Reliability Evaluation of a Micro Heater and its Application for Automotive Sensors

Takio Kojima Member (NGK Spark Plug Co., Ltd. R&D Center)

Yoshinori Tsujimura Non-member (NGK Spark Plug Co., Ltd. R&D Center)

Takuya Mizuno Member (NGK Spark Plug Co., Ltd. R&D Center)

Yuichi Koyama Non-member (NGK Spark Plug Co., Ltd. R&D Center)

Masahito Kida Non-member (NGK Spark Plug Co., Ltd. R&D Center)

Tessho Yamada Non-member (NGK Spark Plug Co., Ltd. R&D Center)

Keywords : micro heater, reliability, electromigration, air flow meter, air quality sensor

A MEMS heater has the features of ultra low thermal mass and good thermal isolation, which bring quick response and high sensitivity. In Addition, it has a function to detect the bidirectional flow. These features are suitable for automotive air flow sensors. On the other hand, high reliability is required for the micro heater consisting of a very thin diaphragm as an automotive part.

We developed a high durable micro heater for automotive applications and its reliability was evaluated from the mechanical and thermal points of view. The diaphragm consists of thermal-SiO₂, PE-SiO₂ and LP-Si₃N₄, which has a symmetrical structure to the putted thin Pt film. The ratio of PE-SiO₂ to LP-Si₃N₄ was optimized. The thickness of the diaphragm is 0.7 μm.

As a mechanical evaluation, a pressure loading method to the diaphragm was useful for the design examination and process

validity.

From the thermal resistant evaluations, the dominant failure modes for instant overheating and longtime heating were found to be de-lamination of the Pt film and the electromigration of Pt, respectively. The life time was estimated to be over 10 years when the average heater temperature was 400°C (the peak temperature was over 600°C) from the following equation.

$$MTTF = A \times J^{-n} \times \exp\left(\frac{Ea}{kT}\right)$$

MTTF : Mean Time to Failure
A : Constant
J : Current density
n : Current density coefficient
Ea : Activation energy
k : Boltzmann constant
T : Temperature(K)

As automotive sensors utilized this micro heater, the developed air flow meter and air quality sensor are described with their features. The unique evaluation methods such as foreign particle collision to the air flow meter are also presented.

Fig. 1. Photograph and schematic cross section of the micro heater

Fig. 2. Arrhenius plots of the micro heater

マイクロヒータの信頼性評価と車載用センサへの応用

正員 小島多喜男* 非会員 辻村 善徳*
 正員 水野 卓也* 非会員 神山 雄一*
 非会員 喜田 真史* 非会員 山田 哲正*

Reliability Evaluation of Micro Heater and its Application for Automotive Sensors

Takio Kojima*, Member, Yoshinori Tsujimura*, Non-member,
 Takuya Mizuno*, Member, Yuichi Koyama*, Non-member,
 Masahito Kida*, Non-member, Tessho Yamada*, Non-member

A heat resistant micro heater consisting of a Pt thin film and a diaphragm was developed for automotive sensors and its reliability was evaluated from the mechanical and thermal points of view. The dominant failure modes for instant overheating and longtime heating were found to be de-lamination of the Pt film and electromigration of Pt, respectively. The life time was estimated to be over 10 years when the average heater temperature was 400°C (the peak temperature was over 600°C). As automotive sensors utilized this micro heater, the developed air flow meter and air quality sensor are described with features and evaluation methods unique to these sensors.

