

기능성 세라믹스를 이용한 자동차부품

Automotive Parts Using Functional Ceramics

유 승 을
S. E. Yoo



유 승 을

- 1960년 10월생
- 세라믹재료
- 한국자동차부품종합기술연구소(KATECH) 연구개발부 소 채용용 2실

1. 서 론

자원 및 에너지 절약, 배기가스 정화, 소음저감·안전성·쾌적성 및 편리성 향상등 자동차에 대한 사회적 요구에 대응하여 기계적 특성을 이용한 구조용 세라믹스와 센서재료로서 전기·자기적 성질 및 광학적 성질을 이용한 기능성 세라믹스의 사용이 최근 자동차에 대한 기술적 과제를 극복하는 수단으로써 필수 불가결하게 되고 있다. 이 중에서 기능성 세라믹스가 자동차부품의 핵심소자로서 본격적으로 도입된 것은 ZrO_2 산소센서 등을 차량에 실장한 것이 대표적인 것으로, 그후 자동차의 고기능화 추세에 따라 다양한 용도를 지닌 센서, 액츄에이터, 발열체 및 표시체등이 개발되어 사용되고 있다.

자동차에는 엔진제어, 주행안전성과 쾌적성 향상을 목적으로 각종 기능부품이 이용되고 있으나, 이 중에는 세라믹스를 이용함으로써 실용화가 가능하게 된 것이 상당수를 차지하고 있다.

특히 최근에 급속히 진행되고 있는 엔진, 서스펜션등의 전자제어화와 Mechatronics화의 흐름에 따라 센서와 액츄에이터의 핵심소자로서 기능성 세라믹스의 응용은 앞으로 더욱 활발하게 진행될 전망이다.

본 글에서는 자동차용 센서를 중심으로 기능성 세라믹스 이용한 자동차부품에 대하여 개략적으로 정리하여 소개하고자 한다.

2. 기능성 세라믹스의 이용

기능성 세라믹스란 절연성, 반도체성, 압전성, 이온전도성등의 성질을 지닌 세라믹스로서 넓은 의미에서 불태 오래전부터 이용되어온 자동차 창유리, 헤드라이트 렌즈 및 미러등은 세라믹스의 투광성을, 스파크플러그의 애자는 세라믹스의 절연성을 각각 이용한 것이 되나, 순수한 의미에서의 기능성 세라믹스와 자동차 본래의 기능과의 관계는 산소센서, 전자제어 연료분사 장치용 IC 및 각종 써미스터등을 배기가스 규제 대책으로 채용한 것으로 부터 시작된다.

현재 정밀한 엔진제어를 위해 자동차 Electronics에는 다수의 센서와 액츄에이터가 사용되고 있으며 특히 기능성 세라믹스는 최근 놀라운 발전을 보이며 이들의 핵심소자로서 실용화되고 있다. 또한 미래의 차세대자동차에서는 현재의

단순기능을 가진 센서와는 달리 복수의 감지기능을 갖는 다기능센서나 감지된 정보를 대처하여 작동하는 지능센서(Intelligent sensor)도 개발되어 사용될 전망이므로 앞으로 이들에 기능성 세라믹스의 응용은 더욱더 확대될 전망이다.

지금까지 배기가스 규제와 에너지절약, 환경개선을 위해 세라믹스를 이용한 부품들이 많이 개발되어 왔으나 자동차부품에 주로 사용되고 있는 기능성 세라믹스는 산화물을 주체로 한 이온전도체, 압전체, 반도체 및 자성체 세라믹스로 이들이 담당하고 있는 역할은 매우 중요하다. 이것은 전기적 기능(절연성, 반도체성·도전성, 이

온전도성, 유전성, 압전성, 전자방사성), 자기적 기능(자성), 광학적 기능(도광성, 편광성, 투광성, 감광성) 및 열적 기능(전열성)등 세라믹스가 갖고 있는 제반기능이 센서나 액츄에이터용 재료로서 우수하기 때문이며, 이들과 같은 기능과 특성을 겸비한 기능성 세라믹스는 현재 자동차부품에 다수 도입되어 있다.

표 1에 자동차용 기능성 세라믹스 재료 및 이들의 응용제품을 정리하여 나타내었다. 앞으로는 보다 실장성이 좋고 집적도가 높은 세라믹스 부품이 개발되어 갈 것으로 생각된다.

표 1. 자동차용 기능성 세라믹스 재료 및 응용제품

기 능	재 료	부 품
절 연 성	Al ₂ O ₃	IC기판, 스파크 플러그, IC Package, Auto choke, 히터
유 전 성	BaTiO ₃ , SrTiO ₃	각종 콘덴서
	BaTiO ₃ 계, SrTiO ₃ 계, MgTiO ₃ 계	마이크로파 필터
압 전 성	BaTiO ₃ 계, PZT	우적센서, 실린더 내압센서, Knock센서, 가속도센서
	PZT, SiO ₂ , NaNbO ₃ -KNbO ₃ 계	전자buzzer, 노면센서, 장애물검출센서, 액츄에이터, 충돌방지센서
	PbTiO ₃ , PZT	노면센서, 장애물검출센서, 충돌방지센서
반 도 성	NTC Thermistor(NiO, CoO, MnO, FeO, CoO-Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ , SiC)	배기가스·냉각수 온도센서, 연료level센서
	PTC Thermistor(반도성 BaTiO ₃)	흡기가열 히터, 산소센서 내장히터, 자동초크 히터, Hand warmer, 연료히터, 온장고 히터, Blower resistor
	TiO ₂ , SnO ₂ , ZnO, CoO-MgO, Fe ₂ O ₃ , LiNbO ₃ , TiO ₂ -V ₂ O ₅ , Zn ₃ (PO ₄) ₄ , (Ba, Ln)TiO ₃ , LaNiO ₃	O ₂ 센서, 결로센서, 습도센서, NO _x 센서, CO센서, 알콜센서
이온도전성	ZrO ₂ -Y ₂ O ₃ , β-Al ₂ O ₃	O ₂ 센서, 전지용 고체 전해질, Lean mixture센서
자 성	Ferrite(Fe ₂ O ₃ ·Mn ₂ O ₃), BaO·6Fe ₂ O ₃	모터코어
형 광 성	Y ₂ O ₃ S(Eu), ZnO, ZnS(Cu, Al)	표시소자
광도전성	As-Se-Te glass, Cds, CdTe, PbS	망현mirror, Light센서, 차속센서, 차고센서
광흡수성	SiO ₂ -CdO, Photochromic glass, WO ₃ , Phosphate glass	Sun roof, 표시소자, 열선흡수 glass
광반사성	SnO ₂ , In ₂ O ₃ , TiO ₂	열선반사 glass

3. 이온전도성 세라믹스 이용부품

3.1 O₂센서

자동차의 배기가스 정화 시스템으로서 가장 많이 사용되고 있는 삼원촉매 시스템은 HC, CO, NO_x의 3성분을 동시에 정화할 수 있는 촉매가 사용되고 있으나 그림 1에 나타난 것처럼 이들을 효율 좋게 정화할 수 있는 것은 이론공연비(A/F=14.5)인 공기과리를 $\lambda=1\pm 0.5\%$ 근방의 매우 좁은 범위로 제한되어 있다. 따라서 배기가스를 정화하기 위해서는 엔진의 공연비를 이론공연비($\lambda=1$)로 되도록 제어할 필요가 있으며, 이를 위해서는 현재의 공연비가 이론공연비보다 연료가 Rich 쪽에 있는가 Lean 쪽에 있는가를 검지하여 연료 공급량을 미세 조정하면 된다.

