

논문 2002-11-1-03

Al₂O₃를 첨가한 LaFeO₃ 후막의 암모니아 가스 감지특성

김준곤*, 안병렬*, 마대영*, 박기철*, 김정규*

Ammonia gas sensing characteristics of LaFeO₃ thick-films with Al₂O₃ additives

Jun-Gon Kim*, Byeong-Yeol Ahn*, Tae-Young Ma*,

Ki-Cheol Park*, Jeong-Gyoo Kim*

요 약

스크린 프린팅법으로 Al₂O₃ 기판 위에 LaFeO₃를 기본물질로 하여 Al₂O₃를 각각 2wt.%, 5wt.%, 10wt.%를 첨가한 후막을 제조하였다. 열처리 온도에 따른 후막의 구조적, 전기적 특성과 암모니아 가스에 대한 감지특성을 조사하였다. X선 회절에서, 첨가한 Al₂O₃는 1200°C까지의 열처리에도 LaFeO₃와 반응하여 화합물을 형성하지 않음을 확인하였다. 전자현미경 사진에서 Al₂O₃의 첨가량에 따른 열처리에 대한 입자의 변화는 차이를 보이지 않았다. 후막의 전기적 특성에서 활성화 에너지가 높고 전기저항이 작은 시료에서 가스감도가 좋았다. Al₂O₃를 2wt.% 첨가하여 1200°C에서 열처리한 후막은 100ppm NH₃ 가스에 대해 동작온도 350°C에서 210%의 감도를 보였다. 이 후막은 NH₃ 가스에 대해 우수한 선택성을 보였다.

Abstract

LaFeO₃-based thick films with 2wt.%, 5wt.% and 10wt.% Al₂O₃ additives were fabricated by screen printing method on Al₂O₃ substrates. Structural, electrical and ammonia gas sensing characteristics of the thick films with different heat treatment temperatures were examined. From XRD results, the compound of LaFeO₃ and Al₂O₃ was not found until the heat treatment at 1200°C. SEM microphotograph showed similar grain growth despite the amount of Al₂O₃ additives with the heat treatment. Thick films with high activation energy and low resistance in the electrical properties showed high sensitivity for gases. Thick films with 2wt.% Al₂O₃ additives heat-treated at 1200°C showed the sensitivities of 210% for 100 ppm NH₃ gas at the working temperature of 350°C. The thick films showed good selectivity to NH₃ gas.

1. 서 론

산업화에 따른 대기환경오염이 심화됨에 따라 쾌적한 삶을 보장하기 위한 환경유지 및 제어체계의 필요성이 높아가고 있다. 현재 반도체형 암모니아 가스 센서의 기본재료로서 ZnO, WO₃-SnO₂, In₂O₃, TiO₂ 및 Ga₂O₃ 등의 금속산화물들이 주

로 이용되고 있으며 센서의 소형화 및 저 전력화를 위해 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. ZnO, In₂O₃ 등의 한가지 재료만으로 제작된 박막 센서는 보통 동작온도가 높고, 전기적으로 불안정하며, 감도와 선택성이 좋지 못하다. 따라서 촉매불순물을 첨가시키거나 박막 성장조건을 변화시켜 이러한 문제점을 해결하려는 연구가 행해지고 있다.⁽¹⁾⁻⁽⁶⁾ Egashira⁽⁷⁾ 등은 In₂O₃-MgO(5mol%) 센서가 동작온도 470°C, 300ppm의 암모니아 가스 농도에서 60-100%의 감도를 나타냄을 발표했으나, 동작온도가 너무 높고, Sberveglieri⁽²⁾ 등은 In이 도핑된 ZnO 박막 센서를 제작하여 200-400°C의 동작

* 경상대학교 공과대학 전기전자공학부, 공학연구원 컴퓨터 자동화 응용기술연구센터 연구원 (Dept. of Electrical and Electronics Engineering, Gyeongsang National University)
<접수일자 : 2001년 9월 15일>

온도에서 1-10ppm의 암모니아 가스를 검지할 수 있음을 보고하였으나 감도가 낮다.

LaFeO₃ 박막의 Co 및 NH₃ 가스 감지특성은 알려졌으나^[8] 이 물질에 In₂O₃, Al₂O₃ 등 다른 물질을 혼합하여^[9] 센서의 성능을 향상시키기 위한 연구는 부족한 편이다.

본 연구에서는 감도가 우수하고 동작온도가 낮은 암모니아 가스 센서를 제작하기 위해 LaFeO₃를 기본물질로 하여 Al₂O₃를 각각 2wt.%, 5wt.%, 10wt.% 무게비로 첨가하여 스크린 프린팅법으로 후막 센서를 제작하였다. 800°C, 1000°C 및 1200°C에서 열처리된 후막 센서에 대하여 구조적, 전기적 특성, 동작온도에 따른 NH₃ 가스에 대한 감도, 농도의존성, 시간 응답 특성 및 선택성을 조사하였다.

2. 실험 및 측정

표준 세라믹 공정⁽¹⁰⁾을 이용하여, LaFeO₃ [99.9%, Aldrich 사]와 LaFeO₃-Al₂O₃(2, 5, 10wt.%) [99.99%, Aldrich 사] 분말을 제조하였다. 제조된 분말을 일정량 사용하여 유기물 첨가제로서의 역할을 하는 10wt.% PVA (poly vinyl alcohol) 용액을 섞은 뒤 슬러리를 만들어 알루미늄 기판 위에 스크린 프린팅법으로 후막을 형성시켰다. 이때 사용한 스크린은 200 mesh였다. 실온에서 24시간 동안 건조시킨 후, 공기 중에서 800°C, 1000°C, 1200°C에서 1시간 동안 열처리 한 뒤 자연냉각 시켰다. 그림 1은 스크린 프린팅으로 제조된 소자를 보여준다. 이 후막은 22mm×20mm 알루미늄 기판 위에 10mm×10mm 후막을 인쇄한 뒤 전극 간격을 2mm으로 하여 RF 마그네트론 스퍼터로 Pt박막 전극을 증착하였다. 저항성 접촉과 저항의 안정화를 고려해서 Pt 전극을 증착한 후, 공기중 600°C에서 1시간 동안 열처리하였다.

