

## 금속박막형 압력센서의 제작

### Fabrication of Metal Thin-Film Type Pressure Sensors

최성규\*, 김병태\*\*, 남효덕\*, 정귀상\*\*

Sung-Kyu Choi\*, Byung-Tae Kim\*\*, Hoy-Duck Nam\*, Gwi-Yang Chung\*\*

#### Abstract

This paper presents the characteristics of metal thin-film pressure sensors. The micro pressure sensors consists of a chrom thin-film, patterned on a Wheatstone bridge configuration, sputter-deposited onto thermally oxidized Si wafer an aluminium interconnection layer. The fabricated micro pressure sensors shows a low temperature coefficient of resistance, high-sensitivity, low non-linearity and excellent temperature stability. The sensitivity is 1.16~1.21 mV/V · kgf/cm<sup>2</sup> in the temperature range of 25~100°C and the maximum non-linearity is 0.21 %FS.

**Key Words(중요용어)** : 저항온도계수(TCR; temperature coefficient of resistance), 감도온도계수(TCS; temperature coefficient of sensitivity), 비선형성(non-linearity), 게이지율(gauge factor)

#### 1. 서 론

최근 압력센서는 가전제품을 비롯하여 자동차, 의료기기, 환경 설비와 산업체의 대규모 시스템 제어에 이르기까지 그 응용분야가 광범위하다. 한편, 고온, 고압, 습도, 진동 등의 환경에서도 사용할 수 있는 소형, 경량, 저가격의 압력센서가 요구된다. 압력 혹은 하중 측정용 금속박막형 압력센서는 종래의 박 게이지(foil gauge)와는 달리 접착제를 필요로 하지 않기 때문에 크리프 현상이 적고 안정성이 우수하다. 또한, 기존의 파이프나 드럼 같은 용기안의 가스나 액체의 압력을 측정하는 로드셀보다도 미세한 맥동으로 인한 압력변화와 고온에서도 아주 우수한 선형성과 뛰어난 감도를 가지고 있어 기존의 압력변환기로는 제어가 불가능한 고온, 고압, 고정도의 물질을 취급하

는 곳에서의 특수 목적으로 공정제어가 가능하며, 100mmHg 이하의 저압까지도 감지가 가능하기 때문에 자동차 및 메카트로닉스 산업분야의 고정밀, 소형, 고감도, 고온용 저가격의 압력 및 하중센서로 널리 사용 가능하다.<sup>1-2)</sup>

금속박막형 압력센서의 스트레인 게이지의 재료로는 Au-Ni합금<sup>3)</sup>, Mn<sup>4)</sup>, NiCr합금<sup>5)</sup>, Bi-Sb<sup>6)</sup>, Cu-Ni계 합금<sup>7)</sup> 등이 사용되고 있으나, 낮은 게이지율(gauge factor)과 비저항을 가지므로 센서의 감도가 작고, 소형화가 어렵다. 그리고, 전형적인 반도체 스트레인 게이지들은 높은 게이지율과 비저항값을 가지나, 150°C 이상에서는 사용할 수 없다. 그래서, 고온에서 사용될 수 있는 스트레인 게이지로서 SiC와 Poly-Si<sup>8-10)</sup>과 같은 다른 반도체 물질들이 연구 개발되고 있지만, 재현성이 나쁘다.<sup>2)</sup>

반면, 크롬은 다른 재료들에 비해 비교적 큰 전기저항값을 가지며 기관의 종류에 관계없이 접착성이(adhesion)이 우수하고, 높은 입력감도와 게이지율을 가지기 때문에 스트레인 게이지의 재료로써 유용하다.<sup>11-12)</sup>

따라서, 본 연구에서는 고온, 고압 등의 극한 환경

\* 영남대학교 전자공학과

(경상북도 경산시 대동 214-1번지)

\*\* 동서대학교 정보통신공학부

(부산광역시 사상구 주례동 산 69-1번지, Fax :

051-320-2122, E-mail : gschung@dongseo.ac.kr)

에서도 사용가능한 소형, 경량, 고성능, 저가격, 집적화가 가능한 압력 및 하중센서를 개발하기 위하여 마이크로머시닝기술에 의해서 제조된 제작한 실리콘 멤브레인위에 크롬박막 스트레인 게이지를 휘스톤 브리지형으로 증착하여 금속박막형 압력센서를

제작하였다. 압력에 따른 저항 변화율 및 온도변화에 따른 특성 변화를 분석·평가하였다.