이와같이 삼원촉매 시스템에서 O₂센서는 배기가스중의 산소농도의 검출에 의해 공연비가 Rich인가 Lean인가를 판정하는 역할을 하게 되며, 전자식 연료분사 시스템에 있어서는 이에 따라 삼원촉매의 정화특성에 맞는 공연비를 제어할 수 있게 된다.

지르코니아(Zirconia, ZrO₂) 세라믹스는 산소이온 전도성 고체전해질로서 ZrO₂관 내외측에 산소농도차가 있으면 일정온도 이상에서 산소분압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 O²⁻가 이동하여 기전력이 발생한다(산소농도검지). 이때의 기전력 E는 다음과 같은 Nernst식(식 (1))에 의해 얻어진다.

$$E = RT/4F \times \ln(P(O_2)/P'(O_2)) \quad (1)$$

E : O₂센서출력(기전력)

R : 기체정수

T : 절대온도

F : Faraday정수

P(O₂) : 대기중의 산소분압

P'(O₂) : 배기가스중의 산소분압

즉 O₂센서의 작동원리는, 기준 산소농도(P(O₂)=0.21 atm)가 되는 대기에 개방되어 있는 내측전극과 배기가스에 접촉되어 있는 외측전극 근

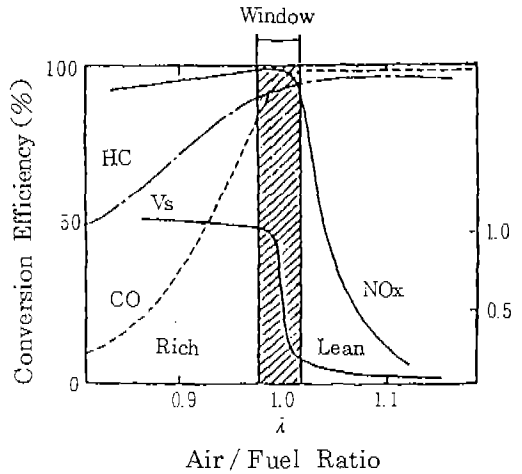


그림 1 삼원촉매의 정화율

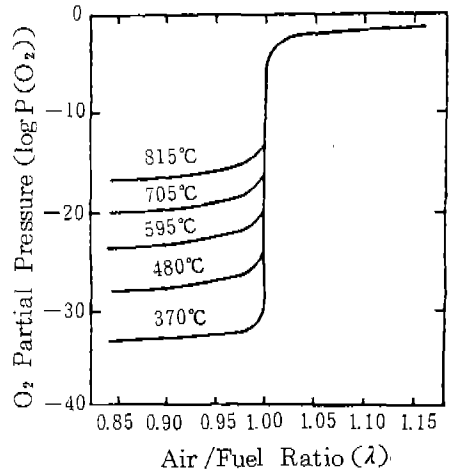


그림 2 배기가스중의 평형산소분압

방의 산소분압은 그림 2에 나타난 것처럼 이론공연비 근방에서 급변하게 된다. 그러므로, ZrO₂ 소자를 엔진 배기관에 삽입하고 내측에 대기를 도입하여 산소분압을 일정하게 유지시키고 외측을 배기가스와 접촉시키면 그림 3과 같이 대기와 배기가스중의 산소분압차에 의하여 이론공연비를 경계로 기전력이 발생하게 되므로 이에 따른 출력전압을 신호로써 사용하는 기구로 되어 있다.

O₂센서는 엔진의 배기다지관과 촉매사이에 장착되어 운전조건에 따라 200~950°C로 크게 변

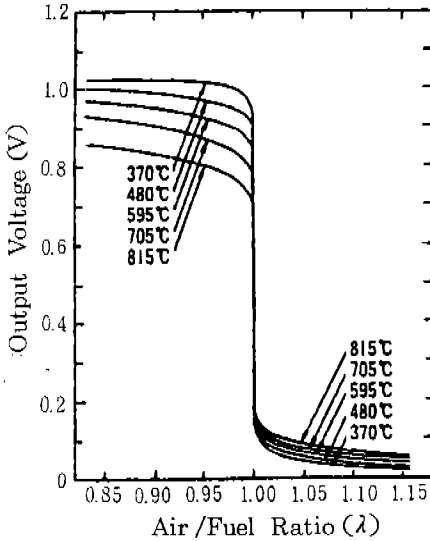


그림 3 ZrO₂ 산소센서의 출력전압

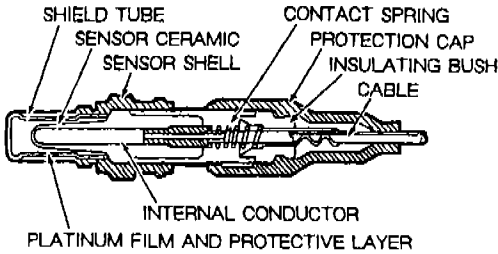


그림 4 ZrO₂ 산소센서의 구조

화하는 배기가스와 접촉하고 비산수에 의해 열충격을 받거나 진동 및 기계적 충격을 받게 되므로 그림 4의 O₂센서의 구조에 나타난 것처럼 보호커버와 방수커버에 의해 사용 및 부착조건에 알맞게 설계되어 있다. 센서소자는 시험관 형상으로 되어 있는 ZrO₂ 이온도전성 세라믹스 내측 및 외측면에 다공질 백금전극을 형성시키고 배기가스와 직접 접촉하게 되는 외측전극 표면에는 배기가스로부터 백금전극을 보호하기 위해 용사(Spray coating)에 의해 Spinel(MgO·Al₂O₃)등의 다공질 세라믹스가 코팅되어 있다.

