

압전체 PZT 박막을 이용한 FET형 압력 센서의 제작과 그 특성

김영진*, 이영철*, 권대혁**, 손병기*

Fabrication and Characteristics of FET-type Pressure Sensor Using Piezoelectric PZT Thin Film

Young-Jin Kim*, Young-Chul Lee*, Dae-Hyuk Kwon**, Byung-Ki Sohn*

요 약

현재 사용되어지는 반도체형 압력센서에는 압저항형과 용량형이 있다. 특히 반도체 마이크로 압력 센서는 크기도 작고 신호처리회로를 동일칩 위에 집적화 할 수 있어 많은 관심을 모아왔다. 그러나 이러한 형태의 센서들은 제조공정이 복잡해서 생산성이 낮다. 기존의 센서들이 가지는 단점들을 극복하기 위해 새로운 형태의 FET형 압력센서(PSFET : pressure sensitive field effect transistor)를 제안하고 그 동작특성을 조사하였다. 압력 감지 물질은 PZT($\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$)를 사용하였다. RF 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 MOSFET의 게이트 절연막 위에 PZT 압전 박막을 증착하였다. PZT의 안정적 상태인 perovskite^[1] 구조를 형성하기 위하여 PbO 분위기에서 열처리하는 기법을 도입하였다. 제작된 PSFET의 감도는 0.38 mV/mmHg 이다.

Abstract

The currently used semiconductor pressure sensors are piezoresistive and capacitive type. Especially, semiconductor micro pressure sensors have a great deal of attention because of their small size. However, its fabrication processes are difficult, so that its yield is poor. For the purpose of resolving the drawbacks of the existing silicon pressure sensors, we demonstrate a new type of pressure sensor using PSFET(pressure sensitive field effect transistor) and investigate its operational characteristics. We used PZT($\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$) as a pressure sensing material. PZT thin films were deposited on a gate oxide of MOSFET by an rf-magnetron sputtering method. To obtain the stable phase, perovskite structure, furnace annealing technique have been employed in PbO ambient. The sensitivity of the PSFET was 0.38 mV/mmHg.

1. 서 론

피 측정물의 역학적 응력을 전기적 신호로 변환시키는 압력센서는 여러 분야에 널리 사용되고 있다. 현재까지 고감도, 고신뢰성을 가지며 규격화 및 소형화가 가능한 압력센서를 개발하기 위해 많은 연구가 진행되어 왔다^[2-6]. 압력센서에는 압전

(piezoelectric)효과^[2], 압전접합(piezojunction)효과^[3], 광학적 편향(optical deflection)^[4], 압저항(piezoresist)효과^[5], 실리콘 커패시터형^[6]을 이용한 것이 있는데 그 중에서도 압전효과형, 압저항형, 커패시터형 압력센서에 관해 많이 연구되었다. 실리콘 압저항형 및 실리콘 커패시터형 압력센서는 크기가 작고 측정회로를 센서와 함께 내장할 수 있다는 장점 외에 높은 감도와 뛰어난 안정성 등으로 특히 주목을 받고 있다. 그러나 이러한 압력센서는 실리콘 식각, 유리화 및 실리콘과의 양극접합 등 제조 공정이 복잡하면서 어려워 생산성이 다소 떨어진다. 특히 첨단 기술 및 새로운 응용분야의 개척을 위해 스마트센서의 개발이 요망되고

* 경북대학교 전자전기공학부(School of Electronic & Electrical Eng. Kyungpook Nat'l University)

** 경일대학교 전자정보학과(Dept. of Electronic Information Eng., Kyungil University)

<접수일자 : 2001년 3월 22일>

있어 보다 소형이고 저렴하며 감도가 높고 집적화에 유리한 새로운 압력센서 개발이 필요하다.