후막의 전기적 및 가스감지 특성을 조사하기 위해서 진공 상태가 가능하도록 만든 3000cc 용량의 밀폐된 공간 내에 22mm×66mm의 히터를 설치한 뒤 제조된 후막을 히터 위에 올려 놓고 소자의 저항을 측정하였다. 이때 온도조절은 PID 온도 조절기(한영제품)를 이용하였고, 저항측정은 컴퓨터 인터페이스(IEEE-488)된 저항계(Keithley 617)를 이용하였다. 각 동작

온도에서 측정된 저항을 이용하여 가스 감도를 계산하였다. 안정된 저항을 얻기 위하여 2 일간 열화를 한 후 실험을 하였다.

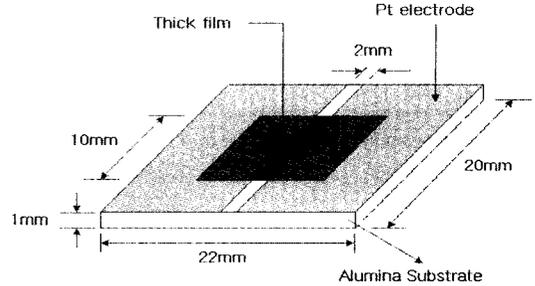


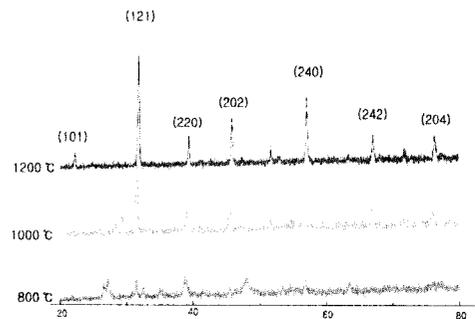
그림 1. 제조된 소자의 단면도.

Fig. 1. The schematic view of the fabricated thick film sensors.

3. 결과 및 고찰

3-1. 후막의 구조적 특성

LaFeO₃, LaFeO₃-Al₂O₃(2, 5, 10wt.%) 후막 소자의 결정형태와 열처리 온도에 따른 결정성을 보기 위해서 X-선 회절 분석을 하였다. 그림 2는 열처리 온도에 따른 LaFeO₃-Al₂O₃ 후막의 XRD 패턴을 보여준다. 모든 경우에 있어서 800°C 이하의 열처리에서는 LaFeO₃가 형성되지 않았으나 1000°C 이상의 열처리에서 LaFeO₃의 주 피크인 (121) 피크가 형성되었고, Al₂O₃가 첨가된 후막에서는 Al₂O₃의 (113), (104), (024) 등의 피크도 관찰된다. 이 사실로부터 La₂O₃와 Fe₂O₃에서 LaFeO₃로 전이되는 온도가 800°C에서 1000°C 사이에 있는 것으로 예상되며 또한 첨가된 Al₂O₃는 1200°C 까지 열처리를 하더라도 La₂O₃나 Fe₂O₃와 반응하지 않음을 알 수 있다.



(a)

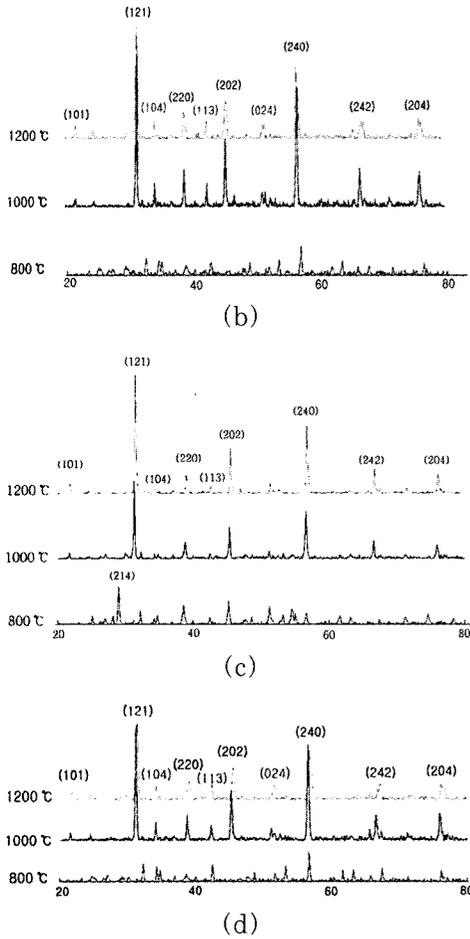
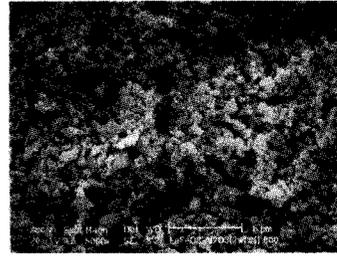


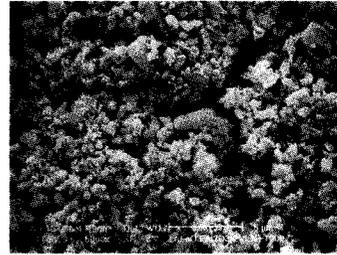
그림 2. (a) LaFeO₃, (b) LaFeO₃-Al₂O₃(2wt.%), (c) LaFeO₃-Al₂O₃(5wt.%), (d) LaFeO₃-Al₂O₃(10wt.%) 분말의 열처리 온도에 따른 XRD 회절 패턴.

