タイヤ圧モニタリングシステム用タッチモード 容量型圧力センサ

正員 山本 敏* 正員 滝沢 功*
非会員 西村 仁* 非会員 中村 裕成*
非会員 中尾 知*

Touch Mode Capacitive Pressure Sensor for Passive Tire Monitoring System

Satoshi Yamamoto, Member, Takashi Takizawa, Member,
Hitoshi Nishimura, Non-Member, Hironari Nakamura, Non-Member,
Osamu Nakao, Non-Member

Passive Tire Monitoring System (PTMS) enables to detect pressure, temperature and ID number of each tire. And it also can warn drivers about low pressure or flat tires. In our proposal, the sensors to detect tire pressure are implanted in each tire. Therefore, they must have a robust structure enough to withstand against an overload pressure that is applied during curing process of tires, as well as a high sensitivity and its good linearity in their operating range. Touch Mode Capacitive Pressure Sensor⁽¹⁾ seems to be suitable for this system, because it has some advantages such as near linear output, strong endurance against overload pressure and a robust structure compared with other conventional pressure sensors. The purpose of this study is to improve the minimum burst pressure of the Touch Mode Capacitive Pressure Sensors in the high volume production. As a result of observation with AFM and TEM, we found that some etch-pits, which are produced in etching process of the diaphragm of the sensors, make the diaphragm weak. Consequently, we could optimize the etching conditions, and obtain the sensors of which the minimum burst pressure is 3.5MPa and more at a high yield rate.

キーワード : タッチモード容量型圧力センサ, タイヤ圧モニタリングシステム, 破壊耐圧, エッチピット

Keywords : Touch Mode Capacitive Pressure Sensor, Passive Tire Monitoring System, burst pressure, etch-pits

1. まえがき

近年, タイヤの空気圧を圧力センサにより検出し, 異常時にはドライバーに警報を出して知らせるタイヤ圧モニタリングシステムの構築が検討されている。特に米国では, 2003 年 11 月から販売される乗用車および小型トラックの新車全てに, このタイヤ圧モニタリングシステムの装備を義務づける方向で法整備が進められている⁽²⁾。

我々は数年前から, タイヤの空気圧や温度, 認識(ID)番号を外部で検出するシステム(Passive Tire Monitoring System : PTMS)において使用できる圧力センサの開発を進めてきた。図 1 に, 我々が目標としている PTMS の概念図

を示す。このシステムの大きな特徴は, 圧力センサを搭載したトランスポンダーをタイヤ内に直接埋め込み, 車両に設置されたアンテナとの間で高周波信号により情報のやり取りをする, いわゆる RFID(Radio Frequency Identification)技術を応用している点である。タイヤ内に埋め込まれているトランスポンダーは, 図 2 に示すように直径が 3cm 程度の円形であり, 内部にはアンテナコイルとともに圧力センサや ASIC が搭載されている。車両側のアンテナコイルから発信された高周波信号は, 誘導結合によりトランスポンダー内のアンテナコイルに電流を励起させる。その電流で ASIC を駆動し, 圧力センサからの圧力情報とともに, ASIC 内の温度センサの温度情報やタイヤの ID 番号を高周波で伝送する。従ってこのシステムでは, トランスポンダー内に電池などの電源は必要ない。

タイヤの空気圧は通常, 乗用車で 250kPa, トラック用

* (株)フジクラ電子デバイス研究所
〒135-8512 東京都江東区木場 1-5-1
Electron Device Laboratory, Fujikura Ltd.
1-5-1, Kiba, Koto-Ku, Tokyo 135-8512

図1 タイヤ圧モニタリングシステム

Fig. 1. Schematic image of Passive Tire Monitoring System.

図2 トランスポンダー

Fig. 2. A picture of transponder.

