

SnO₂ 나노 입자를 이용한 gas sensor 의 제작

최승현, 김민태, 김종성*
 경원대학교 화학공학과
 (jskim@kyungwon.ac.kr*)

The fabrication of gas sensor using SnO₂ nano particle

Seung Hyuk Choi, Min Tae Kim, Jong Sung Kim *
 Department of Chemical Engineering, Kyungwon University
 (jskim@kyungwon.ac.kr*)

서론

과학기술의 진보와 함께 보다 우수한 성능과 새로운 기능을 갖는 세라믹스 재료의 개발이 꾸준히 진행되고 있으며 이러한 요구를 충족시키기 위해 TiO₂, ZnO, SnO₂와 같은 세라믹스 나노입자의 응용에 대한 관심이 높아지고 있다 [1]. 특히 SnO₂는 일본의 Figaro 사에 의해 도시가스 감지용 센서 재료로 사용된 이래 수많은 연구가 진행 중에 있으며 센서 감도의 증가를 위해 입자 크기를 나노 단위로 한 연구가 진행 중이다 [2]. 입자 크기가 나노 단위로 작아지면 표면적 대 중량비가 급격히 증가하여 물리 화학적 성질이 크게 변하게 되므로 최근에 나노 입자를 촉매나 센서 재료에 응용하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 SnO₂ 나노 입자를 가스 센서의 감지재료로 사용하였다. Alumina 기판 상하부에 Ag electrode와 RuO₂ heater, SnO₂/PdCl₂/ThO₂ film을 차례로 screen printer 공법에 의해 printing 하고 전기로에서 열처리하여 센서 소자를 제작하였으며 원료의 조성에 따른 gas와의 반응성을 연구하였다.

실험

가스 감지 물질

가스감지 물질로는 SnO₂(NAMATECH co. Ltd.), PdCl₂(NEXT CHIMICA), 그리고 ThO₂ (Strem chemical. Inc.)를 혼합하여 사용하였으며 각 물질의 조성에 따른 gas와의 반응성을 조사하였다. SnO₂는 gas와 접촉시 농도에 따라 전기 전도도가 변화하므로, 간단한 회로를 구성하여 저항값 변화를 측정하여 gas와의 감응 정도를 알 수 있다. 사용된 SnO₂의 입자크기는 120nm이며 조성은 Table 1과 같다.

Table 1. 가스감지 물질의 조성

구 분	SnO ₂	PdCl ₂	ThO ₂
Sample 1	92	1	7
Sample 2	94	1	5
Sample 3	98	1	1

센서 제작

가스센서의 제조공정은 크게 감지물질 혼합, 기판 준비, 히터와 전극, 감지물질의 인쇄 및 열처리로 구성되는데 공정순서는 Fig. 1 과 같다. 본 실험에서는 alumina (10mm×15mm×1mm)기판을 사용하였고 히터와 전극은 각각 RuO₂ 와 Ag를 사용하였다. 기판의 양면에 Ag paste를 스크린 프린트 하고 800℃에서 1시간동안 소결하여 전극막을 완성하였다. 기판의 하부 면에 RuO₂를 스크린 프린트하고 같은 조건으로 소결하여 저항 히터를

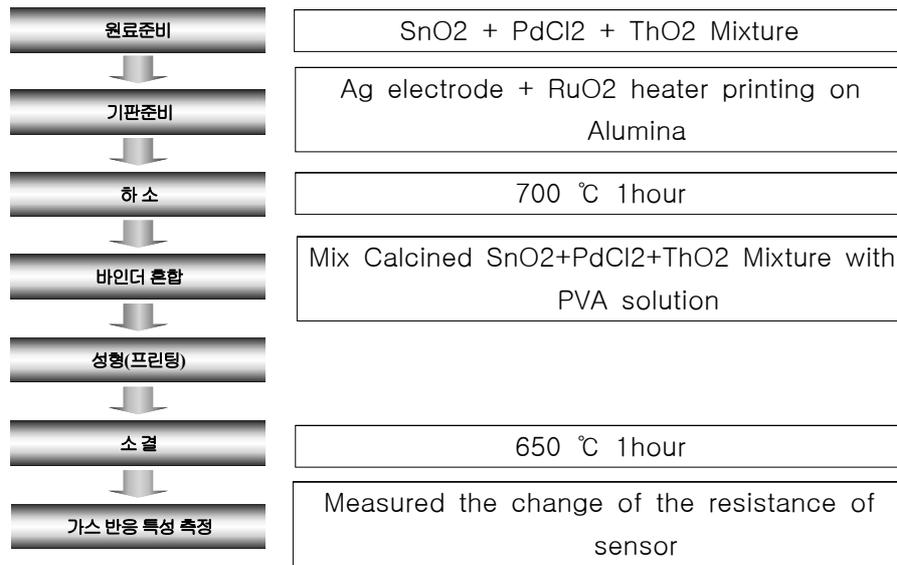


Fig. 1 Gas sensor 제작의 flow chart

완성하였다. 이후 혼합한 감지물질을 바인더로 쓰이는 PVA와 혼합 후 700°C에서 하소하고 성형공정을 통해 기판의 상단에 patterning 하였고, 기판은 다시 650°C에서 1시간동안 소결하여 센서소자를 완성하였다. Fig. 2는 완성된 가스센서를 보여준다.

