

새로운 전극 설계법을 이용한 인체 감지형 초전형 적외선 센서 시스템

권 성 열

Human detecting pyroelectric infrared sensor system using new electrode design

Sung Yeol Kwon

요약

인체감지용 초전형 적외선 센서 시스템은 최소 2개 이상의 센서를 사용한다. 상부전극과 바닥전극의 디자인을 새로이 하여 센서 2개가 인체감지를 가능하게 하는 센서 시스템을 센서 1개로 구성된 변환기를 설계하였다. 초전형 효과를 나타내는 재료로는 P(VDF/TrFE) 필름을 이용하였다. 제작된 적외선 센서는 기존의 2개 이상의 센서를 사용하던 시스템에 비해 거의 같은 결과인 적외선원 $13 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$ 에 대하여 $9.62 \times 10^5 \text{ V/W}$ 의 높은 전압감도를 나타내었으며 NEP (noise equivalent power) 는 $3.95 \times 10^{-7} \text{ W}$, 그리고 specific detectivity D^* 는 $5.06 \times 10^5 \text{ cm/W}$ 를 나타내었다.

Abstract

For human detecting pyroelectric infrared sensor system using more than 2 sensor devices. By new top and bottom electrode design, 1 sensor can sensing human instead of using 2 sensor system. The poled P(VDF/TrFE) film used for sensor pyroelectric materials. The fabricated sensors NEP (noise equivalent power) and specific detectivity D^* of the device were $9.62 \times 10^5 \text{ V/W}$, $3.95 \times 10^{-7} \text{ W}$ and $5.06 \times 10^5 \text{ cm/W}$ under emission energy of $13 \mu\text{W/cm}^2$ respectively and It's result is almost same result that using more than 2 sensor system for human detecting.

Key words : electrode design, transducer system, pyroelectric infrared

1. 서 론

일반적으로 적외선 센서는 물체로부터 방사되는 에너지를 포토컨덕터(photoconductor)와 같이 직접적으로 흡수하여 광전자나 전하 캐리어쌍을 형성하고 이를 측정하는 양자형과 에너지를 흡수하여 열로 변환한 다음 발생하는 표면전하의 변화를 측정하는 열형이 있다.[1] 현재 이러한 열형 초전형 적외선 센서로 사용되고 있는 재료로는 TGS 단결정, LiTaO₃, PbTiO₃, PZT 와 PVDF등이 있다.[1-4]

그 중 PVDF는 1969년 H. Kawai와 J. D. Bergmann에 의하여 압전효과 및 초전효과가 발견된 이후로 이를 이용한 압력센서, 음향센서 및 초전형 센서에 대한 연구가

많이 진행되고 있다.[5] 일반적으로 사용되어 지는 P(VDF/TrFE) 필름의 비닐리딘 플루오라이드 (VDF, CH₂CF₂)와 트리플루오르에틸렌 (TrFE, CHF₂CF₂) 의 질량비는 각각 75/25이다.[6,7] 이러한 종류의 센서는 잡음이 많고 또한 인체를 감지하기 위하여 2개 이상의 센서를 필요로 하였다.

본 연구에서는 새로이 설계된 전극 구조를 사용한 인체 감지용 초전형 적외선 센서 시스템의 특성을 조사하였다. 센서용 재료로는 분극 처리된 P(VDF/TrFE) 25 μm 두께의 필름을 사용하였다. P(VDF/TrFE) 필름에 각각 상부 전극과 바닥 전극을 새로이 디자인 하여 실제 하나의 센서가 마치 두 개의 센서가 있는 것과 같은 결과를 나타내는 구조를 적용 하였다. 상부 전극과

바닥 전극은 각각 알루미늄을 진공 증착으로 제작 하였다.[8] 새로이 디자인된 소자는 기존의 구조에서처럼 상부전극에 리드선을 부착해야 하는 공정상의 어려움이 없고 슬릿을 사용하여 좌우 전극에서 발생하는 출력의 차이를 이용하지 않아도 되는 장점이 있다. 제작된 소자는 FET와 저항이 내장된 TO-5에 하우징하여 전압 감도, NEP (noise equivalent power) 및 specific detectivity D^* 를 측정하였다.

