

## 고흡수율 비냉각형 적외선 센서의 브릿지 길이에 따른 저항특성 연구

강형곤\*, 이해성\*, 임용근\*\*, 박승범\*\*, 이홍기\*\*  
한국기초과학지원연구원 전주분소, (주) 오카스\*\*

### Study on the Resistance characteristics with the Bridge length of the Uncooled infrared sensor with high absorptance

Hyeong-Gon Kang\*, Haeseong Lee\*, Yong-Geun Lim\*\*, SeungBum Park\*\*, and Hongki Lee\*\*  
KBSI JeonJu branch\*, Ocas Co.\*\*

#### Abstract

An uncooled infrared sensor has been prepared with sputtering, plasma ash, ICP, and PECVD on a Si wafer. In order to analyze the resistance characteristics with the bridge length in the infrared sensor, three samples were prepared with lengths of 0 (no bridge), 15 (short bridge), and 29  $\mu\text{m}$  (long bridge), respectively. I-V curves were measured for their resistance characteristics and EPMA for the doping concentration of the amorphous Si. The phosphorus concentration was about 4 % and the resistance was increased with the bridge length. The bridge length of cantilever is very important factor for improvement of the efficiency in an infrared sensor.

**Key Words** : Infrared Sensor; I-V characteristics; Resistance; Bridge length; amorphous Si

#### 1. 서 론

적외선 센서의 역사는 1800년경 Herchel이 열전대를 사용하여 적외선 방사를 탐지한 것을 시작으로 하여 꾸준한 연구를 거듭하다가, InSb 반도체형, 에너지갭을 조절할 수 있는 HgCdTe 반도체 등이 발견되어 적외선 센서에 대한 연구가 선진 각국에서 본격적으로 활발히 연구되기 시작하였다 [1-3]. 그 동안 많은 연구가 진전이 되어 미사일 열 추적 장치 등의 군사 목적 시스템 이외에 일반 시장에서 적외선 센서는 자동차, 항공기 등의 안전 시스템, 의료용 진단 장치, 생체 인식 시스템, 비파괴 검사 등의 핵심 부품으로 많은 발전을 거듭하

였다. 특히, 1990년 중반에 등장하기 시작하여 상용화되기 시작한 비냉각 방식의 적외선 센서는 미국, 일본, 캐나다, 유럽을 중심으로 연구 개발되고 있다. 비냉각형 적외선 센서는 적외선이 센서에 조사되었을 때 센서의 온도가 상승하면 센서 재료의 전기적인 성질이 변하는 것을 이용한다. 이 센서의 작동원리에 따른 분류를 보면, 유전체의 커패시턴스가 변화하는 초전형(pyroelectric), 열기전력이 변화하는 열전대(thermoelectric)형, 저항이 변화하는 볼로미터형(bolometer)형 등이 있다 [4-10]. 비냉각형 적외선 센서를 제조하기 위해서는 적외선 센서재료 제조 기술 외에 적외선 흡수층 형성, 열 차단(thermal isolation), 저잡음 Si 판독회로의 설

계 및 제조기술, hybrid 접합, package 등에 대한 기술이 필요하다. 본 논문은 비냉각형 적외선 센서의 성능향상을 위한 연구로서,  $\text{SiN}_x$  박막위에 mirror, 공동, amorphous Si,의 다층 layer로 구현된 적외선 센서의 전극 길이에 따른 저항 특성 변화를 조사하여 최적의 전극 패턴 형성을 위한 연구이다.

## 2. 실험

$\text{SiN}_x$  박막 위에 sputtering을 이용하여 약 200 nm의 Al을 증착시키고, 이를 식각하여 지지대 및 mirror를 만든다. 다음으로 이 위에  $1.5 \mu\text{m}$ 의 organic 희생층을 도포하고, 그 위에 PECVD를 이용하여 약 200 nm의 amorphous Si를 증착시킨다. 다음으로 Microwave plasma를 이용하여 그 organic 희생층을 제거하고, 최종적으로 전극으로서 Cr/Au를 올려 하나의 단위 pixel을 완성한다. 제작된 단위 픽셀의 전체적인 구조가 그림 1에 나타나 있다. amorphous Si 층이 외부 적외선에 반응하여 저항변화가 일어나는 부분이고, 양쪽 두개의 Al 층은 발생된 열에너지를 신속하게 Substrate로 방출하기 위한 것이다. 중간의 mirror 층은 입사된 적외선을 반사시켜 최대의 에너지를 amorphous Si 층에 전달하기 위한 부분이다. 이렇게 제작된 픽셀의 특징을 캔틸레버의 브릿지의 길이를 다르게 하여 I-V 특성을 측정, 이의 저항 특성을 연구하였다 (그림 2). 단위 픽셀에서 전극의 길이는 0, 15, 29  $\mu\text{m}$ 로 하였다. 이렇게 제작된 단위 픽셀을 electron probe microanalyzer (EPMA)를 이용하여 amorphous Si의 도핑농도를 측정하였고, SEM 촬영을 통하여 제작된 센서의 전체 이미지를 관찰하였으며, I-V 측정을 통해 픽셀의 전류공급을 위한 브릿지 길이에 따른 저항특성을 조사하였다.

