

Piezo-Capacitor 방식 입력 Transducer의 출력특성 고찰

이성재*, 유병기**
 대림대학*, (주)아이젠**

Study of Output Characteristics of Pressure T/D using Piezo Capacitor Type

Seong-Jae, Lee* and Byung-Ki, Yoo**
 Daelim College*, IZEN LTD.**

Abstract : 정전용량형 후막 스트레인 게이지(piezocapacitive thick film strain gage)는 세라믹(Al_2O_3)을 주 원료로 하는 지지대(약 5mm)와 다이어프램(약 $300\mu m$) 그리고 가드 링으로 구성된다. 전극 판은 도전성 페이스트를 이용하여 지지대와 다이어프램에 형성되었으며 극판 사이에는 유전체 페이스트를 사용하여 스크린 인쇄로 후막을 형성하였다. 또, 극판 사이의 가드 링 두께는 약 $30\mu m$ 정도로 다이어프램의 변위 최대값을 유지시키는 데 필요한 간격이다. 따라서 정전용량형 후막 스트레인 게이지는 지지대를 중심으로 다이어프램에 압력(0.5~1.0bar)이 인가될 때 변위를 발생시키면서 커패시터 값이 압력의 크기에 따라 비례 특성을 가지고 변화하는 것을 이용한 것이다. 압력이 없을 때 초기값은 $35pF \sim 40pF$ 정도이고 정격압력의 최대치를 인가시켰을 때 약 $55pF \sim 55pF$ 를 나타내었다. 본입니다. Abstract 본문내용이 들어가는 부분입니다.

Key Words : piezo-capacitive, thick film strain gage, Diaphragm, Pressure Sensor,

1. 서 론

최근 들어서 많이 응용되고 있는 압전소자 또는 압저항, 그리고 여기서 언급되는 정전용량형 모두 "Piezo"라는 접두어를 가지고 있는데 피에조의 뜻은 그리스 언어로 "변화(變化)"의 의미를 말하고 있다. 따라서 piezocapacitive 라는 용어를 사용하고 있으며 우리말로 옮기면 압용량형 이라고 말할 수 있다. 이는 1960년 초 경시변화와 고온 상태의 비접촉식 스트레인 게이지 용도에 사용되기 시작했다. 즉, Capacitive 스트레인 센서는 우주항공 그리고 군사용으로 많이 사용되며 최근에는 중공업용으로 이용되고 있다. 또 0.5bar 이하의 미압 측정용으로도 응용하고 있다. 이 게이지는 두 전극판 사이에 유전물질을 이용하는 데 초기에는 공기를 이용하였으나 전극 사이에 다른 유전물질을 삽입하였다. 여기서 전극사이의 변화는 커패시턴스의 변화로 나타나고 있다. 이 게이지 값은 결과적으로 고정전극에 상대적인 얇은 다이어프램의 변위에 의존하고 있다. 커패시턴스의 변화는 매우 작은 값으로 변화되기 때문에 출력을 나타내는 측정기술이 필요하다. 여기서는 ASIC화된 전용 IC를 채용하고 있다. 가격면에서도 용량형 스트레인 게이지는 고가의 제조원가를 필요로 하는데 후막 기술을 이용함으로써 제조공정의 단순화 등으로 원가절감을 실현할 수 있다고 본다. 이러한 후막 프린트 기술은 다층 구조를 실현함으로써 정전용량을 구현하게 될 수 있다. 높은 유전상수를 갖는 특수한 페이스트는 미소변위 메카니즘에서도 정전용량의 값을 크게할 수 있도록 하고 있다. 그러나, 이러한 유전물질 페이스트 조성은 대부분 글래스류로 구성되어 있으며 센서에 이용되는데 적합하다.

