

半導体式ガスセンサ

(1968年～現在)

現在、家庭内で使用されているセラミックのガスセンサには半導体式、接触燃焼式^{注1)}、固体電解質^{注2)}などがある。家庭内でのガスセンサの役割は都市ガスやLPガスの漏洩検知、不完全燃焼により発生する一酸化炭素の検知といった「保安・防災」と、空気の汚れを検知してその度合いの表示や、換気扇や空気清浄器の自動制御などを行なう「快適・健康」の大きく二つの分野に分けられる。この両分野に広く使用されているのが半導体式のガスセンサである(図1)。半導体式ガスセンサは還元性ガスである可燃性ガスにセンサが曝露されると電気抵抗が変化するという性質を持っており、これを利用して、ガスの検出を行なうものである。1968年に酸化スズを材料とした製品が世界で初めて量産化された。

1. 製品適用分野

ガス漏れ警報器、一酸化炭素警報器、換気扇、空気清浄器、エアコン

2. 適用分野の背景

家庭内における半導体式ガスセンサの使用状況には住宅の高気密化が大きいかかわっている。「保安・防災」の分野においては、保安行政や、公的機関による検定規定によってその性能が保証されたガス漏れ警報器の普及とともにガス漏れ事故は減少を示しているが、住宅の高気密化によって不完全燃焼事故が増加したことから、1995年頃からはガス漏れ警報器に一酸化炭素の検知を目的と

した半導体式ガスセンサも搭載されるようになってきた。

「快適・健康」の分野でも、住宅の高気密化によってペット臭、生ゴミ臭、調理臭など家庭内で発生するにおいととも、住宅建材や家具などから発生し、シックハウス症候群の原因とされるVOCガスの問題や花粉症の増加などによって空気の質に敏感な消費者が増加、家庭内の空気をきれいに保つことへの関心が高まっている。空気関連の製品には換気扇や空気清浄器などがあるが、現在では多くのルームエアコンにも空気清浄機能や換気機能が付加されており、それらの制御のために空気の汚れを検知する半導体式ガスセン



図1 半導体式ガスセンサ外観

ガスセンサのハウジングには検知目的、用途に応じて簡易防爆のSUSメッシュキャップや活性炭フィルターを装着したのなどがある。

サが多数搭載されている。(図2に製品搭載例を示す)

3. 製品の特徴

半導体式ガスセンサの代表的な感ガス材料には酸化スズがある。一般的にガスを検知する感ガス部とそれを加熱するヒーター部を持ち、ヒーターによって感ガ

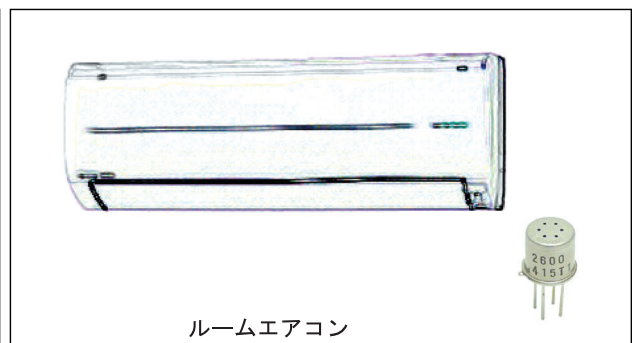
Key-words : ガスセンサ、半導体式ガスセンサ、ガス検知器

注1 触媒で被覆した白金線コイルを加熱した状態でガスと接触させると、触媒上でガスと酸素が反応し、反応熱が発生する。これによって白金線コイル温度が上昇し、白金線の抵抗値が増大する。それを電気信号に変換してガスを検出する。

注2 このセンサは固体電解質をはさんで作用極と参照極で構成される。作用極側のガス濃度が増加すると、両極間に、イオンの偏在に起因する起電力が発生する。それを電気信号に変換することでガスを検出する。



ガス漏れ警報器



ルームエアコン

図2 製品搭載例

不完全燃焼検知と複合機能の付いたガス漏れ警報器にはCH₄とCOが同時に検出できるガスセンサが、空気清浄機能や換気機能が付いたルームエアコンには空気の汚れセンサが搭載されている。

