

## 볼로미터 센서를 위한 비정질 실리콘 박막 연구

강태영, 양대준<sup>1</sup>, 김상모, 임성수<sup>1</sup>, 이홍기<sup>1</sup>, 김경환\*

경원대학교 대학원 전자전기공학과\*, (주)오카스 기업부설연구소<sup>1</sup>

### A study on amorphous silicon thin film for bolometer sensor

Tai-Young Kang, Dae-Joon Yang<sup>1</sup>, Sang-Mo Kim, Sung-Su Lim<sup>1</sup>, Hong-Ki Lee<sup>1</sup>, Kyoung-hwan Kim\*

Kyoungwon Univ.\*, OCAS Co. Ltd.<sup>1</sup>

**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 -3 %/K.

**Key Words :** Micro-bolometer, MEMS

### 1. 서론

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 야간 혹은 가시광 영상 센서로서 힘들었던 영상을 획득 할 수 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. 양자형 소자로는 PbS, HgCdTe, InSb, InAsSb, Ge 등의 물질이 사용되어지며 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 초점면배열 어레이로서 상용화가 가능하다. [1]

볼로미터의 적외선 흡수층 선택시 우선적으로 고려할 사항은 TCR이 크고 Noise가 작아서 높은 감지도를 얻을 수 있고 또한 물질 자체가 안정적이고 기존의 실리콘 공정과 호환이 잘되는 물질이어야 한다. 현재 개발되어 있는 혹은 개발 중인 볼로미터 물질로는 Vanadium oxide와 Titanium 그리고 비정질 실리콘 등이 있다. 그러나 Vanadium oxide는 박막의 산화물 특성이 매우 불안정하기 때문에 제작하기가 어렵고 반도체 공정과 완전히 호환되지 않는다는 단점이 있고 Titanium의 경우는 안정적인 물로 반도체 공정과도 호환이 잘 된다는 장점이 있지만 TCR 특성이 나쁘기 때문에 반도체 물질과 같은 정도의 감지도를 가지기 위해서는 높은 바이어스 전력을 가해야하는,

즉 전력 소비면에서 비효율적이라는 단점이 있다. 비정질 실리콘의 경우 박막형성 조건에 따라 TCR 조절이 용이하며 저온공정이 가능하다는 장점과 기존의 반도체 공정과 호환이 잘되고 제작이 쉽다는 특징이 있다. [2]

비정질 실리콘을 증착하기 위한 방법에는 여러 가지가 있지만 그 중 PECVD는 다른 증착방법에 비하여 저온에서 공정이 가능하다는 것과 증착된 박막내의 결함밀도가 낮아 양질의 박막 생산이 가능하다는 가장 큰 특징을 가지고 있다. [3]

본 논문은 비냉각형 적외선 센서의 흡수층 성능향상을 위한 연구로서, boron을 doping한 p-type 비정질 실리콘을 PECVD방법으로 증착하여 박막의 두께, 저항 그리고 TCR 특성을 분석하였고 최종적으로 비정질 실리콘을 이용한 마이크로 볼로미터를 제작하여 TCR 특성을 평가하였다.

### 2. 볼로미터의 적용을 위한 비정질 실리콘

a-Si 증착을 위한 gas로는 99.999%의 초고순도 He과 100% SiH<sub>4</sub>를 사용하였고 90%의 Ar으로 희석된 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> gas를 사용하였다. B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> gas의 농도에 따른 비정질 실리콘의 특성을 분석하기 위하여 7W와 10W의 두 파워를 선택하였고 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 기체를 0.6sccm에서 30sccm까지 농도별로 변화를 주어 증착하였다.

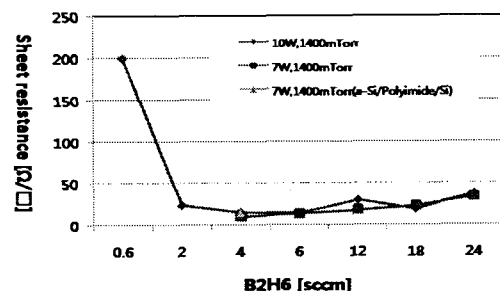


그림 1. 증착 파워 및 B2H6의 농도에 따른 면저항 특성

위의 그림은 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>의 농도 및 파워에 의한 a-Si의 면저항 값을 나타낸 것이다.