Fig. 2. XRD patterns of (a) LaFeO₃, (b) LaFeO₃-Al₂O₃(2wt.%), (c) LaFeO₃-Al₂O₃(5wt.%), (d) LaFeO₃-Al₂O₃(10wt.%) powders for various heat treatment temperatures.

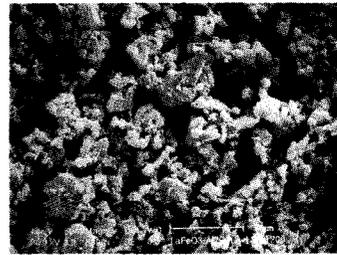
그림 3은 열처리 온도에 따른 LaFeO₃-Al₂O₃ (2wt.%) 후막의 SEM(scanning electron microscope)사진을 보여준다. Al₂O₃의 첨가량에 따른 SEM 상의 입자의 변화는 큰 차이를 보이지 않았고, 열처리 온도에 대하여 LaFeO₃-Al₂O₃ (2wt.%) 후막과 비슷한 경향을 보였다. 열처리 온도가 증가할수록 입자의 크기가 증가하는 것을 볼 수 있는데, 이는 열처리 온도가 높아짐에 따라 LaFeO₃ 결정의 성장이 이루어짐을 의미하며 상대적 피크가 증가하는 XRD(x-ray diffraction) 결과와도 일치한다.



(a)



(b)



(c)

그림 3. LaFeO₃-Al₂O₃(2wt.%) 후막의 (a) 800 °C, (b) 1000 °C, (c) 1200 °C 열처리 온도에 대한 SEM 사진.

Fig. 3. SEM microphotographs of LaFeO₃-Al₂O₃ (2wt.%) thick films with different heat treatment temperatures at (a) 800 °C, (b) 1000 °C and (c) 1200 °C.

3-2. 후막의 전기적 특성

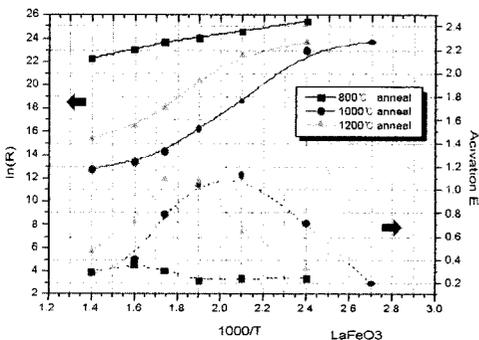
그림 4 (a) ~ (d)는 각각 열처리 온도가 다른 LaFeO₃-Al₂O₃(0, 2, 5, 10wt.%) 후막의 온도에 따른 저항과 활성화 에너지 변화곡선을 나타낸 것이다. 온도가 증가할수록 저항이 감소하는 NTC(negative temperature coefficient)특성을 보이며 후막의 저항은 다음과 같이 나타낼 수 있다.^[5]

$$R = R_0 \exp [(E_c - E_t) / kT] \text{ ----- (1)}$$

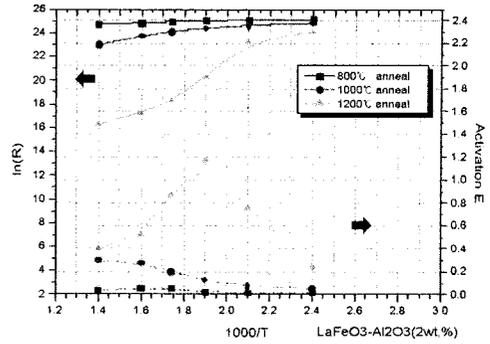
여기서 R₀는 온도변화가 작을 때는 온도와 무관

한 상수이고, E_c 는 전도대역 에너지이고, E_t 는 소자의 표면상태 에너지이다. 활성화 에너지, ΔE (eV) = $E_c - E_t$ 로 두고, 활성화 에너지를 구하였다.

