

논문 96-5-1-03

Photolithography에 의한 FET형 Ca^{2+} 센서의 제작 및 특성

朴利淳, 許榮峻, 孫炳基*

Fabrication of FET-Type Ca^{2+} Sensor by Photolithographic Method and Its Characteristics

Lee Soon Park, Young Jun Hur and Byung Ki Sohn*

요 약

감광성 고분자를 감지막 재료로 한 FET형 Ca^{2+} sensor(Ca-ISFET)를 micropool법 및 사진식각법으로 제조하였다. 반도체 공정에 쓰이는 negative photoresist인 OMR-83을 감지막 재료로 사용한 경우, micropool법에 있어서는 가소제인 DOA를 포함하므로 좋은 감응 특성을 나타내었으나, 사진식각법에 있어서는 가소제를 사용할 수 없어 부적합하였다. Poly(vinyl butyral)을 감지막 재료로 하고, 사진식각법으로 제조된 Ca-ISFET는 Ca^{2+} 농도 $10^{-4} \sim 10^{-1}$ mole/l 범위에서 좋은 직선성을 나타내었으며, 감응기울기는 23 ± 0.2 mV/decade였다. 감지막 재료로서 PVB는 바탕소자인 pH-ISFET wafer 위에 adhesion promotor 용액의 전처리를 하지 않아도 양호한 부착력을 나타내었으며, 가소제 이행의 문제가 없어서 막의 안정성이 좋은 특성이 있었다.

Abstract

FET type Ca^{2+} sensor(Ca-ISFET) was fabricated by micropool and photolithographic method utilizing photosensitive polymer as membrane materials. When OMR-83 negative photoresist was used as membrane material, it gave good sensitivity by micropool method with dioctyladipate as plasticizer but it could not be used in the photolithographic method. When poly(vinyl butyral), PVB was used as membrane material, it gave relatively high sensitivity (23 ± 0.2 mV/decade) for Ca^{2+} concentration range of $10^{-4} \sim 10^{-1}$ mole/l by photolithographic method. PVB also provided good adhesion to the pH-ISFET base device without adhesion promoter pretreatment and any plasticizer.

1. 서 론

FET(field effect transistor)형 이온센서는 바탕소자인 ISFET(ion sensitive FET) 위에 Ca^{2+} 혹은 K^+ 등의 ionophore와 같은 감지물질질을 포함하는 감지막이 형성된 구조를 가지고 있으며, 감도가 높고, 감응이 빠

른 특성이 있다.[1] 이러한 FET형 이온센서의 장점의 하나는 센서 제조공정에 반도체 집적회로 제조공정을 적용시킴으로서 소형화, 규격화, 양산화의 가능성이 있다는 점이다.[1, 2] FET형 이온센서의 감지막 재료로는 자체의 물성 및 성형, 가공의 이점 때문에 고분자재료가 주로 사용되고 있다. 고분자재료를 이용한 감지막형성 방법으로는 photoresist를 이용하여 micropool을 만들고, 여기에 감지물질과 matrix로 쓰일 polymer의 혼합액을 적가한 다음, 건조하여 센서감지막을 만드는 micropool법[3]과 matrix로 쓰이는 polymer를 감광성 고분자화한 다음, 감지물질을 더하고, 이 혼합액을 사

경북대학교 고분자공학과
(Department of Polymer Science Kyungpook
National University)

* 경북대학교 전자공학과
(Dept. of Electronics, KyungPook Nat'l Univ.)
<접수일자 : 1995년 9월 30일>

용하여 직접 FET 바탕소자의 gate부위에 감지막을 형성하는 사진식각법(photolithography)이 있다.[4]

Bergveld에 의해 보고된 ISFET형 센서에서 합성 고분자인 PVC가 감지막재료로서 처음 사용되었다.[5] 그러나 PVC에 가소제를 첨가함으로써 시간에 따른 가소제의 표면으로의 이행(migration)에 의한 막성질의 변화가 문제점으로 제기되었다. 따라서 van den Berg 등[6]은 내부가소화 효과를 갖는 polysiloxane을 감지막재료로 한 Ca^{2+} 센서에 대하여 보고하였으며, Hintsche 등[7]도 같은 관점에서 유리전이 온도(Tg)가 낮은 polyurethane을 감지막재료로 사용하였다. 이상의 연구들은 micropool법을 사용하여 주로 수행되었다.

