

Poly-silicon IR source의 thermal stress 및 방사특성 평가

신규식*, 이대성*, 황학인**

전자부품연구원, 융합센서소재연구센터* 전자부품연구원, 융합부품연구본부**

Thermal stress and IR radiation of poly-silicon IR source

Kyu-Sik Shin*, Dae-Sung Lee*, Hak-In Whang**

Korean Electronics Technology Institute, Convergence Sensor & Device Research Center*

Korean Electronics Technology Institute, Convergence Components R&D Division**

Abstract - 본 연구에서는 적외선 가스 센서용 IR source에 대한 연구를 진행하였다. MEMS 공정을 이용하여 poly-silicon을 IR source의 발열체로 사용하였다. Chip size는 2×2mm 이며 membrane의 면적은 1×1mm로 설계, 제작 하였다. 제작된 IR source의 적외선 방출 특성을 적외선 카메라를 이용하여 관찰하였으며, 같은 온도에서의 thermal stress에 대한 관찰도 진행하였다.

1. 서 론

최근 들어 가스감지에 있어서 가스에 대해 비 반응성(non-reactive)을 갖고 있는 적외선을 이용한 감지기술의 사용이 증가하고 있다. 가스분자들은 상호 결합된 원자들로 구성되어 있기 때문에 결합에서 항상 일정 주파수로 진동과 회전의 운동이 진행되고 있다. 적외선을 방사하는 빔이 가스를 통과할 때 대부분의 가스 분자들은 그들 고유의 진동/회전 주파수에 의해 방사된 적외선을 흡수하기 때문에 이것을 이용해 가스의 성분을 분석해 낼 수 있다. 또한 적외선의 흡수도에 따라 gas 농도를 분석해 낼 수 있는 특징(Beer-Lambert's law)이 있다. 일반적인 IR source의 경우에는 기계적 방법이나 electro-optical 방법 등을 이용하여 발생시키지만 높은 입력전압, 정밀한 조작, 높은 생산비용 등과 같은 문제점이 있으며 이를 해결하고자 현재 MEMS 공정을 이용한 IR source에 대한 연구가 진행되고 있다. Poly-silicon IR source의 경우 일반적으로 2~6 μ m의 넓은 wave length를 갖고 있으며, CO₂ (4.25 μ m), CO (4.7 μ m), CH₄ (3.3 μ m) 등의 물질을 분석하기 적합하다. 또한, 낮은 소비전력을 갖고 있는 장점이 있다.

따라서 본 연구에서는 poly-silicon을 이용한 IR source를 제작하였으며, IR source의 온도에 따른 멤브레인의 휨 현상 및 IR 방출 특성을 관찰 하였다.

2. 본 론

2.1 design & fabrication

그림 1은 poly-silicon IR source의 개략도이다. 단일소자의 크기는 2×2mm로 설계 되었다. IR source의 열 방산을 막기 위하여 membrane 구조로 제작되었으며, membrane size는 1×1 mm로 설계 하였다. IR source의 재질로 2~6 μ m의 넓은 wave length를 갖는 poly-silicon을 선정했다.

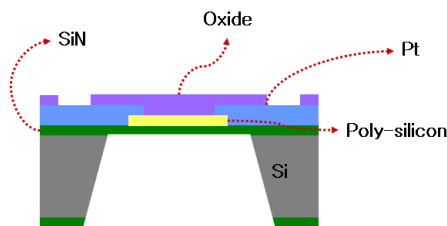


그림 1. poly-silicon IR source의 개략도

Poly-silicon IR source를 제작하기 위해 silicon wafer (100) 위에 LPCVD 공정을 이용하여 low stress silicon nitride 막을 1 μ m 두께로 증착을 하였다. 그 위에 LPCVD 공정을 이용하여 poly-silicon 막을 2000 Å 증착을 진행하였으며, poly-silicon의 저항을 조정하기 위하여 ion implant 공정을 이용하여 phosphorous를 주입했으며, 4-point probe를 이용하여 면저항 측정결과 100 Ω/\square 정도 나온 것을 확인하였다. RIE 공정을 이용하여 poly-silicon을 patterning 한 후, Pt를 sputtering 공정으로 2000 Å정도 증착 후 patterning 하였다. 그 위에 IR source의 구동 중 poly-silicon의 산화를 막기 위하여 low stress oxide를 PECVD 장비를 이용하여 2000 Å 증착하였다. IR source에 전력을 공급하기 위한 전극을 형성하기 위하여 oxide의 부분적 etching을 진행하였다. 이렇게 제작된 poly-silicon IR source의 thermal isolation을 위하여 deep RIE 공정을 이용하여 back side etching을 진행하였다.