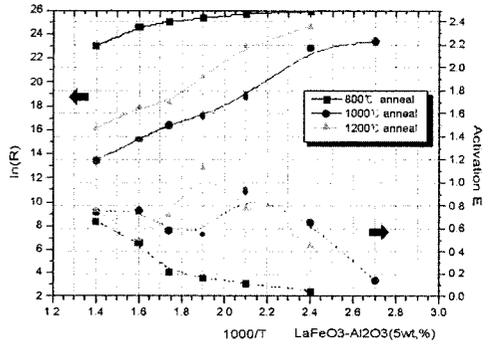
그림 4(a)에서 1000°C 와 1200°C 열처리한 $LaFeO_3$ 시료의 최대 활성화 에너지는 약 1.1eV 이다. 뒤에 나올 그림 5(a)에서 가스감도가 가장 좋은 200°C 부근의 활성화 에너지를 살펴보면 열처리 온도 800°C, 1000°C, 1200°C에서 각각 0.24eV, 1.13eV, 0.64eV로 임을 알 수 있다. 1000°C에서 열처리한 시료가 저항이 가장 작고 활성화에너지는 가장 크다는 것을 알 수 있다. 그림 4(b)의 $LaFeO_3-Al_2O_3$ (2wt.%) 후막에서는 $LaFeO_3$ 후막에 비해 전체적으로 높은 저항값을 가지며 800°C와 1000°C에서 열처리한 시료에 비해 1200°C에서 열처리한 후막의 최대 활성화 에너지가 1.18eV로 가장 크다. 가스감지 특성에서 감도가 가장 큰 300°C 부근의 활성화 에너지를 비교하면 열처리온도 800°C, 1000°C, 1200°C에서 각각 0.05eV, 0.20eV, 0.86eV로 나타났다. 그림 4(c)의 $LaFeO_3-Al_2O_3$ (5wt.%) 후막에서 가스 감지 특성에서 감도가 가장 좋은 200°C에서 활성화 에너지를 비교하면 열처리 온도 800°C, 1000°C, 1200°C에서 각각 0.11eV, 0.93 eV, 0.78eV로 나타났다. 그림 4(d)의 $LaFeO_3-Al_2O_3$ (10wt.%) 후막에서 온도에 따른 저항 특성이 $LaFeO_3-Al_2O_3$ (2wt.%)의 경우와 비슷하게 나타나며 특히, 1200°C에서 열처리한 시료의 경우 최대 활성화 에너지는 1.23eV 이다. 가스 감도특성이 가장 우수한 200°C 동작온도에서 800°C, 1000°C, 1200°C 열처리된 시료의 활성화 에너지 변화를 비교해 보면 각각 0.05eV, 0.1eV, 0.66eV로 1200°C에서 열처리한 시료가 가장 큼을 알 수 있다.



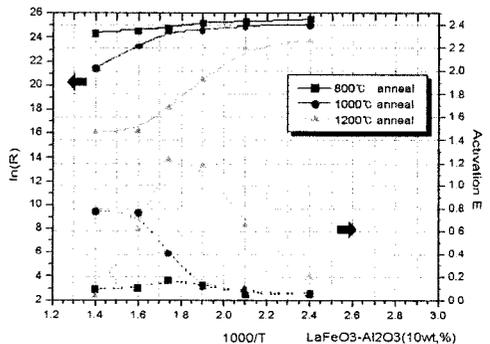
(a)



(b)



(c)



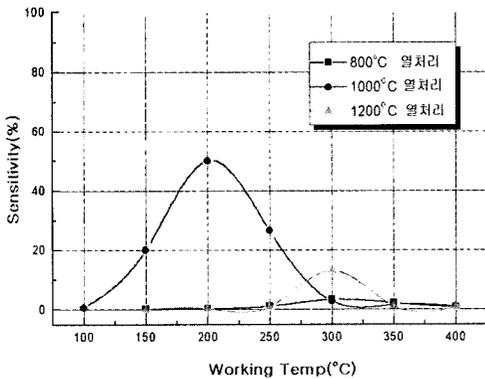
(d)

그림 4. (a) $LaFeO_3$ (b) $LaFeO_3-Al_2O_3$ (2wt.%), (c) $LaFeO_3-Al_2O_3$ (5wt.%)와 (d) $LaFeO_3-Al_2O_3$ (10wt.%) 후막의 온도에 따른 저항변화 및 활성화 에너지.

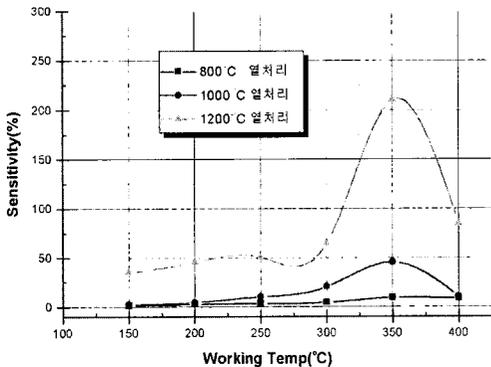
Fig. 4. Dependence of the resistance and activation energy of thick films on the temperature. (a) $LaFeO_3$, (b) $LaFeO_3-Al_2O_3$ (2wt.% Al_2O_3), (c) $LaFeO_3-Al_2O_3$ (5wt.% Al_2O_3), and (d) $LaFeO_3-Al_2O_3$ (10wt.% Al_2O_3).

3-3. 가스 감지 특성

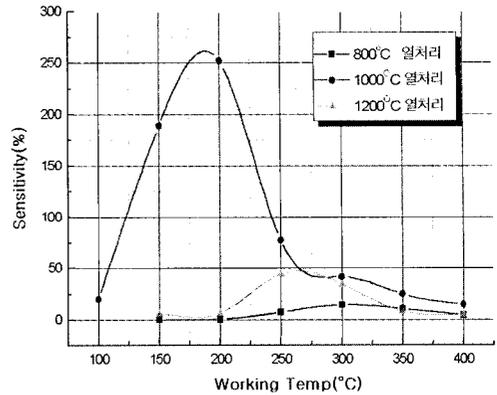
그림 5 (a)~(d)는 각각 열처리 온도가 다른 LaFeO₃-Al₂O₃(0, 2, 5, 10wt.%) 후막의 NH₃ 가스 100ppm에 대한 감도특성을 나타낸 것이다. 그림 5(a)에서 LaFeO₃ 후막은 100 °C에서 열처리한 소자가 동작온도 200 °C에서 50%의 최대의 감도를 보였고 그림 5(b)에서는 Al₂O₃를 2wt.% 첨가했을 때에 1200 °C에서 열처리된 후막이 동작온도 350 °C에서 약 210%의 우수한 감도를 보였다. 그림 5(c)에서 Al₂O₃를 5wt.% 첨가했을 때에 1000 °C에서 열처리된 후막이 동작온도 200 °C에서 약 250%의 높은 감도를 보였고 그림 5(d)에서는 Al₂O₃를 10wt.% 첨가했을 때에 1200 °C에서 열처리된 후막이 동작온도 200 °C에서 약 90%의 감도를 보였다. Al₂O₃를 5wt.% 첨가한 후막이 100ppm NH₃ 가스에 대해서 제일 우수한 감도를 보임을 확인할 수 있다.