2. 실험

그림 1은 본 논문에서 제작된 형태의 정전용량형 후막 스트레인 게이지 기본구조를 나타내고 있다. 여기서 원형 다이어프램의 둘레는 모두 고정되어 있다고 가정한다. 유전체는 양 극판 사이에 삽입되어 있는 구조이다. 다이어프램의 변위에 따른 상태에서 유전체 만을 고려한다면 그림 2와 같이 볼 수 있다. 그림에서 알 수 있듯이 어떤 방향으로의 인가 압력에 의한 변위는 후막형 유전물질의 변형을 가져온다. 이 유전물질의 변형은 유전체 구조에서 구조변화를 가져오면서 결과적으로는 정전용량의 변화를 가져오게 되는 것이다. 스트레인이 증가하면 비례하여 정전용량값도 증가한다. 이러한 현상을 압정전용량 (piezocapacitive) 효과라고 부를 수 있다.

유전체 후막의 두께를 h , 면적을 A , 그리고 유전율을 k 라고 하면 평행판 전극에서 정전용량은 다음과 같다.

$$C = \frac{kA}{h}$$

양변에 미분을 취하면

$$\frac{dC}{C} = \frac{dk}{k} + \frac{dA}{A} - \frac{dh}{h}$$

한편 그림 2에서 포아송비 $\nu = (-\Delta w/w)/\epsilon$ 를 이용하면

$$\frac{dA}{A} = (-1 - \nu)\epsilon$$

$$\frac{dh}{h} = -\nu\epsilon$$

를 얻을 수 있다. 따라서 식(1)은 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\frac{dC}{C} = \frac{dk}{k} + (-1 - \nu)\epsilon - (-\nu\epsilon)$$

따라서

$$\frac{dC}{C} = \frac{dk}{k} - \epsilon$$

또 게이지 factor는

$$GF = \frac{dC/C}{\epsilon} \text{ 또는 } GF = \frac{dk/k}{\epsilon} - 1$$

로 된다. 여기서 ϵ = 축방향에 평행인 스트레인이다. 여기서 유전율을 공기(air)로 할 때 = 1 이므로 면적 Area는 동일하다. 따라서 Gap에 반비례하여 정전용량 값이 변화하는 것을 알 수 있다. 여기서 Gap는 Gap(Conductive Bonding Ring : 900°C) = Brazing preform = 약 15~20 μ m으로 설계되어 있다.

$$\frac{Area \times Dielectric}{Gap} = C$$

따라서 식에서 알 수 있듯이 게이지 factor는 두가지 요소에서 상승한다. 하나는 압정전용량 효과 즉 $(dk/k)/\epsilon$ 와 기하학적인 구조 (-1)이다. 기하학적인 구조에서 -부호를 보이는 것은 압력의 방향이 반대 방향으로 향하고 있음을 나타내고 있다. 결과적으로 기하학적인 구조변화에서는 게이지율의 변화에 영향을 미치지 못한다는 것이다. 따라서 유전상수의 크기에 절대적으로 비례한다는 것을 알 수 있다. 압저항(piezoresistive) 효과를 설명하는 것도 이와 같은 메카니즘을 가지고 있다고 볼 수 있다. 이러한 스트레인 게이지는 게이지 율이 약 70이상을 가지고 있는 것으로 유전체의 유전을 변화는 게이지율에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