O₂센서의 소자재료로서는 산소이온 전도성을 발현시키기 위해 MgO, CaO 또는 Y₂O₃를 첨가한 안정화 ZrO₂가 사용되고 있으나 저온에서 출력

전압이 높으면 자동차의 시동시 빨리 작동하게 되고, 또한 소자가 배기가스에 직접 노출되기 때문에 열충격성이 우수해야 하므로 내부저항이 낮은 ZrO₂계 재료중에서도 적정조성인 4-6 mol % Y₂O₃를 첨가한 ZrO₂-Y₂O₃계 부분안정화 ZrO₂(PSZ : Partially Stabilized Zirconia)가 일반적으로 많이 사용되고 있다.

지르코니아 O₂센서는 기전력이 안정하고 내부저항이 낮은 350~400°C 이상의 온도에서 사용할 필요가 있으나, 최근에는 소자내부에 세라믹스 히터를 내장하여 사용 분위기온도의 제약이 없고, 설정위치의 자유도가 크며, 냉시동시에도 삼원 촉매의 기능에 효과적인 가열형 센서가 실용화되어 있다.”

지르코니아 O₂ 센서는 1976년 Bosch사에 의해 Volvo차에 채용되어 실용화된 이후 오늘날에는 연소제어기술의 가장 중요한 기능부품으로서 지구환경 보호를 위한 배기가스 대책을 위해 사용되고 있으며 지금까지 연비향상 및 엔진의 고성능화는 산소센서의 성능에 크게 의존하고 있다. 따라서 보다 저온에서의 활성이 높고, 내열성·내구성이 좋은 산소센서 개발이 지속되고 있다.

3.2 Lean Mixture 센서

희박연료영역 공연비 센서(Lean Mixture Sensor : LMS or Lean Air-Fuel Sensor : LAF)는 Toyota 자동차와 Nippondenso가 세계최초로 공동개발하여 1984년 실용화한것으로, 배기가스 규제 대책과 연비개선이란 두가지 목적으로 희박연소 시스템에 있어서 희박 공연비를 높은 정밀도로 측정하기 위해 개발된 센서이다. Lean mixture 센서의 구조(그림 5(a))는 기본적으로 O₂센서와 유사한 형상으로 되어 있으나 소자 외측전극 표면에 확산율속층이 부여되어 있는 점이 다르다. 소자는 Y₂O₃ 안정화 지르코니아의 시험관 형상의 소결체로 내·외 표면에 백금전극이 형성되어 있으며, 표면의 코팅층은 단순한 보호층이 아닌 출력을 직접 좌우하는 확산율속층의 역할을 하기 위해 세공직경 및 두께등에 유의하여 형성되어 있다.

Lean mixture 센서는 ZrO₂ 세라믹스의 산소 Pu-

mping현상, 즉 ZrO_2 세라믹스 양면에 형성시킨 백금전극간에 내측전극을 정(+), 외측전극을 부(-)로 하여 전압을 인가하면 일정온도 이상에서 전압이 낮은 외측전극으로 부터 전압이 높은 내측전극을 향하여 O^{2-} 이온이 이동하는 것을 응용한 것이다. O^{2-} 의 이동량은 전류치로 측정할 수 있어, 전압이 낮은 범위에서는 전압의 증가와 함께 전류가 증가하여 Ohm의 법칙이 성립한다. 그러나 그림 5(b)에 나타낸 것처럼 O^{2-} 가 공급되는 (-)측에 확산속출층을 설치하여 산소 공급량을 율속하여 두면, ZrO_2 가 O^{2-} 를 이동시키는 능력이 공급되는 O^{2-} 를 초과하는 영역이 나타나, 그 영역에서는 전압을 증가시켜도 전류치는 변화하지 않는다. 이러한 전류 포화영역의 한계전류치는 확산속출층을 통과하는 산소량에 의해 정해져 (2)식과 같은 값으로 된다.²⁾ 따라서, 인가전압을 적당한 값 V_0 로 하면 그림 5(c)에 나타낸 것과 같이 거의 직선적인 출력전류를 얻을 수 있으므로 이러한 한계전류치를 측정하면 산소농도가 높은 Lean영역에서의 공연비 검출이 가능하게 된다.

$$I_0 = C \times (D(O_2) \cdot P \cdot S) / (T \cdot L) \times \ln(1/P(O_2)/P) \quad (2)$$

- C : 정수
- $D(O_2)$: 확산계수
- T : 절대온도
- S : 확산속출층의 면적
- L : 확산속출층의 길이
- P : 전압력
- $P(O_2)$: 산소분압
- I_0 : 포화전류치

Lean mixture 센서를 사용하여 엔진의 공연비를 22정도로 제어하게 되면 NO_x 의 저감뿐만 아니라 연비도 약 20%정도 향상된다. 또한 산소 농담전지식 산소센서에 산소Pumping 기능을 부가함으로써 Rich에서 Lean까지의 전영역의 공연비를 검출하는 센서로서 전영역공연비 센서(Uni-

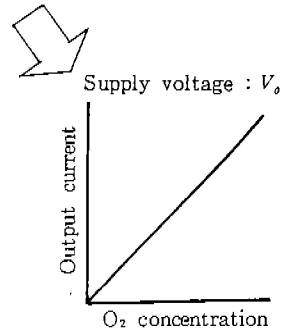
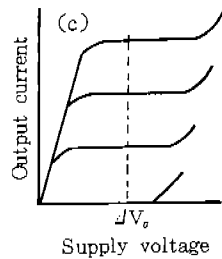
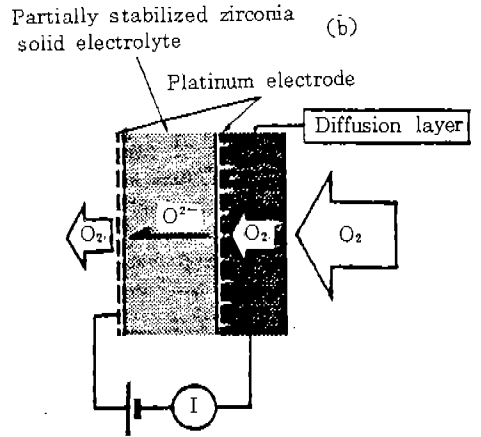
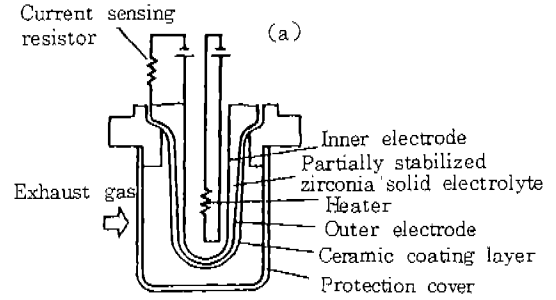