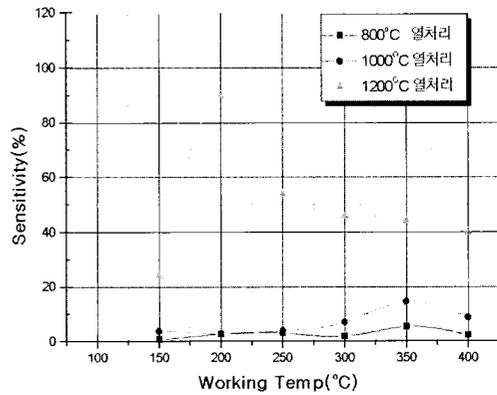
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 5. (a) LaFeO₃, (b) LaFeO₃(2wt.% Al₂O₃), (c) LaFeO₃(5wt.% Al₂O₃) 와 (d) LaFeO₃(10wt.% Al₂O₃) 후막의 열처리별 암모니아 가스 감도 특성.

Fig. 5. Sensitivities of thick films with different heat treatment temperatures for NH₃ gas. (a) LaFeO₃, (b) LaFeO₃(2wt.% Al₂O₃), (c) LaFeO₃(5wt.% Al₂O₃) and (d) LaFeO₃(10wt.% Al₂O₃).

표 1은 각 시료의 최대 감도와 그에 따른 동작온도, 열처리 온도, 활성화 에너지 사이의 관계를 정리한 것으로 그림 4에서 활성화 에너지가 최대가 되는 동작온도에서 최대감도를 보였으며, 감도가 큰 특정 동작온도에서 활성화 에너지가 가장 높은 시료에서 최대 감도를 보였다.

표 2는 각 시료의 열처리온도별 최대감도와 상대적인 저항값을 나타낸 것이다. 각 시료에서 최대감도는 시료의 저항 값이 작을수록 커짐을 알 수 있다.

표 1. 각 시료의 최대 감도와 동작온도, 열처리 온도, 활성화 에너지의 관계.

Table 1. The relation of the highest sensitivities, working temperatures, heat treatment temperatures and activation energies.

시 료	최대감도	동작온도	최대감도를 보인 시료의 열처리온도	활성화 에너지(E _a)			E _a 가 최대일때 동작온도
				시료 : 800°C	1000°C	1200°C	
LaFeO ₃	50%	200°C	1000°C	0.24eV,	1.13eV ,	0.64eV	200°C
LaFeO ₃ -Al ₂ O ₃ (2wt%)	210%	350°C	1200°C	0.05eV,	0.20eV,	0.86eV	250~300°C
LaFeO ₃ -Al ₂ O ₃ (5wt%)	250%	200°C	1000°C	0.11eV,	0.93eV ,	0.78eV	200~250°C
LaFeO ₃ -Al ₂ O ₃ (10wt%)	90%	200°C	1200°C	0.05eV,	0.10eV,	0.66eV	250~300°C

이는 LaFeO₃-Al₂O₃(0, 2, 5, 10wt.%) 후막의 전기전도가 주로 grain boundary에 많은 영향을 받는다고 생각하면 grain의 성장에 의한 전기저항의 감소와 가스 흡착에 의한 grain boundary의 저항이 전체 저항에 미치는 영향이 커져 가스 감도특성이 향상된 것으로 생각된다.^(11,12) 감도, S는 다음 식으로 구하였다.

$$S = |R_{gas} - R_{air}| / R_{air} \times 100 (\%) \quad (2)$$

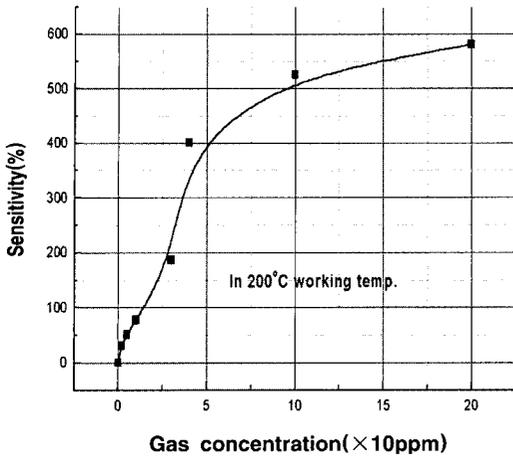
표 2. 각 시료의 열처리온도별 최대감도와 저항값의 상대적 크기.

Table 2. The highest sensitivities and relative resistance of thick films with different heat treatment temperatures.

