

## HC 센서를 이용한 자동차 배기가스 감지 연구

전영갑, 조국희  
한국전기연구소

### Development of HC Sensor & System for Vehicles Exhaust Gas Check

Young-Kap Chon Kook-Hee Cho  
Korea Electrotechnology Reseach Institute

**Abstract-** An on-board monitoring system for an automobile emission gas has a test chamber remote from the automobile's engine exhaust gas stream: apparatus for supplying the chamber with sampled exhaust gases. A single hydrocarbon sensor exposed to the exhaust gas in the chamber to render a signal responsive to the hydrocarbon. The conductive ions in emission gas was checked by the HC sensor in test chamber. A preferred application includes hydrocarbons in an automotive exhaust gas stream by exposing a transition porous alumina(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ceramic based sensor to the same exhaust gas stream. By combining the electrical signal, a measure of hydrocarbons can be provided.

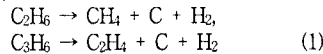
#### 1. 서론

자동차 배기 가스에 의한 환경 오염문제는 심각한 단계에서 그 오염도를 측정할 때 지금까지 화학적 분석에 의한 오염도 측정시 온도 및 습도의 영향 등이 측정 결과에 상당한 영향을 미칠 뿐만 아니라 그 설치 장비가 고가(高價)이고 측정방법이 매우 복잡하여 다기능 다량의 개소에 적용하지 못하고 있는 실정이며, 그 유해가스 정도를 실시간(real time)으로 측정하지 못하는 단점이 있다. 본 연구의 특기 사항은 기공사이즈가 일정한 Open Pore Cell 내에서 가스상 물질이 기공사이에 침투되었을 때 외부에서 전계를 가하면 이온화되어지고 이들 이온화된 물질이 체인처럼 배열되어 전기적 회로가 구성됨으로서 미세한 전류가 흐르게되는 원리를 이용한 유해가스 검출 센서 및 측정 시스템 개발에 관한 것이다.<sup>(1)</sup> 이때 구성된 전기적 회로는 병렬저항회로로써 전압을 일정하게 인가하였을 때 저항의 변화에 따라 전류 값이 변화되는 데 이 전류의 크기에 따라 탄화수소를 비롯한 기타 도전성 물질량을 측정하는 것으로, 본 연구의 최종 목표는 자동차 배기변에 설치된 기공세라믹센서(PCS)로 HC(Hydrocarbon) 발생추이를 전기적 분석법으로 측정하는 것이다.

#### 2. 본론

##### 2.1 센서 원리 및 구조

다공성 세라믹 센서에서 측정되는 주 대상은 탄화수소(Hydrocarbon)로 탄화수소(C)의 발생 메커니즘은 다음과 같다.



위의 식에서 유리탄소 C의 전기적 특성을 살펴보면 하전입자 반경 0.16(A), 저항률 0.0019(Ω-cm), 전류밀도 9.5 (A/cm<sup>2</sup>)로 도전성 물질이다. 위와 같은 도전물질인 탄화수소(Hydrocarbon)가 기공 세라믹을 통과할 때 다음과 같은 전기적 회로가 구성된다. 이 전기적 회로는 병렬저항회로로써 I = V/R (R=병렬저항) 이 성립되는데 전압(V)을 일정하게 인가하였을 때 저항(R)이 변화 될 때 다공성 세라믹 사이에 발생하는 누설전류 (I)가 변화된다. 이 누설전류의 크기에 따라 탄화수소(C)를 비롯한 기타 도전성 물질량을 측정할 수 있다.

본 연구에서 적용된 배기가스중 HC 검출센서에서 도전성 성분 흡착 부분이 절연성능을 가지는 Porous 고체로 제작되어 있어, 어떤 전계 하에서 그 방향으로 이동하는 전하밀도를 초기 조건에서 매우 작다는 것으로 가정하였다

위의 경우는 완전 구형(球型)인 흡착 재료를 사용한 식이나 내부구조가 불규칙한 기공 세라믹인 경우에도 그 속에 자동차 배기가스 중 탄화수소(HC)가 통과되면 형상요소(Shape Factor)를 도입함으로써 이론식<sup>(2)</sup>을 적용할 수 있다.