Micropool법은 공정이 복잡하고, microsyringe를 사용하여 수작업으로 적가하기 때문에 양산화가 어렵고, 적가하는 양이 균일하지 않은 단점이 있다. 따라서 Ca^{2+} , K^+ 등의 각 전해질이온만을 특이하게 감지하는 감지물질을 감광화된 고분자용액에 균일하게 배합한 다음 회전도포(spin coating), 노광, 현상과정을 통하여 감지막이 정확하게 gate부위 위에 형성되도록 하는 사진식각방법이 많이 연구되고 있다.[4]

본 연구에서는 Si_3N_4 박막을 갖는 pH-ISFET를 바탕소자로 하고, 감지물질로는 Ca^{2+} 에 선택적인 ionophore로 알려진 N, N, N', N'-tetracyclohexyl-3-oxapentanediamide (ETH-129)[8, 9]를 택하고 micropool법 및 사진식각법으로 FET형 Ca^{2+} 센서(Ca-ISFET)를 제작할 때, 고분자기재의 종류, 센서제조 공정이 센서의 특성에 미치는 영향에 대해 조사하였다.

II. 실험

장치 및 시약 : 회로의 전압과 전류를 측정하기 위하여 Keithley사 196 DMM 및 197 DMM을, 그리고 ISFET의 출력전압을 기록하기 위하여 Varian사 1976 strip chart recorder를 사용하였다. 기준전극으로는 Orion사의 Ag/AgCl electrode를 사용하였으며, 측정용액의 온도를 $25 \pm 0.2^\circ C$ 에서 유지하기 위하여 Neslab Instruments RTE-210 water bath를 이용하였다.

Ca^{2+} ionophore로서는 Fluka사의 ETH-129를, 그리고 lipophilic anion site로서는 potassium tetrakis(p-chlorophenyl)borate (PTCB)를 사용하였다. 고분자기재 시료로는 Aldrich사의 poly(vinyl chloride)(PVC) 및 poly(vinyl butyral)(PVB)를 사용하였으며, 감광제로

는 2,6-bis(p-azido benzylidene) cyclohexanone (BAC)를 사용하였다. 한 편 감광화된 시료로는 동경유화사(일본)의 negative photoresist인 OMR-83를, 그리고 가소제로서 dioctyladipate (DOA)를 사용하였다. Tetrahydrofuran (THF), dichloroethane (DCE), dioxane, toluene 등의 각종 용매 및 무기염들은 모두 시약급을 정제없이 사용하였다. 또 염수용액의 제조는 Millipore사의 Milli-Q water system으로 탈염된 물 ($\geq 18 M\Omega \cdot cm$)을 이용하였다.

Ca-ISFET의 제조 : Si_3N_4 박막으로 처리된 pH-ISFET 바탕소자[1]의 gate부위 위에 Ca^{2+} 선택성 감지막을 형성하는 데에 micropool법 및 사진식각법의 2가지 방법을 사용하였다. 먼저 OMR-83 감광액을 사용하여 micropool법에 의한 Ca-ISFET의 감지막을 형성한 경우를 보면 다음과 같다. OMR-83 감광액 (80 mg)에 가소제로서 DOA (24 mg), 감지물질로서 ETH-129 (2 또는 4 mg), lipophilic anion site로서 PTCB(2 mg)을 THF(200 mg)에 용해시키고, 이 용액을 미리 제조해 놓은 pH-ISFET 바탕소자의 gate부위 위의 micropool(약 $0.3 \times 0.4 mm$)에 microsyringe를 이용하여 $0.5 \mu l$ 를 적가한 다음, 오븐에서 $80^\circ C$ 로 10분간 건조한 후, UV 노광기로 2분간 노광하였다.