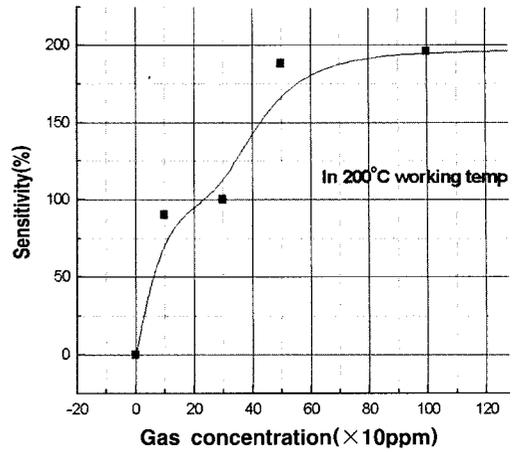
시 료	열처리 온도	최대 감도	저항값 순서
LaFeO ₃	800°C	4%	3
	1000°C	50%	1
	1200°C	13%	2
LaFeO ₃ -Al ₂ O ₃ (2wt%)	800°C	4%	3
	1000°C	42%	2
	1200°C	210%	1
LaFeO ₃ -Al ₂ O ₃ (5wt%)	800°C	13%	3
	1000°C	250%	1
	1200°C	40%	2
LaFeO ₃ -Al ₂ O ₃ (10wt%)	800°C	6%	3
	1000°C	15%	2
	1200°C	90%	1

3-4. 가스농도 의존성

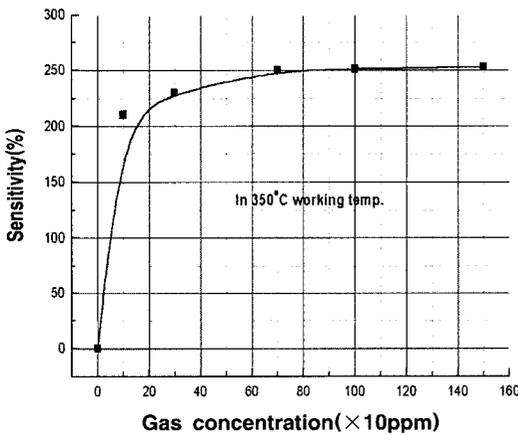
그림 6(a) ~ (d)는 각각 열처리 온도가 다른 LaFeO₃-Al₂O₃(0, 2, 5, 10wt.%) 후막소자의 가스감지 특성이 가장 높은 시료와 동작온도에서 NH₃ 가스 농도별 감도 특성을 나타낸 것이다. 그림 6(a)는 1000°C에서 열처리한 LaFeO₃ 후막의 200°C 동작온도에서 NH₃ 가스의 농도에 따른 감도의 변화를 나타낸 것인데, NH₃ 가스 250ppm에서 200%, 500ppm에서 400%, 1000ppm에서 525%, 2000ppm에서 575%의 아주 높은 감도를 보였으며, 1000ppm 이상에서 포화됨을 알 수 있다. 그림 6(b)는 1200°C에서 열처리한 LaFeO₃-Al₂O₃(2wt.%) 후막의 350°C 동작온도에서 NH₃ 가스의 농도에 따른 감도의 변화를 나타낸 것인데, NH₃ 가스 100ppm에서 210%, 300ppm에서 225%, 700ppm에서 약 250%로 포화됨을 확인할 수 있다. 그림 6(c)는 1000°C에서 열처리한 LaFeO₃-Al₂O₃(5wt.%) 후막의 200°C 동작온도에서 NH₃ 가스의 농도에 따른 감도의 변화를 나타낸 것인데, NH₃ 가스 100ppm에서 250%, 400ppm에서 550%, 1000ppm에서 725%의 최대 감도를 보임일 확인할 수 있다. 그림 6(d)는 1200°C에서 열처리한 LaFeO₃-Al₂O₃(10wt.%) 후막의 200°C 동작온도에서 NH₃ 가스의 농도에 따른 감도의 변화를 나타낸 것인데, NH₃ 가스 100ppm에서 90%, 500ppm에서 180%의 최대감도를 보였고, 500ppm이상에서 포화됨을 확인할 수 있다.



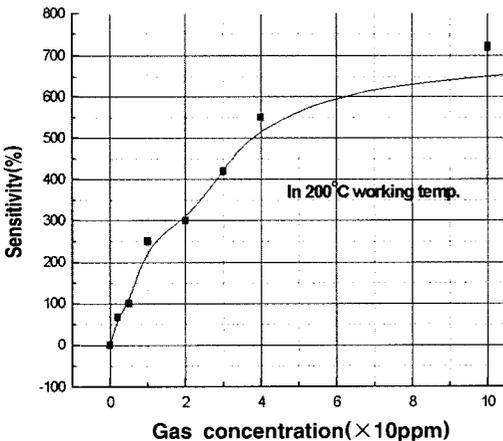
(a)



(d)



(b)



(c)

그림 6. (a) LaFeO₃, (b) LaFeO₃(2wt.% Al₂O₃), (c) LaFeO₃(5wt.% Al₂O₃) 와 (d) LaFeO₃(10wt.% Al₂O₃) 후막의 암모니아 가스에 대한 농도 의존성.

Fig. 6. Dependence of thick films sensitivity on NH₃ gas concentration. (a) LaFeO₃, (b) LaFeO₃(2wt.% Al₂O₃), (c) LaFeO₃(5wt.% Al₂O₃) and (d) LaFeO₃(10wt.% Al₂O₃).

위의 결과에서 가스의 감도가 높은 시료는 포화농도가 큰 반면에 감도가 낮은 시료는 포화농도가 감소됨을 알 수 있다. 그 이유로서는 센서의 표면에 가스의 흡착 사이트가 많을수록 많은 가스를 흡착 할 수 있고 따라서 포화 농도도 증가하며 그에 따른 저항 변화도 크게 나타나 가스감지특성도 크게 나타났을 것으로 생각된다⁽¹⁰⁾.