##### 2.2 센서 설계 및 특성

- 기공세라믹 (Porous Ceramic) 특성

자동차 배기가스중 HC 검출용 센서의 주 재질인 기공세라믹센서의 크기 및 특성은 위의 표 1에 나타내고 센서의 기공율 계산식은 식 (2)와 같다.<sup>(3)</sup>

$$\text{기공율} = \frac{V_3}{V_1 + V_2 + V_3} \times 100(\%) \quad (2)$$

V<sub>1</sub> : Volume of Ceramic Materials, V<sub>2</sub> : Volume of Pore Part, V<sub>3</sub> : Open Pore

표 1 기공세라믹 특성

재질	Porous Ceramic	비중	0.75-0.85
성분	98% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	기공크기	350 (μm)
열 팽창계수	6.5 - 8.5 / 10 <sup>6</sup> / °C	직경	15mm
		길이	50mm

표 1 가스별 인가조건

인가조건 실험항목	가스농도	가스온도 (°C)
(1) THC농도별 전류특성	57-62, 200~250(ppm)	250 ~ 700
(2) NO 농도별 전류특성	0 ~ 280 (ppm)	250 ~ 700
(3) CO 농도별 전류특성	2300 ~ 3000 (ppm)	250 ~ 700
(4) CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> 농 도별 전류특성	5 ~ 14 (%)	250 ~ 700
(5) THC 농도- 온도-전류특성	5 ~ 350 (ppm)	300, 400, 500, 594
(6)혼합가스농도 특성(1)	5~3400 ppm (모의설비)	500
(7)혼합가스농도 특성(2)	온도특성실험 (Dynamo 설비)	300 ~ 650
(8)혼합가스농도 특성(3)	Load특성실험 (Dynamo 설비)	300 ~ 650

2.3 센서 구성도

그림 1은 센서의 전체 구성도를 나타내고 있다. 센서 구성도에서 2개의 원형전극 (1)(1a) 재질은 에칭(Etching)도금된 스테인리스강으로 하며, 분할된 3개의 기공세라믹(2)(2a)과 외벽에 가스 통과용 금속 Plug(3)로 구성되며 2개의 전극은 외부 단자에 연결될 수 있는 터미널(4)이 따로 장착되어있다. 그리고 센서의 초기 특성을 일정하게 할 수 있는 세라믹 heater(5)를 전극과 전극 사이에 삽입시켜 놓았다. 측정 시스템은 전원장치인 DC 고압발생부와 전기적 신호 출력부로 나누어져 있다. DC고압 발생은 DC 500 Volt로 고정시켜 놓은 상태에서 센서에서 변화되는 저항치를 전류증폭기(Current Amp)를 사용하여 일정전류가 발생되며, 그 크기를 환경 규제치에 합당한지 여부를 전자기판의 CPU 프로그램에 의해서 판정한다.

그리고 본 연구를 위해서는 누설전류 신호와 온도신호를 받아 각 특성에 맞는 증폭기(Amplifier)를 통하여 증폭시킨 뒤 CPU의 A/D컨버터(Converter)에 입력되고 이 신호를 받은 CPU의 기준 데이터(Data)는 시리얼 포트(Serial port)를 통하여 P/C로 전송되고 데이터 처리를 할 수 있도록 하였다. 센서와 측정장치의 관계는 측정장치 측에 터미널 단자만 내어놓으면 휴대용으로 센서의 누설전류를 측정할 수 있다.

2.4. 실험장치

본 연구를 위한 실험장치로는 한국전기연구소에서는 풍동실험장치를 제작하여 센서자체 온도특성실험 및 자동차 배기가스에서 배출되는 6종류의 가스(THC, NO, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>)를 가스분배에 담아 모의로 농도를 조정하면서 실험하였고, 자동차부품연구원 측에서는 Dynamo 설비에 HC 센서를 장착하여 온도 및 Load에 따른 가스의 전기적 반응 상태를 측정하였다.