두 Power에서 모두 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>의 농도가 0.6sccm이 되면서 저항이 급격히 감소하였는데 이는 도핑된 boron의 양이 증가하면서 전하를 띤 carrier의 양이 증가하기 때문이다. 그러나 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 농도 4sccm을 기준으로 저항특성이 점점 완만한 경향을 보이다가 약 18sccm 이상이 되면서 저항이 다시 증가하는 경향을 보였다. B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 농도 4sccm에서 면저항 값은 최소값인 약 10MΩ/□의 값을 나타내었다. 또한 면저항의 uniformity의 경우 7W, 10W에서 측정된 면저항 값 모두 약 3%내외의 상당히 양호한 값을 나타내었다.

### 3. 비정질 실리콘 마이크로 볼로미터 제작

볼로미터 적외선 센서의 단면 구조는 그림 2와 같다.

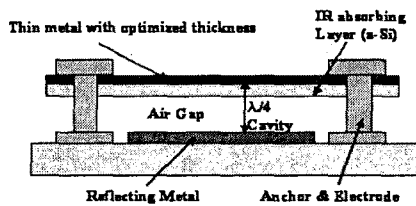


그림 2. 비정질 실리콘 볼로미터 픽셀 구조

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

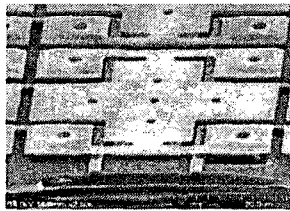


그림 3. 제작된 센서의 사진

우선 SiN<sub>x</sub> 기판 위에 스퍼터 (Sputter) 장비를 이용하여 약 200 nm의 Al을 증착시키고, 이를 식각하여 mirror 및 하부 전극을 제작하였다. 제작된 하부전극 위에 SOP(Spin on Polymer) 희생층을 도포하고, 그 위에 위의 실험결과를 바탕으로 PECVD를 이용하여 약 200 nm의 비정질 Si를 증착하였다. 다음으로 전극 및 앵커로서 Ti/Au를 형성하였으며, 마이크로 플라즈마 (Microwave plasma)를 이용하여 SOP 희생층을 제거하여 단위 픽셀 (pixel)을 완성하였다.

그림 3는 본 연구를 통하여 제작된 볼로미터형 적외선 센서의 사진이며, 이때 실온 25 °C에서 TCR은 약 3 %로 볼로미터로서의 적용 가능한 전기적 특성을 나타내었다. 또한 희생층의 전처리 공정을 통하여 캔틸레버 휨 현상을 제거 하였다. 아래의 그래프는 비정질 실리콘을 이용한 마이크로 볼로미터의 TCR 특성을 나타낸 것이다.

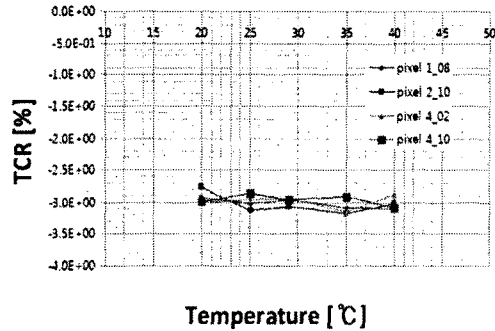


그림 4. 비정질 실리콘 볼로미터의 TCR 특성

### 4. 결론

본 연구에서 비정질 실리콘의 증착 gas 농도에 따른 면저항 특성은 4sccm에서 가장 낮은 값을 보였고 uniformity 역시 2% 내외의 아주 양호한 특성을 보였다. 위의 결과를 바탕으로 제작된 비정질 실리콘의 볼로미터의 저항 온도 계수 값인 TCR은 약 -3 %/K로 볼로미터 제작에 적합한 특성을 나타내었다.

향후, 고해상도 및 저노이즈 특성을 위해서 ROIC (ReadOut Integrated Circuit) 기판위에서 모놀리식 (Monolithic) 공정으로 제작된다면 고성능의 볼로미터 센서 제작이 가능 할 것이다.

### 참고 문헌

1. 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
2. R.A.Wood, "Uncooled thermal imaging with monolithic silicon focal planes" Proc. SPIE 2020, p. 322, 1993.
3. Yue Kuo, "Thin film Transistors" Kluwer Academic Publishers