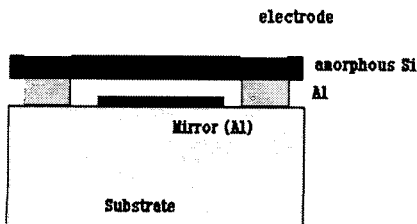


그림 1. 제작된 칩의 전체적인 구조.

## 3. 결과 및 고찰

제작된 칩의 기판으로는 Si 웨이퍼가 사용되었고, 전극으로서는 Cr과 Au가 사용되었다. amorphous Si은 n 타입으로서 EPMA 분석결과 phosphorus 가 약 4 % 가량 도핑 되었음을 확인하였다. 이 도핑농도는 amorphous Si 층의 저항특성에 큰 영향을 미치는 요소이다. 도핑농도가 증가할수록 Si층의 저항이 떨어질 것으로 예상하지만 센서의 다른 광 특성들과의 관계도 고려하여, 최적의 도핑농도를 결정하는 것이 필요하다. 그림 2는 제작된 칩에서 전류공급을 위한 다양한 형태의 브릿지 구조를 보여주고 있다. 전극과 연결된 부분의 bridge가 없는 경우와, 또 bridge 길이가 짧은 경우, 긴 경우의 3가지 샘플이 그림과 같이 준비되었다.

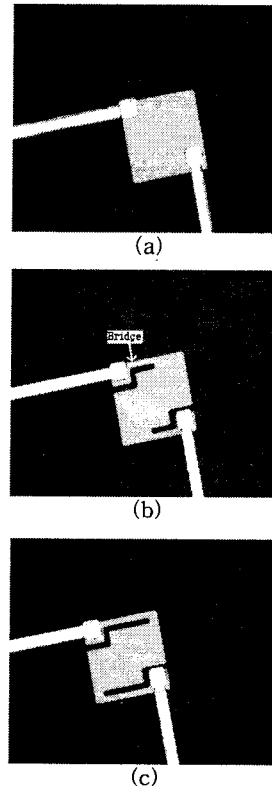
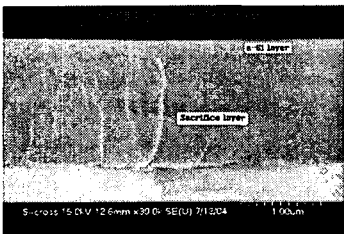
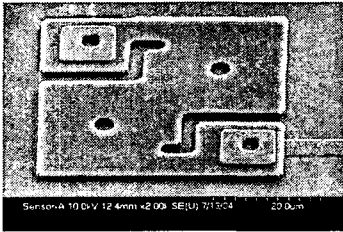


그림 2. 전류공급을 위한 브릿지 형태에 따른 칩.  
(a) bridge가 없는 경우 (b) short bridge  
(c) long bridge

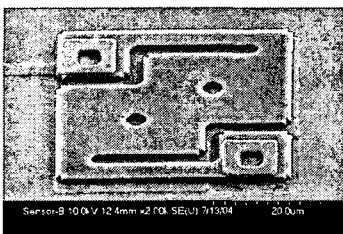
그림 3은 샘플의 전자현미경 사진이다. 그림 (a) 는 완성된 픽셀이 되기 전 공동을 제작하기 위한 유기 희생층 과 amorphous Si 영역을 보여주는 그림이다. 약 200 nm의 amorphous Si 층과, 1.5  $\mu\text{m}$ 의 유기 희생층이 성장되어 있는 것을 확인할 수 있다. 여기서 희생층은 마이크로웨이브 플라즈마를 이용하여 제거된다. 그림 (b)와 (c)는 제작 된 칩의 전자현미경 사진에 의한 전체 윤곽이다. 패턴이 양호하게 제작되어 있음을 알 수 있다.



(a)



(b)

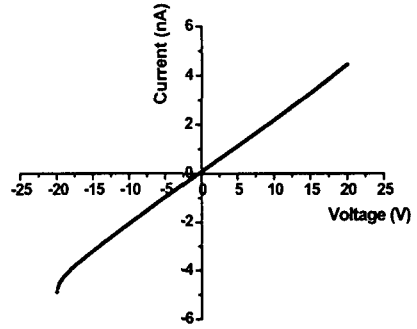


(c)

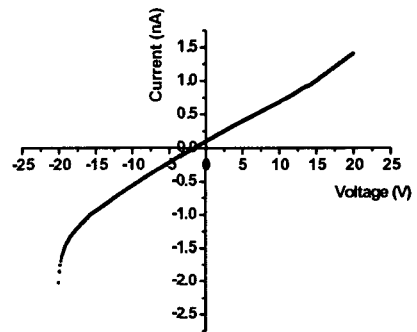
그림 3. 제작된 샘플의 전자현미경 사진.  
(a) 칩의 단면 (b) short bridge (c) long bridge

