

## 수송기계 엔진용 3C-SiC 마이크로 압력센서의 제작

한기봉, 정귀상

울산대학교 전기전자정보시스템공학부

### Abstract

This paper describes on the fabrication and characteristics of a 3C-SiC (Silicon Carbide) micro pressure sensor for harsh environment applications. The implemented micro pressure sensor used 3C-SiC thin-films heteroepitaxially grown on SOI (Si-on-insulator) structures. This sensor takes advantages of the good mechanical properties of Si as diaphragms fabricated by D-RIE technology and temperature properties of 3C-SiC piezoresistors. The fabricated pressure sensors were tested at temperature up to 250°C and indicated a sensitivity of 0.46 mV/V\*bar at room temperature and 0.28 mV/V\*bar at 250°C. The fabricated 3C-SiC/SOI pressure sensor presents a high-sensitivity and excellent temperature stability.

### 1. 서 론

대부분의 산업분야에서 사용되는 압력센서는 동작의 안정성과 재현성, 그리고 높은 신뢰성이 요구된다. 또한, 최근에는 고온, 고압 등의 극한 환경에서 사용되는 소형, 경량의 압력센서가 요구되고 있다. 높은 신뢰성과 동작의 안정성, 고정밀도, 저렴한 가격 및 재현성이 필수적으로 요구된다. 특히, 최근에는 고온, 고압, 습도 및 진동 등의 열악한 환경에서도 사용할 수 있는 소형, 경량, 저가격의 압력 및 하중센서가 요구되고 있다 [1-2]. 이러한 극한 환경에서도 사용될 수 있는 압력센서의 제작을 위해서는 입력 감지부의 선택이 매우 중요하다. 로드셀의 경우, 감도가 낮고 신뢰성과 안정성이 나빠져 소형, 집적화와 대량생산이 어렵다. 또한, 마이크로머시닝기술로 제작된 Si 압저항형 압력센서의 경우 고감도, 고신뢰성과 함께 안정성이 우수하며, 소형, 경량, 집적화 및 대량생산이 가능하다. 그러나, 120°C 이상의 온도에서는 사용할 수 없다 [3]. 또한, SOI (Si-on-insulator) 구조를 이용한 경우, Si 소재 자체의 한계로 인하여 SOI는 주로 저 전력 고온소자로 제한되고 있다 [4]. 이를 극복하기 위해 고온, 방사성, 부식성 열전도, 내전압뿐만 아니라 기계적 특성이 매우 우수할 뿐만 아니라 Si 마이크로머시닝이 쉽게 적용 가능한 Si기판 위에 이중결정성장된 3C-SiC (Silicon Carbide)가 크게 주목 받고 있다 [5].

따라서, 본 연구에서는 압저항의 누설을 막기 위해 SOI 구조 위에 3C-SiC를 성장시킨 3C-SiC/SOI 구조를 이용하여 3C-SiC를 압저항으로 형성하고 후면 식각으로 다이어프램을 형성한 3C-SiC 압저항형 압력센서의 제작 및 특성을 분석하였다.

### 2. 설계 및 제작

표 1은 본 연구에서 설계한 압력센서의 설계사양이며 다이어프램은 감도 특성이 개선되는 센터 보스형으로 하였으며 압저항의 크기를 조절하여 각 압저항의 저항이 10 KΩ의 저항을 가지도록 설계하였다. 사용된 기판은 SDB SOI기판에 단결정 3C-SiC를 이중성장시킨 3C-SiC/SOI 기판을 사용하였다.

그림 1은 3C-SiC 압력센서의 제작공정을 도식적으로 나타낸 것이다. 3C-SiC/SOI 구조는 SOI 기판 위에 CVD법으로 2 um 두께의 3C-SiC를 성장시켰으며 성장된 3C-SiC는 거울 면과 같은 단결정의 3C-SiC가 성장되었다 [6]. 압저항 형성은 SiC에 식각 마스크로 Al을 사용하여 SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>(20%) 가스 분위기에서 RF power 200 W를 인가하여 RIE로 식각하였다. 식각 후, 압저항과 식각된 기판간의 step-coverage를 줄이기 위해 산화막을 증착하였다. 또한, 배선부로는 열적으로 안정하고 SiC와 매우 낮은 접촉저항과 Omic 특성을 가지는 TiW [7]을 이용하여 각 압저항을 브릿지 연결하였고, Au를 전극부로 형성하였다.