で 700kPa 程度であるため、使用する圧力センサも、基本的にはこれらの空気圧前後で安定した動作を得られればよい。しかしながら、我々の目標としている PTMS では、圧力センサが搭載されているトランスポンダーをタイヤの中に直接埋め込むため、タイヤの製造工程中に圧力センサには、その動作領域をはるかに越えるような高い圧力が加わることになる。そのため、使用する圧力センサには高耐圧、高強度であることが要求される。この要求を満足できる圧力センサとして我々は、Case Western Reserve 大学の Ko らにより提案されたタッチモードと呼ばれる新しい方式の容量型圧力センサに着目した⁽¹⁾。この方式の圧力センサは、その動作原理から、従来方式の容量型圧力センサと比較してより高い圧力に耐えられるという特徴を有している。

我々は、PTMS で使用することを目的に、高耐圧、高強度を有し、工業的規模での製造が可能となるようなタッチモード容量型圧力センサの開発をおこなった。本論文では、乗用車用およびトラック用に開発した 2 種類のタッチモード容量型圧力センサの構造、動作原理、機械的特性や電気的特性などの基本特性について報告する。

2. タッチモード容量型圧力センサ

〈2・1〉 構造と動作原理 シリコン半導体から製造される従来方式の静電容量型圧力センサは、他方式の圧力センサ、例えば同じシリコン半導体から製造される圧電抵抗型圧力センサと比較して、高感度で消費電力が低く、ま

た、出力特性の温度依存性が小さいなどの優れた特性を持つ。そのため、血圧計で代表される医療機器や工業用計器など、一部の市場ですでに利用されている。しかしながら、高圧下での耐久性と高感度が要求される分野では、センサの破壊強度が十分でなく、また、必要な感度が得られないなどの理由から使用するのが困難であった。

これに対しタッチモード容量型圧力センサは、印加圧力に応じて変形するダイアフラムと、誘電体薄膜が直接接触して生じる静電容量変化を圧力検出に利用しているため、高感度で出力特性の直線性が良好である。また、ダイアフラムと誘電体薄膜との接触によりダイアフラムの破壊は緩和され、高圧下におけるセンサの破壊耐圧は飛躍的に向上する。

図 3 に、我々が開発したタッチモード容量型圧力センサチップの外観を示す。また、その断面構造の模式図を図 4 に示す。チップサイズは $2.7\text{mm} \times 2.7\text{mm} \times 0.8\text{mm}$ である。シリコン(100)基板に、乗用車用センサでは厚さ約 $3\mu\text{m}$ 、トラック用センサでは厚さ約 $6\mu\text{m}$ のダイアフラムが形成してある。このダイアフラムは、ボロン(B; ホウ素)が高濃度にドーピングされた P+構造となっており、可動電極の役割を果たしている。一方、固定電極としてガラス基板上に金属薄膜が設けてあり、さらにその上に誘電体膜が形成されている。ダイアフラムと誘電体膜との間隔(ギャップ)は $3\mu\text{m}$ である。

図 5 に示すように、センサに圧力が加わるとダイアフラ

図3 タッチモード容量型圧力センサ

Fig. 3. A picture of Touch Mode Capacitive Pressure Sensor.

図4 タッチモード容量型圧力センサの断面図

Fig. 4. A cross-sectional view of Touch Mode Capacitive Pressure Sensor.

ムはその印加圧力に応じて変形し、ある圧力で誘電体膜と接触するようになる。このときの接触面を一つの電極とみなせば、誘電体膜が二つの電極に挟まれたキャパシタ構造となっている。従って、ダイアフラムと誘電体膜の接触面積を S 、誘電体膜の厚さを d とすると、キャパシタ部の静電容量 C は

$$C = \epsilon d / S \quad \dots\dots\dots (1)$$

と表せる。ここで、 ϵ は誘電体膜の誘電率である。

(1)式において、 d および ϵ は一定であり、静電容量 C は接触面積 S のみに比例する。ダイアフラムに圧力が加わると接触面積 S が変化し、この接触面積の変化を静電容量の変化として検出することで、圧力測定が可能となる。

図 6 に、印加圧力に対する静電容量の変化を示す。ダイアフラムが誘電体膜に接触する前の領域では、圧力に対して静電容量はほとんど変化せず(図中 OA 間)、ダイアフラムが誘電体膜に接触すると静電容量は大きく上昇する(図中 AB 間)。ここでダイアフラムが誘電体膜に接触する点 A をタッチポイントと呼んでいる。その後、圧力に対して静電容量がほぼ直線的に増加する領域(図中 BC 間)が現れ、最後に静電容量の変化は飽和する(図中 CD 間)。

図 5 タッチモード容量型圧力センサの動作原理

Fig. 5. Principle of touch mode operation.

図 6 圧力-容量特性

Fig. 6. Typical pressure-capacitance characteristics of Touch Mode Capacitive Pressure Sensor.