3-5. 선택성

그림 7은 Al₂O₃를 각각 0wt.%, 2wt.%, 5wt.%, 10wt.%를 첨가 했을때 NO(2ppm), NH₃(100ppm), CO(100ppm), C₄H₁₀(100ppm) 가스에 대한 최대감도를 나타낸 것이다. 2ppm NO 가스에 대해서는 LaFeO₃ 후막은 150%의 감도를 보였으나, Al₂O₃를 5wt.% 첨가한 후막이 200%의 높은 감도를 보였다. 100ppm NH₃ 가스에 대해서는 Al₂O₃를 2wt.%, 5wt.% 첨가한 후막이 각각 210%, 250%의 감도를 보였으며, CO와 C₄H₁₀ 가스에 대해서는 50%이하로 아주 낮은 감도를 보였다. LaFeO₃ 후막은 NH₃ 가스에 대해서 높은 감도

를 보였으나, NO 가스에 대해서도 감도가 아주 높게 나타나 선택성이 낮음을 알 수 있다. Al₂O₃를 2wt.% 첨가한 후막이 NH₃ 가스에 대해서 우수한 선택성을 보임을 알 수 있다.

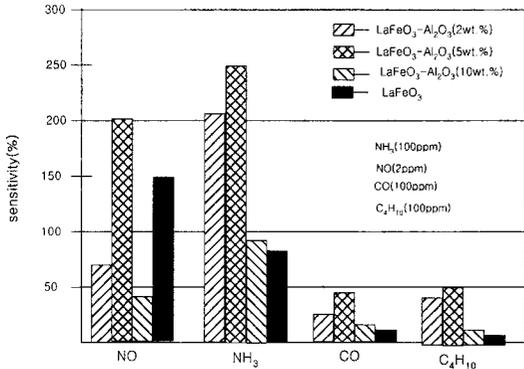


그림 7. LaFeO₃와 LaFeO₃-Al₂O₃(2-5-10wt.%) 후막의 각 가스에 대한 감도 특성.

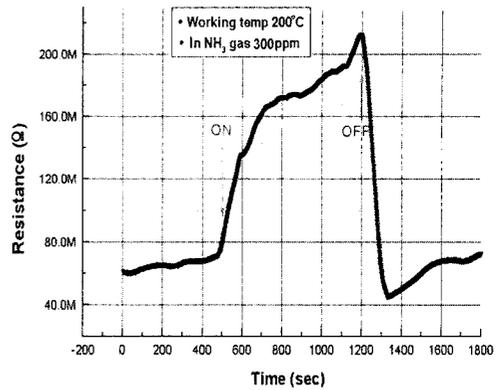
Fig. 7. The sensitivities of LaFeO₃ and LaFeO₃-Al₂O₃(2-5-10wt.%) thick films to several gases.

3-6. 시간응답특성

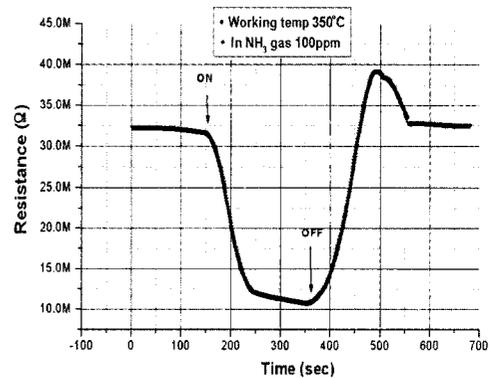
그림 8(a)는 1000°C에서 열처리한 LaFeO₃ 후막의 300ppm NH₃ 가스에 대한 시간 응답 특성을 나타낸 것이다. 시간 응답 측정에서 1초당 1회씩 변화하는 저항 값을 측정하였다. 그림 8(a)에서 동작온도 200°C에서 NH₃ 가스를 주입하였을 때 5분 이내에 최종 감도의 90%로 반응이 진행됨을 보여준다. 가스를 주입시켰을 때 보다는 탈착할 때가 더 빠른 응답을 보임을 알 수 있고, 반응전의 저항으로 회복됨을 알 수 있다.

그림 8(b)는 1200°C에서 열처리된 LaFeO₃-Al₂O₃(2wt.%) 후막의 동작온도 350°C에서 100ppm NH₃ 가스에 대한 시간응답특성을 나타낸 것이다. 시간 응답 측정에서 2초당 1회씩 변화하는 저항 값을 측정하였다. 가스를 주입한 후 5분 후에 강제적으로 10분 배출하였다. 그림 8(b)에서 NH₃ 가스 주입후 3분 이내에 최대감도의 90%에 도달하였고, 5분 이내에 최대감도의 100%에 도달하였으며, 반응 전 저항까지 회복됨을 알 수 있다.

Al₂O₃의 첨가량에 의한 시간응답은 큰 차이를 보이지 않았다.



(a)



(b)

그림 8. (a) LaFeO₃, (b) LaFeO₃-Al₂O₃(2wt.%) 후막의 암모니아 가스에 대한 시간응답특성.

Fig. 8. Time response of (a) LaFeO₃ and (b) LaFeO₃-Al₂O₃(2wt.%) to NH₃ gases.

4. 결 론

스크린 프린팅으로 제작한 Al₂O₃ 기판 위의 LaFeO₃에 Al₂O₃를 각각 2wt.%, 5wt.%, 10wt.%를 첨가한 후막을 제조하였다. 열처리 온도에 따른 후막의 구조적, 전기적 특성 및 가스 감지특성을 조사하였다. 또한 여러 가스에 대한 선택성과 암모니아 가스에 대한 농도 의존성을 조사하였다.

후막의 전기적 특성에서 활성화 에너지가 높고 전기저항이 작은 시료에서 암모니아 가스에 대한 우수한 감도를 보였다.