| 항 목                           | 사 양                         |
|-------------------------------|-----------------------------|
| • Chip size                   | 5.0 × 5.0 mm <sup>2</sup>   |
| • Diaphragm thickness         | 60 μm                       |
| • Diaphragm size(radius)      | 1415 μm                     |
| • Center-boss size(radius)    | 450 μm                      |
| • Resistance of Piezoresistor | 10 kΩ                       |
| • Piezoresistor size          | 20 × 200 μm <sup>2</sup>    |
| • Piezoresistor thickness     | 2 μm                        |
| • Pressure range              | 0 ~ 10 kg f/cm <sup>2</sup> |
| • Supply voltage              | + 5 V                       |

Table 1. Design specifications of the pressure sensor

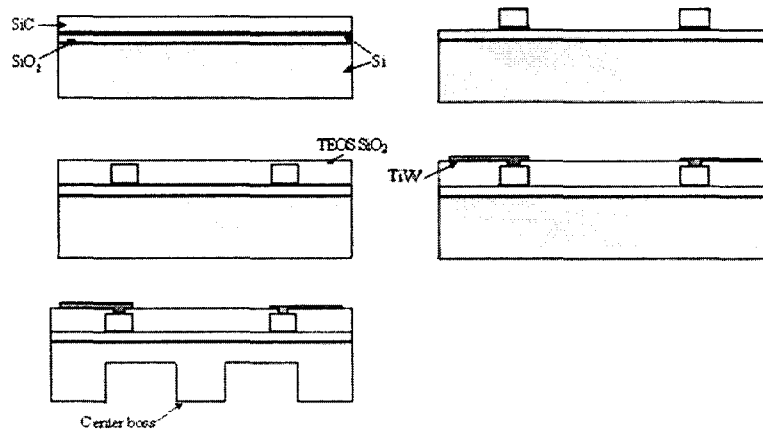


Fig. 1 Fabrication process flow of the 3C-SiC pressure sensor.

또한, 다이어프램은 Si D-RIE 공정을 이용하여 60 μm의 두께로 형성하였으며 감도의 향상을 위해 센터보스를 가지는 다이어프램으로 제작하여 압력센서의 특성을 분석 및 평가하였다.

| Deposit conditions        | range                       |
|---------------------------|-----------------------------|
| Target                    | TiW 2" diameter             |
| RF Power                  | 200 W                       |
| Substrate                 | SiC                         |
| Target-substrate distance | 8 cm                        |
| Working gas               | Ar : 20 sccm                |
| Substrate Temperature     | Room Temp.(60 ~ 80℃)        |
| Working pressure          | 5.0 × 10 <sup>-2</sup> Torr |

Table 2. Deposition conditions of thin films of TiW

그림 2는 TO-5로 패키징된 3C-SiC 압력센서의 capping 전 후의 사진이다.

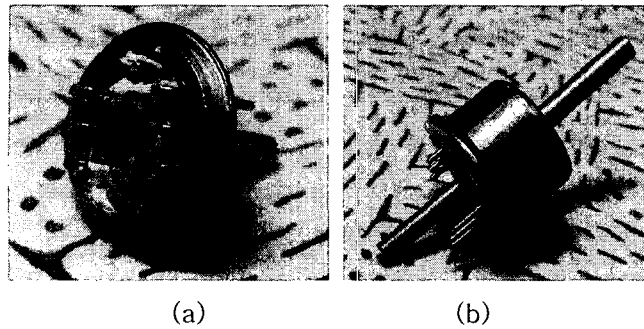


Fig. 2 Photographs of (a) before capping and (b) after capping of the 3C-SiC pressure sensor after packaging of the To-5.

### 3. 결과 및 고찰

그림 3은 제작된 3C-SiC 압저항형 압력센서를 실온에서 인가압력에 따른 출력전압 변화를 측정한 것이다. 브릿지 저항에 5 V의 전압을 인가하고 0~10 bar의 범위에서 특성을 측정하였다. 제작한 압력센서는 매우 선형적인 0.46 mV/V\*bar의 감도 특성을 얻을 수 있었다.

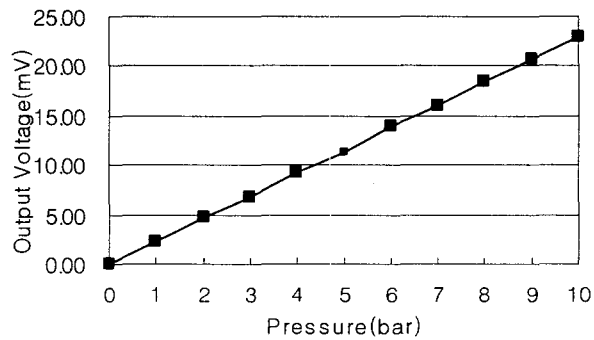


Fig. 3 Output characteristic of 3C-SiC pressure sensors according to applied pressure.