그림 5 Lean Mixture 센서(LMS)의 구조(a), 작동원리(b) 및 출력특성(c)

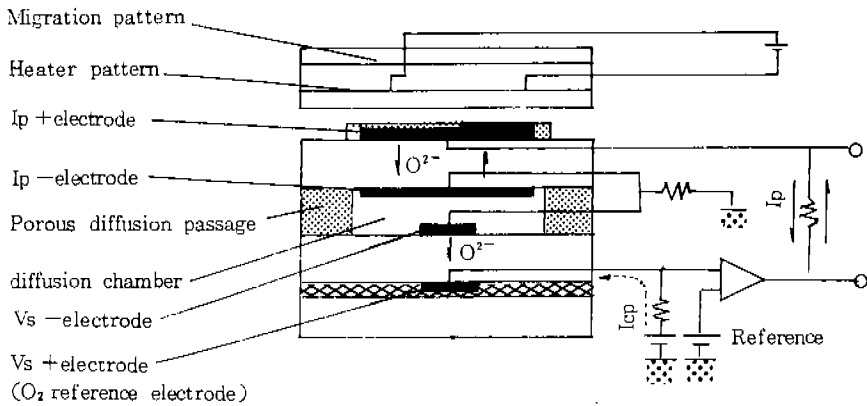


그림 6 광역 공연비센서(UEGO)의 구조

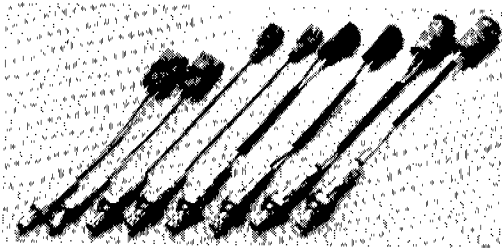


그림 7 각종 산소센서

versal Exhaust Gas Oxygen Sensor : UEGO) (그림 6)도 개발되어 있다.^{3,4)} 현재 널리 사용되고 있는 각종 산소센서의 외관을 그림 7에 나타 내었다.

전항에서 설명한 λ 형 O_2 센서는 $\lambda=1$ 을 경계로 하여 출력이 돌변적으로 λ 모양으로 급변하는 특성을 갖는 것에 반해, Lean 영역의 공연비를 검출할 목적의 Lean mixture 센서는 공연비와 출력의 관계가 직선적 또는 이것에 가까운 관계가 있는 것이므로 Linear형 센서라고도 불린다.

3.3 전지용 고체 전해질

β -알루미나($Na_2O \cdot 11Al_2O_3$) 세라믹스는 Ford사가 Na-S전지용 격막재료로서 개발한 Na 이온전도체로 Na^+ 의 수율(Transport number)을 1로 간주할 수 있는 매우 흥미로운 고체 전해질로서 Na-S전지에 이용되고 있다. 밀폐형 Na-S 2차전지는 $\beta-Al_2O_3$ 층을 음극활물질인 Na이온이 내측에서 외측으로 확산하는 것에 의해 전류가 흐르게 되

며, 300~350°C의 작동조건에서 약 2V의 전압을 나타낸다. 향후 ZEV의 개발에 따라 전기자동차용으로 Na-S전지의 사용이 촉진될 것으로 예상되나, 충방전에 의한 $\beta-Al_2O_3$ 의 열화, 외측전극에 S화합물 생성에 의한 임피던스의 악화, 350°C 가열시스템, 세라믹스 파괴시 Na/S의 과격반응에 대응한 충돌시 안전확보등이 문제점으로 남아 있다.

4. 압전세라믹스 이용부품

압전 세라믹스는 기계진동을 전기출력으로 변환할 수 있으므로 자동차의 제어에 여러가지 용도로 사용되고 있다. 이를 이용한 자동차부품으로는 Knock센서, 초음파센서(공기유량센서, Backsonar센서, 차고센서), 가속도센서⁵⁾, Oil 액면센서 및 우적센서 등이 있다. 센서 이외에도 최근 일부 시험사용되기 시작한 서스펜션 컨트롤 장치의 압전 액츄에이터에 전기-기계 변환소자로서 사용되고 있다. 소재로서는 $PbTiO_3$, $PZT(Pb(Zr, Ti)O_3)$ 계 세라믹스가 주된 것으로 용도에 따라서 여러 물질과의 고용체(Solid solution)가 사용되고 있다. 이들은 ABO_3 Perovskite형의 결정구조를 가진 강유전체로 이들 소결체에 적류 고전압을 인가하여 각 결정입자에 극성방향을 일정하게 하면 단결정과 유사한 큰 압전효과 즉, 소자의 변형이나 압력에 의해 이것에 비례하는 전압이

발생하는 효과가 발현된다.

4.1 Knock센서

· Knock센서는 고성능화, 연비개선을 목적으로 하여 엔진의 Knocking을 방지하는 Knock 컨트롤 시스템에 사용하는 압전세라믹제 진동검출형 센서로서, 고부하시 엔진의 Knocking을 검출하여 점화시기를 조정하기 위한 것으로 터보차저를 장착한 엔진에 채용되어 이상연소가 발생하기 직전에 나타나는 실린더 불력의 미세한 진동(5-10kHz) (Light knock) 및 압력변동을 검출하여 점화시기를 최적으로 제어하기 위한 시스템에 사용된다.

진동검출형에는 공진형과 비공진형이 있으며, 공진형 (그림 8)은 공진체로서 금속판에 PZT세라믹스를 접착한 것을 사용하여 엔진 고유주파수에 센서소자의 고유주파수를 맞춰 놓아 공진을 이용하여 최대 출력전압을 얻는 것이며, 응답성이 뛰어나므로 주로 많이 이용되고 있다.

