

# PTC히터기판을 이용한 가연성 가스센서

김기동, 조영아, 전진석, 최동수, 방효선  
한국가스공사 연구개발원 이용연구실

Study of Combustible gas sensor applying PTC heater substrate

K. D. Kim, Y. A. Cho, J. S. Jeon, D. Choi, and Y. S. Pang  
R & D Center, Korea Gas Corporation

## 1. 서 론

천연가스를 포함한 가스의 사용이 증가함에 따라 가정과 산업현장에서의 안전 및 폭발사고에 대한 대책이 시급한 실정에 따라 가스경보기의 수요도 이와 더불어 늘어나고 있는 추세이다. 국내에서 생산하는 가스누설경보기는 품질이나 신뢰성이 선진국에 비해서 크게 떨어지고, 아직까지 외국제품의 모방에 그쳐, 독자적인 기술력 확보에 의한 자체 상품개발이 절실하다.

국내제품이 선진국 수준에 못 미치고 있는 주요 원인은 다음과 같다.

- 1) 높은 오동작율(신뢰성 부족)
- 2) 낮은 내구성 및 장기 안정성 미흡
- 3) 관련 업계의 자체기술 개발의지 부족
- 4) 최종 소비자의 제품 성능에 대한 인식부족등이다.

위의 원인중에서 1)과 2)는 가스경보기 부품에서의 문제로 센서 element와 회로설계, PCB상의 열관리등과 밀접하게 관련 되어 있다. 특히 센서 element는 경보기 성능에 직결되어 있어서, 센서 element의 개발은 가스누설경보기의 국산화에 필수적이다.

경보기는 센서 element의 종류에 따라 접촉연소식형, 열선형반도체형, 반도체식형으로 분류된다. 본 연구개발에서는 반도체식 센서를 적용한 가스누설경보기를 구성하여 순수 국산화된 제품을 개발하였다. 특히 센서 element에서 일반적으로 센서 기판으로 사용되는 알루미나등의 세라믹 재료가 아닌 PTC(positive temperature coefficient)히터기판을 이용하여 가스센서를 구성하였다.

본 연구에서는 PTC히터기판을 사용하였을 때 히터의 성능과 센서의 영향 그리고 히터 제조조건에 따른 발열특성등의 PTC특성조사를 수행하였다.

## 2. 실험

### 1) PTC히터기판제조

PTC는 (Ba,Pb)/TiO<sub>3</sub>에 dopant를 넣어 제조하는 것으로 본 연구에서는 SrTiO<sub>3</sub>와 CaTiO<sub>3</sub>를 미량 주입하여 PTC를 제조하였다. PTC제조공정은 그림 1에 나타

내었다. PTC 자체는 dopant에 대단히 민감하기 때문에 제조에 사용된 물질은 순도가 99.99% 이상을 사용하였다. 각각의 재료들에 대한 순도와 제조회사를 표1에 나타내었다.

표1 출발물질의 순도 및 제조회사

Materials	Purity(%)	Formula	Remarks
Barium Titanate	99.9	BaTiO <sub>3</sub>	Fuji Titanium
Calcium Titanate	98.0	CaTiO <sub>3</sub>	Ferro
Strontium carbonate	99.0	SrCO <sub>3</sub>	STREN CGENUCAKS
Lead(II) oxide	99.9	PbO <sub>3</sub>	Aldrich Chemical Co.
Titanium(IV) oxide	99.9	TiO <sub>2</sub>	Aldrich Chemical Co.
Niobium oxide	99.5	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Aldrich Chemical Co.
Antimony(III) oxide	99.0	Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Aldrich Chemical Co.
Silicon dioxide	99.5	SiO <sub>2</sub>	Aldrich Chemical Co.
Manganese oxide	99.0	MnO <sub>2</sub>	High purity Chemicals
Aluminum oxide	G · R	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Junsei Chemical Co.

## 2) 전기적 특성

PTC thermistor가 가지고 있는 특성은 크게 3가지로 분류하는데 이 특성들은 용도를 설계할 때 매우 중요하다.

표2 PTC thermistor 전기적 특성검사

1) 저항-온도특성	온도제어 감시
2) 전압-전류특성	히터, 과전류보호
3) 전류-시간특성	delay 회로, motor기동

위의 분류에 따라 본 연구에서는 PTC의 전기적 특성을 알아보기 위해 전압-전류특성을 조사하였다.

## 3) 특성연구

각각의 원료물질과 합성된 것들에 대해 XRD를 이용하여 성분을 확인하였고, 합성하여 제조한 PTC 입자의 형상을 조사하기 위하여 주사전자현미경을 이용하여 표면을 확인하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 합성한 BaTiO<sub>3</sub>, PbTiO<sub>3</sub>, SrTiO<sub>3</sub>, CaTiO<sub>3</sub>의 결정상 확인을 위해 X-선회절 분석결과를 나타내주었다. 제조된 BaTiO<sub>3</sub>, CaTiO<sub>3</sub>, 합성한 PbTiO<sub>3</sub>, SrTiO<sub>3</sub> 모두 제2상이 존재하지 않은 순수물질로서, 결정성 또한 매우 양호하였다. PbTiO<sub>3</sub>와 SrTiO<sub>3</sub> 원료합성 방법은 PbTiO<sub>3</sub>의 경우 PbO와 TiO<sub>2</sub>를 1:0.98 mole 비로 하여 ethanol, ball과 함께 혼합하여 건조한 후 2°C/min로 냉각하여 합성하였다.