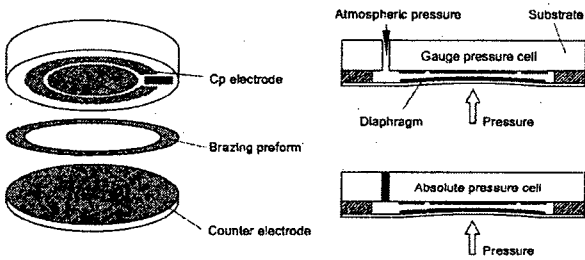


그림 1 압전-용량형 Transducer의 기본구조

3. 결과 및 검토

전극은 Pt를 주성분으로 전도성 페이스트를 만들었으며 전극 형성은 지지대와 다이어프램 양극에 250mesh의 SUS 스크린을 이용하여 마스크를 만들었으며 C1의 면적은 약 200mm²로 설계하였으며 C2는 C1보다 약 5% 큰 값을 가지도록 설계하였다. 이는 제어부에서 입력을 받아들일 때 C1을 기준전극으로 사용하기 때문이다. 프린팅시에는 수동 프린팅 기기를 이용하는 데 스퀘시를 사용하는 각도는 일정한 힘으로 45도를 유지하면서 한번에 실시하며 반복을 하면 소결 후 두께에 문제가 생길 수 있다. 이렇게 제작된 다이어프램은 120°C에서 120분 정도 충분히 건조시킨 후 상온에서 안정화시킨다. 같은 공정으로 유전체

페이스트를 스크린 프린팅한 후 건조과정을 거치는 데 여기서도 약 120분정도 건조를 시킨다. 이는 유전체의 입자를 안정화시키는 데 목적이 있으며 그 후 그림 4와 같이 10°C/min 비율로 증가시키면서 850°C까지 증가시켜서 10분 유지한 후 서서히 상온으로 내린다. 이 때 무리하게 급강하시키면 입자에 균열이 가해지므로 주의해야 한다. 이렇게 제작된 시료의 SEM 사진을 보면 그림 5와 같다. 여기서 전극의 두께는 약 10 μ m이고 유전체의 두께는 15 μ m 정도를 보이고 있다. 이렇게 제작된 지지대와 다이어프램 사이에는 50 μ m정도의 가드 링을 삽입하고 전도성 접착 페이스트를 이용하여 상온에서 접착하여 제작하였다. 지지대의 두께는 5mm, 다이어프램의 두께는 300 μ m로 제작하였으며 정격압력은 0.5mbar를 기준으로 하였다.

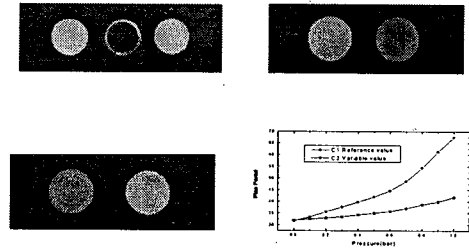


그림 2. 다이어프램과 가드링의 구조 및 특성

4. 결론

본 논문에서 측정압력은 0.5kgf/cm²를 정격압력으로 설정하였다. 압력에 대한 출력 특성을 고찰하는 데는 압력을 0kgf/cm²에서 0.05kgf/cm²씩 증가하면서 최대 정격 1.0kgf/cm²까지 단계적으로 증가시키면서 C1과 C2값을 디지털 LCR 미터(ED1620 : ED Lab.(주))를 이용하여 측정하였고, 반대로 1.0kgf/cm²에서 0.05kgf/cm²씩 감소시키면서 출력이 변화되는 값을 측정하였다. 이렇게 측정된 데이터를 이용하면 그림 2와 같이 Full scale 즉 최대 압력에 대한 출력을 정전용량의 변화로 나타낸 것으로 제어부를 이용하여 감도를 나타낼 때 이용할 수 있다. 또, 여기서는 가드 링의 두께를 100 μ m 70 μ m 50 μ m로 변화시키면서 측정하였다.

참고 문헌

- [1] 민남기 "Cu-Ni 박막 스트레인 게이지를 이용한 다이어프램식 압력센서-II" 한국전기전자재료학회, Vol.,10, No.10, p1022~1028, 1997
- [2] 민남기 "Cu-Ni 박막 스트레인 게이지를 이용한 다이어프램식 압력센서-I" 한국전기전자재료학회, Vol.,10, No.10, p938~944, 1997.
- [3] 大倉 征, "壓力 變換機," 計測技術, vol. 1, pp. 54~59, p. 44~47, 1987
- [4] K.Rajanna, S.Mohan, M.M Nayak and N.Gunasekaran, "Thin-film pressure transducer with manganese film as the strain gage," Sensors and Actuators A, vol24, pp.35~39, 1990.