실린더내압센서는 실린더내에 연소압력과 Knocking을 검출하는 압력검출형 센서로서 Spark plug의 가스켓부위에 부착하여 사용되는 좌형 압력센서(GPS : Gasket type Pressure Sensor)이다. 그림 9에 GPS의 구조와 엔진에의 부착위치를 나타내었다. 가압력과 연소실로부터의 열에 의한 특성열화가 적은 큐리점이 높은 고온형 PbTiO₃계

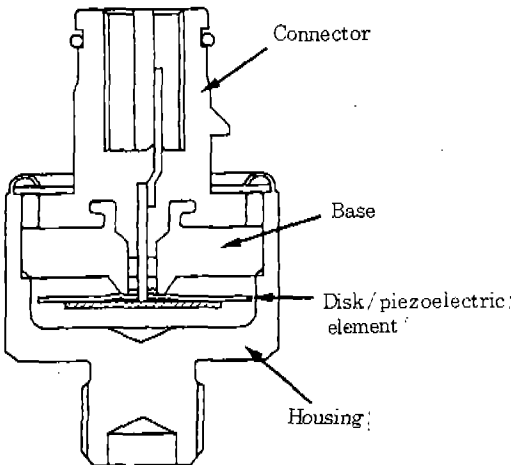


그림 8 공진형 Knock센서의 구조

압전세라믹스가 사용되고 있으며 종래의 Knock 센서와는 달리 Knocking 발생원으로부터 가까운 엔진연소실 부근에 부착되므로 엔진소음이 적고 S/N(Signal to Noise)비가 좋은 센서라 할 수 있다. Knocking이 일어난 경우의 크랭크각에 대한 연소실내의 압력파형 관계를 보면 Knocking 신호는 실린더내의 압력이 최고로 되는때 이후에 발생

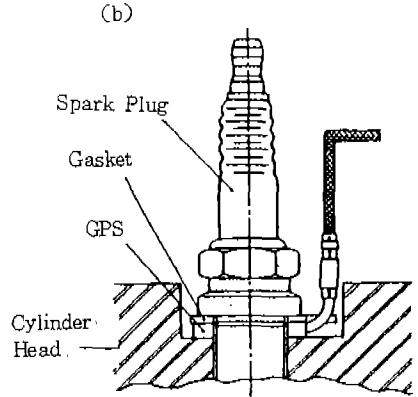
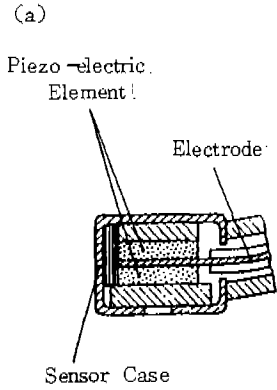


그림 9 좌형 실린더내압센서(GPS)의 구조(a) 및 부착위치(b)

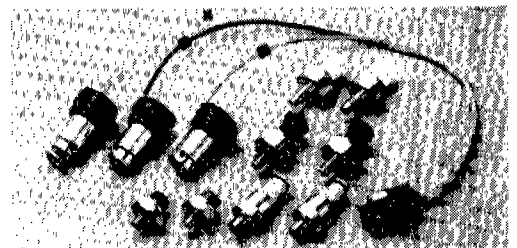


그림 10 Knock센서(우) 및 GPS(좌상)

하는데 이 신호를 검지하면 곧 크랭크각을 옮겨 Knocking이 발생하지 않도록 제어되는 시스템으로 구성되어 있다. 세라믹스 압전소자를 사용한 Knock센서 및 GPS의 외관을 그림 10에 나타내었다.

4.2 초음파센서

기체나 고체중을 전파하는 초음파 진동을 PZT등의 세라믹소자로 검지하는 것으로 초음파의 반사에 의해 자동차 주변의 장애물을 검지하는 Back sonar시스템에 초음파센서가 실용화되어 있다.

또한 차체와 노면사이의 거리를 직접 계측하는 노면센서는 차고의 변동패턴으로부터 노면의 상태를 판단하고, 주행조건에 상응하게 Shock absorber의 감쇠력을 제어하므로써 최적의 운전조건과 조정 안전성을 부여하는 Supersonic suspension에 이용되고 있으며, 자동차의 주행속도를 측정하는 차속센서 및 공기유량계측 센서⁶⁾에도 초음파센서가 응용된다.

4.3 Oil level 센서

압전식 Oil level센서는 2개의 PZT계 압전세라믹스 소자가 접착되어 있는 진동판이 그중 한개의 압전소자에 의하여 계속하여 진동하고 있고, 액체에 의해 부하가 걸려서 진동이 억제될때 또다른 하나의 소자에 의해 진동에 대한 출력전압을 모니터하고 있으면 센서가 액면으로부터 떨어질때에 출력이 크게 된다. 이러한 변화에 의해 엔진의 오일 유무를 검출하는 Oil 액면검지기이다. Oil level센서의 외관을 그림 11에 나타내었다. 압전식 Oil level센서는 종래의 Float식이나 발열식에 비해 장착이 쉽고, 전력이 적게 소비되며 응답성이 높은 것등이 특징이다.

4.4 우적센서

종래 일정한 간결시간으로 작동시켰던 와이퍼를 빗방울의 강도 및 양에 따라서 최적빈도로 작동시키게 하는 센서로, 우적센서(Raindrop sensor)는 빗방울의 운동에너지를 진동으로 변환하는 진동판과 진동을 전압으로 변환시키는 압전



그림 11 Oil Level센서

소자 및 압전신호를 증폭하는 회로로 구성되어 있다. 압전소자에는 BaTiO₃⁷⁾ 또는 PZT세라믹스의 양면에 전극을 증착한 것이 사용되고 있다.

4.5 전자제어 서스펜션용 압전센서·액튜에이터

이외에도 압전세라믹스를 이용한 것으로는 세라믹스 압전소자를 사용한 노면센서와 액튜에이터를 서스펜션 컨트롤에 적용하여 부드러운 승차감과 높은 조정안전성을 동시에 달성시키기 위해 일본 Toyota자동차가 Nippondenso와 1989년 공동으로 개발하여 실용화 시킨 Piezo TEMS(Toyota Electronic Modulated Suspension)가 있다.⁸⁻¹⁰⁾ 이 시스템은 그림 12에 나타낸 것과 같이 도로가 평탄하지 못할 경우 압전세라믹스를 사용한 노면센서에 힘이 전달되어 전압이 발생하고 컴퓨터를 통해 전달된 이러한 전기신호는 액튜에이터에 의해 오일 변환밸브를 작동 시킴으로써 노면상태에 따라서 자동적으로 서스펜션의 상태를 컨트롤 할 수 있는 것으로 여기서는 압전세라믹스가 중요한 역할을 맡고 있다.