II. 시스템 설계

초전형 적외선 센서는 물체에서 방사되는 적외선을 흡수함으로써 초전체 후막에 미소한 온도 변화를 유기하고, 그것에 의하여 생기는 자발분극의 변화를 전압 혹은 전하의 형태로 외부에 전달한다. 신호로서 입사한 적외선에 의한 온도 변화 이외에 센서주의의 분위기 온도의 급격한 변화로 초전체 후막에 온도 변화가 일어나 출력을 발생하는 잡음이 발생한다. 또 센서에 사용된 초전체는 초전성과 압전성을 동시에 가지고 있어 센서 외부로부터의 진동이나 적외선 재료를 통하여 일어나는 압력변화에 의하여 초전체 후막에 변형이 발생하여 출력이 일어난다. 이것도 역시 잡음으로 되어 S/N 비를 감소시킨다. 이러한 외부잡음을 저감하는 방법으로서 트윈 타입의 보상용 센서를 접속하는 방법이 있다. 본 논문에서는 새로운 전극 디자인과 그에 따른 접속 방법을 통하여 인체 감지용 초전형 적외선 센서로서 더욱 더 간단한 제조공정과 접속 방법을 적용하였다

1. 기존의 트윈 타입 초전형 적외선 시스템

초전형 센서는 분극의 방향에 따라 발생하는 전압이 역이 된다. 이것을 이용하여 보상용의 센서를 사용하지 않고 분극방향이 서로 다른 2개의 동일형상의 초전체 후막을 동일 패키지 내에 내장하여 접속하고 보상을 할 수 있다. 이 방법에 의하면 2개의 초전체 후막에 동시에 동등한 온도, 압력, 및 진동 등이 가해지면 초전체 후막에 극성이 역으로서 같은 크기의 전압이 발생하고, 서로 상쇄하여 센서로서의 출력이 일어나지 않게 되어 외부잡음을 감소시킬 수 있다.

트윈 타입 초전형 적외선 센서를 접속하는 방법은 2 종류가 있다. 그 중 한 방법의 접속방법이 그림 1에 나타나 있다. 그림에서 보는 바와 같이 도전성 지지대 위에 도전성 접착제를 사용하여 초전체 후막이 접착되어 있다. 이 초전체 후막은 중심에서 좌우의 부분이 각각 서로 역의 방향으로 분극되어 있다. 또 초전체의 이면 전면에 바닥전극이 증착되어 있고 표면은 좌우로 분리하여 2개의 상부전극이 증착되어 있다. 각 상부전극에서 리드선이 꺼내져 하나로 결선되어 FET의 게이트에 결선되어 있다. 바닥전극은 도전성 접착제와 도전성 지지대

를 통하여 어스에 접속되어 있다. 그림 1에서 보는바와 같이 2개의 초전체 후막은 서로 분극방향이 역이고 병렬 접속 되어 있기 때문에 이 접속 방법은 parallel opposite라 한다.

다른 접속방법의 개략이 그림 2에 나와 있다. 이 초전체 후막은 2개의 초전체 후막이 동일방향으로 분극되어 있고 바닥에는 바닥전극이 증착되고 표면은 중심에서 좌우로 분리되어 상부전극이 증착되어 있다. 각 상부전극에서 리드선을 내어 한쪽은 FET의 게이트에 다른 한쪽은 어스에 접속했다. 그림 2에 등가 회로가 나타나 있다. 그림에서 보는 바와 같이 2개의 초전체 후막은 서로 분극방향이 역으로서 직렬로 접속되어 있기 때문에 series opposite라 불린다.

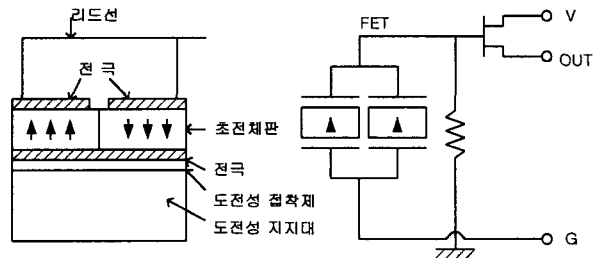


그림 1. 페러렐 오폴지트 접속 방법.

Fig. 1. Parallel opposite contact method.

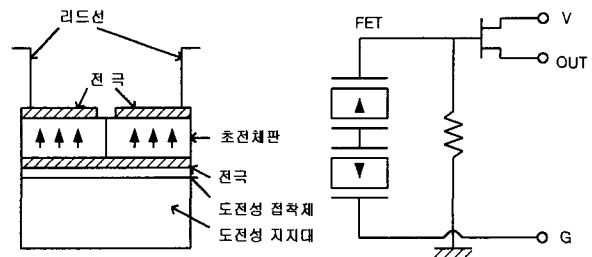


그림 2. 시리즈 오폴지트 접속 방법.