〈2・2〉 設計と製造プロセス タッチモード容量型圧力センサを PTMS で使用するには、先述したように、測定圧力前後での安定した動作と高い感度、さらにはタイヤに埋め込む際の高压に耐えられるように設計しなければならない。そこで我々は、タッチモード容量型圧力センサを開発するにあたり、①乗用車用では 250kPa 前後、トラック用では 700kPa 前後の圧力範囲で高い直線性が得られること、②乗用車用では 250kPa、トラック用では 700kPa において、感度が 0.01~0.02pF/kPa 程度になること、および③乗用車用、トラック用共に、タイヤの製造工程中にトランスポンダーに加わる圧力から設定された破壊耐圧である 3.5MPa 以上の圧力に耐えられること、の 3 項目を目標に設計を行った。これらの目標を満足するためには、表 1 に示すセンサの設計に関わる項目について、それぞれを最適化する必要がある。

出力特性の直線性は、ダイアフラムの形状と関係がある。ダイアフラムの形状が長方形の場合、辺の長さの縦横比が 1:3 程度になるように設計すると、出力特性の直線領域を大きくとることができる。この直線領域がセンサの動作圧力範囲になるように、ダイアフラムの厚さとギャップの幅を最適化する。ダイアフラムを薄くする、あるいはギャップを狭くすると、タッチポイントは低圧側にシフトするので、最適動作圧力範囲は低くなる。逆にダイアフラムを厚くする、あるいはギャップを広くすると、タッチポイントは高圧側にシフトし、最適動作圧力範囲も高くなる。しかしながら、ダイアフラムの厚さやギャップの間隔は、センサの感度や耐圧特性に大きく影響するため、これらを考慮に入れた設計が必要となる。それぞれの項目についてシミュレーションなどにより検討した結果、表 1 に示すような設計値を得た。

これらの設計を満足し、かつ、本開発の目的の一つである工業的規模での製造が可能となるような製造プロセスを確立した。図 7 にプロセスフローを示す。量産に適した MEMS 技術の採用や、すでに圧電抵抗型圧力センサで大量生産の実績があるシリコンプレーナプロセス、異方性エッチング、陽極接合などを適用した。

まず、厚さ 300 μ m、結晶方位(100)の n 型 Si 基板を熱酸化した後、LPCVD 法で SiN を成膜する。次に、KOH(水酸

表 1 タッチモード容量型圧力センサの設計項目

Table 1. Design parameters of Touch Mode Capacitive Pressure Sensor

Design parameters	Relating Characteristics	Value
Dimension of diaphragm	Linearity	0.5mm × 1.5mm
Thickness of diaphragm	Touch point	Track; 6 μ m Passenger; 3 μ m
	Sensitivity	
	Burst pressure	
Gap	Touch point	3 μ m
	Sensitivity	
	Burst pressure

図7 本センサの製造工程
Fig. 7. Schematic process flow.

化カリウム)溶液を用いた異方性エッチングによりギャップを形成する。さらにギャップを設けた面からボロンを高濃度にドーピングして P⁺層を形成する。この P⁺層が後にセンサのダイアフラムとなる。一方、厚さ 500 μm のパイレックスガラス基板上に、固定電極を形成するための金属膜をスパッタにより成膜し、その後パターニングを行う。この上に誘電体膜を、同じくスパッタにより形成する。こうして得たシリコン基板とパイレックスガラス基板とを、ギャップ面と誘電体膜が対向するようにして陽極接合を行う。接合後、濃度 24wt%, 温度 80°C の KOH 溶液によりシリコン基板を異方性エッチングして、P⁺層のダイアフラムを形成する。P⁺層をエッチストップ層とするエッチストップ技術、すなわち KOH 溶液に対するシリコンのエッチングレートが、P⁺層では大きく減少することを利用して、厚さが数 μm と非常に薄いダイアフラムを精度良く形成している³⁾。従って、ダイアフラムの厚さを変えるには、P⁺層の厚さを変えればよい。最後に各センサチップにダイシング (切断) し、電気的特性、機械的特性を評価する。

3. 基本特性

完成したタッチモード容量型圧力センサに対して、十種類にもおよぶ機械的特性、電気的特性の評価がなされる。本センサは PTMS で使用することを目標に開発しているので、なかでも耐圧特性と圧力-容量特性が重要となる。ここでは、これら二つの特性の評価方法と実際の評価結果について述べる。

〈3・1〉 耐圧特性の評価 タッチモード容量型圧力センサの高圧下における破壊は、ほとんどの場合クラックが発生することによるダイアフラムの破壊である。ダイアフラムにクラックが発生すると出力、つまり圧力に対する静

図8 加圧チャンバー
Fig. 8. Schematic diagram of pressure chamber.