그림 2는 제작된 poly-silicon IR source의 개별소자이다. 보는 바와 같이 device의 가운데 1 μ m 두께의 silicon nitride membrane이 양호하게 형성된 것을 확인 할 수 있으며, 그 위에 poly-silicon IR source가 형성된 것을 확인 할 수 있다.

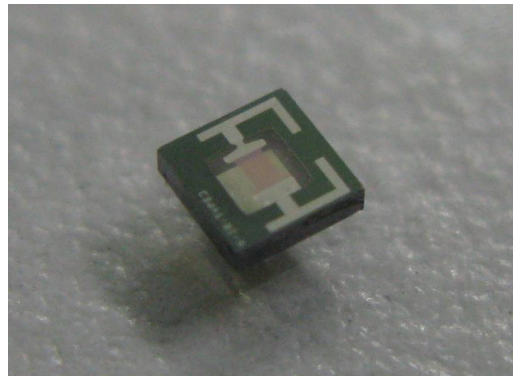
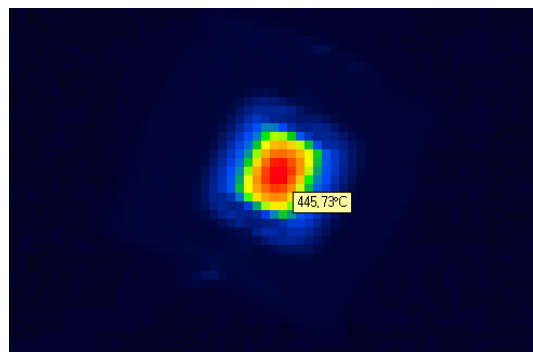
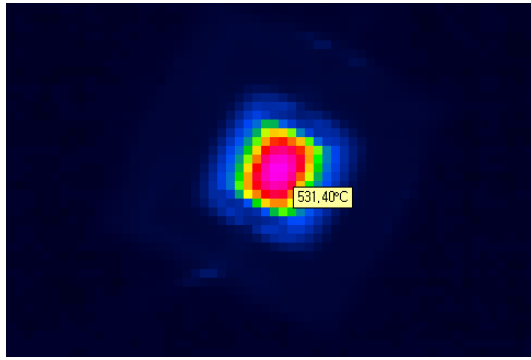


그림 2. 제작된 poly-silicon IR source

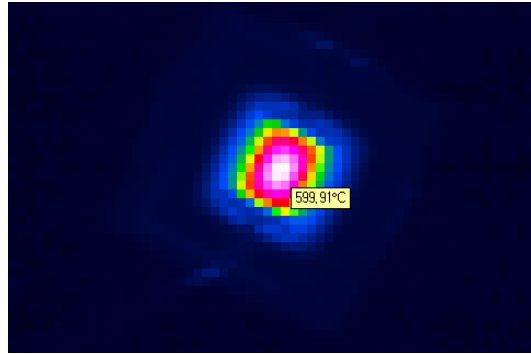
2.2 IR source의 IR 방사 특성 및 thermal stress 측정



(a)



(b)

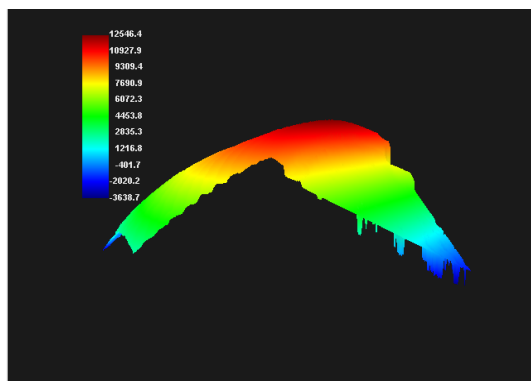


(c)

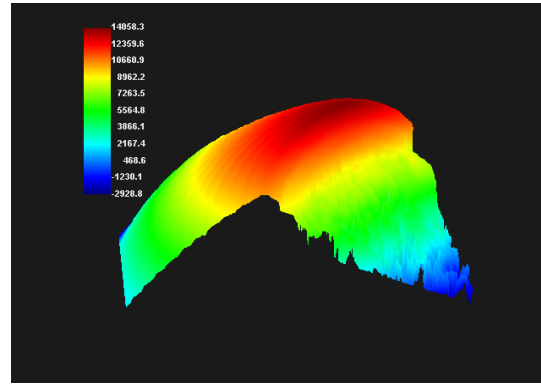
그림 3. 적외선 카메라를 이용한 적외선 IR source의 IR 방출 특성 ((a) 450°C, (b) 530°C, (c) 600°C)

