

RuO₂ 후막저항을 이용한 압력센서의 출력특성 개선

이성재, 박하용*, 민남기**
대림대학, 삼척대학교*, 고려대학교**

Sensing Mechanism Property of RuO₂ Thick Film Resistor.

Seong-Jae Lee, Ha-Young Park* and Nam-Ki Min**
Daelim College, Sam Chuk Univ.*, Korea Univ.**

Abstract : Thick film mechanical sensors can be categorized into four main areas piezoresistive, piezoelectric, capacitive and mechanic tube. In this areas, the thick film strain gage is the earliest example of a primary sensing element based on the substrates. The latest thick film sensor is used various pastes that have been specifically developed for pressure sensor application.

Some elastic materials exhibit a change in bulk resistivity when they are subjected to displacement by an applied pressure. This property is referred to as piezoresistivity and is a major factor influencing the sensitivity of a piezoresistive strain gage. The effect of thick film resistors was first noticed in the early 1970, as described by Holmes in his paper in 1973.

Key Words : Thick film, sensing element, piezoresistivity, strain gage, RuO₂

1. 서 론

본 논문에서는 세라믹 다이어프램을 이용한 후막 압력 센서(Thick Film Pressure Sensor fabricated on Ceramic Diaphragm)에 관한 연구로 센서의 출력특성 개선에 대해서 제안한다. 수압부로 사용되는 세라믹 다이어프램(ceramic diaphragm)위에 RuO₂를 주 성분으로 하는 후막 저항(thick film resistor : DHR7313)을 형성시키고, 다이어프램 이면에 압력을 인가시킴으로써 다이어프램의 미소 변형을 후막의 저항변화로 검출하는 piezoresistive 효과를 이용하는 방식이다[1~4].

후막저항 기술은 1970년 초에 처음으로 소개되었고 1973년 Holmes에 의해서 발표되기 시작하였으며, HIC(hybrid circuits) 기술의 발전과 함께 1970년 중반부터 많은 관심을 불러일으켰다. HIC는 반도체 소자와 후막 저항 소자, 아날로그 IC 그리고 다른 소자들로 구성되어 있다. 후막저항의 접착(deposition)은 여러 가지 방식에 따라 특성이 다르게 나타나는 데, 그 중에서 스크린 프린팅은 실크 인쇄(주로 광고 판넬, 셔츠, 연필 등에 사용됨)라고 불리는 그래픽 기술의 양산 과정에서 사용되고 있으며 오래된 기술 중의 하나이다.

일반적으로 후막의 HIC 기술은 단순하고 견고하며 저가이므로 TV, 계산기, 전화기, 자동차의 전장품 등에 사용되고 있으며, 높은 신뢰성을 갖추고 있으므로 항공기, 군사용 제어기기(미사일 제어기기 등)에 이르기까지 넓은 범위로 적용되어 왔다. 특히 스트레인 게이지의 성능은 제 2차 세계대전 중에 항공기의 동체 또는 날개에 접착하여 사용되면서 유체의 흐름에 대한 연구와 제어 분야에 큰 발전을 이룩하였다.

2. 이론적 해석

2.1 응력과 변형

일반적으로 응력은 σ 의 기호로 표시하며, AB단면의 면적을 A라고 하면

$$\sigma = \pm \frac{P}{A} \quad (1)$$

의 관계가 성립한다. 그림은 생략하였다. 여기서 P가 인장하중이면 응력 σ 는 인장응력(tensile stress)이라고 부르고 +로 나타내며, P가 압축하중이면 압축응력(compressive stress)이라 하고 -부호로 구별하여 나타낸다. 또, 이 응력은 생략된 그림 AB 단면에 수직으로 생기므로 총칭하여 수직응력(normal stress)이라고 한다. 현재, 응력의 단위는 공학단위(kgf/mm²)와 SI(MPa)를 병행하여 사용되고 있는 데 단위 환산표를 사용하여 적용하고 있다.

기본적으로 시료의 축 방향에 대하여 경사된 단면을 A'B'라고 하면 A'B'단면에도 일정한 응력 ρ 가 분포된다. 지금 단면 A'B'의 면적을 A', 단면 AB의 면적을 A라하고, 두 면적 사이의 각을 θ 라 하면 $A' = A/\cos\theta$ 이다. 그러므로 A'B'에 가해진 응력 ρ 는

$$\rho = \frac{P}{A'} = \frac{P}{A} \cos\theta = \sigma \cos\theta \quad (2)$$

이다. 응력 ρ 를 단면에 수직 방향의 성분 σ_n 와 접선 방향의 성분 τ 로 분해하면

$$\tau = \rho \sin\theta = \sigma \sin\theta \cdot \cos\theta = \frac{1}{2} \sigma \sin 2\theta \quad (3)$$

로 된다. 여기서 단면 A'B'에 수직방향의 응력성분 σ_n 을 수직응력(normal stress), 접선방향의 응력성분 τ

를 접선응력(tangential stress) 또는 이 응력은 단면에 대하여 재료의 상호 미끄럼 작용, 즉, 전단작용을 만들므로 이를 전단응력(shearing stress) 이라고 한 다

3. 시험 결과 및 고찰

세라믹 다이어프램 위에 저항체 페이스트의 주원료인 Ru는 원자번호가 44, 원자량은 101.07으로 주기율표 제 8족에 속하는 백금족 원소이다. 또, 니켈과 구리 등의 전기분해 제련시에 생기는 양극 찌꺼기 속에서 다른 백금족 원소와 함께 추출한다. 광택이 나는 은백색 금속으로 단단하면서도 잘 부스러지며 굳기는 6.5정도이다. 공기 또는 산소 중에서 가열하면 산화하여 청색 산화 루테튬 RuO₂가 되고 일부는 RuO₄로 휘발한다.