図9 耐圧特性のばらつき
Fig. 9. Dispersion of fracture toughness among samples.

電容量の変化が得られなくなる。そこで、作製したセンサを一定時間高圧下に放置した後、出力特性を測定することでセンサの耐圧特性を評価した。

図8は、センサに高圧力を印加するために用いるチャンバの断面図である。窒素(N₂)ガスにより 5MPa まで加圧できる仕様になっている。この中にダイアフラムを形成したウェハをセットし、はじめ 4.2MPa で 1 時間、ついで 3.5MPa で 24 時間圧力を印加した後、センサの出力特性を LCR メータ(HP#4284A)により測定することで、ダイアフラムの破壊強度、つまりセンサの耐圧特性を調査した。

図9は、同じ条件により作製したある 10 枚のウェハ A~J における耐圧特性のばらつきを示したグラフである。縦軸は、上記圧力印加後にダイアフラムが壊れたセンサの個数の面内での割合を示しており、横軸方向に耐圧の高かった順に並べてある。ここでは代表して、トラックタイヤ用のセンサが形成されたウェハについてのみ示してある。この図から明らかのように、同じ条件で作製したにもかかわらず、ウェハ間によって耐圧特性に大きなばらつきが認められた。耐圧特性の高いウェハでは、圧力印加後においても、ほとんどのセンサでダイアフラムの破壊は生じなかった。一方、著しく耐圧特性が低かったウェハでは、ほとんどの

センサのダイアフラムでクラックが発生した。

〈3・2〉 耐圧特性向上のための検討 上述した耐圧特性のばらつきの原因を調べるため、まずダイアフラムの厚さを断面 SEM により観察した。しかしながら、耐圧の非常に高かったセンサのダイアフラム厚と、耐圧の著しく低かったセンサのダイアフラム厚との間には、大きな違いは見られなかった。そこで、両者のダイアフラム表面形態に何らかの違いがあるのではないかと考え、ダイアフラムの表面を原子間力顕微鏡(Atomic Force Microscopy : AFM)により観察した⁽⁴⁾。その結果を図 10 に示す。図 10(a)は、耐圧の著しく低かったセンサのダイアフラム表面形態を示しており、図 10(b)は耐圧の非常に高かったセンサのダイアフラム表面形態を示している。これらの図から明らかなように、耐圧の低かったセンサのダイアフラムには、直径 $0.2\mu\text{m}$ 程度のピットが高密度で分布しているのが観察された。一方、

(a)

(b)

図 10 AFM によるダイアフラム表面形態の観察
(a)耐圧の低かったセンサ、(b)耐圧の高かったセンサ
Fig. 10. AFM image of the diaphragm :
(a)which couldn't survive after pressure soak,
and (b)which survived.

耐圧の高かったセンサのダイアフラム表面には、このようなピットは全く観察されず、非常に平坦な表面であった。また、実験を重ねた結果、このピットはダイアフラム形成の際のエッチングにより発生し、エッチング時間の増加とともにピットの数も増加することが確認された。

これまで、シリコンをウェットエッチングする際の、エッチング面の表面形状について調べられている文献は数多く発表されている^{(5)・(8)}。一般に、析出や表面汚染等がある場合には、エッチング面にエッチ丘が現れる場合が多く、転位や積層欠陥等の不對原子が存在するところでは、エッチング速度が速くなるためエッチピットが発生する。そこで、上述したダイアフラム上のエッチピットの発生原因を調べるため、ダイアフラムを形成する前のシリコン基板の断面を透過電子顕微鏡(Transmission Electron Microscopy : TEM)により観察した。図 11 は、P⁺層とシリコン単結晶との界面付近における断面 TEM 像である。基板表面からの深さが、 $4\sim 6\mu\text{m}$ の領域に多くの転位が観察されている。これ以外の領域では、そのような転位は全く認められない。さらに、TEM で観察した領域におけるボロン濃度の分布を、拡がり抵抗測定法(Spreading Resistance Analysis : SRA)により調査したところ、図 12 に示すように、グラフ上のボロン濃度が減少しはじめる箇所に、キャリア濃度の乱れが認められた。この乱れが認められる深さ領域は、TEM により転位が観察された深さ領域とよい一致を示している。

