

In₂O₃(CaO, Sb₂O₅)반도체의 CO₂수감특성

리 춘 국

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학자, 기술자들은 현실에 튼튼히 발을 붙이고 사회주의건설의 실천이 제기하는 문제들을 연구대상으로 삼고 과학연구사업을 진행하여야 하며 연구성과를 생산에 도입하는 데서 나서는 과학기술적문제들을 책임적으로 풀어야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제15권 492페이지)

선행연구[1-4]에서는 수감소자들에 대하여 많이 소개하였으나 그 구조가 복잡하고 감도가 낮기때문에 실용회로에 리용하기 어려운 결함이 있다.

우리는 In₂O₃재료에 촉매산화물로 CaO를, 초기저항조절제로 Sb₂O₅를 첨가하여 얻은 반도체재료의 CO₂기체에 대한 수감특성을 연구하였다.

1. 시 편 제 작

염화인디움에 염화안티몬과 탄산칼슘을 일정한 비율로 섞은 혼합용액에 pH 6.0이 될 때까지 암모니아를 첨가하였다. 이때 얻어진 교질침전물을 탈이온수로 여러번 경사세척한 후 항온조에서 건조시키고 773K에서 2h동안 소성하여 산화물이 첨가된 분말을 얻었다. 이 분말에 유기용매를 넣어 일정한 점도를 보장한 다음 도자기관우에 후막으로 분무도포하고 873~1073K에서 3h동안 소결하여 기체수감소자(In₂O₃(CaO, Sb₂O₅))를 제작하였다. 기체수감감도 S는 공기중에서의 소자의 저항 R_공과 기체분위기속에서의 소자의 저항 R_기의 비(R_공/R_기)로 결정하였다.

2. 실험결과 및 분석

각이한 온도에서 3h동안 소결한 기체수감소자분말의 X-선회절도형을 보면 제작한 기체수감소자분말은 립방정계에 속하며 쉘러공식을 리용하여 회절봉우리의 반폭너비에 따르는 립자크기를 계산하면 표와 같다.

표. 반폭너비에 따르는 립자크기			
특성량	온도/K		
	1073	973	873
반폭너비/(°)	0.147	0.181	0.206
2θ/(°)	30.6	30.9	31.2
립자크기/nm	64	50	44

다음 줄겉법으로 얻은 나노기체수감소자분말의 립자크기를 주사전자현미경 《Quanta 200》을 리용하여 결정하였다.

기체수감소자분말의 주사전자현미경(SEM)사진은 그림 1과 같다.

현미경사진결과는 쉘러공식에 의하여 계산한 기체수감소자분말의 립자크기와 잘 일치한다.

즉 기체수감소자분말의 최소립도는 45~65nm사이에 있으며 립자응집이 없이 균일하게 분산되어있다.

일반적으로 In_2O_3 만으로 소결체를 만드는 경우에는 In_2O_3 의 금지띠너비가 크므로 초기 저항이 크다. 그러나 In_2O_3 에 혼입물로 Sb_2O_5 을 첨가하면 전도성이 증가하는것과 함께 저항의 온도변화도 작아진다.

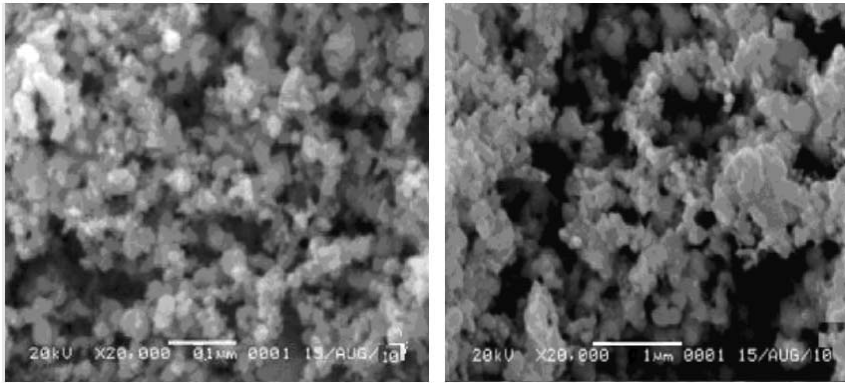


그림 1. In_2O_3 나노분말의 주사전자현미경(SEM)사진
 7) 873K에서 소성한 In_2O_3 나노분말의 전자현미경사진,
 8) 973K에서 소결한 시편의 전자현미경사진

Sb_2O_5 의 첨가량에 따르는 기체수감소자의 저항변화는 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는바와 같이 Sb_2O_5 의 첨가량이 증가함에 따라 기체수감소자의 저항도 감소하다가 2질량%에서 최소로 되며 그 이상에서부터는 다시 커진다.