최적 동작온도는 LaFeO₃와 LaFeO₃에 Al₂O₃를 5wt.% 와 10wt.%를 첨가한 후막센서인 경우는 200℃였고, Al₂O₃를 2wt.% 첨가한 후막센서는 350℃였는데, 이는 ZnO와 In₂O₃-MgO(5mol%) 센서에 비해 아주 낮은 동작온도임을 알수 있다.

1200℃에서 열처리된 LaFeO₃-Al₂O₃(2wt.%) 후막은 동작온도 350℃에서 100ppm NH₃ 가스에 대해서 약 210%의 우수한 감도와 선택성을 보였고, 수분 이내의 시간 응답 특성을 확인할 수 있었다. 따라서 이 후막센서는 저농도의 NH₃ 가스 검출에 적합하다. Al₂O₃의 첨가에 의한 시간응답은 큰 차이를 보이지 않았다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 핵심전문연구, 연구번호 981-0908-032-2의 지원에 의한 것임.

5. 참고 문헌

- [1] Hidehito Nanto, Tadatsugu Minami, and Shinzo Tagata, "Zinc-Oxide thin-film ammonia gas sensor with high sensitivity and excellent sensitivity", J. Appl. Phys. 60(2), 15, pp. 482-484, 1986.
- [2] G. Sberveglieri, S. Groppellia, P. Nellia, A. Tintinellib, G. Giuntab, "A novel method for the preparation of NH₃ sensor based on ZnO-In thin films", Sensors and Actuators, B 24-25, pp. 588-590, 1995.
- [3] A. R. Raju, C. N. R. Rao, "MoO₃/TiO₂ and Bi₂MoO₆ as ammonia sensors", Sensors and Actuators, B 21, pp. 23-26, 1994.
- [4] T.Minami, H. Sato, H. Nanto and S. Takata, "Group III Impurity Doped Zinc Oxide Thin Films Prepared by RF Magnetron Sputtering", Jpn. J. Appl. Phys., 24(10), L781-L784, 1985.
- [5] 김성우, 최우창, 최혁환, 이명교, 권태하, "MoO₃를 첨가한 ZnO 박막 센서의 암모니아 가스 감지특성," 센서학회지, 제8권, 제1호, pp. 24-31, 1999.
- [6] 윤동현, 권철환, 홍형기, 김승렬, 이규정, "후막형 암모니아 가스센서의 제조 및 가스 감응 특성," 센서학회지, 제6권, 제6호, pp. 445-450, 1997.
- [7] Makoto Egashira, "Functional Design of Semiconductor Gas Sensor for Odor Sensing", The 6th Conference on Sensor Technology '95, pp. 21-30, 1995.
- [8] 장재영, 마대영, 박기철, 김정규, "RF Magnetron Sputtering 법으로 제조된 LaFeO₃ 박막의 가스감지 특성," 센서학회지, 제9권, 제5호, pp. 357-364, 2000.
- [9] G. Sberveglieri, "Recent devel semiconductor thin-film gas sensors," Sensors and Actuators, B 23, pp. 103-109, 1995.
- [10] *Ceramic sensors, Technology and Applications*, by T. G. Nenov, and S. P. Yordanov, Technomic Publishing Co., Inc, 1996, Ch. 2.
- [11] 양종인, 김일진, 임한조, 한상도, 정관수, "N-형 WO₃계 가스센서의 전기적 특성," 센서학회지, 제7권, 제3호, pp. 188-195, 1998.
- [12] G. Martinelli, M. C. Carotta, "Thick-film gas sensors," Sensors and Actuators, B23, pp. 157-161, 1995.

著 者 紹 介

김 준 곤

1974년 2월 25일생
 1999년 2월 경상대학교 전자재료공학과 졸업(학사)
 2001년 2월 동대학원 전자재료공학과 석사학위
 취득(석사)
 현재 한국전기초자(주) 신규사업 기술팀 연구원
 주관심 분야 : 반도체 가스센서 및 소자,
 display 소자, 인터페이스

안 병 렬

1970년 9월 8일생
 1993년 2월 경상대학교 물리학과 졸업(학사)
 1998년 2월 경상대학교 물리학과 석사학위 취득
 (석사)
 2001년 - 현재 경상대학교 전자재료공학과 대학
 원 박사과정
 주관심 분야 : 반도체 가스센서 및 소자, 박막제
 조 및 특성평가

마 대 영

1956년 12월 2일생.
 1980년 경북대 전자공학과 졸업.
 1985년 8월 동대학원 전자공학과 졸업(공학박사).
 1985년 9월~1987년 3월 한국전자통신연구소
 선임연구원.
 1989년 9월~1990년 9월 CarnegieMellon
 대학 방문연구원.
 1987년 4월~현재 경상대학교 전기전자공학부
 교수

박 기 철

1959년 3월 25일생.
 1982년 경북대학교 전자공학과 졸업(학사).
 1984년 동대학원 졸업(공학석사).
 1988년 동대학원 졸업(공학박사).
 1989년 - 현재 경상대학교 전기전자공학부 교수
 주관심 분야 : 박막공정 및 박막소자, 광센서 및
 가스센서, 태양전지.

김 정 규

1960년 3월 4일생.
 1983년 경북대학교 전자공학과 졸업(학사).
 1985년 한국과학기술원 대학원 졸업(공학석사).
 1989년 동대학원 졸업(공학박사).
 1989년-1991년 금성일렉트론에서 16MDRAM
 개발담당.
 1995년 - 1996년 University of Texas at
 Austin, 박사 후 과정
 1991년 - 현재 경상대학교 전기전자공학부 부교수
 주관심 분야 : ULSI Si소자 및 공정, 가스센서
 및 시스템, 태양전지