5. 도전성·반도성세라믹스 이용부품

5.1 TiO₂ 산소센서

고체 전해질형(산소농도감지형) ZrO₂ 산소센서 이외에 또 하나의 λ형 O₂센서로는 저항치가 분

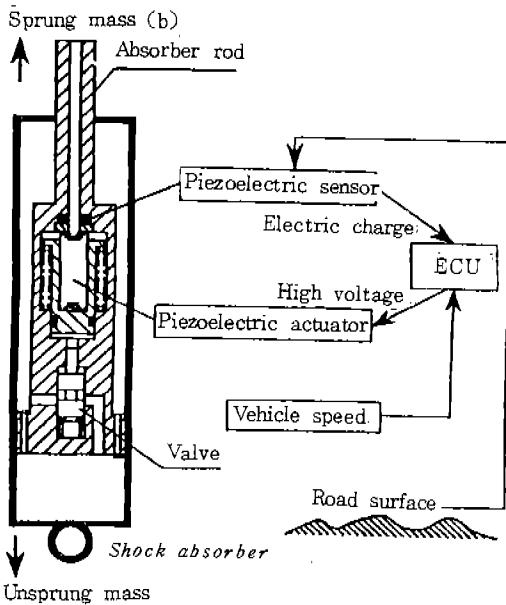
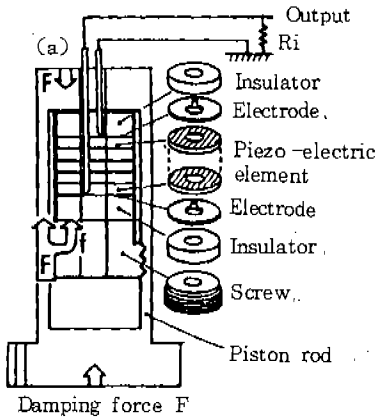


그림 12 전자제어 서스펜션용 압전세라믹스 노면센서의 구조(a) 및 시스템(b)

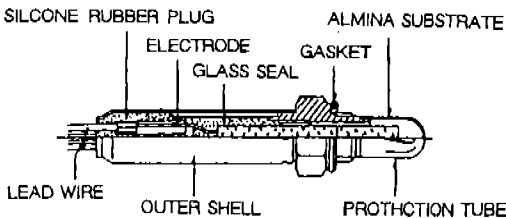


그림 13 후막형 TiO_2 산소센서의 구조

위기중의 산소분압에 의존하는 성질을 갖는 n형 반도체인 티타니아(TiO_2) 세라믹스를 이용한 반도체형 O_2 센서가 있다. TiO_2 산소센서는 환원가스 중에서 산소결합에 의해 저항이 1/1000 정도 저하하므로 ZrO_2 식 산소센서와 유사한 특성을 얻을 수 있다. TiO_2 산소센서는 원판상의 TiO_2 소자에 백금전극을 꽂아 동시에 소성한 Pellet형과 TiO_2 후막(Thick film)¹¹⁻¹³을 이용한 후막형(그림 13)이 있으며 후막형은 다층 알루미늄(Al_2O_3) 기판에 히터, 전극을 구성시키고 그 표면에 TiO_2 후막이 설치된 구조로 되어 있다. ZrO_2 계 산소센서의 경우 소자로는 필수 있는 한 치밀한 세라믹스가 요구되나, TiO_2 산소센서의 경우에는 응답속도등의 관점에서 통기성이 있는 다공질체가 필요하며 한편, ZrO_2 센서와 같은 비교공기극이 필요없으므로 배기가스중에 직접 삽입하면 되고, 소형이며 방수설계가 가능하므로 차체 밑에 부착하는 엔진에 많이 이용되고 있다. TiO_2 형 산소센서는 납 피독에 대하여 비교적 강하고 소형화가 가능하여 재료비가 적게 드는등의 장점이 있으나, 산소분압뿐만 아니라 온도에 대해서도 강한 의존성을 나타 내므로 히터에 의해 정확한 온도제어를 할 필요가 있다.

5.2 온도센서

써미스터(Thermistor)란 Thermally Sensitive Resistor의 약칭으로 온도변화와 함께 자체저항이 급격히 변화하는 반도체를 총칭하는 것으로, 세라믹스의 전기저항변화를 이용하는 온도센서(Thermistor)는 그림 14의 전기저항-온도 특성에 나타낸 것과 같이 저항이 부의 온도의존성을 갖는 NTC, 저항이 정의 온도의존성을 가지며 임계온도에서 저항이 급변하는 PTC 및 저항이 부의 온도의존성을 가지며 임계온도에서 저항이 급변하는 CTR의 3종류로 대별할 수 있다.

자동차의 냉각수, 흡입공기, 실내·외기통의 온도센서 및 가솔린의 액면 level센서로는 주로 $200\sim 300^\circ C$ 이하에서 사용되는 CoO , NiO , MnO 등과 같은 천이금속산화물의 저온형 NTC thermistor가 사용되고, 자동차의 배기가스 규제에 대응하여 배기가스 온도센서등 고온 측정용으로

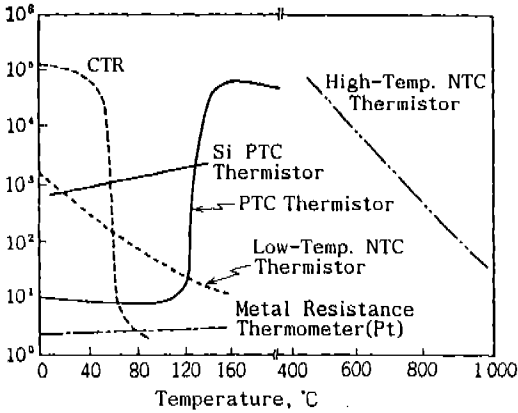


그림 14 각종 온도센서의 저항-온도 특성

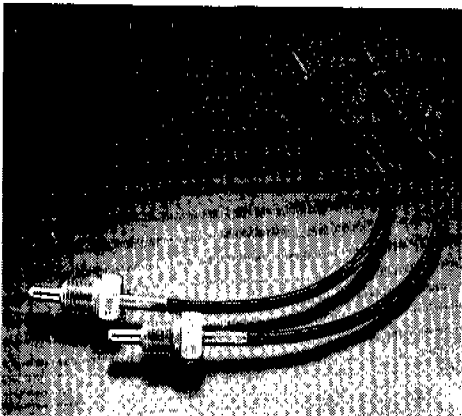
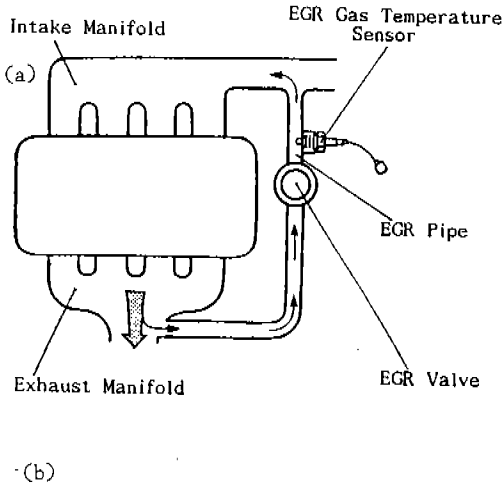


그림 15 배기가스 환류(EGR) 시스템(a) 및 EGR 온도센서(b)

는 Spinel, Perovskite, Zirconia계 산화물 및 SiC 등의 고온형 NTC thermistor가 사용된다.¹⁴⁾ 특히 배기가스 온도센서는 자동차의 촉매변환기에 장착되어 사용되기 때문에, 온도·진동·분위기·열충격등의 사용 환경조건을 충분히 고려하지 않으면 안되므로 내열고속 튜브내에 고정되어 배기가스로부터 완전히 분리되어 있다.