Fig. 2. Series opposite contact method.

2. 새로운 트윈 타입 초전형 적외선 시스템

본 실험에서는 기존의 트윈타입 초전형 적외선 센서 보다 구조적으로 간단하며 제작이 손쉬운 새로운 구조를 제안하였다. 기존의 트윈 타입 구조는 실제 2개의 소자를 사용하던 것을 새로운 전극 디자인으로써 하나의 초전체 후막만으로 마치 두 개의 소자가 들어 있는 것과 같은 결과를 나타내는 병렬 구조를 채택하였다. 전극의 구조는 그림 3에 나타난 것과 같다. 이러한 구조에서는 기존의 트윈 타입 초전형 적외선 센서와 같이 분극이 서로 다른 두 개의 초전체판이 들어 있는 소자를 병렬로 연결

하거나 분극이 서로 같은 소자를 서로 분극이 다른 방향으로 직렬로 연결하는 것과 같은 방법을 사용하지 않고도 인체 감지를 위한 소자로 사용할 수 있게 하였다. 그림 3과 같은 구조에서는 인체와 같은 열체가 이동할 때 방사되는 적외선에 의하여 두 개의 전극 중 한쪽 전극이 먼저 적외선에 반응하기 때문에 인체와 같은 열체의 이동을 감지 할 수 있다. 또한 이러한 새로이 제작된 전극 디자인과 접속방법은 기존의 구조와 접속방법에서처럼 하부전극과 초전체 후막지지대 사이를 도전성 접착제를 사용하는 구조적인 복잡함이 없으며 상부전극에 리드선을 부착해야 하는 접속방법의 어려움이 없다. 이 구조의 등가 회로는 그림 4에 나타나 있다.

III. 전극 제작 및 시스템 구성

P(VDF/TrFE) 필름의 두께는 25 μm 였고 제작한 소자의 크기는 가로 \times 세로가 3 mm \times 5 mm 였다. 필름에 상부 및 바닥 전극 형성을 위하여 먼저 두께가 50 μm 의 폴리브덴판을 소자제조용 마스크로 제작하였다

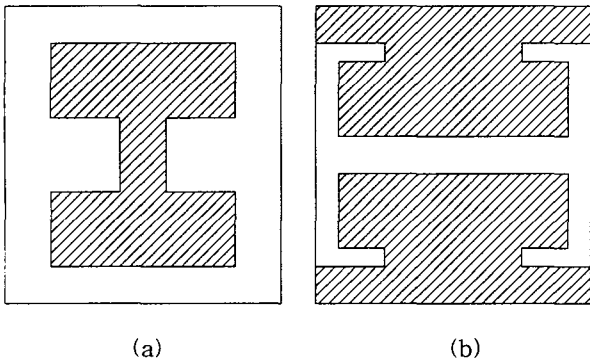


그림 3. 상부전극(a)과 바닥전극(b)의 레이아웃.

Fig. 3. Layout of top electrode (a) and bottom electrode (b).

감지영역은 가로 2.0 mm, 폭 1.0 mm 그리고 1.0 mm의 간격으로 연결된 구조로 디자인을 하였다. 상부전극과 바닥 전극은 알루미늄을 1000 Å의 두께로 진공 증착 하였다. 제작된 소자의 등가회로 및 TO-5의 하우징의 리드선은 그림 4에 나타났다. 실험과 측정에 사용된 센서는 주위의 다른 잡음이나 간섭으로부터의 신호를 차폐하기 위하여 TO-5 하우징한 상태이다. 제작된 초전형 적외선 센서의 신호출력을 측정하는 장비는 새로이 구성 되었으며 그림 5에서 보는 바와 같으며 표 1에서 기재된 환경과 조건에서 측정되었다. 측정 시에는 그림 5에서 보는 바와 같이 두 상부전극 중 한 개에 대하여 적외선을 차단한 후 측정을 하였다. 여기서 두 상부 전극 중 한 개의 전극에 대하여 적외선을 차단하고 측정할 이유