사진식각법에 의한 Ca-ISFET의 감지막형성은 먼저 PVB 0.6 g을 THF 3.5 g에 용해시켜 14.5 wt% 용액을 만들고, 이 용액 1000 mg에 ETH-129(1-8 mg 범위), PTCB(2 mg) 및 감광제로서 BAC(12 mg)를 가한 다음, 전체를 완전히 용해하였다. 이 용액 5-10 mg 정도를 바탕소자인 pH-ISFET 바탕소자 위에 적가한 다음, 회전도포기(spin coater)를 이용하여 약 4000 rpm에서 30초간 회전시켜 박막을 형성하고, $80^\circ C$ 의 오븐에서 5분간 열처리하여 용매를 제거시킨 후, mask를 놓고, UV 노광기로 60초간 노광하고, THF를 현상액으로 하여 비노광부분을 제거하여 Ca-ISFET 감지막을 제조하였으며, 감지막구조는 Fig. 1과 같다.[3,4]

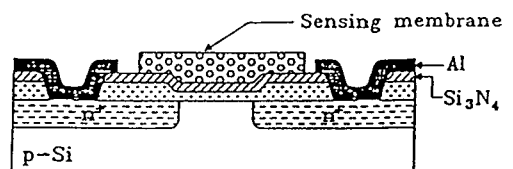


그림 1. Ca^{2+} sensor의 개략적인 구조
Fig. 1. Schematic diagram of Ca^{2+} sensor

측 정 : 제조된 Ca-ISFET를 사용하여 Ca²⁺농도를 측정하는 장치(Fig. 2) 및 측정과정은 다음과 같다.[3] 즉 Ca-ISFET와 표준전극인 Ag/AgCl 전극을 측정용액에 담그고, 드레인전압 V_D를 3.0 volt로, 드레

인전류 I_D를 30 μA로 각각 고정시켰다. 측정용액의 온도는 25±0.2℃로 일정하게 유지시키고, 교반하면서 시료용액 중의 Ca²⁺농도를 변화시키고 기준전극과 접지전위 사이의 출력전압 V_R의 변화를 strip chart recorder로 기록하였다. 이 평형전위 값의 측정은 5회씩 반복하였으며, 이들의 평균값을 취하여 측정값으로 하였다.

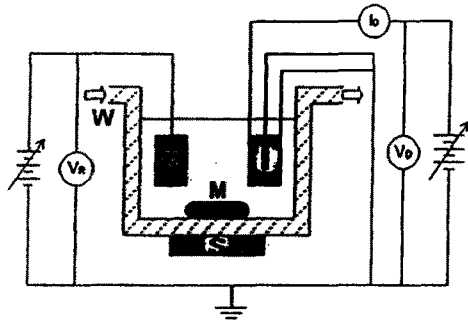


그림 2. Ca²⁺ sensor의 측정장치 개략도
Fig. 2. Measurement of ions by FET type ion sensor

- I : Ion sensor,
- R : Ag/AgCl reference electrode,
- W: water jacket, M : magnetic bar,
- S : magnetic stirrer, V_D : drain voltage,
- I_D : drain current, V_R : output voltage

III. 결과 및 고찰

1. OMR-83 감광액을 이용한 micropool법 Ca²⁺ 센서

Tokyo대학의 Akiyama 등은 반도체공정에 쓰이는 negative photoresist인 OMR-83을 K⁺ 및 Na⁺센서의 감지막으로 사용하여 좋은 감지특성을 보고하였다.[10] OMR-83의 조성은 polyisoprene을 일부 cyclization시킨 고분자성분과 용매로는 xylene을 포함한 hydrocarbon을, 그리고 BAC감광제를 포함하고 있으며, 전체고형분은 15 wt% 정도이다.

먼저 감지막형성을 위한 고분자용액은 OMR-83 photoresist용액을 80 mg, 감지물질로 ETH-129의 양을 4 mg, lipophilic anionic site로 PTCB를 2 mg, 그리고 용매로 THF를 200 mg을 포함한 용액을 제조하고, 여기

표 1. OMR-83 감광액을 이용한 micropool법 Ca-ISFET의 제조 및 특성

Table 1. Fabrication and measuring test of Ca-ISFET by micropool method with OMR-83 as membrane material

Device Number	Materials (mg)					Pretreatment		Sensitivity of sensor (mV/decade)
	OMR-83	DOA	ETH-129	PTCB	THF	Baking Time & Temp.	UV exposure	
SD-1	80	24	2	2	200	no baking	1 min	not work
						80°C, 10 min	1 min	14
						80°C, 10 min	2 min	16
SD-2	80	24	4	2	200	no baking	1 min	not work
						80°C, 10 min	1 min	19
						80°C, 10 min	2 min	24
SD-3	80	24	6	2	200	no baking	1 min	not work
						80°C, 10 min	1 min	15
						80°C, 10 min	2 min	22
SD-4	80	24	8	2	200	no baking	1 min	not work
						80°C, 10 min	1 min	14
						80°C, 10 min	2 min	21