또한 최근 배기가스 규제와 관련하여 자동차 제어용 온도센서로서 개발된 것으로 배기가스 환류시스템(EGR : Exhaust Gas Recirculation)검사 센서가 있다. EGR검사 센서는 중온영역(400-500°C) 온도센서로서 그림 15에 나타낸 것처럼 EGR시스템에 있어서 EGR밸브 하류측으로 재순환하는 배기가스의 온도변화를 검지함으로써 EGR밸브가 항상 정상적으로 작동하고 있는지를 검사하기 위한 센서이다.¹⁵⁾ 미국 LA주 법규제인 OBD(On Board Diagnostics, 차재자기진단)규제 Phase I은 중요 배기관관련부품의 기능에 대하여 이상이 발생한 경우에는 운전석 panel의 램프를 점등시켜 운전자에게 부품의 교환을 경고하는 것으로, O₂센서의 출력, EGR작동 모니터등의 내용을 포함하고 있다. OBD-I은 88년 모델차부터 EGR check센서의 부착을 의무화하고 있으며, 1994년 모델차부터 실화동을 모니터하는 것이 요구되고 있는 보다 엄격한 OBD-II 규제가 시작된다.

앞으로 현재 사용되고 있는 써미스터보다 고성능이고 한편 온도차가 크며, 기름·먼지등에도 노출되므로 내환경성이 높고 아울러 가격면에서도 적절할 것등과 같은 제반요구를 만족 시킬수 있는 새로운 자동차용 온도센서의 개발이 기다려진다.

5.3 PTC세라믹스 부품

티탄산바륨(BaTiO₃)에 희토류원소를 첨가하여 반도체화한 원자가제어형 반도체 세라믹스 소자는 특정온도 즉 큐리온도(T_c: 120°C(기본조성))에서 저항이 급격히 증가하는 PTC(Positive Temperature Coefficient)특성을 갖고 있으므로 이러한 특유의 온도-저항특성을 이용하여 자기온도제어 작용을 갖는 정온히터, 온도제어나 전류제어용

표 2. 자동차용 PTC세라믹스 응용제품

기 능	제 품
정온도 히터 (자기온도 제어작용)	- 초크밸브 조절용 히터 - 혼합기 히터 a. 연료 조기증발용 히터 (Early Fuel Evaporation Heater) b. 흡기관 히터 (Manifold Heater) c. 스로틀 보디 히터 (Throttle Body Heater) d. 벽면 가열형 히터 - 디젤연료 히터(Diesel Fuel Heater) - 허니컴 히터 a. 온장고 히터 b. Hand Warmer
브레이크 (자기복귀작용)	- 블로어 레지스터(Blower Resistor) - 과전류보호용(모터, 회로) 브레이크
지연장치	- 오토초크 레지스터
센서	- 온도센서 - 전류센서

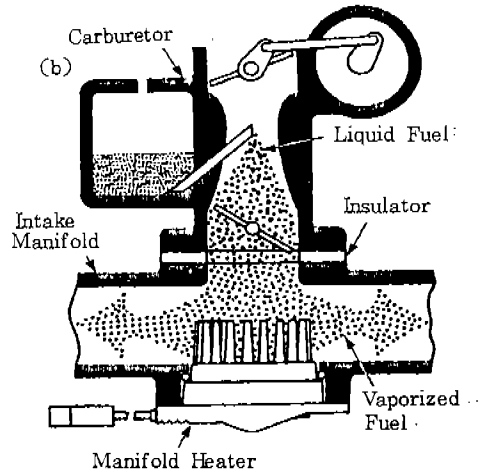
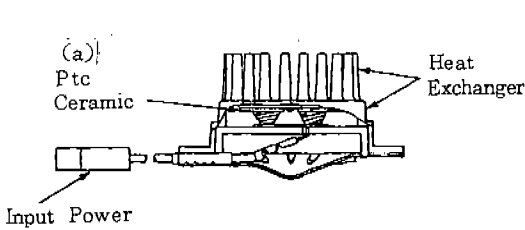


그림 16 PTC세라믹 흡기관 히터(Manifold Heater)의 세부구조(a) 및 부착위치(b)

브레이크(Breaker) 및 온도센서 등으로 이용되고 있다. BaTiO₃ 세라믹스의 PTC특성 제어는 각종 원소의 첨가에 의해 가능하여 큐리점은 Ba를 Pb로 치환하면 고온측, Sr으로 치환하면 저온측으로 이동하게 되며, 상온 비저항은 반도체화 원소의 첨가량으로 제어할 수 있다.¹⁶⁾

PTC세라믹스를 자동차용으로 응용한 예로는 표 2에 나타낸 것과 같이 정온히터로서는 흡기관

히터(Manifold heater) (그림 16)를 필두로 한 한냉시 연료의 무화를 촉진함으로써 시동성·운전성·연비향상 및 유해 배기가스 저감을 촉진하는 것을 목적으로 사용되고 있는 각종 혼합기 히터^{17, 18)}와 디젤연료 히터(Diesel fuel heater), 초크밸브 조절용 히터¹⁹⁾ 및 허니컴 형상의 PTC를

사용한 온장고히터· Hand warmer등이 사용되고 있으며, Breaker로서 에어컨이나 풍량조절용 금속선 코일 Resistor와 조합시켜 Blower 모터등의 이상시에 흐르는 과전류를 방지하여 금속선 코일과 모터의 손실을 방지하는 Blower resistor 및 각종 전기전자 회로의 과전류보호용 소자등 다수의 제품에 응용되고 있다.

PTC세라믹스를 자동차용으로 사용할 경우 가솔린이나 경유 등의 영향에 의한 PTC세라믹스의 환원열화(Degradation)와 전극부식 등의 문제점이 있으나 최근에는 PTC세라믹스의 개량과 내식전극의 개발에 의해 종래와는 달리 가솔린·경유 속에서도 직접 사용이 가능한 것도 개발되어 있다. PTC세라믹스는 자기온도제어 작용과 소형이면서도 대전류를 흐르게 할 수 있기 때문에 앞으로 자동차 국부가열용 부품으로써의 이용도는 더욱더 높아질 것으로 생각된다.

