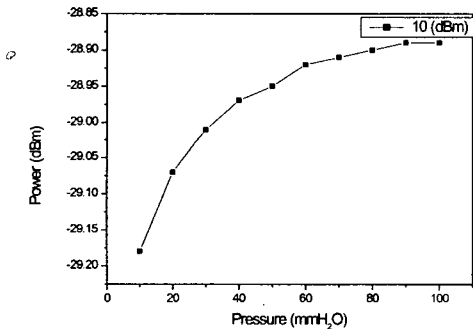


그림 9 압력에 따른 전력의 변화

7. 결 론

본 논문에서는 인체에 삽입되는 간단한 구조의 LC공진을 이용한 원격 측정용 압력 센서를 제작하였다. 실험을 통하여 유도결합과 공진주파수를 이용하여 원격 측정이 가능함을 보였다. 159 MHz의 발진주파수에서 0.08 deg/mmH₂O의 감도를 얻을 수 있었다. 압력과 위상, 압력과 전력의 관계에서 일정한 범위 내에서 선형적인 변화를 하고 있음을 측정을 통해 알 수 있다. 차후 제작 공정에서 박막의 크기를 변화시키고 박막간의 간격을 변화하여 수두증 환자에 맞는 압력 내에서 동작하는 센서를 제작하려한다. 또한 동물 실험을 통해 제작된 센서를 검증하는 연구를 진행하려 한다.

본 연구는 보건복지부 보건의료기술연구개발사업회 지원에 의하여 이루어진 것임. (HMP-99-E-12-0005)