그림 4는 25 ~250°C의 온도 범위에서 제작된 3C-SiC 압력센서의 압력에 대한 출력 전압 특성을 나타낸 것이다. 온도가 증가함에 따라 gauge factor의 감소로 인하여 감도가 떨어지나 온도에 따른 출력이 매우 선형적임을 알 수 있다.

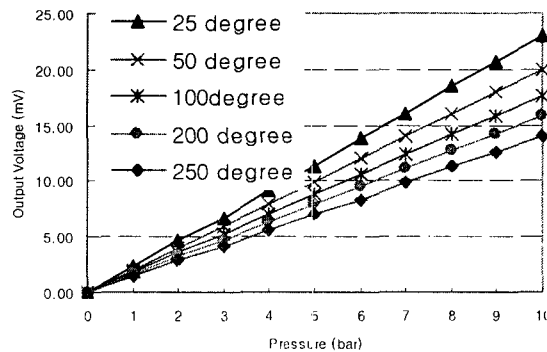


Fig. 4 Temperature characteristics of fabricated 3C-SiC pressure sensor according to applied pressure.

그림 5는 온도에 따른 감도의 온도 의존성을 나타낸 것이다. 250°C에서의 감도는 실온에서의 감도에 비해 약 60%의 값을 가진다. 이는 SiC gauge factor의 온도 의존성을 나타내고 있는 것이다.

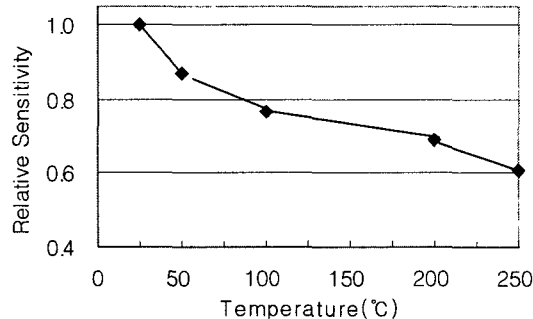


Fig. 5 Temperature dependences of sensitivity of the fabricated 3C-SiC pressure sensor.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 마이크로머시닝기술을 이용하여 SOI 기판상의 3C-SiC를 압저항으로 이용하여 3C-SiC 압력센서를 제작하여 그 특성을 분석하였다. 제작된 3C-SiC 압력센서에 전압을 인가하였을 때 25 ~250°C의 온도 범위에서 출력 감도는 0.46 ~ 0.28 mV/V\*bar로 고온에서도 감도와 선형성이 매우 우수하였다. 따라서, SOI기판상의 3C-SiC 압저항을 이용한 3C-SiC 압력센서는 고온, 고압 등의 극한 환경에서도 사용 가능한 소형, 경량 및 고성능의 압력센서로 이용 가능할 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 연구는 교육인적자원부의 BK21사업과 울산대학교 NARC 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

- [1]. I. Obieta and F. J. Gracia, "Sputtered silicon thin film for piezoresistive pressure microsensors", *Sensor & Actuators A*, vol 41, pp. 521-528, 1994.
- [2]. G. S. Chung, J. H. Seo, and C. S. Park, "Characteristics of chromium nitride thin-film strain gauges" *J. of KIEEME*, vol 12, pp. 618- 623, 1999.
- [3]. T. Ishihara, K. Suzuki, S. Suwazono, M. Hirata, and H. Tanigawa, "CMOS integrated silicon pressure sensor", *IEEE J. Solid-State Circuit*, vol. SC-22, pp. 151-156, 1987.
- [4]. G. S. Chung and K. D. Kang, "The Fabrication of a SDB SOI Substrate by Electrochemical Etch- stop", *J. of KIEEME*, vol. 13, pp. 431-436, 2000.
- [5]. M. Mehregany, C. A. Zorman, S. Roy, A. J. Fleischman, C. H. Wu and N. Rajan, "Silicon carbide for microelectromechanical systems" *Int. Materials Reviews*, vol. 45, pp. 85-106, 2000.
- [6]. G. S. Chung, Y. S. Chung and S. Nishino "Physical Characteristics of 3C-SiC Thin- films Grown on Si(100) Wafer", *J. of KIEEME*, vol. 15, pp. 953-957, 2002.
- [7]. G. S. Chung and S. Y. Chung, "Ohmic contact formation of single crystalline 3C-SiC for high temperature MEMS applications" *J of the Korean Sensors Society*, vol. 14, pp. 131-135, 2005.