## 2. 실험

그림 1은 크롬박막형 압력센서의 제작 공정 순서를 나타낸 것이다. 본 연구에서는 비저항이 약 4~5Ω cm, 두께 720μm의 p(100)으로 열산화막을 5000Å 성장된 Si기판 사용하였다. 먼저, TMAH 수용액 20 wt.%, 80℃에서 Si기판을 이방성 식각하여 멤브레인을 제작하였다. 멤브레인의 크기는 1.43×1.43mm, 두께는 40μm로 하였다. 스트레인 게이지로 사용되는 크롬박막은 고주파 스퍼터링으로 3500Å 증착시켰으며, 브릿지를 연결하는 path로 사용될 Al과 전극으로 사용될 Au를 증착하였다. 표 1은 Cr 박막의 증착 및 열처리 조건을 각각 나타낸 것이다. 여기서, 압저항 하나의 크기는 30μm × 500μm, 저항은 200Ω으로 설계하였으며, 제작된 압력센서는 quartz tube furnace를 이용하여 N<sub>2</sub> 분위기에서 300℃, 48시간 열처리를 한 후, Si기판과 EDM<sup>[13]</sup> 기술을 이용하여 glass hall을 만든 파이렉스 유리기판을 450℃, 1000 V하에서 양극접합기술에 의해 접합하고, 패키징하였다.

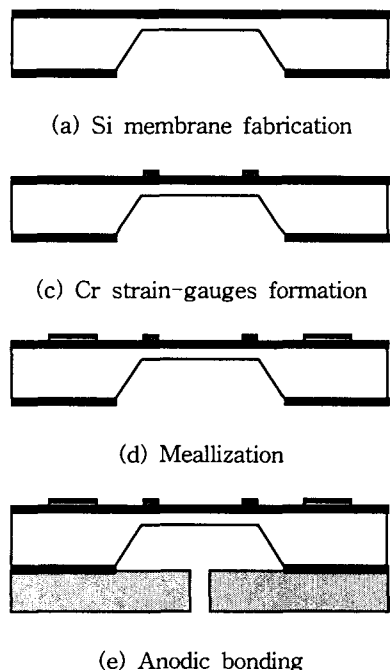
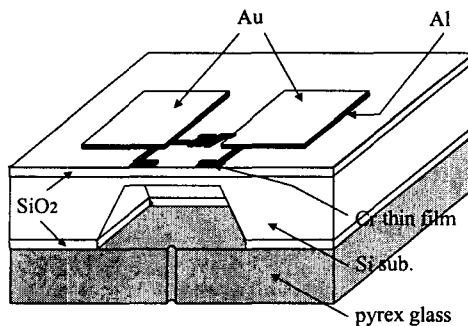


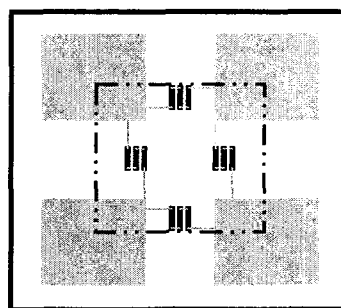
그림 1. 금속박막형 압력센서의 제작 공정 순서.

Table 1. Deposition and annealing conditions of Cr thin-films, respectively<sup>[13-14]</sup>

Deposition conditions	Parameter
Target	Cr 2" diameter
Power	140 W
Target-substrate distance	6 cm
Working gas	Ar 35 sccm
Substrate Temp.	Room Temp.(27℃)
Vacuum	9 mTorr
Annealing Time	48 hr
Annealing Temp.	300℃



(a)



(b)

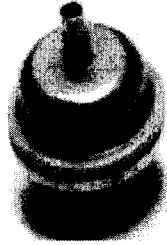


그림 2. 제작된 금속박막형 압력센서의 (a) 단면도, (b) 평면도, (c) 패키징된 사진.