는, 센서의 구조에서 설명 한 바와 같이, 본 실험에서 제작된 소자의 경우 외부 잡음 및 압전효과의 제거뿐만 아니라 적외선

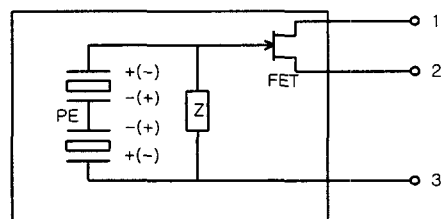
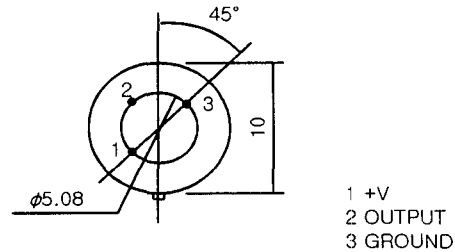


그림 4. 등가회로 및 하우징 리드선 구성도.
Fig. 4. A equivalent circuit and housing lead configuration.

이 각각의 전극에 동일하게 조사 될 경우 각각의 소자에 유기 되는 초전전압의 절대치가 서로 같아 압전효과에 의한 것과 마찬가지로 상쇄되기 때문이다. 그런 다음 신호를 72.5 dB 증폭하여 피크홀더를 통해 신호를 추출 하였으며 추출된 신호는 컴퓨터와 프린터에 의해서 출력 되었다. 센서의 잡음 출력은 그림 6에 나타난 바와 같이 주변 환경에 의한 잡음을 제거하기 위해 외부로부터 차폐된 환경 구조에서 순수한 센서의 잡음을 측정하였으며 신호를 72.5 dB 증폭하여 피크홀더를 통해 신호를 추출하였으며 추출된 신호는 컴퓨터와 프린터에 의해서 출력되었다. 측정 환경과 조건은 표 2에 나타나 있다. 표 1에 명시된 출력신호 측정조건 및 환경과 표 2의 잡음 측정 조건은 각각 상용의 인체감지용 초전형 적외선 센서의 조건과 동일하게 설정 하였다.

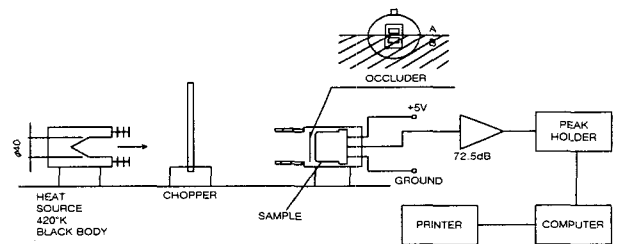


그림 5. 신호출력 측정 장비 개략도.
Fig. 5. Schematic diagram of signal output measurement equipment.

표 1. 출력신호 측정조건 및 환경

Table 1. Signal output measuring conditions

Abmient Temperature	25 °C
Black Body Temperature	420 。 K
Aperature of Black Body	Ø40
Emission of Infrared Energy	13 μW/cm ²
Chopping Frequency	1.0 Hz

표 2. 잡음 측정 조건

Table 2. Noise output measuring conditions

Abmient Temperature	25 °C
Amp. Gain	72.5 dB(1Hz)
3 dB Bandwidth	0.4~4.5 Hz
Stabilization Time	3 Minutes
Measuring Time	20 Seconds

장착하여 이것의 출력과 잡음을 측정하였으며 인체 감지용으로 사용하기 위하여 5.5 ~ 14 μm 의 적외선 필터가 부착된 TO-5에 하우징 하였다. 또한 제작된 소자는 적외선원 13 × 10⁻⁶ W/cm² 과 일반적인 상용의 인체감지형 초전형 센서 시스템의 초핑 주파수 1Hz 에 대해 9.62 × 10⁵ V/W 의 높은 전압감도를 나타내었으며 NEP (Noise Equivalent Power) 는 3.95 × 10⁻⁷ W, 그리고 specific detectivity D* 는 5.06 × 10⁵ cm/W 를 각각 나타내었다. 새로운 설계된 전극을 사용한 초전형 적외선 센서는 상용 인체감지형 초전형 센서에 비해 잡음이 다소 높게 나타나 specific detectivity D* 가 우수하지 못하나 상대적으로 기존의 센서 시스템 구성에 비해 간단한 센서 시스템 구성과 인체를 감지하기 위해 여러개의 센서가 필요하지 않는 이점이 있다. 또한 P(VDF/TrFRE) 필름의 낮은 열확산 계수라는 특성을 이용하여 더욱더 박막화 초소형화하여 앞으로 인체 감지용 적외선 센서로서의 성능 개선 및 추후 고해상도의 매트릭스 적외선 센서 시스템의 제작에 적용이 가능하리라 생각한다.