그림 1은 산화 루테튬 RuO₂을 겔 형태로 만들어서 글래스 위에 스크린 프린팅 한 후 항온조에서 850℃까지 일정하게 상승시킨 후 상온에서 건조시킨 격자 구조를 보이고 있다. 이때 중요한 파라미터는 급상승하거나 급강하하면서 센싱 엘리먼트가 균열이 나타나면 특성에서 문제를 야기한다.

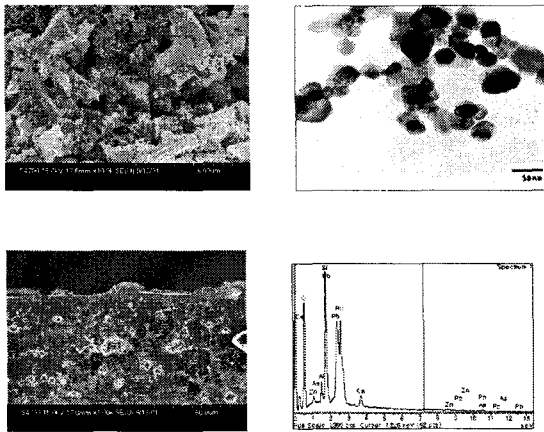


그림 1 SEM 사진으로 나타나는 RuO₂ 그레인 구조
Fig. 1 Structure of thick film grain (RuO₂)

본 논문에서 제시하는 도전상 페이스트에 사용되는 루테튬(Ru)계의 저항체 물질의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 산화물인데도 저항치가 낮다.
- ② Glass에 혼합했을 때의 저항치의 변화가 완만하다.
- ③ Glass와의 젖음성(wettability)이 양호하다.
- ④ 소성조건에 의존성이 작고 저항값을 제어하기 용이하다.

무기계 결합체의 특성은 세라믹기판에 도전상 분말을 결합시키는 역할을 하는 것으로 녹는점 이하의 고온에서 점도를 가지는 유동 특성을 갖고 있으며 높은 전기저항 및 열충격 저항, 환경의 안정성, 열팽창 계수가 substrate와 유사성, 낮은 유전상수와 유전 손실, 낮은 알칼리 함량 등을 갖고 있다.

유기 Vehicle 및 용제의 특성은 유기 바인더를 용해하고

인쇄성을 부여하며 정도를 조절하여 주는 역할을 하며, 정도의 안정성을 위하여 휘발온도가 높고 수지에 대한 용해력이 큰 것이 바람직하다.

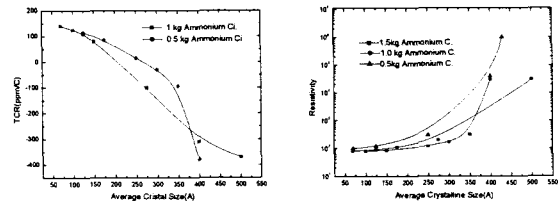


그림 2 입자의 크기와 저항율의 관계
Fig. 2 Resistivity vs. grain size of paste

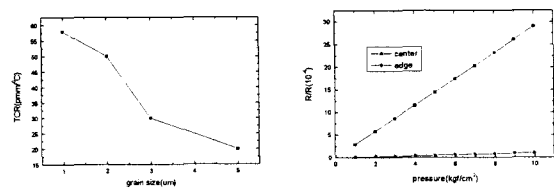


그림 3 입자의 크기와 TCR과의 관계
Fig. 3 Surface area vs. grain size of paste

4. 결론

압력센서의 감도(sensitivity)는 압력 P와 전압 V의 비 (V/P)로 정의되는데 출력을 스트레인으로 나타내거나 또는 브리지 입력전압 1V에 대한 출력전압으로 표시한다. RuO₂를 스크린 프린팅 후 측정된 출력특성 감도는 약 1.2mV/V을 보이고 있다. 그림 2에서 알 수 있듯이 결정의 크기에 따라서 압력센서의 감도는 크게 달라질 수 있다. 실험에서는 입력 전압은 각각 5, 10V를 인가하였다. 인가전압을 5V로 한 경우인데 FS(full scale)에 대한 출력 감도는 그림 3(b)와 같이 일정하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이는 감도의 선택성을 최적화 하는데 크게 기여할 수 있다. 따라서 RuO₂를 이용한 센서 분야의 출력 특성은 향후 많은 산업전자에서 이용될 수 있다고 판단되며 압저항 특성을 이용한 요소기술은 의료장비를 중심으로 확산될 수 있다.

참고 문헌

- [1] M.Tamborin, S.Piccinini, M.Prudenziati, B.Morten, "Piezoresistive properties of RuO₂ based thick film resistors: the effect of RuO₂ grain size" Sensors and Actuators, A58, 1997, pp159 ~ 164
- [2] H.A.Nielsen, Jr "The Thick Film Strain Gage" Experimental Technique Altadena, CA, 1988, pp19 ~ 22
- [3] N.M.White, J.D.Turner, "Thick film sensors: past, present and future" Meas. Sci. Technol., 8, 1997, pp1 ~ 20
- [4] 민남기 "Cu-Ni 박막 스트레인 게이지를 이용한 다이어프램식 압력센서-I" 한국전기전자재료학회, Vol., 10, No.10(1997) pp938 ~ 944