본 논문에서는 압전박막과 반도체 능동소자인 MOSFET를 결합한 새로운 고감도 압전형 압력센서인 PSFET의 개발을 시도하였다. PSFET는 표준 MOS 공정을 거의 수정 없이 도입하므로 공정이 단순하며, CMOS 회로를 센서와 동일 칩위에 집적화 할 수 있으므로 스마트센서로의 개발에 매우 적합하다. 압전 특성을 나타내는 물질에는 수정, 로셀염, 십아연광, 염소산나트륨, ZnO, BaTiO₃, PZT, PVDF, 그리고 압전 세라믹과 압전 폴리머를 결합한 복합 압전체 등이 있다^[7]. 이 중 ZnO를 이용한 PSFET가^[8] 개발된 바 있으나 감도가 낮아 개선의 필요가 있었다. 이에 압전 세라믹스 재료 중에서 대표적으로 거론되는 PZT계를 이용하여 PSFET를 개발하고자 한다. PZT의 가장 큰 장점은 전기기계결합계수가 높고 온도안정성이 크다^[9]. 그러나 PZT 박막은 박막표면의 결함 생성 및 타겟과 박막의 조성 조절의 어려움 등의 문제점을 안고 있지만 RF 마그네트론 스퍼터링법^[10]으로 박막을 형성하여 비교적 화학 양론적 제어가 가능했고 낮은 온도에서도 증착이 가능하여 고온 공정으로 인한 공정의 오차를 피할 수 있었다. PZT 박막이 ABO₃의 perovskite 구조로 잘 형성되도록 PbO분위기에서 열처리하는 기법을 도입하였으며 반도체 능동소자인 MOSFET의 게이트 절연막과 금속전극사이에 강유전체 압전물질인 PZT 박막을 RF 마그네트론 스퍼터링법으로 형성하여 MOSFET의 전계효과와 압전박막의 압전효과를 결합시킨 새로운 형태의 압전형 전계효과 트랜지스터 압력센서를 제작하고 그 동작특성을 조사하였다.

II. 실험 및 측정

2-1. 강유전체 PZT 압전박막의 증착

본 실험에서는 소결체 타겟을 이용한 RF 마그네트론 스퍼터링법으로 PZT 박막을 증착하였다. PZT 타겟을 제조하기 위하여 PbO powder (99.9%, Aldrich Chemical Co.), ZrO₂ powder (99.9%, Junsei Chemical Co.)와 TiO₂ powder (99.9%, Aldrich Chemical Co.)를 사용하여 0.9[Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})]-0.1[PbO]의 조성으로 10⁻⁴g까지 편량하였다. PZT 타겟의 소결과정과 스퍼터

링중에 Pb의 휘발을 보상하기 위하여 10mole%의 과잉 PbO를 첨가하였다. 승온 속도와 하온 속도 5°C/min의 조건으로 850°C에서 2시간동안 하소하였으며, 하소후 혼합시와 같은 방법으로 2차 불밀을 행하고 건조를 한 후, 3%PVA 수용액을 10wt% 넣어 과립을 하였다. 과립된 분말은 5.05×10⁷Pa의 압력에서 10분간 성형을 하였다. 성형된 타겟을 600°C에서 5시간, 1150°C에서 2시간 동안 소결하였으며 3inch sputter gun에 장착하기 위하여 지름 76mm로 가공하였다.

현재 진행되고 있는 강유전체 박막 재료의 실용화에 있어서 해결해야 할 중요한 문제점 중의 하나가 바로 전극 물질의 선택 및 관련 공정의 개발이다. 금속 전극 중 가장 우수한 재료로 알려진 Pt는 낮은 반응성을 갖고 있어 산소나 강유전체에 함유된 금속성분과 쉽게 반응하지 않는다. Pt 박막은 실리콘 또는 SiO₂와의 접착성이 나쁘며 후속 열 공정을 거치면서 박막이 떨어져 나와 박리(peeling)현상이 관찰되기도 하며, 증착시 형성되는 압축응력과 격자부정합(lattice mismatch) 등에 기인하여 발생한 힐록(hillock)이 표면에서 관찰되기도 한다. 게이트 산화막과 Pt와의 접착성을 향상시키기 위해 Ti를 확산 방지막으로 사용하였다. (100)방향의 P형 실리콘 웨이퍼 위에 열산화법으로 산화막을 600Å 성장시킨 후, 하부 전극으로 Pt/Ti를 각각 1,000Å/200Å 증착시키고 RF 스퍼터링으로 PZT 박막을 증착하였다. RF 스퍼터링 장치를 사용하여 PZT 박막을 증착시킬 경우 박막의 물리적 성질에 영향을 주는 인자로는 RF전력, 분위기압, 기판온도, 타겟과 기판과의 거리, 주입 가스의 양 및 증착 후의 열처리 등이 있는데 이들 변수에 따라 박막의 특성과 증착률이 달라진다. 여러 변수들 중에서 박막의 특성에 비교적 영향이 적은 인자들을 고정시키고 표 1과 같이 RF전력과 기판온도 그리고 증착 후의 열처리 온도를 변화시키면서 영향을 조사하였다. 이때 최대 RF전력과 기판온도는 본 실험에서 사용된 RF 스퍼터의 최대전력과 최대기판온도이다.