에 가소제로 DOA의 양을 12, 24, 36, 48 mg으로 변화시켜 제조하였다. 이 용액을 pH-ISFET 바탕소자 위에 미리 제조해 놓은 micropool에 적가한 후, 건조, 노광하여 Ca²⁺ 센서 소자를 제조한 후, I_D-V_D 및 I_D-V_G 특성을 조사한 결과, 가소제인 DOA의 양이 24 mg인 경우에, 즉 건조 고분자중량 대비 200 wt% DOA 가소제를 포함한 소자가 양호한 특성을 나타내었다.(Fig. 3)

따라서 OMR-83 고분자용액과 DOA 가소제의 양을 상기와 같이 고정하고, 감지물질인 ETH-129의 양을 변화시켜 Ca²⁺ 센서를 제조하였으며, micropool법에 의한 감지막 처리과정이 센서의 특성에 미치는 영향을 Table 1에 정리하였다.

여기에서 감지막을 soft bake 처리를 하지 않은 경우 및 UV 조사시간이 짧은 경우, 제조된 Ca-ISFET 소자는 작동하지 않거나 혹은 낮은 감도를 나타내었다.

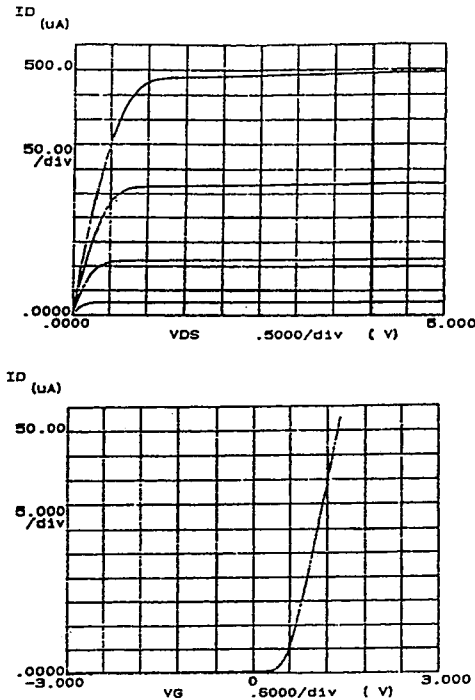


그림 3. OMR-83 고분자용액을 이용하여 micropool 법으로 제조된 센서소자의 I_D-V_D 및 I_D-V_G 특성

Fig. 3. I_D-V_D and I_D-V_G characteristics of sensor device with OMR-83 photoresist as membrane by micropool method

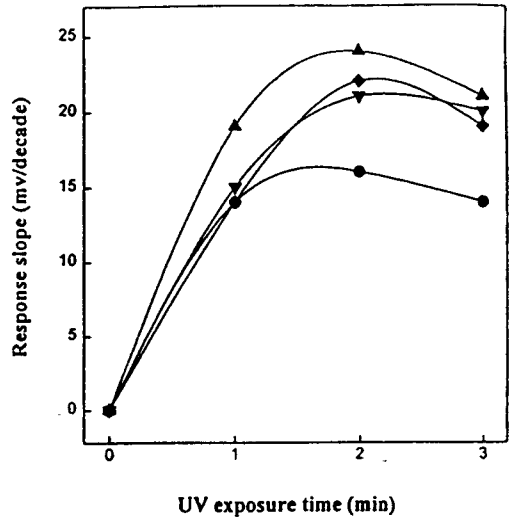


그림 4. Micropool법에 의한 감지막 제작 조건이 Ca²⁺ sensor의 감도에 미치는 영향

Fig. 4. Effect of fabrication condition of Ca²⁺ sensor by micropool method on the sensitivity.