キーワード：マイクロヒータ，信頼性，エレクトロマイグレーション，エアフローメータ，空気質センサ

Keywords : micro heater, reliability, electromigration, air flow meter, air quality sensor

1. はじめに

自動車用の MEMS センサ⁽¹⁾としては，圧力センサをはじめ加速度センサや角速度センサ等の慣性センサ，磁気センサ等が広く使用されているが，近年ではマイクロマシンング技術を使って薄膜ダイヤフラム構造を形成し，薄膜部を局所加熱出来るマイクロヒータを使ったフローセンサ⁽²⁾⁽³⁾も実用化されつつある。このマイクロヒータを使ったセンサでは，基板との熱絶縁が高く熱容量が極めて小さいため，高応答で低消費電力といった大きなメリットが得られる。

一方で厚み数 μm 以下の薄膜構造を有するマイクロヒータを車載用センサに適用する場合，機械的強度や熱的安定性において高い信頼性と耐久性が要求される。ダイヤフラム構造では主に SiO_2 や Si_3N_4 などの絶縁膜から構成されているため，単結晶である Si そのものを構造体とする MEMS センサに比べ，その信頼性・耐久性は製造プロセスに大きく依存する。そのため，設計因子の検討だけでなく，製造プロセスの妥当性を検証する為にも，マイクロヒータの信頼性や耐久性を評価する手法を確立する事が重要となる。

本稿では，まず開発したマイクロヒータの機械的及び熱的な信頼性評価の結果について報告し，更にこのマイクロヒータを利用した車載用センサとして，エアフローメータと空気質センサについてその特徴を示すと共に，アプリケーション特有の評価について述べる。

2. マイクロヒータ構造と製造プロセス

開発した薄膜ダイヤフラム構造を有するフローセンサ用のマイクロヒータ素子の写真と断面を図 1 に示す。ダイヤフラムのサイズは長さ 1mm，幅 0.5mm で，厚みは $0.7\mu\text{m}$ である。ヒータは幅 $20\mu\text{m}$ で折り返したものを 2 本設けている。これは後で述べる順流逆流双方向を検出するフローセンサを想定しているためである。

次に製造プロセスについて述べる。初めに Si(100)基板を $0.1\mu\text{m}$ 熱酸化し，次に LP-CVD により Si_3N_4 を $0.2\mu\text{m}$ 成膜した後，PE-CVD により SiO_2 を $0.1\mu\text{m}$ 堆積させ支持膜を形成した。その上にヒータ材料となる Pt 薄膜と密着層となる Ta 酸化膜をスパッタにて $0.1\mu\text{m}$ 形成した。アニール後 Pt ヒータをパターニングし，パッシベーション膜として SiO_2 と Si_3N_4 を各々支持膜と同じ製法，同じ厚みで成膜した。この後，電極用パッドをエッチングで開け Au 電極を形成し，最後にダイヤフラム裏面の絶縁膜をエッチングで開

* 日本特殊陶業（株）総合研究所
 〒485-8510 愛知県小牧市大字岩崎 2808
 NGK Spark Plug Co., Ltd. R&D Center
 2808 Iwasaki, Komaki-shi, Aichi 485-8510

図1 マイクロヒータ写真と断面図

Fig. 1. Photograph and schematic cross section of the micro heater.

ロし異方性エッチングにて素子裏面から Si を除去してマイクロヒータを作製した。尚, Pt の抵抗温度係数 (TCR) は, アニール処理と酸化物密着層の効果により 3600ppm/℃と高い値となっている。

3. マイクロヒータの信頼性評価

〈3・1〉 機械的信頼性 車載用センサでは, エンジン振動や車両が路面から受ける振動衝撃に晒されるため, 十分な機械的強度が必要となる。一般的な評価方法としては振動試験や衝撃試験があるが, これらの試験は可否を判定するには良いが, 強度差やバラツキを評価するには合理的でない。また, 振動に対しては共振に対する注意が必要であるが, マイクロヒータの薄膜ダイヤフラム構造では共振周波数は通常非常に高く, エンジン振動等で共振振動が発生する心配は無い。以上より, 静的強度にて評価することとし, ダイヤフラム上面から圧力を印加して破損耐圧を評価した。圧力印加式では圧子押し式に比べ, 局所的な偏荷重が無く簡便に行えるメリットがある。圧力は 0.1MPa ごとにステップ状に印加し, 破損するまで行った。