2-2. PZT 박막의 분석

PZT 박막의 결정성을 분석하기 위하여 XRD(X-ray diffractometer, MAC Co. M03XHF)를 사용하였으며 분석조건은 튜브 전압과 전류가 각각 30 kV, 20 mA이며, 2θ는 20~60°의 범위에서 측정하였다. 증착된 박막의 두께는

α -step(Tencor Co. Alpha-step100)으로 측정을 하였으며, 박막의 표면상태는 SEM (Jeol 5400)으로 분석하였다. 압전박막의 전기적 특성을 조사하기 위해 지름 0.8 mm인 링 형태의 MIS(metal insulator semiconductor) 커패시터를 제조하고, 이를 1MHz C meter(Hewlett Packard Co. HP4182A)를 사용하여 막의 C-V 특성을 측정하였다.

표 1. PZT 박막 증착 조건

Table 1. Deposition conditions of PZT thin films.

Deposition conditions	Value
Working pressure (fixed condition)	3 mtorr
Ar flow rate (fixed condition)	3.4 sccm
Target-sub. distance (fixed condition)	8cm
R.F. power (variable)	60 ~ 150W
Substrate temperature (variable)	Room temperature ~ 300°C
Post-annealing (variable)	500 ~ 650°C

2-3. PSFET의 제작

위의 실험으로 PZT 박막의 조건을 결정된 후 PSFET를 제작하였다. 일반 MOSFET을 제작하여 게이트 절연체 위에 PZT를 증착하여 PSFET를 제작하였다. MOSFET의 레이아웃은 그림 1의 (a)와 같고 PSFET의 단면은 그림 1의 (b)와 같다.

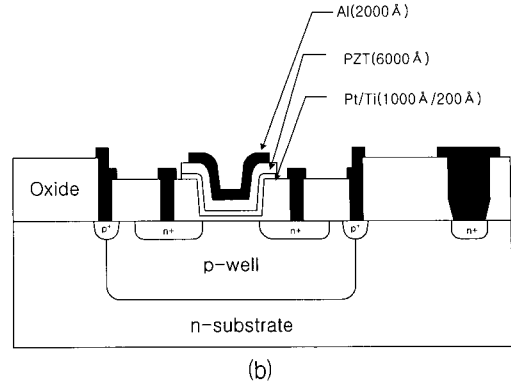
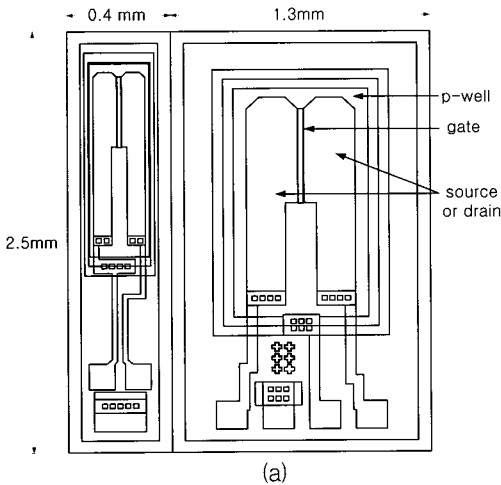


그림 1. (a) MOSFET의 레이아웃, (b) PSFET의 단면
Fig. 1. (a) Layout of MOSFET, (b) Cross section of PSFET.

