

In₂O₃반도체의 CO₂수감특성에 주는 첨가제의 영향

리 춘 국

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 지적하시였다.

《새 재료부문을 발전시키지 않고서는 전자공업을 주체적으로 발전시킬수 없고 기계공업의 현대화를 실현할수 없으며 최신과학기술을 전반적으로 발전시킬수 없습니다.》

(《김정일선집》 제15권 증보판 487페이지)

수감소자들에 대하여서는 많이 소개[1-3]되었으나 그 구조가 복잡하고 감도가 낮기때문에 실용회로에 리용하기 어려운 결함이 있다.

우리는 졸겔법에 의하여 In₂O₃재료에 BaO나 CaO와 같은 산화물을 첨가하여 얻은 반도체재료의 CO₂기체에 대한 수감특성을 고찰하였다.

InCl에 BaCl이나 CaCO₃을 일정한 비율로 섞은 혼합용액에 pH가 6.0이 될 때까지 암모니아를 첨가한다. 이때 얻어진 교질침전물을 경사세척법으로 탈이온수로 여러번 세척한 후 항온조에서 건조시키고 673K에서 2h동안 소성시켜 산화물이 첨가된 분말을 얻었다. 이 분말에 유기용매를 넣어 일정한 점도를 보장하여 도자기관우에 후막으로 분무도포한 후 973K에서 3h동안 소결하여 기체수감소자를 제작하였다.

수감감도(S)는 공기중에서의 소자의 저항 $R_{공}$ 과 CO₂분위기속에서의 소자의 저항 $R_{기}$ 의 비($R_{공}/R_{기}$)로 결정하였다. 1 073, 973, 873K의 온도에서 2h동안 소결한 In₂O₃반도체재료의 X선회절도형을 보면 In₂O₃는 립방정계였다. 회절봉우리의 반폭너비에 따르는 립자크기는 표와 같다.

표. 반폭너비에 따르는 립자크기

| 특성량 | 온도/K | | |
|----------------------|-------|-------|-------|
| | 1 073 | 973 | 873 |
| 반폭너비/(°) | 0.147 | 0.181 | 0.206 |
| $2\theta/(^{\circ})$ | 30.6 | 30.9 | 31.2 |
| 립자크기/nm | 64 | 50 | 44 |

BaO와 CaO의 첨가량에 따르는 In₂O₃재료의

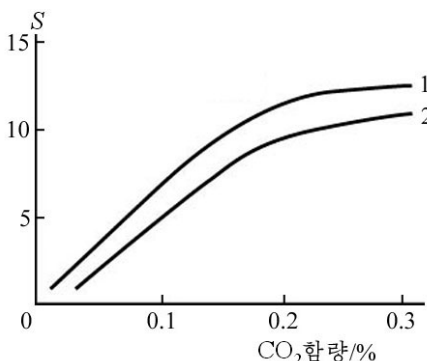


그림 1. CO₂ 함량에 따르는 수감특성
1-BaO, 2-CaO, 온도 623K

CO₂수감특성을 고찰한 결과 BaO와 CaO의 첨가량이 많아지면 감도가 커지다가 어떤 값이상에서는 오히려 작아진다. 첨가량이 작을 때에는 In₂O₃표면에 BaO와 CaO가 골고루 분산되어있어 흡착중심의 자리수가 많아지므로 감도가 높아지지만 첨가량이 어떤 한 계값이상으로 커지면 첨가제가 무리를 형성하면서 오히려 흡착중심이 작아져 감도가 떨어진다.

BaO와 CaO의 최적첨가량은 각각 6, 5%이다.

BaO와 CaO를 첨가한 In₂O₃재료의 CO₂함량에 따르는 수감감도(S)변화는 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 수감소자들의 감도는

CO₂ 함량에 따라 증가하다가 0.2% 이상에서 포화된다는 것을 알 수 있다. 이때 BaO와 CaO를 첨가한 재료의 최대감도는 CO₂ 함량이 0.2%일 때 각각 11, 9이다.

동작온도를 변화시키면서 0.2%의 CO₂이 포함된 증기를 쏘일 때 수감재료의 전기저항은 373~473K에서는 커지고 623K근방에서는 감소하였다.

이러한 특성을 해석하기 위하여 TPD-GC법(온도프로그래밍탈착-기체크로마토법)으로 CO₂의 탈흡착실험을 진행하였다.

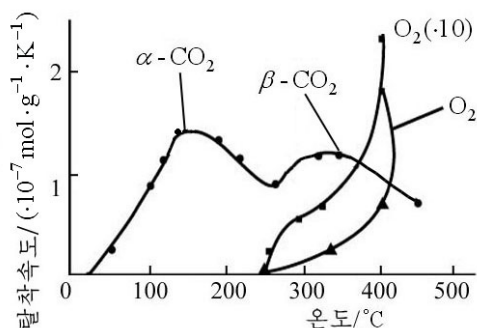
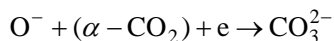


그림 2. In₂O₃(BaO)의 탈착곡선

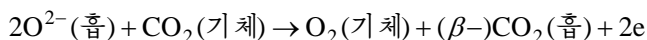
방온도, 마른 공기속에서 0.2%의 CO₂이 포함된 공기를 쏘였을 때 In₂O₃(BaO)의 탈착곡선은 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는바와 같이 400K(α-CO₂)과 623K(β-CO₂)근방에서 CO₂의 2개의 탈착극대점이 나타난다는 것을 알 수 있다.

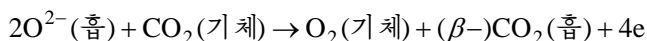
400K의 낮은 온도에서 CO₂이 흡착되면 재료의 전기저항이 커지는데 이것은 결면에 해리흡착되어있던 O와 CO₂이 호상작용하여 반도체로부터 전자들을 끌어당기는 것으로 볼 수 있다. 즉



한편 623K 정도의 높은 온도에서 CO₂기체를 쏘일 때 BaO-In₂O₃의 저항이 감소하는 것은 다음의 방정식으로부터 설명할 수 있다.



혹은



이다. 즉 β-CO₂의 흡착은 산소의 탈착을 방해하며 전자를 내놓는다.

맺는 말

- 1) 973K에서 소결한 In₂O₃분말의 립자크기는 50nm이다.
- 2) In₂O₃(BaO)와 In₂O₃(CaO) 재료에서 0.2%의 CO₂에 대한 최대감도는 11과 9이다.
- 3) CO₂이 있을 때 In₂O₃(BaO)재료의 전기저항은 373~473K에서는 증가하고 623K에서는 감소한다.

참고 문헌

- [1] V. D. Kapse; Vacuum, 83, 346, 2009.
- [2] S. H. Yi et al.; IEEE Sensor, 31, 22, 2006.
- [3] A. Chapelle; Applied Surface Science, 256, 4715, 2010.

주체103(2014)년 6월 5일 원고접수

Influence of Dopants on CO₂ Sensitivity of In₂O₃ Semiconductor

Ri Chun Guk

The sensitive characteristic of semiconductor material which was made by doping the oxides such as BaO or CaO in In₂O₃ material by sol-gel method to CO₂ has been considered.

In the result of the experiment, mean diameter of In₂O₃ particle of sintered at 973K is 50nm and the maximum sensitivities for 0.2% CO₂ are 11 and 9 respectively in In₂O₃(BaO) and In₂O₃(CaO) materials. Then the electric resistance of the In₂O₃(BaO) material increases at 373~473K and decreases at 623K in the presence of CO₂.

Key words: CO₂, In₂O₃ semiconductor