(●)SD-1; (▲)SD-2; (▼)SD-3; (◆)SD-4

이것은 감지막 내의 광가교반응이 충분하지 못한 것과 관계가 있는 것으로 생각된다. 광가교 반응에서 감광제인 BAC는 UV광 에너지조사에 의해 N₂를 방출하고, 매우 반응성이 큰 nitrene으로 바뀌고, 이것은 고분자 혹은 막 내의 다른 성분들로부터 수소탈취 (hydrogen abstraction)반응을 하여 가교구조를 형성한다. Fig. 4에 나타낸 것과 같이 감광액을 micropool에 적가한 후, soft bake를 하지 않고, UV 노광을 할 경우, 감지막 내에 용매의 존재로 인하여 가교반응이 충분하지 못하게 되므로 감지막의 불안정성을 가져오게 되며, Fig. 4에서 보듯이 soft bake 후, UV 노광시간은 2분 정도에서 최적치를 나타내었다.

2. OMR-83 감광액을 이용한 사진식각법 Ca²⁺ 센서

앞의 micropool법 실험에서 OMR-83 감광액이 Ca²⁺에 대한 감지막재료로서 적합한 성질을 보였으므로 사진식각법을 이용하여 Ca-ISFET를 제작하였다. 감광액의 조성은 OMR-83(80mg), Ca²⁺ ionophore인 ETH-129 (2mg 혹은 4mg), lipophilic anion site인 PTCB(2mg) 및 용매인 THF(100 mg)으로 구성하였다.

사진식각 공정은 spin coating 속도 3500 rpm(25 초), prebake 120°C(5 분), UV 노광 2 분, 현상 THF(10초)의 조건을 사용하였으며, 제조된 센서의 특성은 Table 2에 나타내었다. 여기에서 OMR-83을 이용한 사진식각법에 의한 Ca²⁺ 센서는 sensitivity가 앞 절의 micropool법에 의한 것 보다 낮게 나타났으며, H⁺에 대한 감응이 비교적 크게 나타났다. 이것은 첫째로 사진식각법의 경우, 형성된 감지막의 두께가 micropool법의 경우 보다 얇으므로 감지막 내에 Ca²⁺ 감지물질인 ETH-129의 양이 적다는 점과 둘째로 사진식각법으로 감지막 형성 후, 현상단계에서 너무 강한 용제(THF)를 사용함으로 현상시에 감지막에 pin-hole이 생겨서 감지막이 H⁺에 감응하는 불안정성에 기인한 것으로 여겨진다. 그리고 micropool법과 비교해 보면, 사진식각법에 사용된 감광액조성 중에는 가소제가 빠져 있는데, 그 이유는 감광액에 가소제를 첨가시킬 때, 이로 인한 wafer에 대한 감지막의 접착성이 떨어짐으로 인해 사진식각 공정자체가 곤란하기 때문이었다.

3. PVB 감광액을 이용한 사진식각법 Ca²⁺ 센서

앞의 실험에서 OMR-83을 감지막재료로 할 경우, micropool법에서처럼 가소제를 막의 구성성분으로 포함시키면, 비교적 양호한 Ca²⁺ 센서특성이 얻어지나 사진식각법에서는 가소제가 감지막 재료의 wafer에 대한 부착력을 감소시키므로 감지막을 형성할 수 없게 된다. 따라서 가소제를 사용하지 않고도 막자체가 유연한

고분자계를 택하여 실험을 하였다. Gotoh 등은 poly(vinyl butyral) (PVB)을 감지막 재료로 하고, micropool법을 사용한 urea센서의 제작 및 성능에 대해서 막의 유연성 및 부착력이 양호하다고 보고하였다.[12]

PVB의 용매로 THF를 선정하고, 감광제로서 BAC를 더한 다음, formulation의 변화에 따른 사진식각 공정 성질을 조사하였다. Table 3에서 보듯이 PVB를 14.5 wt% 포함하는 THF 용액 1000 mg에 BAC 12 mg을 더한 경우가 사진식각 공정에서 해상도가 높음을 알 수 있었다. 따라서 PVB(BL-1 grade) 0.6g을 THF 용매 3.5g에 용해시켜 14.5 wt% 용액을 만들고, 이 용액 1000 mg에 Ca²⁺의 감지물질인 ETH-129 4 mg 및 PTCB anionic site 2 mg을 더하여 Ca²⁺센서용 감광액을 제조하였다. 또 이 감광액조성을 사용한 사진식각 공정은 spin coater 회전수(4,000 rpm), 80 °C oven 건조(10 분), UV 노광시간(1 분), THF 현상 시간(30 초)의 조건에서 수행하였다.