가스반응 측정

가스농도에 따른 저항변화를 측정하기 위하여 Fig. 3과 같은 시스템을 구성하였다. 센서 저항만을 단독적으로 측정할 수 없으므로 비교저항을 센서와 직렬로 연결하여, V_c 전압을 회로에 걸어주면 센서와 비교저항의 저항 비에 비례하여 각각의 저항에 전압이 걸리게 된다. 저항 값을 아는 비교저항을 사용하고 출력전압 V_{RL}을 측정하여 아래 식을 이용하면 센서의 저항을 구할 수 있다. 가스의 농도를 일정하게 주입하기 위해 플라스틱 챔버에 개스 주입구를 부착하였고, 그 속에 센서를 위치시켰다. 일정량의 가스를 시린지로 채취하여 챔버에 주입하였고 챔버에 팬을 달아 가스 주입 즉시 챔버 전체에 확산되도록 하였다. 장비는 EZ Digital사의 DC power supply를 사용하여 센서에 전압을 인가하였고 센서로부터의 출력전압은 National Instruments사의 NI4060 PCI-multimeter를 PC에 연결하여 측정하였고, Chamber의 온도를 일정하게 유지하기 위해 KEITHLEY사의 2000 multimeter를 사용하였고 Labview 7.0 프로그램을 이용하여 제어 및 모니터링 하였다.

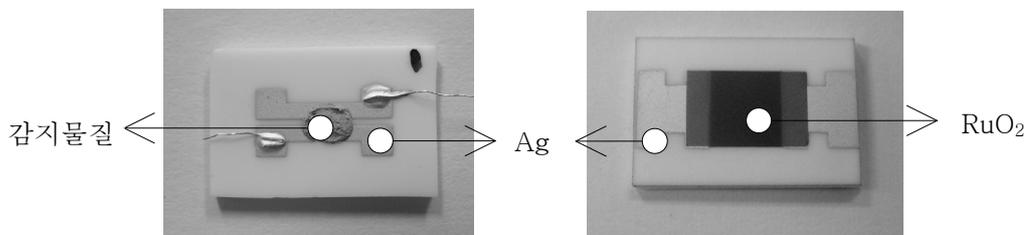


Fig. 2 제작된 가스센서의 상하부 사진

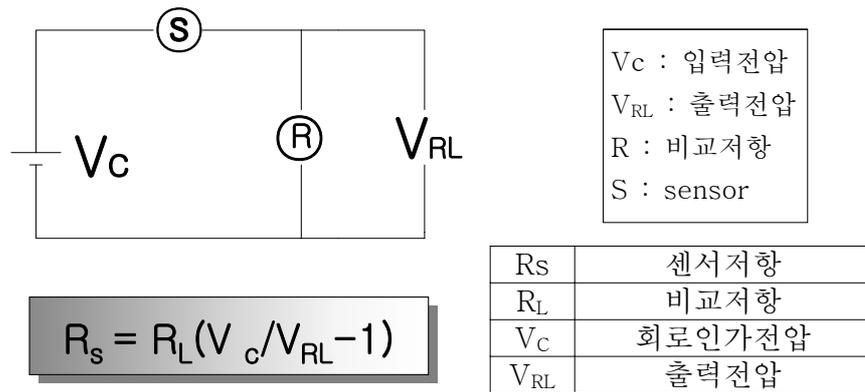


Fig 3. 가스 측정 시스템 회로도

가스센서 특성

가스 감지물질의 조성을 달리하여 센서를 제작한 후 CO 가스의 농도에 따른 저항변화를 측정하였다. Fig. 4는 ppm 단위의 소량의 가스라도 저항변화가 일어남을 보여주며 또한 Sample 2의 조성으로 제작한 센서의 감도가 가장 우수함을 보여준다. 이는 또한 입자사이즈가 나노 단위로 줄어들게 되면 감도가 크게 증가함을 보여준다.