그림 3은 제작된 poly-silicon IR source의 방출된 적외선을 이용하여 온도를 측정된 data이다. 실험에 사용된 적외선 장비는 JENOPTIK사의 열화상 카메라를 이용하였으며, IR source로부터 방출된 적외선을 감지하여 소자 표면의 방사계수를 이용하여 소자의 온도를 측정하도록 되어 있다. 이때 입력전압은 각각 5V, 5.5V, 6V로써 입력전압이 증가함에 따라 소자의 적외선 방출이 증가하는 것을 확인 할 수 있으며, 소자의 중앙부에서의 적외선 방출이 높은 것을 확인 할 수 있다. 이러한 온도의 불균일성은 thermal stress를 유발시켜 소자의 신뢰성에 치명적인 문제점을 발생시킬 것으로 판단된다. 따라서 소자 내에서의 적외선 방출의 균일도를 높이기 위해서 poly-silicon 저항체의 형태를 보완하는 것이 차후에 고려되어야 할 것으로 판단된다.

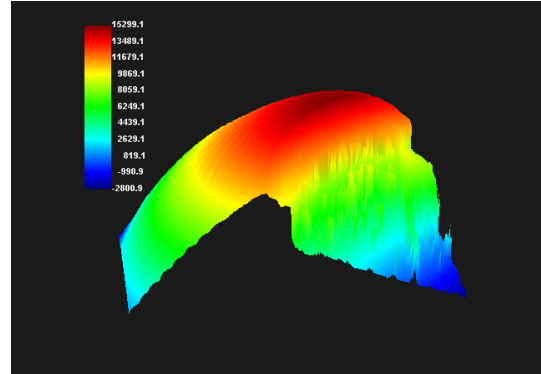
그림 4는 각 온도에 따른 membrane의 휨 정도를 3D profiler를 이용하여 측정한 결과이다. 소자의 온도가 증가함에 따라 membrane의 변위량은 12 μ m, 14 μ m, 15 μ m로 증가되는 것을 확인할 수 있으며, 이것은 그림 3에서 보았던 소자 내에서의 온도의 불균일성에 의해 발생된 thermal stress에 의한 것으로 판단된다. 또한 이렇게 발생된 열변형에 의한 poly-silicon의 passivation layer로 사용된 oxide 막이 파괴가 되며 고온에서 노출된 poly-silicon이 산화되어 poly-silicon IR source의 성능이 저하될 것으로 판단된다.



(a)



(b)



(c)

그림 4. 온도에 따른 poly-silicon IR source의 변형 ((a) 450°C, (b) 530°C, (c) 600°C)

3. 결 론

본 연구에서는 gas sensor에 사용되는 IR source를 설계 제작하였으며, heating element로 poly-silicon을 사용하였다. 제작된 poly-silicon IR source 적외선 방출 특성을 확인하였으며, 동작 온도에 따른 silicon nitride membrane의 thermal displacement를 확인하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] N.C.Das, C.Monroy, D.Robinson, M.Jhabvala, "Design and fabrication of low power polysilicon sources", *Solid-State Electronics* 43 pp. 1239-1244, 1999
- [2] Thierry Corman, Edvard Kalvesten, Matti Huiku, Kuret Weckstrom, Pekka Tuomo Merilainen, and Goran Stemme, "An Optical IR-Source and Co₂-Chamber System for CO₂ Measurements", *Journal of MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS*, Vol. 9, No. 4, December, pp.509-516, 2000
- [3] Tohru Nomura, Yuki Fujimori, Maki Kitora, Yoshinobu Matsuura, Isao Aso, "Battery operated semiconductor Co sensor using pulse heating method",
- [4] Jae Suk Lee, Jong Wan Park, Sang Mo Shin, "Fabrication of a micro gas sensor using thin film process and Si anisotropic etching techniques", *Sensors and Actuators B B45* pp. 265-269, 1997

[감사의 글]

본 연구는 경기도의 경기도지역협력연구센터(GRRC) 사업의 일환으로 수행하였음. [(GRRC-전품연)]