Table 3의 결과로부터 PVB(BL-1 grade) 0.6g을 THF 용매 3.5g에 용해시켜서 14.5 wt% 용액을 만들고, 이 용액 1000 mg에 감광제인 BAC 12 mg 및 Ca²⁺의 감지물질인 ETH-129 ionophore를 1~8 mg 범위로 녹인 감광액을 사용하여 Ca-ISFET를 제작하고 감응특성을 조사하였다.

Fig. 5에서 PVB를 감지막재료로 사용한 Ca-ISFET의 경우, 감지물질인 ETH-129 ionophore의 양이 증가

표 2. OMR-83 사진식각법에 의한 ETH-129 (2, 4 mg) 포함 Ca²⁺ 특성 측정

Table 2. Measuring test of Ca-ISFET by photolithographic method with OMR-83 polymer and ETH-129 (2 mg, 4 mg)

Device Number	Ca ²⁺ concentration (mol/ℓ)	Ca ²⁺ sensitivity (mV/decade)	pH	H ⁺ sensitivity (mV/decade)
SD-5	10 ⁻⁴ ~ 10 ⁻²	10	9 ~ 4	35
SD-6	10 ⁻⁴ ~ 10 ⁻²	7	9 ~ 4	38
SD-7	10 ⁻⁴ ~ 10 ⁻²	6	9 ~ 4	42
SD-8	10 ⁻⁴ ~ 10 ⁻²	10	9 ~ 4	49
SD-9	10 ⁻⁴ ~ 10 ⁻²	14	9 ~ 4	38
SD-10	10 ⁻⁴ ~ 10 ⁻²	16	9 ~ 4	no response
SD-11	10 ⁻⁴ ~ 10 ⁻²	21	9 ~ 4	no response

SD-5~8 ; ETH-129 2 mg , SD-9~11 ; ETH-129 4 mg

표 3. PVB/BAC/THF 감광액을 이용한 사진식각법 Ca-ISFET의 특성

Table 3. Effect of fabrication condition of Ca-ISFET on photolithographic process with PVB/BAC/THF polymer solution

Device Number	Material		Pretreatment		Photolithographic properties
	PVB/THF	BAC	Baking time & temp.	UV exposure	
SD-12	5 wt%, 1000 mg	12 mg	80°C, 10 min	1 min	Poor patterning
SD-13	10 wt%, 1000 mg	12 mg	80°C, 10 min	1 min	Poor patterning
SD-14	14.5 wt%, 1000 mg	12 mg	80°C, 10 min	1 min	Good patterning
SD-15	20 wt%, 1000 mg	12 mg	80°C, 10 min	1 min	Good patterning High thixotroy

함에 따라서 감응기울기가 증가하다가 4 mg(감지막 중 ionophore의 함량 2.45%) 이상이 되면, 감응 기울기는 더 이상 증가하지 않음이 관찰되었다. 이것은 감지막 표면부위에서의 함량이 대부분의 Ca^{2+} 감지에 참여하여 어느 임계량 이상의 경우에는 감응에 영향을 주지 못하기 때문으로 해석할 수 있다.[13]

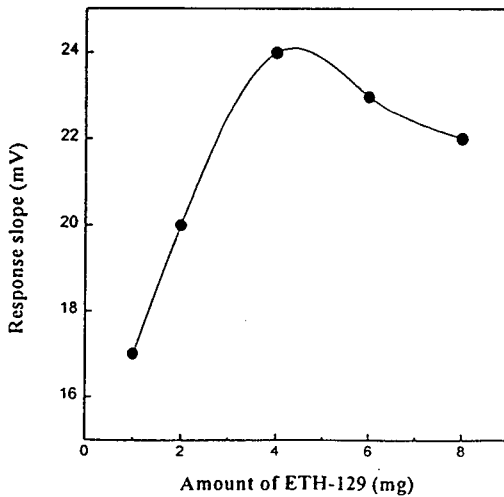


그림 5. Ca-ISFET 감지막 내의 ETH-129 ionophore 변화량에 따른 감도변화

Fig. 5. Effect of amount of ETH-129 in Ca-ISFET membrane on the sensitivity.