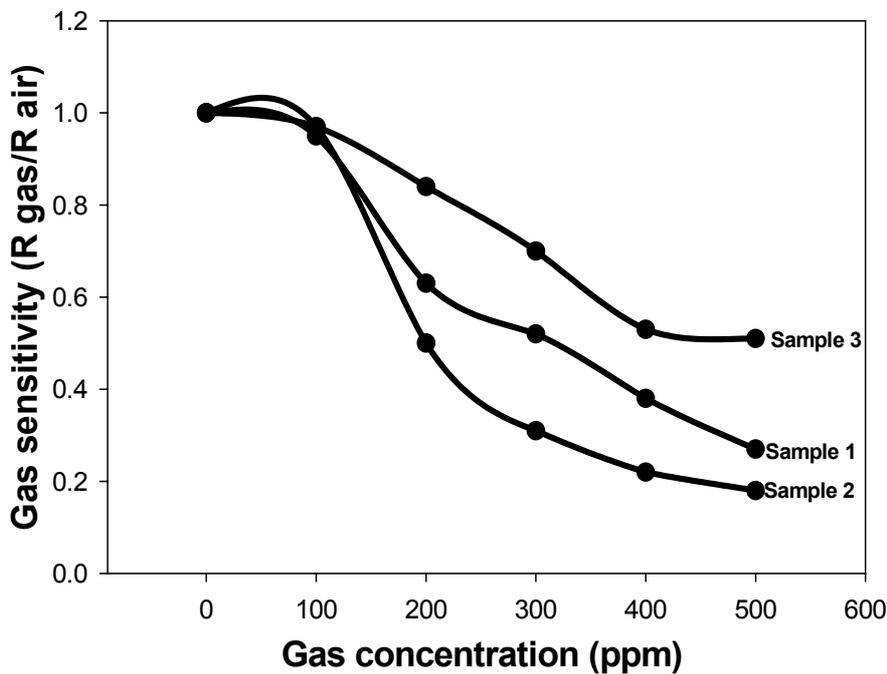


Fig 4. 조성에 따른 Sensor의 감도측정

Fig. 5는 chamber의 온도를 270℃, 전압을 5V로 유지하여 각종 가스(CO, CH₄, C₃H₈, H₂, H₂S, NH₃) [3] - [5] 를 주입했을 경우 시간에 따른 전압변화를 보여준다. 그림에서 제작된 센서는 CH₄, C₃H₈를 제외한 모든 가스와의 반응성을 보임을 알 수 있다.

특히 CO와 큰 반응성을 나타내었으며 소량의 H₂S의 반응에도 좋은 감도를 나타내었다.

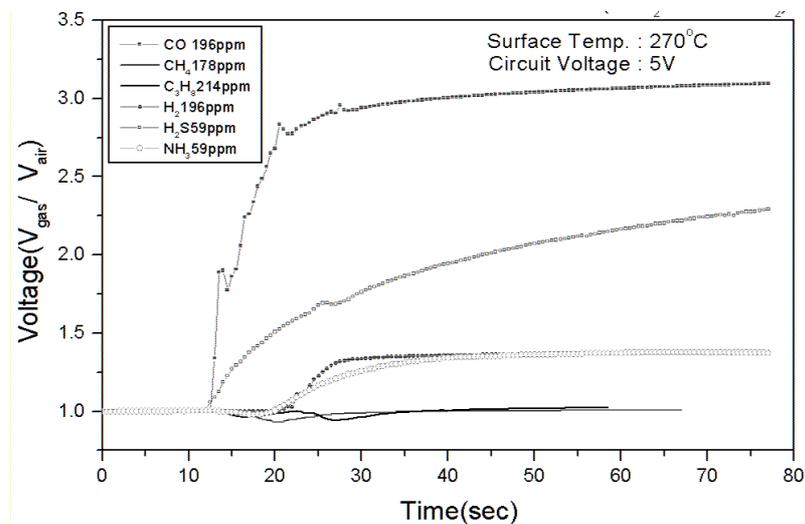


Fig 5. Gas 주입에 따른 전압의 변화

결론

SnO₂ 나노 입자를 감지 물질로 하여 가스센서를 제작하였다. 극소량의 가스에도 저항 변화가 감지되었으며, Pd과 Th과 혼합하여 조성을 변화시키면 그 감도도 변화하였다. 각종 가스(CO, CH₄, C₃H₈, H₂, H₂S, NH₃)를 주입하여 센서의 특성을 측정한 결과 CH₄, C₃H₈를 제외한 모든 가스와의 반응성을 보였고 특히 CO와 큰 반응성을 나타내었다.

감사의 글

이 논문은 2003년 산학연 컨소시엄 과제로 수행되었고 이에 감사드린다.

참고문헌

- [1] L. Bruno, C. Pijolat, L. Lalauze, sensor. Actuator. B 18-19 (1994) 195
- [2] J.W. Lim, D.S.Lee, J.S. Huh, D.D. Lee, heating power-controlled micro-gas sensor array, Sens. Actuators B 77 (2001) 139-144
- [3] V. Vasu, A. Subrahmanyum, Physical properties of sprayed tin dioxide films, Thin Sol. Films 202 (1991) 283-288
- [4] O.A. Omar, H.F. Ragaie, W.F. Fikry, Preparation of Sprayed tin oxide transparent conducting films and their structural and electrical properties, J. Mater. Electron. 1 (1990) 79-83
- [5] W. Gopel, K.D. Schierbaum, SnO₂ sensor: current status and future prospects, Sens. Actuators B 26/27 (1995) 1-12