그림 1의 (a)에서 셀의 크기는 1.7×2.5 mm²이다. 하나의 셀에는 크기가 각각 0.4×2.5, 1.3×2.5 mm²인 두 개의 MOSFET들이 포함되어 있다. 본 실험에서는 오른쪽 셀만 사용하였으며, 채널의 폭과 길이의 비가 600/20로 설계된 것이다. 각각의 MOSFET는 소자의 전기적 절연을 위해 p-well 내에 형성하였다. PSFET 칩의 제조공정은 단계 별로 다음과 같다.

- (a) 저항율이 1~5Ω·Cm인 4인치 n형 웨이퍼를 초기 세척한 후 습식산화법으로 약 8000Å의 산화막을 성장시켰다.
- (b) p-well영역의 산화막을 제거하고 완충산화막을 약 500Å 성장시킨 후 붕소(boron)를 주입량 9×10¹²ions/cm², 에너지 100KeV으로 well 이온 주입시켰다.
- (c) 1250°C 산소 및 질소분위기에서 약 6시간 dirve-in 하여 well을 형성하였다. 접합깊이는 약 5.5μm였으며, 표면 농도는 약 8×10¹⁵/cm³ 였고, well 영역의 산화막은 약 8000 Å 였다.
- (d) 소오스/드레인 영역과 기판의 접촉부분의 산화막을 제거한 후 인을 주입량 5×10¹⁵ions/cm², 에너지 40KeV로 이온주입 하여 n⁺ 영역을 형성하였다.
- (e) 남아있는 PR을 제거한 후 얇게 산화막을 성장시켰다.
- (f) Well 접촉영역의 산화막을 제거한 후 붕소를 주입량 5×10¹⁵ions/cm², 에너지 50KeV로 이온주입하여 P⁺ 영역을 형성하였다.

- (g) 남아있는 PR을 제거한 후 산소 및 질소분위기에서 drive-in 하여 소오스/드레인 및 기판과 well의 접촉영역을 형성하였다. 이때 접합 깊이는 $1.7\mu\text{m}$ 였다.
- (h) 게이트영역의 산화막을 제거한 후 남아있는 PR을 제거하고 TCA 산화법으로 약 500\AA 의 ISFET 게이트 산화막을 기르고, 저압화학기상증착법(LPCVD)으로 Si_3N_4 를 530\AA 증착시켰다. 이때 NH_3 와 $\text{DCS}(\text{SiH}_2\text{Cl}_2)$ 의 비는 4:1 이었다.
- (i) 소오스/드레인 및 기판과 well의 접촉영역의 Si_3N_4 와 산화막을 제거한 후 Al을 형성하였다. 소오스/드레인 및 기판과 well의 접촉영역을 제외한 나머지 부분의 금속을 제거한 후 금속을 열처리하였다.
- (j) 바탕소자의 게이트위에 RF 마그네트론 스퍼터링 방법으로 하부전극 Pt/Ti 를 $1,000\text{\AA}/200\text{\AA}$ 두께로 증착한다.
- (k) 하부전극 위에 PZT 압전박막을 RF 마그네트론 스퍼터링 방법으로 6000\AA 증착하고 난 후, PbO 분위기에서 30 분 동안 600°C 에서 열처리를 하였다.
- (l) 마지막으로 열 증착에 의해 약 $2,000\text{\AA}$ 의 알루미늄을 증착한 후 이를 질소 분위기에서 30 분 동안 400°C 에서 열처리하였다.

2-4. PSFET의 특성 측정법

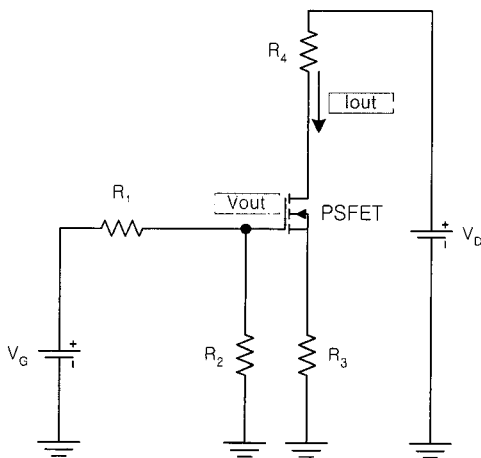


그림 2. PSFET의 바이어스와 압력 감지를 위한 회로

Fig. 2. The circuit for bias and pressure sensing of the PSFET.