표 2는 가스측정에 사용된 가스농도 및 인가온도 조건을 나타낸 것이고, 그림 2는 가스 모의장치의 설치

도면이다. 가스농도는 현재 대기오염법에 규제하고 있는 규제치에 따라 농도가 결정되었으며, 농도의 상하레벨을 맞추어 실험하였다

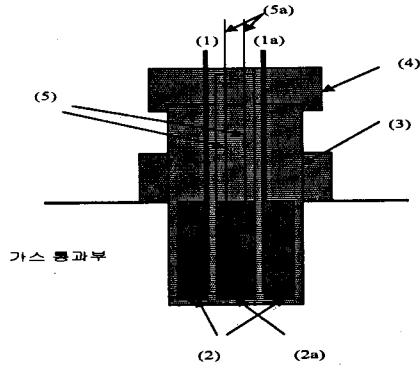


그림 1. HC Sensor 구성도

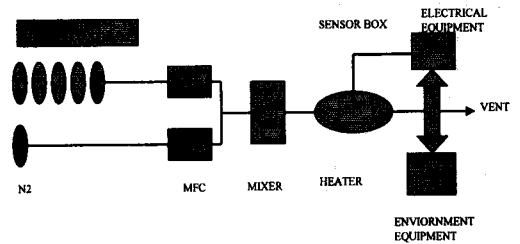


그림 2. 모의설비 구성도

2.5. 실험결과 및 검토

본 연구에서는 기공세라믹 센서의 적용 가능성을 타진하기 위해서 가스풍동설비(모의설비) 및 Dynamo 설비를 이용하여 표 2와 같은 인가조건으로 실험을 수행하였다.

그림 3에서 그림 8까지는 모의설비에서 측정된 데이터를 그래프에 표시하고 있고, 그림 9, 10은 Dynamo에서 측정된 그래프이다. 그림 3은 기공세라믹 센서에 DC 500V를 인가하였을 때, THC 농도 변화(57 ppm~250ppm)에 따라 전류치가 근 3~4 배이상으로 변화됨을 알 수 있었다. 이와 같은 현상은 센서원리 및 구조에서 언급된 도전도(Conductivity) 이론 해석과 일치됨을 알 수 있었다. 그리고 센서자체의 온도특성은 온도 250(°C)에서 최소치 0.5(μA), 온도 700(°C)에서 26(μA)까지 변화되는 온도특성을 보여주고 있다. 그리고 NO, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> 농도변화에 따른 전류값을 측정 한 결과 농도변화에 따른 전류값은 거의 변화되지 않음을 알 수 있다. (그림 4 ~ 그림 6) 그림 7은 온도를 일정하게 해 둔 상태( 300, 400, 500, 594°C) 에서 THC 농도를 변화시킨 결과 센서의 전류값이 농도에 따라 변화됨을 알 수 있었다. 그림 8은 풍동실험장치에서 혼합 가스를 주입하였을 때, 센서의 전류값이 THC 농도에 따라 변화됨을 알 수 있었다. 그림 9, 10은 자동차부품연구원의 Dynamo 설비의 측대 후단에 기공세라믹 센서를 설치한 후 온도특성 및 Load별로 배기가스량과 센서의 반응상태를 측정 한 결과, 앞의 모의설비에서 측정된 경우와 마찬가지로 THC 변화에 따라 센서의 전류

치가 변화되나, 배기가스 중 가장 많은 변화를 보이는 NO<sub>x</sub>와는 거의 상관관계가 없이 변화됨을 알 수 있었다.