ス部を 300 ~ 450℃程度に加熱して使用する(図3に構造例を示す)。加熱された酸化スズが還元性ガスである可燃性ガス(例では H₂)に曝露されると酸化スズの表面でこれらのガスと吸着酸素との酸化反応が起こり、その結果、酸化スズの表面に吸着していた酸素は

減少してポテンシャル障壁が低下し、電子は動きやすくなる。つまり、電気抵抗が低下する(図4にガス検知メカニズムを示す)。その結果、ガス濃度の変化に伴ってセンサ抵抗値も変化する。(図5に各種ガスの濃度に対するセンサ抵抗値の変化量を示す)。半導体

式ガスセンサの特徴は小型で耐久性に優れていることと同時に、量産性が高く比較的安価に製造できることであり、センサの駆動回路も単純である(図6に回路の例を示す)。

4. 製法

酸化スズの粉体を焼成して焼結、触媒を添加したものを感ガス材料とする。触媒の種類は検知対象ガスによって決定される。感ガス材料はヒーターにて加熱ができ、電気信号が取り出せる形状に加工される。図4のような印刷タイプのセンサの場合には、ヒーターと電極が印刷されたアルミナ基板上に感ガス材料がスクリーン印刷によって形成される。

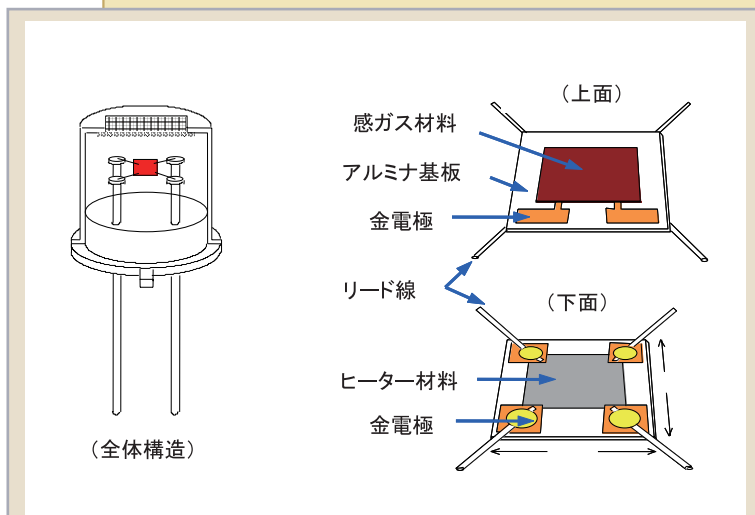


図3 構造例

アルミナ基板の両面にそれぞれ感ガス材料(酸化スズ)とヒーター材料が印刷されている。通電時にはアルミナ基板は約 400℃に加熱されるため、熱が逃げないように宙づりにされている。