表 1 にダイヤフラム膜の PE-SiO₂ と Si₃N₄ の比率を, 厚み一定の条件下で各種変更したサンプルでの破損耐圧を示す。自立膜が形成出来る範囲においては, Si₃N₄ の比率が高く残留応力が大きな素子の方が高い耐圧強度を示した。これは残留応力の影響よりも Si₃N₄ 膜厚みの増加による強度向上の効果が高いと推定される。

図 2 に各種製作ロットでの破損耐圧のヒストグラムを示す。なお, この素子は表 1 とは膜構成が若干異なるもので, チップ単位で試験を行っている。ロット A から C ではほとんど差がないが, プロセス条件を変更したロット D では低強度となった。これは, その後の調査により RIE のエッチング不良であることが判り, RIE の状態を管理することで

表 1 各種ダイヤフラムでの破損耐圧

Table 1. Breaking pressure of various diaphragm.

Type	A	B	C	D
SiO ₂ : Si ₃ N ₄	4 : 1	2 : 1	1 : 2	1 : 5
Breaking pressure	0.6 MPa	0.7 MPa	1.3 MPa	Broken in the process

図2 各種ロットでの破損耐圧

Fig. 2. Breaking pressure of each production lot.

発生しなくなった。このように本評価手法はプロセス条件検討や工程管理という面でも有効である。

〈3・2〉 熱的信頼性 マイクロヒータは加熱して使用するので, 当然ながら耐熱性は重要な評価項目である。特にフローセンサや後で述べるマイクロガスセンサに使用する場合, 僅かな抵抗変化が大きな誤差につながる危険性があるので, 慎重な評価が要求される。

〈3・2・1〉 瞬時耐熱性 瞬間的な耐熱限界については, 徐々に印加電圧を上げて抵抗変化したり破損したりする電圧を求め, 電圧-抵抗特性及び抵抗-温度特性から耐熱温度に換算することで求められる。但し, ここでいうヒータ温度についてはその定義を定めておく必要がある。通常のヒータの場合, その温度は放射温度計や熱電対などで直接ピーク温度を計測することが出来るが, マイクロヒータの場合, 直接ピーク温度を測定することが難しい為, ヒータ電圧と抵抗温度係数から求める場合が多い。この方法で得られるヒータ温度はダイヤフラム内の平均的な温度を意味することになり, ピーク温度はマイクロヒータの構造やヒータパターンによって異なってくる。以下の評価で用いたヒータ温度については, 平均ヒータ温度で記述した。因みに評価に用いたマイクロヒータでは, FEM で推定したピーク温度はこの平均温度の約 1.6 倍の温度となる。

開発したマイクロヒータの瞬間的な耐熱限界については, 平均ヒータ温度で 800℃以上であり, この状態でヒータが赤熱していることを確認した。限界以上過熱した場合, 図 3 に示すように Pt ヒータの一部に剥離が発生し, 更に加熱するとダイヤフラムが破壊した。尚, 開発段階で Pt 膜の密着性が十分でない膜構成のものでは, 500℃程度の低い温度で, 通電直後に抵抗変化が起きるものもあった。又, Pt の密着層に金属を使用したタイプでは, 加熱中にヒータの

図3 耐熱試験で剥離したマイクロヒータ

Fig. 3. De-lamination of the micro heater occurred by heat resistant evaluation.

図4 耐熱耐久試験で抵抗変化したマイクロヒータ

Fig. 4. Micro heater of which the resistance was changed by heat durability evaluation.