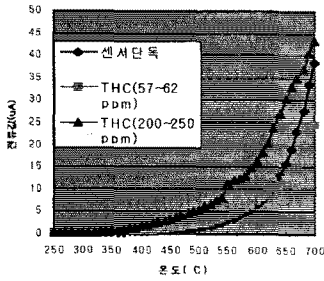


그림 3. THC농도 변화에 따른 전류치

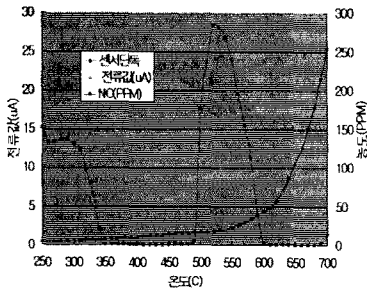


그림 4. NO 농도변화에 따른 전류치

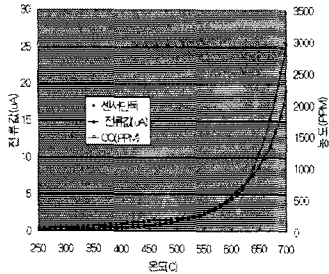


그림 5. CO 농도변화에 따른 전류치

### 3. 결론

위와 같은 실험 결과를 분석하여 보면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다

(1) 다공성 세라믹 센서에서 반응하는 전류치를 발생시키려면 DC 500 V가 적당하며, 센서자체의 고유 온도특성과 배기가스를 투입했을 때 전류치와는 상관성이 없다는 사실을 알아내었다.

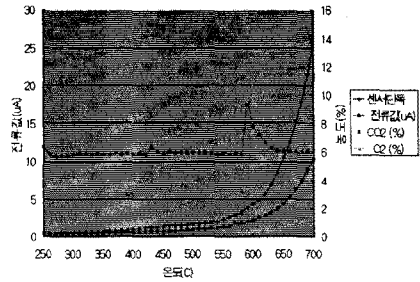


그림 6. CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>농도변화에 따른 전류치

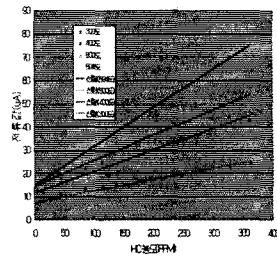


그림 7. THC-온도-전류치 관계곡선

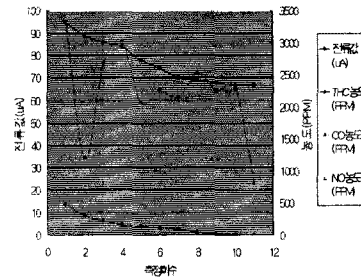


그림 8. 혼합가스 특성(1)

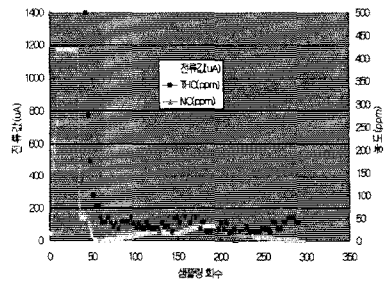


그림 9 혼합가스 특성(2)

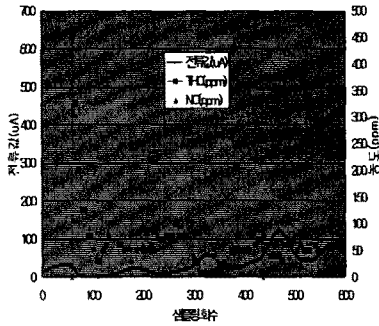


그림 10. 혼합가스 특성실험

(2) 특히 모의장치 실험에서 THC 농도를 변화시키면서 DC500 V를 인가하였을 때 THC 농도변화에 따라 3~4 배정도 현격한 변화를 나타내는 반면, NO, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>의 농도치 변화에 따른 센서의 전류치 변화량과는 무관함을 나타내었다.

(3) 실제 혼합가스가 주입되는 Dynamo 실험에서, THC 농도 변화에 따라, 센서의 전류치가 변화됨을 알 수 있었고, 타 가스(NO, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>)와는 반응상태를 보이지 않음을 알 수 있었다.

(4) 이상의 연구 결과 앞으로 센서의 초기 특성치에 대한 일관성 문제, THC 농도에 따른 가스 규제치에 맞는 전류치 설정문제 등이 해결되면 자동차 촉매진단은 물론 엔진 연소상태를 감지할 수 있는 방안이 마련될 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- [1] 전영갑 외, 변압기 절연유 열화센서를 이용한 진단기법 개발 1996. 9. pp 74- 100
- [2] 早川宗人郎, 粉體物性 測定法, 1973. pp 149-151
- [3] C.L.Mantell, ADSORPTION, 1973. McGraw-Hill Book