5.4 기 타

세라믹스의 반도체성을 응용한 자동차용 부품으로는 산소과리의 상태에서도 NO_x가 발생하기 쉬운 디젤엔진의 제어에 없어서는 안될 것으로, SnO₂의 전기저항이 NO_x의 흡착량에 의존하는 것을 이용하여 최근 알루미늄(Al₂O₃) 기판위에 SnO₂박막을 Sputtering법으로 형성시키고, 백금 리드선을 붙인 간단한 구조의 NO_x센서가 개발되어 있다. 또한 자동차내의 공조용 뿐만아니라, 창유리의 결로를 예지하여 defogger를 자동적으로 작동시키는 결로센서(Dew sensor)에 수증기의 흡착에 의해 전기전도도가 변화하는 각종 반도체 세라믹스가 이용되고 있다.

6. 향후과제 및 전망

앞에서 간단히 설명한 것 이외에도 기타 기능성 세라믹재료로서 Meter Panel용 EL·EC 표시소자, 신호전송용 광섬유, 열선흡수·반사·Photochromic 유리등의 특수유리와 기록매체로서 오디오 카세트 이외에 Navigation등의 동장에 의한 자기기록 재료등이 있다. 또한, 연산속도의 고속화와 저전류화를 통해 컴퓨터의 소형화등에 기

여할 수 있는 세라믹스 고온초전도재료의 자동차용 전자소자에의 용도도 장래 기대되는 부분이다.

지금까지 자동차부품중에 기능성 세라믹스가 이용되고 있는 절대량은 적은 편이며 더우기 단독적인 자동차부품으로서 실용화되어 있는 세라믹부품은 많지 않으나, 엔진집중 전자제어 시스템에 있어서와 같이 이들 기능성 세라믹스는 자동차에 없어서는 안될 매우 중요한 역할을 담당하고 있으며, 앞으로 Car electronics의 발전과 자동차의 고기능화·고성능화·고급화의 추세에 따라 전자화에 의한 시스템화가 진행할 것으로 생각되므로 이러한 시스템의 진보와 더불어 위에 적은 이외에도 더욱더 새로운 성능과 기능을 가진 센서 및 액츄에이터류가 필요하게 될 것이다. 따라서 향후 이들에 대해서도 자동차의 전자화와 더불어 개발, 실용화 되어온 New Ceramics(Advanced Ceramics)가 큰 역할을 할 것으로 기대어진다. 현재 연구개발에 화제로 되고 있는 것으로는 NO_x센서, 日射센서, CO센서, 알콜센서, 습도센서, Smoke센서 등이 있다.

향후 기능성 세라믹스를 자동차용 재료로서 정착시키고, 자동차부품으로서의 사용을 확대시키기 위해서는 고정도·고응답성을 위한 성능향상과 소형화, Hybrid화는 물론 진동·온도·분위기·전파방해등 사용환경이 날로 엄격해 지고 있으므로 이러한 극한 환경속에서의 사용에 대한 신뢰성 및 내구성 향상과 아울러 폭넓은 보급을 위해서는 저가격화 또한 요구되므로 이를 만족시킬 수 있는 세라믹스의 개발과 응용이 점차 중요하게 될 것이다.

7. 맺 음 말

이상으로 기능성 세라믹스를 이용한 자동차용 부품의 실용화에 및 이용현황에 대하여 간단히 서술하였다. 자동차가 지향하고 있는 고기능화에 대응하고 자동차부품에 기능성 세라믹스를 보다 적극적으로 활용하기 위해서는 첫째, 자동차의 사용환경 조건에 입각한 자동차용 기능성 세라믹스 재료개발 및 제조 프로세스 개발 둘째, 집

적화에 의한 소형화 및 저가격화·다기능화를 위한 박막화, 원료의 Fine화 기술등의 연구 셋째, 반도체기술 등과의 연휴에 의한 신기능화 및 제품설계에 있어서는 세라믹스 특유의 특성을 충분히 인식한 이른바 자유자재로운 사용기술의 향상등이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Hans M. Wiedenmann et al, "Heated Zirconia Oxygen Sensor for Stoichimetric and Lean Air-Fuel Ratios", SAE Paper 840141, 1984.
2. T. Kamo et al, "Lean Mixture Sensor", SAE Paper 850380, 1985.
3. S. Soejima et al, "Multi-Layered Zirconia Oxygen Sensor for Lean Burn Engine Application", SAE Paper 850378, 1985.
4. T. Yamada et al, "Universal Air-Fuel Ratio Heated Exhaust Gas Oxygen Sensor and Further Applications", SAE Paper 920234, 1992.
5. S. Asano et al, "Development of Acceleration Sensor and Acceleration Evaluation System for Super Low Range Frequency", SAE Paper 910273, 1991.
6. William G.Wolber, "Automotive Engine Control Sensors '80", SAE Paper 800121, 1980.
7. "New Material Technology", Published by Nissan Motor, Co., Ltd., pp.28, 1989.
8. H. Satoh, "High Speed Damping Control System with Piezoelectric Elements", JSAE, Vol 45, No.3, pp.105-110, 1991.
9. M. Kuroyanagi, "High Speed Control of Damping Force Using Piezoelectric Elements", 1990 JSAE Autumn Convention Proceedings 902, Vol.1, 1.365-68.
10. A. Fukami, "Development of Piezo-electric Actuators and Sensors for the Electronically Controlled Suspension", 1990 JSAE Autumn Convention Proceedings 902, Vol.1, 1.373-76.
11. A. Takami et al, "Effect of Precious Metal Catalyst on TiO₂ Thickfilm HEGO Sensor with Multi-Layer Alumina Substrate, SAE Paper 870290, 1987.
12. W. J. Kaiser et al, "Exhaust Gas Oxygen Sensors Based on TiO₂ Films", SAE Paper 830179, 1983.
13. A. Takami et al, "Progress in Lead Tolerant Titania Exhaust Gas Oxygen Sensors", SAE Paper 850381, 1985.
14. K. Nakahara et al, "Automotive Combustion Control Sensors(2)", Internal Combustion Engine, Vol.30, pp.95-103, 1991.
15. K. Nakahara et al, "Automotive Combustion Control Sensors(3)", Internal Combustion Engine, Vol.30, pp.77-86, 1991.
16. Bernard M. Kulwicki, "Trends in PTC Resistor Technology", SAMPE Journal, Vol.23, pp.34-38, 1987.
17. Peter G. Berg, "Cold Weather Diesel Fuel Preparation with PTC Heaters", SAE Paper 840 539, 1984.
18. N. V. Middleton and G. L. van Wechem, "SI Engine Cold Phase Efficiency Improvement by Means of PTC Manifold Heating", The 16th International Symposium on Automotive Technology and Automation, Vol.1, pp.207-27(1987).
19. Peter G. Berg, "The Electric Choke for Improved Cold Start Control", SAE Paper 820390, 1982.