抵抗が徐々に変化した。これは加熱中に密着層の金属が Pt 中に拡散し Pt の抵抗値が変化した為である。以上より、耐熱性のあるヒータを得る為には、Pt と基板の密着性が良好でかつ拡散し難い密着層を選択することが重要となる。

〈3・2・2〉 長期耐熱性 実際の使用環境下では、長期的な熱安定性の確保及び証明が重要な課題となる。長期の加熱に対し、どのような劣化モードが起きるかを調査する為、各種ヒータ温度にて耐久試験を実施した。評価は平均ヒータ温度で 500℃ から 650℃ まで行った。

450℃ 以下では 3000hr 後も抵抗値変化は発生しなかった。500℃ 以上では耐久試験により抵抗変化が現れた。図 4 に抵抗変化が大きくなったヒータの拡大写真を示す。これから判るように Pt の一部が消失しボイドとなっていた。これは抵抗変化したいずれのヒータにも見られた。更に耐久を継続すると、最終的にはダイヤフラムは破壊しないままの状態ヒータが断線した。これは明らかに耐熱試験のモードとは異なっていた。断線したヒータの断面を SEM で観察したところ、断線部のすぐ横の Pt がわずかに厚くなっていることが観察された。この現象は Pt のエレクトロマイグレーションによるものと推定される。すなわち高温で移動しやすくなった Pt 原子が電流方向に引っ張られ、最終的に断線に到ったと考えられる⁽⁴⁾。

抵抗が 1% 変化した時間を寿命と定義した時の、耐熱耐久試験でのワイブル分布を図 5 に示す。温度によらず傾きには大きな差は認められず破損形態も同じであり、いずれの温度でも同じモードで抵抗変化したと判断出来る。

図5 耐熱耐久試験でのワイブル分布

Fig. 5. Weibull distribution of heat durability evaluation.

図6 マイクロヒータのアレニウスプロット

Fig. 6. Arrhenius plots of the micro heater.

エレクトロマイグレーションでは、温度と寿命の関係は以下の式で現される⁽⁵⁾。

$$MTTF = A \times J^{-n} \times \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right)$$

$MTTF$: 平均故障時間
 A : 定数
 J : 電流密度
 n : 電流密度係数
 E_a : 活性化エネルギー
 k : ボルツマン定数
 T : 温度(K)

この式を用いて実使用温度でのヒータ寿命を算出した。ワイブルプロットより各温度での故障発生確率 1% となる寿命時間を求め、アレニウスプロットを行った。図 6 にその結果を示す。この図から推定される寿命としては、フローセンサやマイクロガスセンサとして適用想定している実使用温度 400℃ 以下において、連続通電で 10 年以上という十分な耐熱耐久性があることが示された。

〈3・2・3〉 ON-OFF 耐性 起動停止、あるいは温度モジュレーション的な使用を想定して、ON-OFF 耐久性を評価した。マイクロヒータでは非常に高速に昇降温出来るため、比較的短時間で ON-OFF 耐久性を確認することが出来る。ここでは 50msec 毎に ON-OFF を行った。

使用想定温度である 400℃ に対し、500℃ で 10 の 8 乗サ

イクルの耐久試験を実施し、十分な ON-OFF 耐性があることを確認した。

〈3・3〉 被水耐性 車載用センサでは設置場所によっては結露したり被水することが考えられる。開発したマイクロヒータは常時大量結露するような環境下で使用することを想定しているものではないが、サバイバル条件としてはこうした被水に対する耐性を持つことが望まれる。

そこで、マイクロヒータを被う程度の量の水滴を垂らした状態で 400℃相当の電圧を印加する試験、および 400℃に加熱した状態で水滴を垂らす試験を各々 100 回ずつ実施した。マイクロヒータは熱容量が小さく加熱エネルギーも低い為、水滴を垂らした瞬間に温度が大きく低下するが、ヒータには異常は見られなかった。

4. 車載用センサへの応用

〈4・1〉 エアフローメータ マイクロヒータを使った車載用センサとして実用化されているものにエアフローメータがある⁽²⁾⁽³⁾。マイクロヒータを使ったフローセンサは検知部の熱容量が極めて小さいため低消費電力で応答性が優れており、更には順流逆流の双方向流量検出も可能となる。エンジンの吸入空気流は流量変動が激しく逆流を含む大きな脈動流であり、この環境下で脈動流の平均流量を高い精度で検出するために、上記特徴は大変都合の良いものである。