반도체 파라미터 분석기(HP 4145B)로 제작된 PSFET의 전기적 특성을 측정하였다. PSFET의 감압 특성을 측정하기 위해 사용된 회로는 그림 2에 나타내었다. 회로에서 DC 전압원과 저항 값을 적절히 결정하면 PSFET의 동작점을 고정할 수 있다. 동작점을 고정시킨 상태에서 PSFET를 챔버(chamber) 속에 넣고 밀폐시킨 다음 압력을 가하면 압전현상에 의해 게이트의 전위가 변화되는데 이때 V_{out} 과 I_{out} 의 값의 변화를 측정하면 감압특성을 구할 수 있다.

III. 실험 결과 및 고찰

3-1. 증착 조건에 따른 PZT 박막의 특성 분석

PSFET의 압전 박막으로서 적합한 성장 조건을 구하기 위해 기판온도, RF 전력, 박막의 두께 및 열처리 조건을 변화시키며 PZT 박막의 특성을 조사하였다. 이때 사용된 기판은 (001) 방향의 P형 실리콘이며 열산화법으로 산화막을 600\AA 성장시킨 후 PZT 박막을 증착하였다.

먼저 RF전력 120W, 분위기압 3mtorr, 100% Ar 분위기에서 기판의 온도를 실온에서 300°C 까지 변화시키며 증착한 박막의 XRD 패턴을 조사하였다. 결정성이 가장 우수한 기판온도 조건은 300°C 였으며 XRD 패턴을 그림 3의 (a)에 있다. 분위기압 3mtorr, 기판온도 300°C , 100% Ar 분위기에서 R.F. 전력을 60W에서 150W 까지 변화시키며 증착한 박막의 경우에는 전력이 120W인 조건에서 perovskite상이 뚜렷하였으며 전력이 더욱 증가함에 따라 perovskite상은 더욱 뚜렷해졌으나 pyrochlore상도 더불어 형성되어 120W를 성장조건으로 결정하였으며 XRD 패턴은 그림 3의 (b)에 있다. RF전력 120W, 분위기압 3mtorr, 100% Ar 분위기와 기판온도 300°C 의 조건에서 박막의 두께를 1500\AA 에서 6000\AA 까지 성장시켜 결정상을 조사하였다. XRD 패턴을 살펴본 결과 모든 PZT 박막이 perovskite상으로 잘 나타났지만 두꺼운 막일수록 결정성이 명확했다. 이는 박막이 두껍게 올라갈수록 하부전극인 Pt 계면에 대한 영향이 적어서 PZT 특성이 잘 나타날 것으로 추측되어진다. PSFET의 감지막의 두께는 6000\AA 으로 결정하였으며 XRD 패턴을 그림 3의

(c)에 있다. 증착된 박막을 PbO 분위기에서 30분간 열처리하였는데, 최적의 열처리 온도를 구하기 위해 500°C부터 650°C까지 50°C간격으로 열처리한 후 XRD 패턴과 표면의 상태를 조사하였다. 각각의 XRD 패턴을 고찰한 결과 550°C부터 perovskite상이 형성되기 시작하였고 준안정상인 pyrochlore 상과 안정상인 perovskite 상이 혼재하였다. 600°C에서는 안정상인 perovskite 상만이 존재하였고, 650°C에서는 peak의 강도가 더욱 증가하였다. 즉 XRD 패턴에 의한 분석으로는 600°C 이상이 열처리 조건으로 적합하다. 박막표면의 SEM 측정 결과는 600°C까지는 막의 표면이 매우 균일하고 결함이 없으나 650°C에서 열처리한 막의 표면은 균일하지 못하였다. 따라서 비교적 표면이 우수하고 perovskite 상이 안정적으로 존재하는 600°C를 적합한 열처리 온도로 결정하였다. 그림 3의 (d)에 600°C에서 열처리한 박막의 XRD 패턴이 있으며 그림 4에는 열처리 조건에 따른 박막표면의 SEM 사진이 있다.