또 Fig. 6에서는 측정대상 양이온의 선택적 투과도의 증가를 위하여 첨가되는 lipophilic anionic site인 PTCB의 양을 변화시키고, ETH-129의 양을 4 mg으로 고정한 후, anionic site가 감응에 미치는 영향을 나타내었다.[14]

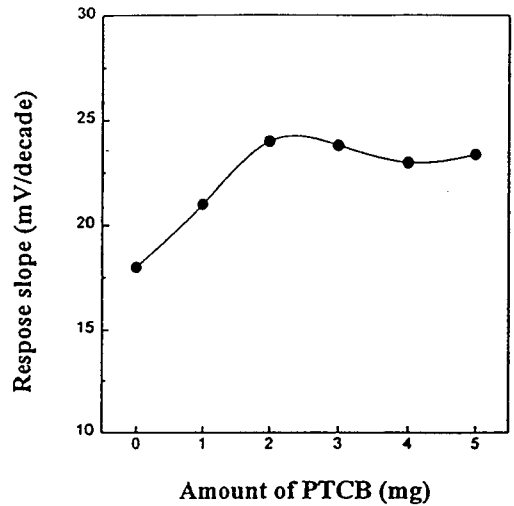


그림 6. Ca-ISFET 감지막 내의 PTCB anionic site 변화량에 따른 감도변화

Fig. 6. Effect of amount of PTCB in Ca-ISFET membrane on the sensitivity.

Fig. 7에 위의 결과를 바탕으로 PVB(BL-1 grade) 0.6g을 THF 용매 3.5g에 용해시켜서 14.5 wt% 용액을 만들고, 이 용액 1000 mg에 Ca^{2+} 의 감지물질인 ETH-129 4 mg과 PTCB를 2 mg을 가한 감광액을 이용하여 사진식각법으로 Ca-ISFET를 제작한 다음, Ca^{2+} 농도 변화에 따른 감응시간 특성을 나타내었으며, Ca^{2+} 농도가 증가됨에 따른 감응 시간이 단축되는 현상을 볼 수 있다.

또 이렇게 제작된 Ca-ISFET의 Ca^{2+} 표준용액에 대한 출력전압의 변화를 측정하여 이 값을 Ca^{2+} 의 몰농도의 역의 상용대수값에 대하여 도시한 calibration

curve를 Fig. 8에 나타내었다. Fig. 8에서 알 수 있듯이 PVB를 감지막재료로 한 Ca-ISFET는 $10^{-4} \sim 10^{-1}$ mole/l 농도범위에서 직선성을 나타내었으며, 감응기울기는 약 23 ± 0.2 mV/decade였다. 감지막 재료로서 PVB는 바탕소자인 pH-ISFET wafer 위에 adhesion

promoter 용액의 전처리를 하지 않아도 양호한 부착력을 나타내었으며 또 PVB 자체가 유연성이 좋으므로 PVC와는 달리 가소제를 사용하지 않아도 되므로 가소제이행(migration) 문제가 없어 막의 안정성이 좋은 특성이 있었다.

IV. 결 론

FET형 이온센서의 감지막의 형성을 위하여 micropool법 및 사진식각법으로 Ca-ISFET를 제조하였다. 반도체공정에 쓰이는 negative photoresist인 OMR-83을 감지막 재료로 사용한 경우, micropool법에 있어서는 가소제인 DOA를 포함하므로 좋은 감응특성을 나타내었으나 사진식각법에 있어서는 가소제를 사용할 수 없어 부적합하였다. PVB를 감지막 재료로 하고, 사진식각법으로 제조된 Ca-ISFET는 Ca^{2+} 농도 $10^{-4} \sim 10^{-1}$ mole/l 범위에서 좋은 직선성을 나타내었으며, 감응기울기는 23 ± 0.2 mV/decade였다. 감지막 재료로서 PVB는 바탕소자인 pH-ISFET wafer 위에 adhesion promoter 용액의 전처리를 하지 않아도 양호한 부착력을 나타내었으며, 가소제이행(migration) 문제가 없어 막의 안정성이 좋은 특성이 있었다.