一方で車載用エアフローメータの使用環境は非常に苛酷で、エアクリナーを通過したダストが検知素子に衝突したり、設置場所によってはカーボンやオイルミストに晒される。これらはダイヤフラムの破損や流量特性の変化を引き起こす原因になるため、実環境での信頼性を保証する評価が重要となる。

図 7 に試作したエアフローメータを示す。ダイヤフラム内に設けた 2 本のヒータを直列接続し、その合計の平均温度が環境温度に対し常に一定温度差になるように制御し、2 本のヒータの温度差から順流逆流の双方向流量を検出する方式のもので、10msec オーダーの脈動に追従出来る。このセンサをエンジンの吸気管に取り付けてエンジン始動させた時の出力波形を図 8 に示す。クランキング時及び燃焼開始時の脈動流が捉えられている。なお、本センサではダストなどの耐異物性を向上するためと脈動下での流量測定精度を改善する目的で、分流路方式を採用している⁽⁶⁾。

〈4・1・1〉 異物衝突試験 ダストなどの異物衝突の加速試験として、センサをφ35mm の取付管に設置し、約 15cm 直上より JIS 1 種粉体（ケイ砂、中位径 200μm）をノズルから連続的に 10g/hr 投入した。流速は約 10m/sec で実施し、破損するまでの時間を調べた。比較として検知素子が主流路に直接暴露しているタイプ（直接流式）と、マイクロヒータを用いた市販の自動車用エアフローメータについても試験を行った。試験は各 3 ヶで結果を表 2 に示す。

検知素子が主流路に直接暴露している直接流式と市販エアフローメータは数秒から数分で破損するに対し、分流路

図 7 エアフローメータ外観

Fig. 7. Photograph of the developed air flow meter.

図 8 エンジン始動時のセンサ出力

Fig. 8. Sensor output at engine start.

表 2 各種センサの異物衝突試験

Table 2. Evaluation for foreign collision.

Sensor Type	Commercial sensor	Direct flow type (NTK)	Bypass flow type (NTK)
Broken time	~10 sec	30~150 sec	3~5 hr

をつけたエアフローメータでは 1hr 以上破損しなかった。これは、分流路の入り口で急峻に流れ方向が変わることにより異物が慣性で分流路に入り難くなって、結果として素子表面にやってくる異物が減ったためと考えられる。図 9 に分流路の形状と異物の流れを模式的に示す。

本試験は、実際のエアクリナーを通過するダストに対して非常に厳しい条件であり、その妥当性には議論の余地があるが、素子だけで耐異物性を向上させようとする、ダイヤフラムの厚みを増したりサイズを小さくすることになり、応答性や検出性能を低下させることになるので、フローセンサを使いこなす上で分流路設計などセンサ全体での適用化技術が非常に重要となる。その他、カーボンやオイルミストの付着劣化に対しても市場要求を満たす必要があり、総合的な性能が重要となる。

〈4・2〉 空気質センサ 車載用ガスセンサでは、排気ガスの A/F を測定してフィードバック制御する酸素センサ⁽⁷⁾⁽⁸⁾が有名であるが、排気系は高温で非常に厳しい環境であるため、まだ MEMS センサの実用例はない。他のガスセンサとしては空調制御用の空気質センサがあり、車外の排気ガスの有無を検知して、外気導入と内気循環を自動で切

図9 分流路形状と異物流れモデル

Fig. 9. Schematic view of the bypass flow and a model of dust and flow paths.