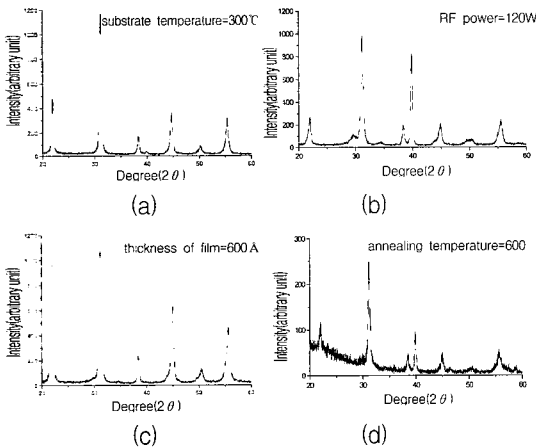


그림 3. 최적의 (a) 기판온도, (b) RF 전력, (c) 두께 및 (d) 열처리 조건에서 성장된 PZT 박막의 XRD 패턴

Fig. 3. XRD patterns of PZT thin films with optimized (a) substrate temp., (b) RF power, (c) thickness and (d) annealing condition.

증착된 박막의 C-V 특성을 그림 5에 나타내었다. 이것은 하부전극에 접지를 한 상태에서 상부전극에 1MHz의 gate전압(V_G)을 가한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 PZT박막을 증착한 MIS 캐패시터는 문턱전압이 1V 였으며

일반적인 MOS 커패시터와 비슷한 특성이 관찰되었다. 즉 PSFET의 절연체로 사용될 수 있음을 알 수 있다.

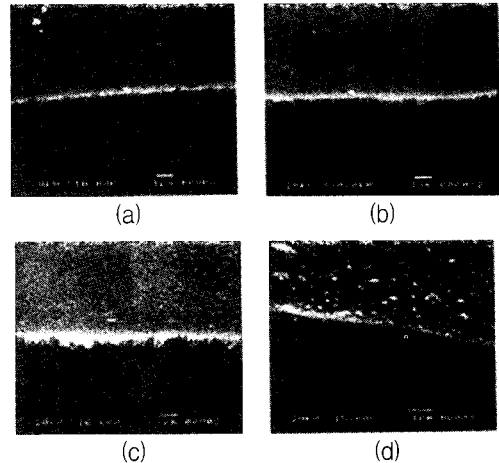


그림 4. 열처리 온도에 따른 PZT 박막의 SEM 이미지 (a) 500°C, (b) 550°C, (c) 600°C (d) 650°C

Fig. 4. SEM images of PZT thin films with various annealing temperatures (a) 500°C, (b) 550°C and (c) 600°C and (d) 650°C.

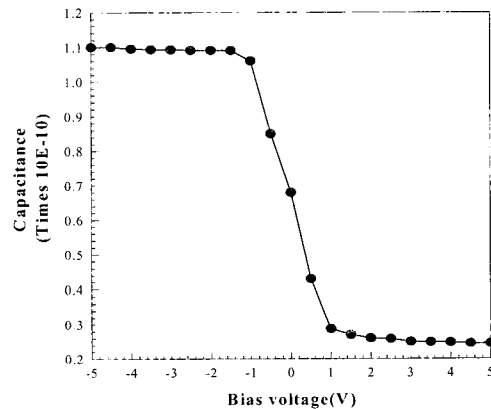


그림 5. 1MHz의 동작 주파수에서 PZT MIS 커패시터의 C-V 특성

Fig. 5. C-V characteristic of the PZT MIS capacitor with 1MHz operating frequency.

3-2. PSFET의 동작특성

반도체 파라미터 분석기(HP 4145B)로 제작된 PSFET의 전기적 특성을 측정하였다. 그림 6에서

알 수 있듯이 정상적인 FET의 특성을 나타냈으나 동일 공정으로 제작된 PZT와 하부전극이 없는 MOSFET에 비해 문턱전압이 음의 방향으로 이동하였다. 이는 강유전체인 PZT 압전 박막으로 인한 절연층의 두께변화, 계면전하 및 분극에 의한 압전위 발생으로 기인한 것이라 추측된다.