그림 2는 제작된 금속박막형 압력센서의 단면도, 평면도 그리고 패키징된 사진을 각각 나타낸 것이다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 3은 제작된 금속박막형 압력센서의 압력에 대한 출력전압의 변화를 25~100℃까지의 온도변화에 따라 각각 나타낸 것이다. 브리지에 10V의 정격 입력전압을 인가하고, 0~2 kgf/cm<sup>2</sup>의 압력범위에서 출력전압을 측정하였다. 100℃의 온도범위내에서 온도가 증가하여도 압력 대 출력전압의 값은 거의 일정한 값을 가진다. Si 압저항형 압력센서<sup>[16]</sup>의 경우, 저항온도계수(TCR; temperature coefficient of resistance)가 -2000 ppm/℃ 정도로 높기 때문에 온도 특성이 나쁜 것으로 알려져있다. 본 연구에서 크롬박막을 압저항으로 사용한 브리지 저항의 TCR은 -207~-222 ppm/℃로 대단히 낮기 때문에 압저항형 압력센서에 비해서 압력센서의 온도특성이 우수하다.

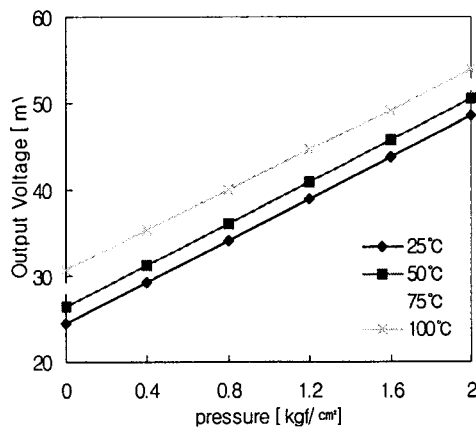


그림 3. 금속박막형 압력센서의 인가압력에 따른 온도별 출력 전압(정격 입력전압 : 10 V).

그림 4는 제작된 금속박막형 압력센서의 온도 변화에 따른 TCR 및 감도온도계수(TCS; temperature coefficient of sensitivity)를 나타낸 것이다. Cr 박막은 비교적 큰 전기저항값을 가지며 높은 게이지율을 가지므로 압력감도 또한 높은 값을 가졌다. 25℃에서 압력감도는 1.21mV/V · kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타났는데, 온도가 증가할수록 감도는 약간 감소하여 100℃에서의 압력감도는 1.16mV/V · kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타났다. 이렇게 감도가 감소하는 이유는 크롬박막의 negative 저항온도계수 때문에 온도가 증가하면 브리지 저항이 감소하기 때문이다.

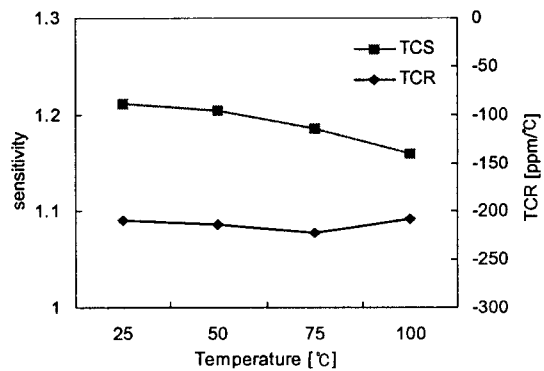


그림 4. 금속박막형 압력센서의 TCR과 TCS 변화.

그림 5는 제작된 금속박막형 압력센서의 온도 변화에 따른 비선형성을 나타낸 것이다. 입력전압이 10 V일때, 브리지 출력전압의 비선형성은 온도 25℃에서 0.05~0.21 %FS로 매우 낮게 나타났으며, 100℃의 범위내에서의 압력센서의 비선형성도 안정적인 값을 나타내었다.

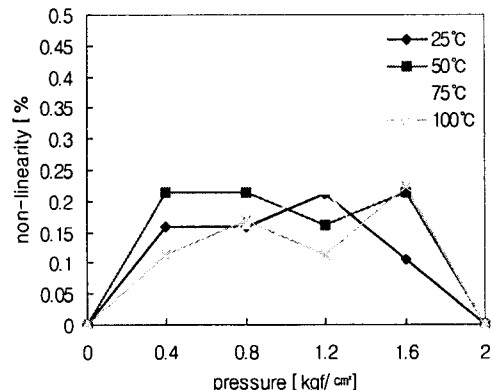


그림 5. 금속박막형 압력센서의 비선형성.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 마이크로머시닝기술에 의해서 제조된 Si 멤브레인상위에 크롬박막을 스트레인 게이지로 사용한 금속박막형 압력센서를 제작하여 그 특성을 분석·평가하였다. 크롬박막의 높은 비저항값과 게이지율 때문에 브리지 입력전압이 10 V일때, 25~100°C 범위내의 출력 감도는 1.16~1.21 mV/V·kgf/cm<sup>2</sup>로 높게 나타났으며, 비선형성은 0.05~0.21 %FS로 매우 선형적으로 나타났다. 또한, 낮은 TCR 값을 가지므로 온도변화에 대한 감도 및 비선형성도 매우 안정적으로 나왔다.