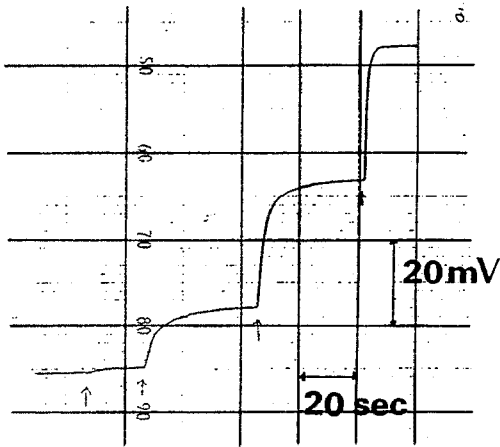


그림 7. Ca^{2+} 농도 변화(pCa 5 → pCa 1)에 따른 감응 시간 특성

Fig. 7. Output voltage-time profiles of Ca-ISFET for changes of pCa 5 → pCa 1

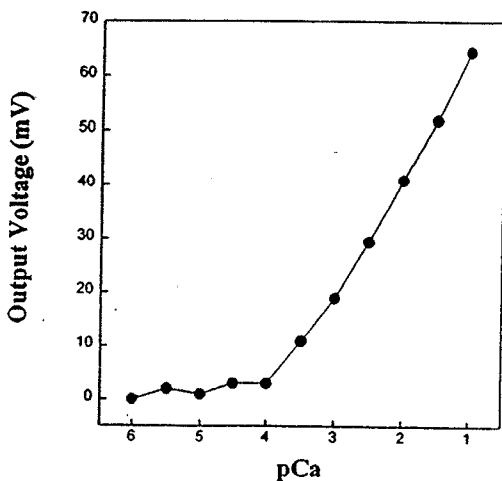


그림 8. PVB/BAC/THF를 감지막으로 이용한 사진식각법 Ca-ISFET의 검정곡선

Fig. 8. Calibration curve of Ca-ISFET with PVB/BAC/THF membrane fabrication by photolithographic method.

감사의 글

본 연구는 센서기술연구소 연구비 지원에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

- [1] 손병기, "감이온 전장효과 트랜지스트", 대한전자 공학회지, 18권 5호, 22-29 (1981)
- [2] Peter D. VAN DER WAL, "New membrane materials for potassium selective ion-sensitive field-effect transistor", *Analytica Chimica Acta*, 231 (1990) 41-52
- [3] 이홍락, 배준용, 윤종훈, 양승태, 김영철, 정동숙, *센서기술학술대회 논문집*, 2 (1), 279-285 (1991)
- [4] 박이순, 김기현, 하기룡, 장진규, *Polymer(Korea)*, 17 (4), 372-378 (1993)
- [5] P. Bergveld, *IEEE Trans. Biomed. Eng., BME-17*, 70 (1972)

- [6] A. van den Berg and A. Grisel, *Sensors and Actuators B*, 4, 235-238 (1991)
- [7] R. Hintsche, G. Neumann, I. Dransfeld, G. Kampfrath, B. Hoffmann and F. Scheller., *Analtical Letters*, 22 (9), 2175-2190 (1989)
- [8] U. Schefer, D. Ammann, E. Pretsch, U. Oesch and W. Simon, *Anal. Chem.*, 58, 2282 (1986)
- [9] H. M. Brown and S. K. Marron, *Anal. Chem.*, 62, 2153 (1990)
- [10] Tatsuo Akiyama, Eiji Niki, *Pure & Appl. Chem.*, Vol. 59, No. 4, pp. 535-538, 1987.
- [11] H. L. Lee and J. H. Yun, *J. Kor. Chem. Soc.*, 35, 51 (1991)
- [12] Masao Gotoh, "Urea-FET Sensor Using Polyvinylbutyral Resin Membrane", *Sensors and Materials*, 1, 025-033 (1988)
- [13] T. Shono, *Denki Kagaku*, 53, 942 (1985)
- [14] H. Freiser, "Ion-selective Electrodes in Analytical Chemistry", Vol 1, Plenum Press, New York and London, 1979, pp.233-246

 著 者 紹 介

박 이 순

『센서학회지 제2권 제1호』 논문93-02, p.35 참조
 현재 경북대학교 고분자공학과 부교수.

손 병 기

『센서학회지 제1권 제1호』 논문92-08, p.101 참조
 현재 경북대학교 전자공학과 교수, 센서기술연구소 소장


허 영 준

1994년 경북대학교 고분자공학과 졸업(공학사). 현재 경북대학교 고분자공학과 석사과정 재학중. 주관 심분야 : 기능성 고분자, chemical sensor, optical sensor, 비선형 광학재료