

16x16 비정질 실리콘 볼로미터 설계 및 제작

강태영, 임성수, 곽용석, 장원수, 한명수*, 박영식*
(주)오카스, 한국광기술원*

Design and Fabrication of the 16x16 Amorphous Silicon Microbolometer Array

Tai-Young Kang, Sung-Soo Lim, Yong-Seok Kwak, Won-Soo Jang, Myung-Soo Han*, Young-Sik Park*

OCAS Corp., * Korea Photonics Technology Institute

Abstract - The amorphous silicon microbolometer array has been developed by the MEMS design and fabrication technology. Before the bolometer array for the image sensor being designed, the structure of unit cell and 16x16 array of it was simulated, designed and fabricated. The properties of bolometer have been measured as such that the TCR and thermal time constant can be achieved -2 %/K and 1.4 msec respectively.

Key Words : microbolometer, MEMS

1. 서 론

보편화 되어 있는 가시광 영상 센서는 야간 동작, 연기 등 가시광이 차단되면 영상획득이 어려운 단점이 있으나, 적외선 영상센서는 물체의 온도와 방사율의 차이에 의해 적외선 광량을 전기적 신호로 감지하고 영상신호로 변환함으로써 다른 광원의 도움 없이 야간이나 가시광 영상 센서로서 힘들었던 영상을 획득 할 수 있다.

적외선 영상 센서는 현재 체열 진단 의료용 장비, 보안 감시 카메라, 소방 헬멧 카메라, PCB 검사 장비, 누수 진단, 기상 예측, 군수 장비 등에 광범위하게 그 활용범위가 확대 되어 지고 있다.

적외선 영상을 가능케 하는 적외선 센서는 크게 입사광에 의해 도전율의 변화와 광기전력을 검출하는 양자형 (Photon detector)과 방사에너지 흡수에 의해 온도 변화에 따른 전기적 신호를 검출하는 열전형(Thermal detector)으로 크게 두 가지로 분류된다[3]. 양자형 소자로 PbS, HgCdTe, InSb, InAsSb, QWIP 등이 사용되고 있으며 감도가 높고 응답속도가 빠르나 냉각장치가 필요하며, 고유 파장 의존성에 의한 측정 영역이 제한되어 진다는 단점이 있다.

볼로미터형 적외선 센서는 열전형 적외선 센서의 일종으로서 입사된 적외선에 의한 온도변화에 따른 저항변화를 일으키는 센서로서, MEMS (Micro Electro Mechanical System) 기술을 이용하여 소형화된 마이크로 볼로미터와 신호검출회로(ROIC)와 결합시켜 성능이 우수한 초점배열 어레이로서 상용화가 가능하다.[1]

볼로미터의 동작 특성은 주위의 온도에 매우 민감하게 영향을 받기 때문에 검출기 내부를 100 mtorr 이하의 진공으로 유지해야 하고, 열전냉각모듈 (TEC : thermoelectric Cooler)을 부착하여 일정한 온도를 유지시켜야 하는 패키지 기술도 필요하다.[2]

따라서, 비냉각형 적외선 센서를 제조하기 위해서는 적외선 센서재료 제조 기술 외에 적외선 흡수층 형성, 열차

단(thermal isolation), 저잡음 신호검출회로의 설계 및 제조기술, 모놀리식(Monolithic) 또는 하이브리드(Hybrid) 접합, 패키지 등에 대한 기술이 필요하다.

본 논문은 비냉각형 적외선 센서의 성능향상을 위한 연구로서, 마이크로 볼로미터의 적외선 검출 능력향상을 위한 열적 고립 구조를 가지는 단위 픽셀 설계 및 흡수층을 고려한 공동흡수구조의 두께를 선정하여 시뮬레이션 하여 그 특성을 우선 평가 하여 제작 하였다.

2. 마이크로 볼로미터의 시뮬레이션

볼로미터는 에어 갭 (Air Gap)을 가지는 마이크로 캔틸레버 (Micro Cantilever) 구조로서 4개의 앵커로 지탱되어지며, 열적 고립구조(Thermal Isolation Structure)를 향상시키기 위하여 지지다리의 선폭을 길고 좁게 하여 열전도율을 낮게 하는 구조로서 선폭을 2 μ m로 설계하였다. 도핑된 비정질 실리콘 박막의 두께는 0.2 μ m, 픽셀 크기는 50 μ m X 50 μ m 로 하였으며, 앵커 및 레그 (leg) 등의 크기 및 형상은 MEMS 공정을 고려하여 결정하였다.

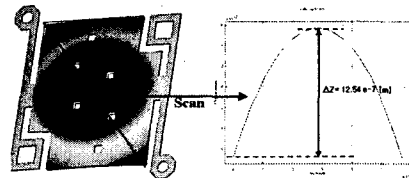


그림 1. 캔틸레버 Bending 분석

그림 1은 센서 단위소자에 대하여 MEMS 공정 이후 잔류 응력 (Residual Stress)에 의한 캔틸레버 휨 (Cantilever Bending) 현상이 일어나는 것을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 캔틸레버 휨은 약 1.25 μ m 정도로 캔틸레버의 대각선 방향으로 휘어지는 것으로 평가 되었다.