り替えるシステムが実用化されている⁽⁹⁾。

空気質センサは、排気ガス中に含まれる NO_x や CO を酸化物半導体との酸化還元反応を利用して検出するものであり、ガス反応を活性化するためヒータを内蔵している。一般的にはアルミナ基板にヒータとガス感応膜を厚膜形成したタイプが主流であるが、近年、マイクロヒータを使ったMEMSガスセンサ⁽¹⁰⁾が検討されており、小型で消費電力が少なく、熱影響範囲が狭いのでマルチ素子化が容易となる。

図10に製作した空気質センサ素子とセンサユニットを示す。センサ素子はマイクロヒータの上に検知電極を設け、 SnO_2 酸化物半導体と貴金属触媒を形成している。 NO_x と CO を選択的に検知するため、ガス感応膜が異なる2つの素子を、1つのセラミックパッケージに実装している。このMEMSガスセンサ素子を用いることで、従来のセンサユニットと比較して体積で約1/3と小型化出来た。

図11に実車に装着して市街を走行した時のセンサ出力を示す。同時に分析計の出力も併せて計測したが、MEMSガスセンサは既存品とほぼ同様に、 NO_x と CO ガスの濃度に応じた出力を示した。なお、これら酸化物半導体センサでは、抵抗の絶対値や温湿度などの影響を受けるため、素子抵抗の変化からこの影響を演算補正し、ダンパーの開閉信号を作っている⁽¹¹⁾。

MEMSガスセンサの信頼性評価としては、通常的气体センサ同様、耐熱性や耐湿性および耐振性などがあげられるが、従来の厚膜感応膜に対して薄膜構造となるため、材料の安定性や密着性については注意が必要となる。又、ガスセンサの場合、被毒による触媒失活によって出力劣化することが懸念されるので、市場モードを想定した上で適切な加速試験の設定が必要となる。

開発した空気質センサにおいても、耐熱・耐湿・耐振試験などとともに、被毒ガスに対する影響を評価し、実車耐久試験の結果と擦り合せを行っている。

5. まとめ

車載用センサに使用するPt薄膜とダイヤモンド構造からなるマイクロヒータを開発し、その信頼性評価を行った。

MEMS Gas sensor element

図10 空気質センサ素子とセンサユニット外観

Fig. 10. Photographs of the developed air quality sensor element and sensor units.

図11 空気質センサ素子の出力例（実車試験）

Fig. 11. Output examples of Road tests of the air quality sensor.

機械的強度では、圧力印加法によりダイヤモンド膜構成の検討やプロセス妥当性の評価に有効であることを示した。熱的信頼性では、瞬間的な過熱に対しては剥れが支配的であること、長期的な耐熱性に対してはエレクトロマイグレーションが支配的であることを見出し、これから推定した寿命は、ヒータ平均温度 400°C （ピーク温度で 600°C 以上）で連続加熱10年以上の耐久性を示した。

このマイクロヒータを使った車載用センサとして、エアフローメータと空気質センサについて、その特徴とともにアプリケーション特有の評価について述べた。今後、より信頼性を高め耐久データを積み上げることで、車載用途だけでなく更に多くの分野への応用が期待される。