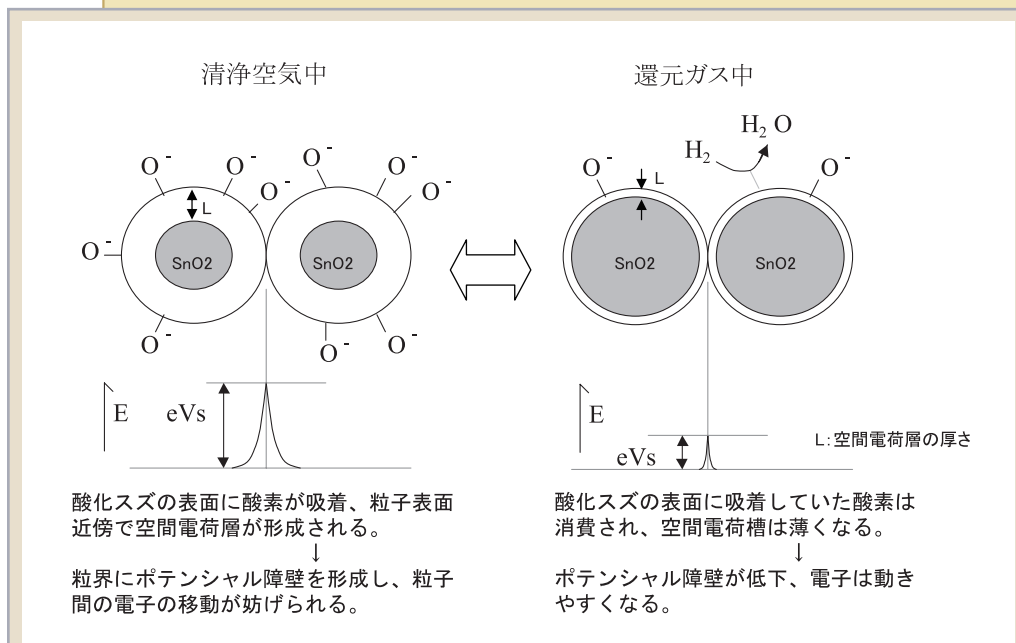


図4 ガス検知メカニズム (SnO₂ 粒子の粒界部の模式図)

センサ周辺に還元性ガスが存在すると、酸化スズ表面の吸着酸素量が減少、粒界のポテンシャル障壁が低下する。その結果、粒子間を電子が移動しやすくなる。

5. 将来展望

1968年に酸化スズを材料とした半導体式ガスセンサが世界で初めて量産化されてから現在まで、小型化、低消費電力化及び検知ガスの多様化に対応するために、構造や材料の改良が繰り返されてきた。近年では様々な分野においてMEMS技術^{注3)}を用いた製品が実用化されており、半導体式ガスセンサについてもMEMS技術の導入が進められてきた。MEMS技術の導入はセンサの小型化とそれによる低消費電力化を大きくステップアップさせ、それによって、かねてより要望されていた電池駆動タイプの警報器を実現させた。今後も更なる小型化、低消費電力化が進めば、例えば

スマートフォンや腕時計への搭載が可能となる。そして個人がガスセンサを身につけることができるようになれば、場所を選ぶことなく、より安心・安全で快適な生活が身近になることが期待される。

文献

山添昇“バイオセンサ・ケミカルセンサ辞典(軽部征夫 監修)”テクノシステム(2007)pp.475-484

[連絡先] 園田 茂代
フィガロ技研(株) 営業推進部
〒562-0035 大阪府箕面市船場東1-11-46

注3 Micro-Electro-Mechanical Systems 微小電気機械素子とその創製技術のこと。

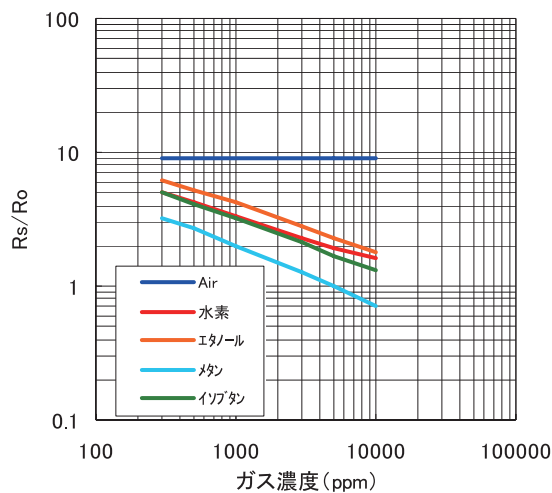
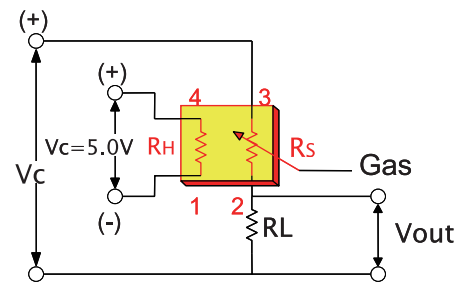


図5 ガス感度特性

都市ガス検知用センサの代表的な感度特性である。縦軸はセンサ抵抗比 (R_s/R_o) で示されている。

R_s = いろいろな濃度のガス中でのセンサ抵抗値
 R_o = 5000ppm メタン中でのセンサ抵抗値



V_c : Circuit Voltage, V_H : Heater Voltage
 R_L : Load Resistance, V_{OUT} : Output Voltage

図6 基本測定回路

センサに直列に接続された負荷抵抗 (R_L) の両端電圧 (V_{OUT}) より、センサ抵抗 (R_S) を計算することができる。

$$R_s = (V_c - V_{out}) / V_{out} \times R_L$$