그림 4는 제작된 칩들의 I-V 측정결과이다. 전류공급을 위한 브릿지의 길이가 길어질수록 전류대 전압 변화가 크다. 이를 근거로 계산된 저항치는 bridge가 없는 경우 5.8 Gohm, short bridge, 17.1 Gohm 그리고 long bridge의 경우는 25.7 Gohm 정도이다. 여기서 나타난 저항값들이 다소

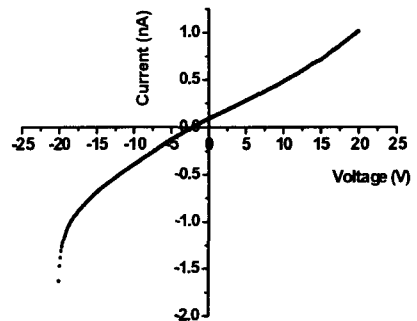
높은 값이지만 이는 amorphous Si의 도핑농도 등을 조절하여 감소시킬 수 있다. 전류공급라인 길이가 길어질수록 저항값이 증가하고 있다. 이 브릿지



(a)



(b)



(c)

그림 4. 브릿지 길이에 따른 I-V 특성곡선.  
(a) bridge가 없는 경우 (b) short bridge  
(c) long bridge

길이에 따른 저항증가는 브릿지 길이가 증가함으로 인해서 열단락 (thermal isolation) 효과가 증가한다는 잇점도 있지만, 또 다른 저항증가의 문제도 있어, 센서설계 및 센서 재료 선택시 매우 중요하게 고려해야 할 사항임을 의미한다, 얻어진 I-V 곡선에서 브릿지가 있는 경우에 0 V에서도 전류값이 나타나 있는 것을 볼 수 있다. 이는 브릿지로 인한 캐패시턴스 또는 인덕턴스 영향인 것으로 생각되며, amorphous Si의 저항을 줄임으로서 이 영향은 줄어들 것으로 예상된다.

#### 4. 결 론

브릿지의 길이에 따른 적외선 센서를 제작하여 I-V 곡선을 통한 저항변화가 분석되었다. 브릿지 길이가 길어질수록 저항이 증가하였으며 이는 브릿지 폭이 좁고 길어짐으로 인해 발생한 현상이다. 또한 브릿지가 없을 때 보다 있을 때 capacitance 또는 인덕턴스 영향으로 인하여, I-V 곡선이 0 V에서도 전류값이 나타나는 현상이 나타났다. 본 연구를 통해 제작된 센서의 저항이 다소 크다. 이는 amorphous Si의 도핑농도를 조절하여 어느정도 감소시킬 수 있다. 센서재료의 특성뿐만 아니라 브릿지의 구조 및 길이가 센서성능에 영향을 미칠 수 있으므로 적외선 센서 설계시 브릿지 길이에 따른 저항의 영향을 고려해야 한다.

#### 감사의 글

이 연구는 산업자원부 한러국제공동연구개발 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

[1] J. Piotrowski, W. Galus, M. Grudzien, "Near room-temperature IR photo-detectors" *Infrared Phys*, Vol. 31, p. 1, 1991.  
 [2] K. Adamiec, A. Rogalski, J. Rukowski, "Progress in infrared detector technology" *J. Tech. Phys*. Vol. 38, p. 431, 1997.  
 [3] A. Ioysher, V. Kantser, N. Leporda "Magnetosensors based on semiconductor microwires" *Sensor and actuator A*, Vol. 59, p. 119, 1997.

[4] R. A. Wood, "Uncooled thermal imaging with monolithic silicon focal planes" *Proc. SPIE* 2020, p. 322, 1993.  
 [5] N. Fujitsuka, J. Sakara, Y. Miyachi, K. Mizuno, K. Ohtsuka, Y. Taga, and Y. Tabata, "Monolithic pyroelectric infrared image sensor using PVDF thin film," *Sens. Actuators, A*, Vol. 66, p. 237, 1998.  
 [6] 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.  
 [7] S. Dedky, P. Fiorini, K. Baert, L. Hermans, and R. Mertens, "Characterization and optimization of infrared poly SiGe bolometers, *IEEE Trans. Elect. Devices*" Vol 46, No. 4, p. 675, 1999.  
 [8] M. Noda, K. Hashimoto, R. Kubo, H. Tanaka, T. Mukaigawa, H. P. Xu, and M. Okayama, "A new type of dielectric bolometer mode of detector pixel using ferroelectric thin film capacitors for infrared image sensor, *Sens. Actuators A* Vol. 77, No. 1 p. 39, 1999.  
 [9] T. D. Binnie, H. J. Weller, Z. Q. He, and D. Setiadi, "An integrated 16x16 PVDF pyroelectric sensor array, *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Contr.* Vol. 47, No. 6, p. 1413, 2000.  
 [10] D. O. Andrew, and D. W. Kensall, "A 1024-element bulk-micromachined thermopile infrared imaging array", *Sens. Actuators A* Vol. 73, No. 3 p. 222, 1999.