

PA13) 반도체 악취(CH₃SH) Sensor 개발과정에서의 Taguchi 실험설계법의 적용

An Optimum Study with Taguchi DOE for the Fabrication of CH₃SH Odourous Gas Sensor

김선태 · 최철우 · 김충효
 대전대학교 환경공학과

1. 서 론

최근 가스센서는 인간의 오감 중에 후각기능을 대신하는 것으로 그 응용범위가 점차 확대되고 있다. 이러한 센서 제작 시 센서의 성능에 영향을 주는 요인 및 사용되어지는 금속산화물, 그리고 촉매물질의 종류는 무수히 많이 발견되었으며 또한 사용되고 있다. 그러나 현재까지의 센서를 개발하는 방법은 다양한 실험인자들에 대해 시행착오적 실험을 통하여 적용되고 있는 실정으로, 최적조건을 찾아내기 위해 많은 시간과 경비가 요구되고 있다.

이에 본 연구에서는 대표적인 악취물질인 CH₃SH의 센서개발에 목적을 두고 센서의 성능을 결정하는 감도(Out-voltage)와 반응시간(Response time)을 동시에 만족하는 최적 조건을 탐색하기 위해 실험계획법의 하나인 Taguchi 실험설계법(DOE; Design of Experiment)을 적용하였다. 이에 7가지 제작 인자에 대해 감도와 반응시간을 최적화하기 위한 각각 8회의 실험을 통해 128회의 실험과 동일한 효과의 센서 최적시의 최적조건을 찾아 각 센서의 성능을 비교하였다.

2. 연구 방법

2.1 센서 제조 및 실험계획

센서 제조는 그림 1에 나타내었듯이 분말상태의 금속산화물(Metal Oxide Power)인 SnO₂(Aldrich Chem. Co. 99.9%)를 모물질로 하고 7개의 인자를 표 1과 같이 첨가물(Additives) 6가지와 첨가량 1가지로 구분하여 실험하였다. 주물질과 첨가물에 대한 Binder로 D.W(중류수) 2ml을 넣고, Mixing Time은 10min으로 고정하였다. Mixing을 고르게 한 후 Paste를 만든다. 그리고, 제작한 Paste를 저항이 동일한 센서에 Screen Painting 방법으로 막의 두께를 일정하게 도포한 후 500℃에서 3hr동안 소성(Calcinations)을 하였다. 또한 본 실험에서 사용한 CH₃SH은 1002 ppm으로 가스희석장치(Automatic Gas Dilution Cylinder)를 통하여 11.78ppm으로 희석하여 사용하였다

실험계획에 있어서는 인자가 7이고 수준이 2개인 실험으로 모든 실험에 대한 경우는 2⁷=128회가 된다. 이와 같이 필연적으로 많은 수의 시행착오인 반복실험이 수반되겠지만, 본 연구에서는 실험의 수를 최소한으로 줄여 실험의 효율성을 극대화할 수 있는 Taguchi Method를 이용하여 적은 실험횟수를 가지고 모든 인자를 포함한 fractional design을 설계하였다. 표 1과 같이 첨가물 6개를 각각 수준 1, 2로 나누어 직교배열법에 의한 다꾸치법을 이용 단 8회의 실험으로 최적의 조건을 얻게 된다.

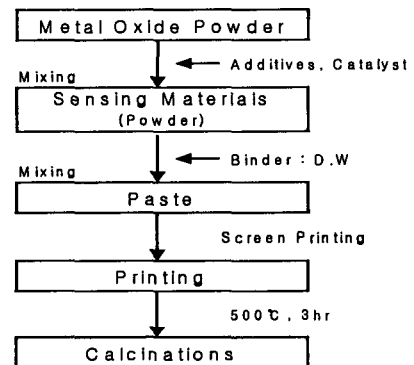


Fig. 1. Fabrication process of CH₃SH Gas Sensor.