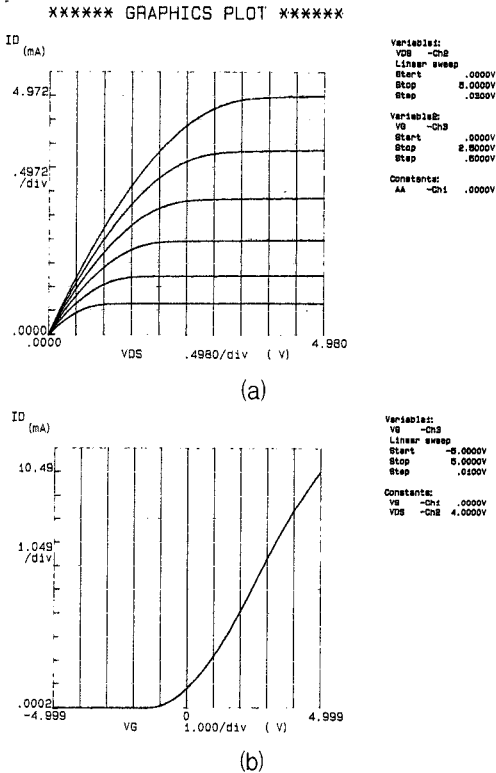


그림 6. PSFET의 동작특성 (a) I_D - V_G , (b) I_D - V_D
 Fig. 6. Operating characteristics of the PSFET (a) I_D - V_G , (b) I_D - V_D .

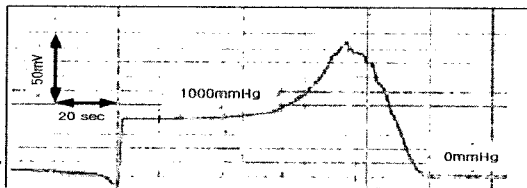


그림 7. 압력에 대한 PSFET의 과도 응답
 Fig. 7. Transient response of PSFET with applied pressure.

그림 7은 압력변화에 대한 PSFET의 과도응답 특성이다. 압력의 변화에 대해 출력의 변화가 안정한 상태로 되는데 걸리는 시간은 대략 60초이

다. 이러한 현상은 압력의 변화에 대해 압전 쌍극자의 배열이 변화될 때 발생하는 과도 현상으로 추측된다. 그림 8은 센서의 감압특성을 나타낸 것으로 압력을 변화시킨 후 1분이 경과되었을 때 측정하였으며 (a)는 압력변화에 따른 게이트전압의 변화이고 (b)는 드레인전류의 변화이다. 감도는 게이트 전압에 대해 약 0.38mV/mmHg 이었으며, 드레인 전류에 대해 약 0.03 μ A/mmHg 이다.

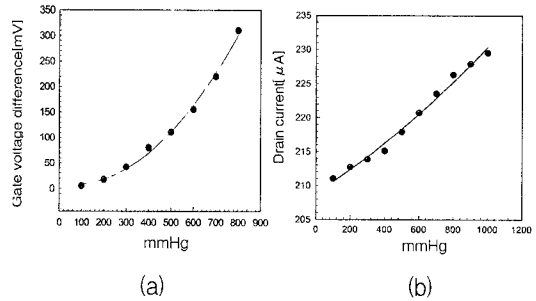


그림 8. PSFET의 감지 특성 (a) 게이트 전압과 (b) 드레인 전류에 대한 압력의 상관 관계
 Fig. 8. Sensing characteristics of PSFET as (a) relation of gate voltage and (b) drain current to pressure.

IV. 결론

본 논문에서는 RF 마그네트론 스퍼터링법으로 MOSFET의 게이트위에 PZT 압전박막을 형성하여 MOSFET의 전계효과와 압전물질의 압전효과를 결합시킨 새로운 형태의 감압전계효과 트랜지스터(PSFET)를 제조하고, 동작 특성을 조사하였다. PZT를 RF 마그네트론 스퍼터링법으로 증착하여 증착조건에 따른 결정특성을 조사하였다. PSFET에 적용하기 위해 결정한 PZT의 증착조건은 RF 전력 120W, 기판온도 300 $^{\circ}$ C, 분위기압 3mtorr 였으며, 후열처리는 600 $^{\circ}$ C에서 강유전체 결정구조인 perovskite 구조가 잘 형성되었다. PSFET의 감도는 PZT 박막의 두께가 6,000 Å 일 때 전압의 감도는 약 0.38mV/mmHg이며, 전류 감도는 약 0.03 μ A/mmHg 이다. PZT 박막의 분극처리 문제를 해결하고 박막의 결정성을 향상시킨다면 상용화도 가능하리라고 여겨진다.