（平成17年11月25日受付，平成18年4月17日再受付）

文 献

- (1) D. Eddy and D. Sparks : "Application of MEMS Technology in Automotive Sensors and Actuators", *Proc. of the IEEE*, Vol.86, No.8, pp.1747-1755 (1998-8)
- (2) U. Konzelmann, H. Hecht, and M. Lembke : "Breakthrough in Reverse Flow Detection - A New Mass Air Flow Meter Using Micro Silicon Technology", SAE Paper950433 (1995)
- (3) H. Nakamura, M. Taruya, and K. Tanimoto : "Miniaturization of Sensor for Engine Control System", *Mitsubishi Electric Tech. J.*, Vol.78, No.9, pp.23-26 (2004-9) (in Japanese)
中村洋志・樽谷公昭・谷本考司:「エンジン制御用センサの小型化」, 三菱電機技報, Vol.78, No.9, pp.23-26 (2004-9)
- (4) F. M. D' Hearle : "Electromigration and Failure Electronics : An Introduction", *Proc. of the IEEE*, Vol.59, No.10 (1971-10)
- (5) 半導体標準化委員会:「LSIの故障メカニズムに基づいた信頼性試験方法」, 日本電子機械工業会規格, EIAJ ED-4704 (2000)
- (6) Y. Nishimura and K. Uchiyama : "Intake Air Measurement Technique for Automotive Engine", *T. IEE Japan*, Vol.118-E, No.6, pp.300-303 (1998-6) (in Japanese)
西村 豊・内山 薫:「自動車エンジンの吸入空気量計測技術」, 電学論 E, **118**, 6, pp.300-303 (1998-6)
- (7) T. Yamada, N. Hayakawa, Y. kami, and T. Kawai : "Universal Air-Fuel Ratio Heated Exhaust Gas Oxygen Sensor and Further Applications", SAE Paper920234 (1992)
- (8) T. Yamada, A. Mizutani, T. Kawai, M. Nasu, and T. Okawa : "Application of Oxygen Sensor for Air Fuel Feed Back Control of Internal Combustion Engine", *J. of Soc. of Automotive Eng. of Japan*, Vol.56, No.4, pp.22-27 (2002-4) (in Japanese)
山田哲正・水谷昭夫・川合 尊・那須峰次・大川哲平:「内燃機関用空燃比フィードバックセンサ」, 自動車技術, **56**, 4, pp.22-27 (2002-4)
- (9) K. Oto, T. Nakahara, and I. Asoh : "Automatic Ventilation Control System for Automobile", *T. IEE Japan*, Vol.118-E, No.2, pp.68-71 (1998-2)
大戸亀久美・中原 毅・麻生 功:「自動車用内外気自動切り替えシステム」, 電学論 E, **118**, 2, pp.68-71 (1998-2)
- (10) V. Demarne and A. Grisel : "An Integrated Low-Power Thin Film CO Gas Sensor on Silicon", *Sensors and Actuators*, 13, pp.301-313 (1988)
- (11) S. Ito, Y. Iwasaki, Y. Kimoto, K. Hirai, Y. Koyama, and T. Matsuoka : "Development of Air Quality sensor", *SAE Paper* 2002-01-1081 (2002)

小 島 多喜男

(正員) 1961年10月12日生。1984年3月名古屋大学工学部機械工学科卒業。同年4月日本特殊陶業(株)入社。主として車載用センサ, MEMS センサの研究開発に従事。現在, 総合研究所主査。自動車技術会会員。

辻 村 善 徳

(非会員) 1961年11月14日生。1985年3月金沢大学大学院電子工学専攻修士課程修了。1997年5月日本特殊陶業(株)入社。主としてMEMS プロセス及びセンサ回路の開発に従事。現在, 総合研究所主任。

水 野 卓 也

(正員) 1969年10月23日生。1995年3月岐阜大学大学院電子情報工学科前期博士課程修了。同年4月日本特殊陶業(株)入社。主としてMEMS センサの開発に従事。現在, 総合研究所主任。

神 山 雄 一

(非会員) 1967年6月14日生。1990年3月名古屋工業大学電気情報工学科卒業。同年4月日本特殊陶業(株)入社。主として車載用センサ, MEMS ガスセンサの開発に従事。現在, 総合研究所主任。

喜 田 真 史

(非会員) 1965年11月25日生。1991年3月名古屋工業大学大学院物質工学専攻博士前期課程修了。1996年7月日本特殊陶業(株)入社。主としてガスセンサの材料開発に従事。現在, 総合研究所主任。

山 田 哲 正

(非会員) 1949年7月22日生。1974年3月名古屋工業大学工学研究科修士課程修了。同年, 日本特殊陶業(株)入社。主として車載用排気ガスセンサの開発に従事。センサ事業部技術部長を経て, 現在, 取締役総合研究所部長。工学博士。