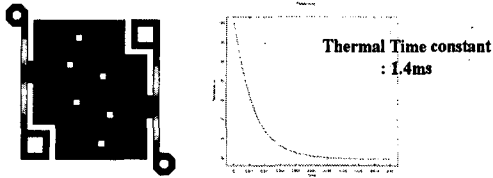


그림 2. 열적고립구조에 의한 열시상수 분석

볼로미터 적외선 센서의 성능을 좌우하는 온도분해능을 향상시키기 위해서는 열용량을 높이고, 열전도율을 낮게 함으로써 캔틸레버내의 열적 고립구조를 만들어 줄 수 있는 볼로미터 적외선 센서의 설계 기술이 필요하다.[4]

따라서, 그림 2는 볼로미터의 열적 고립구조의 시뮬레이션 분석을 하였으며, 최대의 열시상수를 계산하여 동영상 구현이 가능한지를 평가하였다. 평가 결과 설계된 구조의 열시상수는 1.4 ms 정도로 동영상 구현이 가능한 열적 고립 구조를 나타내었다.

3. 비정질 실리콘 마이크로 볼로미터 제작

볼로미터 적외선 센서의 단면 구조는 그림 3과 같다.

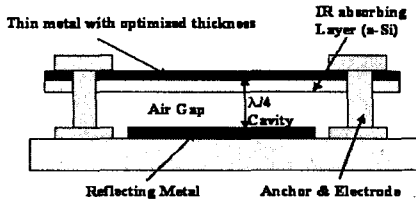


그림 3. 비정질 실리콘 볼로미터 픽셀 구조

센서의 구조는 최상부에 매우 얇은 금속 박막과 최하부 금속층인 반사층과 흡수되는 중심파장에 대하여 공명 흡수되는 구조로 구성되어 있다.

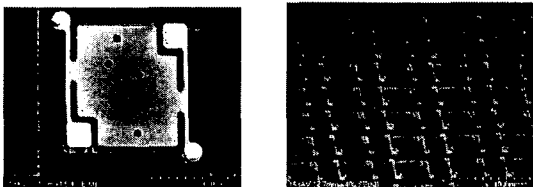


그림 4. 제작된 센서의 사진
(a) 전면사진, (b) 16x16 array

우선 SiNx 기판 위에 스퍼터 (Sputter) 장비를 이용하여 약 200 nm 의 Al을 증착시키고, 이를 식각하여 mirror 및 하부 전극을 제작하였다. 제작된 하부전극 위에 SOP(Spin on Polymer) 희생층을 도포하고, 그 위에 PECVD를 이용하여 약 200 nm 의 비정질 Si를 증착시킨다. 다음으로 전극 및 앵커로서 Ti/Au를 형성하였으며, 마이크로 플라즈마 (Microwave plasma)를 이용하여 SOP 희생층을 제거하여

단위 픽셀 (pixel)을 완성하였다.

그림 4는 본 연구를 통하여 제작된 볼로미터형 적외선 센서의 사진이며, 이때 실온 25 °C에서 TCR (Temperature Coefficient of Resistance)은 약 2 %/K로 볼로미터로서의 적용 가능한 전기적 특성을 나타내었다. 또한 희생층의 전처리 공정을 통하여 캔틸레버 휨 현상을 제거 하였다.

4. 결론

본 연구에서 16X16 어레이형 볼로미터의 열시상수는 1.4 msec로 동영상 구현 시 프레임 율(frame rate)을 30 Hz로 구현 할 수 있도록 구조 성능 향상을 위해 시뮬레이션을 하여 최적의 조건으로 제작 하였다. 제작 후 볼로미터 저항 온도 계수 값인 TCR은 약 -2 %/K로 볼로미터 제작에 적합한 특성을 나타내었다. 온도 분해능 및 검출도를 향상시키기 위해 비냉각 적외선 센서의 복사열 전달 및 온도 변화 메카니즘에서 단위 픽셀의 적외선 흡수 면적을 더 넓게 하였으며, 열적 고립을 위해 브리지의 폭을 더 좁고 길게 하였다. 향후, 고해상도 및 저노이즈 특성을 위해서 ROIC (Read Out Integrated Circuit) 기판위에서 모놀리식 (Monolithic) 공정으로 제작된다면 고성능의 볼로미터 센서 제작이 가능 할 것이다.[5]

참고 문헌

1. R.A.Wood, "Uncooled thermal imaging with monolithic silicon focal planes" Proc. SPIE 2020, p. 322, 1993.
2. E. L. Dereniak , and G. D. Boreman , "Infrared Detectors and Systems ", John Wiley&Son s , (1996)
3. Y. Zhao, M. Mao, R. Horowitz, A. Majumdar, J. Varesi, P. Norton, and J. Kitching, "Optomechanical Uncooled Infrared Imaging System Design, Microfabrication and Performance ", Journal of MEMS, Vol 11, No. 2, April 2002
4. W. Radford, et al., Microbolometer uncooled infrared camera with 20 mk NETD, SPIE 3379 (1998) 22.
5. K.Hashimoto, H.Xu, T. Mukaigawa, R. Kubo, H. Zhu, M. Noda, and M. Okuyama, "Si monolithic microbolometers of ferroelectric BST thin film combined with readout FET for uncooled infrared image sensor" Sens. Actuators, A Vol. 88, p. 10, 2001.