Table 1. Experiment Parameter

Parameter	수준1	수준2	
A	첨가물1	CuO	—
B	첨가물2	TiO ₂	—
C	첨가물3	V ₂ O ₅	—
D	첨가물4	Sb ₂ O ₅	—
E	첨가물5	PdCl ₂	PdO
F	첨가물6	H ₂ PtCl ₆ · 6H ₂ O	—
G	첨가량(wt%)	1%	4%

2. 2 Qualitek-4 Program를 이용한 Multiple Criteria of Evaluations

Taguchi 실험의 평가에서는 특성치의 차이를 이용하는 방법도 있으나, 일반적으로 특성치의 평균 뿐만 아니라 분산도 고려하기 위해 다음과 같은 signal-to-noise (S/N) ratio를 이용한다.

$$S/N \text{ ratio} = -10\log_{10}[\text{MSD}], (\text{MSD} : \text{Mean Squared Deviation})$$

제작된 센서의 조건에 따라 감도와 반응시간이 다르게 나타날 수 있다. 즉, 감도가 좋다고 하여 반응시간이 빠르다고 할 수 없으며, 마찬가지로 반응시간이 빠르다고 하여 감도가 좋다고 할 수 없다. 이에 본 연구에서는 Qualitek-4 Program의 Multiple Criteria of Evaluations를 도입하여 각각 얻은 Out-Voltage값과 Response Time값을 동시에 만족할 수 있는 결과를 얻도록 하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 최적의 Out-Voltage를 고려한 센서를 제작하였다. 그 결과 4.47V라는 높은 센서 감도를 나타내었지만, 표 2에 비교한 것 같이 Response Time이 가장 늦어 비효율적인 것으로 나타났다. 그와 반대로 최적의 Response Time을 고려하여 센서를 제작한 결과 그림 3과 같이 Out-Voltage의 경우보다는 약 2배의 빠른 반응 속도를 나타내었지만 Out-Voltage가 0.03(V)으로 거의 반응하지 않아 기각하게 되었다. 본 연구에서 최종 연구 결과가 그림 4에 나타나 있다. Taguchi법의 다기준평가에 의해 실험한 결과, 세가지 센서 중 가장 센서 감도(Out-Voltage)가 좋으면서 동시에 반응 속도(Response Time)가 가장 짧은 것으로 관찰되어 최적의 Gas Sensor 개발을 parameter를 결정할 수 있었으며, 이 과정에서의 Taguchi 실험설계법(DOE)의 유용성도 확인할 수 있었다.

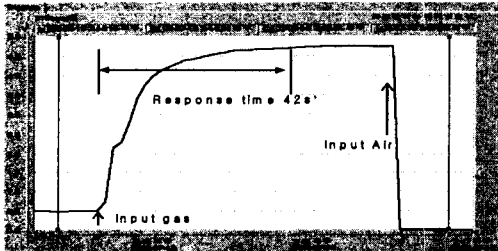


Fig. 2. Optimum Out-Voltage Evaluation Evaluation(Ranges of Voltage : 0 ~ 5V)

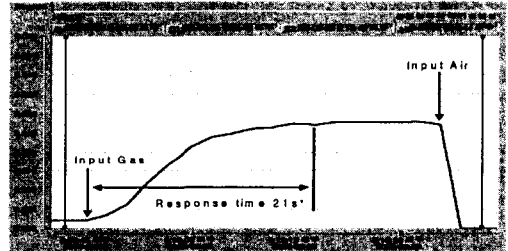


Fig. 3. Optimum Response Time (Ranges of Voltage : 0 ~ 0.05V)

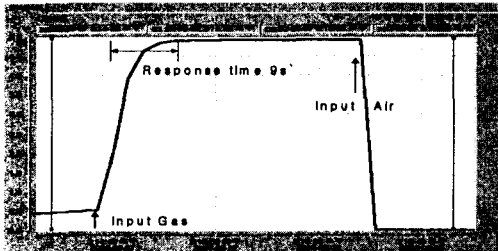


Fig. 4. Multiful Criteria of Evaluation (Ranges of Voltage : 0 ~ 5V)

Table 2. Results of Experiment

Evaluations	Criteria	Out-Voltage(V)	Response Time(s)
Optimum Out-Voltage(Fig. 2.)		4.47	42
Optimum Resopnse Time(Fig. 3.)		0.03	21
Optimum Multiful Criteria(Fig. 4.)		4.92	9

참 고 문 헌

Ranjit K. Roy, "Design of Experiments Using the TAGUCHI APPROACH", WILEY - INTERSCIENCE.

김선태의 3명, (2003) 귀금속 산화물을 첨가한 NH₃ 반도체 가스센서의 감응특성, 한국대기환경학회 춘계 학술대회 논문집, 225~226.