Si 멤브레인위에 크롬박막을 압저항으로 이용한 금속박막형 압력센서는 기존의 스트레인이 게이지를 이용한 로드셀에 비해서 재현성, 소형화, 집적화 그리고 저가격화가 가능하다. 또한, 압저항형 반도체식 압력센서에 비해서는 감도는 낮지만, 온도특성이 우수하다.

따라서, 개발된 금속박막형 압력센서는 고온, 고압 등의 극한 환경에서도 사용이 가능한 소형, 경량, 고성능, 저가격, 집적화가 가능한 압력 및 하중센서로 사용 가능할 것으로 기대된다.

#### 5. 참고 문헌

- [1] I. Obieta and F. J. Gracia, "Sputtered Silicon Thin-Film for Piezoresistive Pressure Microsensors", *Sensors & Actuators*, 41, pp. 521~688, 1994.
- [2] I. Ayerdi, E. Castano, A. Gracia, F. J. Gracia, "Characterization of Tantalum Oxy-nitride Thin-films as High-temperature Strain Gauges", *Sensors & Actuators A*, 46, pp. 218~221, 1995.
- [3] K. Rajanna, S. Mohan, M. M. Nayak, N. Gunasekaran and A. E. Muthunayagam, "Pressure Transducer with Au-Ni Thin-Film Strain Gauges", *IEEE Trans. Electron Devices*, 40, pp. 521~524, 1993.
- [4] K. Rajanna, S. Mohan, "Thin-Film Pressure Transducer with Manganese Film as The Strain Gauge", *Sensors & Actuators A Vol. 24*, pp. 35~39, 1990.
- [5] W. Hongye, L. Kun, A. Zhichou, W. Xu and H. Xun, "Ion-beam Sputtered Thin-Film Strain Gauge Pressure Transducers", *Sensors & Actuators*, Vol. 35, pp. 265~268, 1993.
- [6] S. Sampath and K.V. Ramanaiyah, "Behaviour of Bi-Sb Alloy Thin-Film as Strain Gauges." *Thin Solid Films*, vol. 137, pp. 199~205, 1986.
- [7] H. Konishi, T. Suzuki and M. Utsunomiya, "Constantan Thin-Film Strain Gauge Load cell", *Tech. Digest of the 9th sensor symposium*, pp. 149~152, 1990.
- [8] V. Mosser, J. Suski, and J. Goss. "Piezoresistive pressure sensors based on polycrystalline silicon", *Sensors & Actuators A*, vol. 28, pp. 113~132, 1991.
- [9] R. Schellin and G. Hess, "A silicon subminiature microphone vased on piezoresistive polysilicon strain gauges", *Sensors & Actuators A*, vol. 32, pp. 555~559, 1992.
- [10] H. Schafer, V. /Graeger and R. Kobs, "Temperature-independent pressure sensors using polycrystalline silicon strain gauges", *Sensors & Actuators*, vol. 17, pp. 521~527, 1989.
- [11] Y. Iwasaki, et, al, "Cr thin film strain gauge", *Tech digest of the 8th senser symposium*, pp. 37~40, 1989.
- [12] A. Garcia-Alonso, et, al, "Strain sensitivity and temperature influence on sputtered thin-film for Piezoresistive sensors", *Sensors & Actuators A*, 37, pp. 784~789, 1993.
- [13] 정귀상, 홍석우 "전기화학적 방전법에 의한 #7740 유리기판의 미세가공에 관한 연구", 한국전기전자재료학회지 vol. 12, pp. 488~491, 1999.
- [14] 김정훈, 정귀상, "크롬박막 스트레인게이지의 제작과 그 특성", 한국전기전자재료학회 추계학술대회논문집, pp. 343~346, 1997.
- [15] 강경두, 정귀상, "크롬박막 스트레인 게이지의 열처리 특성", 대한전기학회 하계학술대회논문집, pp. 1540~1542, 1998.
- [16] 박진성, 정귀상, "TMAH/IPA/pyrazine 용액에서 전기화학적 식각정지법에 의해 제작된 압력센서의 특성", 한국센서기술학회대회 논문집, pp. 394~399, 1998.