처음 저항이 작아지는것은 Sb_2O_5 이 주개준위를 형성하기때문에 첨가량증가에 따라 전기나르개량이 많아지고 결국 저항이 작아지며 2질량%에서 저항이 다시 증가하는것은 첨가량을 늘이면 나르개량은 많아지지만 그것들사이에 산란으로 인한 저항증가가 나타나기때문이라고 볼수 있다. 따라서 Sb_2O_5 의 최적첨가량은 2질량%이다.

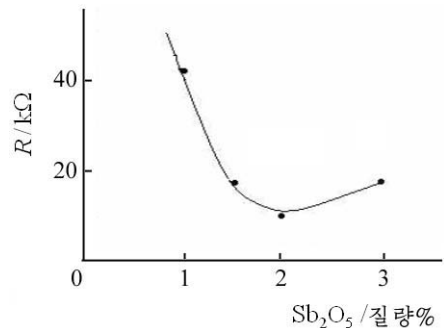


그림 2. Sb_2O_5 첨가량에 따르는 저항변화

온도가 573K일 때 기체수감소자의 시간에 따르는 저항변화는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 573K에서 CO 기체수감소자의 초기안정화시간은 12min이다.

이 곡선의 모양은 $\text{O}_{2\text{흡}}$, $\text{O}_{\text{흡}}$, $\text{O}_{\text{흡}}^{2-}$ 과 같은 화학흡착된 산소의 대전상태의 변화에 관계된다. 곡선의 a부분은 이미 소자에 흡착되어있던 산소와 잡기체들의 탈착때문에, b부분은 공기중의 산소가 다시 흡착되기때문에 나타난다. 또한 c부분은 산소의 흡착이 해당한 온도구간에서 포화되기때문에 나타난다.

573K의 온도에서 CaO 를 첨가한 기체수감소자재료의 CO_2 기체농도에 따르는 감도변화는 그림 4와 같다.

그림 4에서 보는바와 같이 기체수감소자의 감도는 CO_2 기체의 농도가 증가함에 따라

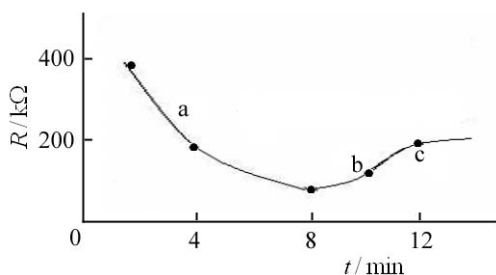
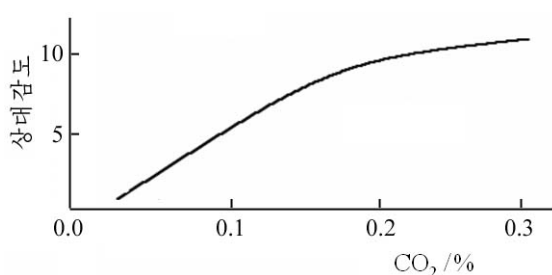


그림 3. 시간에 따르는 저항변화

그림 4. CO₂농도에 따르는 수감특성

선형적으로 증가하다가 0.2% 이상에서부터는 포화되기 시작한다. 이로부터 소자의 감도는 0.2%에서 9이다.

이것은 다음과 같이 설명할수 있다.

첨가량이 작을 때에는 In₂O₃표면에 CaO가 골고루 분산되어있어 흡착중심의 자리수가 많아서 감도가 높아지지만 첨가량이 어떤 한계값이상으로 커지면 첨가체가 무리를 형성하면서 오히려 흡착중심이 작아져 감도가 떨어진다.

맺 는 말

- 1) 973K에서 소결한 In₂O₃ 분말의 립자크기는 50nm이다.
- 2) In₂O₃(CaO)재료에서 0.2%의 CO₂에 대한 최대감도는 9이다.
- 3) 소자의 최적동작을 위한 CaO와 Sb₂O₅의 첨가량은 각각 5.5, 2질량%이다.

참 고 문 헌

- [1] A. Marsai et al.; Sensor and Actuator, B 95, 266, 2003.
- [2] S. H. Yi et al.; IEEE Sensor, 31, 22, 2006.
- [3] Z. Ling et al.; Journal of European Ceramic Society, 21, 1977, 2001.
- [4] A. K. Yewale et al.; IJEAT, 2, 4, 226, 2011.

주체104(2015)년 3월 5일 원고접수

CO₂ Sensitivity of In₂O₃(CaO, Sb₂O₅) Semiconductor

Ri Chun Guk

We fabricated In₂O₃(CaO, Sb₂O₅)-based thick-film gas sensor and tested gas-sensing properties to CO₂. Mean diameter of particles sintered at 973K is 50nm.

The maximum sensitivity for 0.2% CO₂ is 9 in In₂O₃(CaO, Sb₂O₅) materials. For optimum operation of sensor the additive amounts of CaO and Sb₂O₅ are 5.5wt% and 2wt% respectively.

Key words: CO₂, In₂O₃ semiconductor, gas sensor