한편 합성한 원료의 입자크기 및 형상을 관찰하기 위해 4종류의 주물질과 반도체화 dopant(Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)에 대해 주사전자현미경 관찰을 행하였으며, 그 결과를 그림 3에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 BaTiO<sub>3</sub>를 제외한 나머지 출발물질의 입자크기와 형상은 양호하지 못함을 알 수 있었다. BaTiO<sub>3</sub>의 입자 크기는 약 0.5 $\mu$ m의 매우 미세하고 균일한 입자로 이루어져 있으나, PbTiO<sub>3</sub>, SrTiO<sub>3</sub> 및 CaTiO<sub>3</sub>는 그림 3의 (b), (c), (d)에 나타난 것과 같이 심하게 agglomeration되어 있음을 볼 수 있다. 특히 PbTiO<sub>3</sub>의 경우 하소과정중 낮은 melting point로 인하여 소결이 어느 정도 진행되어 입자의 크기가 크며, 형상도 불규칙하였다. 따라서 그림 3, (a)의 BaTiO<sub>3</sub>을 제외한 PbTiO<sub>3</sub>, SrTiO<sub>3</sub>, CaTiO<sub>3</sub>는 사용전에 충분한 분쇄과정을 통해 입자크기를 조절하여 제조하였다. 또한, 그림 3, (e)의 Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 경우 입자크기가 크고 작은 상태로 불규칙한 형상을 나타내고 있으나, 그림 3, (f)의 Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 보다 입자크기가 작으며 균일하였는데, 이 두 반도체화 dopant의 입자크기 및 형상차이가 전기적특성에 영향을 줄 것으로 예상되어 본 연구기간에서는 Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 반도체화 dopant로 선정하여 실험을 행하였다.

그림 4는 제작한 PTC(세개의 sample)의 전압에 대한 온도 및 전력변화를 각각 나타낸 것이다. 먼저 전압에 따른 표면온도의 측정결과 시장에 나와있는 제품에 비해 다소 높은 값을 보였으며, 2~15V까지 0.2V Step으로 전압을 가해 전류의 변화를 측정한 결과 기존 제품에 비하여 전류의 변화폭이 약간 더 크게 나타났다. 약 7~9[V]의 인가전압 범위에서 최저전력값이 얻어졌으며, 단위면적(1mm<sup>3</sup>)당 전력소모가 약 50~60mW정도로 기존의 제품에 비하여 높게 나타났는데 이러한 결과들은 PTC 내부저항의 안정화가 떨어짐으로 인해 인가전압에 따른 전류의 변화폭이 크게 일어나는 현상 때문이라 사료된다.

### 4. 결론

위의 연구결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

- PTC히터기판의 반도체화 dopant로는 Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>가 알맞다.
- PTC히터기판의 단위면적당 최저전력범위는 50~60mW로 적절하지만, 기존 제품에 비해 작다. 이것은 PTC내부저항의 불안정하기 때문이다.

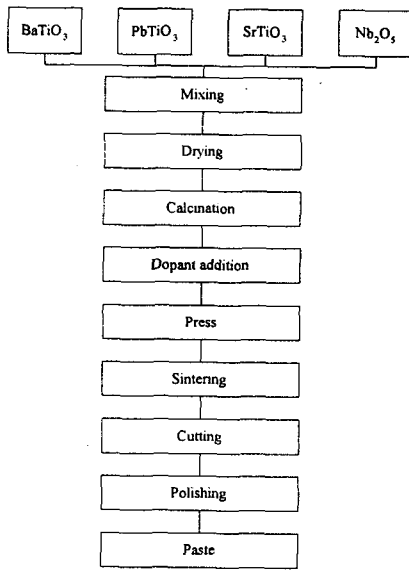


그림1 PTC히터기판 제조 공정도

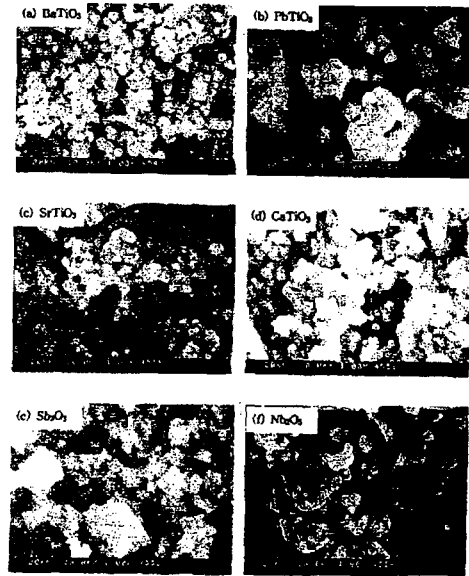


그림3 출발원료의 주사전자현미경 사진

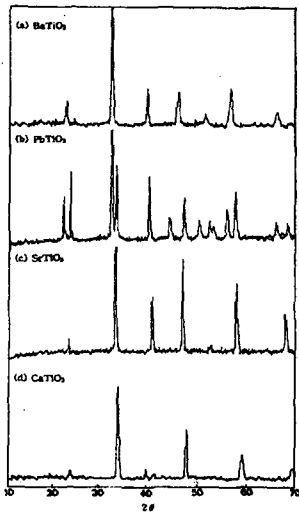


그림2 출발원료의 XRD 패턴

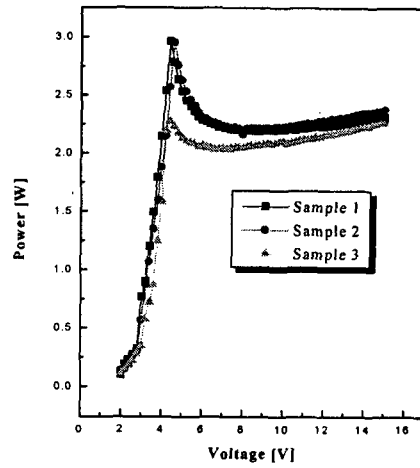


그림4 제작된 시편의 전압에 대한 전력 변화