참고 문헌

- [1] W. D. Kingery, H. K. Bowen, and D. R. Uhlmann, "Introduction to ceramics," 2nd edition., John Wiley & Sons, NY, 1976.
- [2] R. S. Muller, "Strategies for sensor research," Transducers'87, pp. 107-111, 1987.
- [3] S. Middelhock and S. A. Audet, Silicon sensors, Academic Press pp. 125-149, 1989.
- [4] B. Halg, "A silicon pressure sensor with and interferometric optical readout," Transducers'91, pp.682-684, 1991.
- [5] Z. Z. Wang, J. Suski, D. Collard, and E. Dubios, "Piezoresistivity effects in N-MOSFET devices," Transducers'91, pp. 1024-1027, 1991.
- [6] U. Schomeberg, and F. V. Schmatz, "CMOS integrated capacitive pressure trasducer with on-chip electronics and digital calibration capability", Transducers'91, pp. 304-307, 1991.
- [7] S. T. Hsu, and I. H. Kalish, Integrated Ferroelectrics, vol. 2, pp.179-195, 1992.
- [8] J. C. Lee, B. W. Cho, C. S. Kim, K. H. Nam, D. H. Kwon and B. K. Sohn, "Sensitivity improvement and operating characteristics analysis of the pressure sensitive field-effect transistor(PSFET) using highly oriented ZnO piezoelectric thin film, J. Kor. Sensors Soc., 6/3, pp. 180-187, 1997.
- [9] R. Bruchhaus, D. Pitzer, in Ferroelectric Thin Films II, edited by E. R. Myers and Kingon(Mater. Res. Soc. Symp. Proc, Boston, Massachusetts,pp. pp. 178-184, 1991.
- [10] M. V. Raymond, H. N. Al-Shareef, B. A. Tuttle, D. Dimos, and J. T. Evans, "RF Magnetron Sputter-deposition of $La_{0.5}Sr_{0.5}CoO_3/Pt$ Composite Electrodes for $Pb(Zr,Ti)O_3$ Thin Film Capacitors," Mat. Res. Soc. Symp. Proc., 433, pp. 145-50, 1996.

著 者 紹 介

김 영 진

1996년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사).
 1998년 2월 경북대학교 센서공학과 대학원 졸업(공학석사).
 2000년 동대학원 전자공학과 반도체 전공 박사과정 수료.
 현재 경북대학교 전자공학과 박사과정.
 주관심분야 : 반도체 화학 센서, 반도체 소자

권 대 혁

1986년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사).
 1988년 동대학 대학원 전자공학과 졸업(공학석사).
 1992년 동대학 대학원 전자공학과 졸업(공학박사).
 현재 경일대학교 부교수.
 주관심분야 : 반도체 소자, 반도체 공정

이 영 철

1995년 경일대학교 전자공학과 졸업 (학사)
 1998년 경북대학교 대학원 센서공학과 졸업(공학석사)
 2000년 동대학원 전자공학과 반도체 전공 박사과정 수료
 현재 동대학원 박사과정
 주관심 분야 : 반도체 화학 센서, 반도체 소자 제조 공정

손 병 기

1960년 경북대학교 사범대학 물리학과 (이학사)
 1962년 동대학교 대학원 물리학과 (이학석사)
 1967-1968년 미국 University of Arizona 대학원 물리학과 (박사과정)
 1981년 경북대학교 대학원 물리학과 (이학박사)
 현재 경북대학교 전자전기공학부 교수, 경북대학교 센서기술연구소 소장
 주관심 분야 : 반도체 센서, 센서 제조 및 공정, 센서 신호 처리