접수일자 : 2002. 10. 15 수정완료 : 2002. 10. 24

[참고문헌]

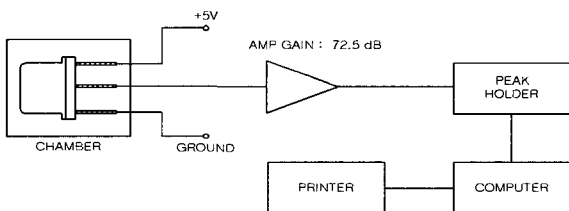


그림 6. 잡음 출력 측정장비 개략도

Fig. 6. Schematic diagram of noise measurement equipment

IV. 결과 및 고찰

본 연구에서는 새로이 설계된 전극 구조를 이용한 인체 감지용 초전형 적외선 센서 변환기 시스템의 특성을 조사하였다. 센서용 재료로는 분극처리된 P(VDF/TrFE) 25 μm 두께의 필름을 사용하였다. 센서용 P(VDF/TrFE) 필름에 각각 상부 전극과 바닥 전극을 새로이 디자인 하여 실제 하나의 센서가 마치 기존의 두 개의 센서가 있는 것과 같은 결과를 나타내는 구조를 적용 하였다. 이러한 방법으로 기존의 인체 감지용 트윈 타입 초전형 적외선 센서와 같이 분극의 방향이 서로 다른 소자를 병렬로 연결하는 병렬접속 혹은 분극이 서로 같은 소자를 서로 다른 방향으로 직렬로 연결하는 직렬연결 등의 접속방법을 사용하지 않을 수 있었다. 제작된 소자는 FET와 저항에 연결된 TO-5 하우징에

[1] R. W. Whatmore, "Pyroelectric devices and materials", Rep. Prog. Phys. vol. 49, pp. 1335-1386, 1986.
 [2] C. Lucat, F. menil, and R. Von Der Muhll, "Thick-film densification for pyroelectric sensors". Meas. Sci. Technol. vol. 8, pp. 38-41, 1997.
 [3] C. C. Chang, C. S. Tang, "An integrated pyroelectric infrared sensor with a PZT thin film", Sensors and Actuators A. 65, pp. 171-174, 1998.
 [4] W. Ruppel, "Pyroelectric sensor arrays on silicon", Sensors and Actuators A. 31, pp. 225-228, 1992.
 [5] P. C. A. Hammes and P. P. L. Regtien, "An intergrated infrared sensor using the pyroelectric polymer PVDF", Sensors and Actuators A. 32, pp. 396-402, 1992.
 [6] R. Kohler, N. Neumann, and G. Hofmann, "Pyroelectric single-element and linear-array sensors based on P(VDF/TrFE) thin films", Sensors and Actuators A. 45, pp. 209-218, 1994.
 [7] G. T. Davis, J. E. Mckinney, M. G. Broadhurst, and S. C. Roth, "Electric-field-induced phase changes in poly(vinylidene fluoride)", J. Appl. Phys. vol.49, pp. 4988-5002, 1978.

[8] 김진식, "센서용 PVDF의 유전, 초전 및 압전특성에 관한 연구", 인하대학교 대학원 항공공학과 박사학위 청구논문, 1992.

[9] 김영일, 노용래, "PLT 박편을 이용한 초전형 적외선 센서의 제작", 센서학회지 제 5권 제 1호, pp. 1-8, 1996.

[10] 김영일, 노용래, 최시영, "PLT 박편을 이용한 압전특성이 보상된 초전형 적외선 센서의 제작", 센서학회지 제 6권 제 1호, pp. 1-5, 1997.



권 성 열(Sung Yeol Kwon)

正會員

1990년 2월 수원대학교 전자재료공학과 졸업(공학사)

1993년 8월 경북대학교 산업대학원 전자재료 전공 졸업(공학석사)

1994년 3월~1997년 3월 안동과학대학 전임강사

1997년 3월~1998년 7월 안동과학대학 조교수

2000년 8월 경북대학교 대학원 센서공학과 졸업(공학박사)

2000년 8월~2002년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 조교수 대우

2002년 3월~현재 부경대학교 전기제어계측공학부 전임강사

관심분야: 센서 및 시스템, 적외선 센서, 나노재료 등