以上の結果から、本センサで使用しているシリコン基板では、基板中のある限られた領域に多くの転位が発生していることが明らかとなった。転位とは、結晶中の原子配列の乱れであり、原子空孔などの格子欠陥が原因で生じる⁽⁹⁾。この原子配列の乱れは、シリコン単結晶の場合、その不純

図 11 シリコン基板の TEM 像

Fig. 11. Cross-sectional TEM of Si substrate.

図 12 ボロン濃度の深さ方向分布

Fig. 12. Depth profile of Boron concentration.

物量に依存する。つまり、ボロンのドーピング量が多いほどシリコン単結晶中の転位密度は高くなる。本センサで用いたシリコン基板は、ダイアフラムを形成するために、 10^{20}cm^{-3} を超えるような高濃度でボロンをドーピングしているため、結晶中に多くの転位が発生していると考えられる。この転位が、ダイアフラムエッチングの際にエッチピットを発生させ、さらにそのエッチピットが、ダイアフラムの破壊強度を著しく悪化させている可能性が高い。これは、ダイアフラムに圧力が加わると、ダイアフラム上に高密度に分布したエッチピットでは平坦な面と比較して外部応力の集中を受けやすく、この局所的な応力集中が、ダイアフラム上に生じるクラックの起点になっていると考えられる。従って、ダイアフラムの破壊強度を向上するには、エッチング液の濃度や温度、エッチング時間などのエッチング条件を最適化し、いかにエッチピットの発生を抑制するかが重要であることが確認された。これらのことを詳細に検討した結果、我々は 3.5 MPa 以上の破壊耐圧を有する乗用車用、およびトラック用センサを再現性良く製造することが可能となった。

〈3・3〉 圧力-容量特性の評価 圧力に対する静電容量の変化、すなわち圧力-容量特性は、タッチモード容量型圧力センサにおける最も重要な特性である。この測定から得られる圧力-容量曲線を用いて、センサの感度や直線性が求められる。

図 13 に、本センサについて実測した典型的な圧力-容量特性を示す。図 13(a) は乗用車用であり、図 13(b) はトラック用のセンサを示している。タッチポイントの圧力は、乗用車用で約 60kPa、トラック用で約 150kPa である。乗用車用センサでは、その後 100kPa にかけて大きく静電容量が変化し、140kPa を超えると静電容量は圧力に対してほぼ直線的に増加する。一方、トラック用センサでは、はじめ 280kPa にかけて大きく静電容量が変化し、その後は直線的に静電容量が増加する。これらの結果から、乗用車用センサでは、250kPa 前後の圧力で感度が 0.049pF/kPa、非直線

図 13(a) 乗用車用センサの圧力-容量特性

Fig. 13(a). P-C characteristic of the sensor for passenger tire.

図 13(b) トラック用センサの圧力-容量特性

Fig. 13(b). P-C characteristic of the sensor for track tire.

性が 1.7%FS(200~300kPa)、トラック用センサでは、700kPa 前後の圧力で感度が 0.016pF/kPa、非直線性が 1.3%FS(600~800kPa)であった。トラック用センサにおいては設計値通りの値を得たが、乗用車用においては感度、非直線性ともに大きくなっており、今後の更なる検討が必要である。

4. むすび

タイヤ圧モニタリングシステムで使用することを目的に、高耐圧、高強度を有し、工業的規模での製造が可能となるようなタッチモード容量型圧力センサの開発を行った。センサの耐圧特性を向上させるために、系統的な検討を行った結果、ダイアフラムを形成する際のエッチングで発生するエッチピットが、ダイアフラムの破壊強度を著しく低下させることが明らかとなった。ダイアフラムエッチング工程を最適化し、エッチピットの発生を抑制した結果、

破壊耐圧が 3.5MPa 以上で、電気的特性に優れ、タイヤ圧モニタリングシステムで十分使用可能なタッチモード容量型圧力センサの開発に成功した。

(平成 14 年 2 月 25 日受付, 平成 14 年 8 月 1 日再受付)

文 献

- (1) W. H. Ko and Q. Wang : "Touch Mode Capacitive Pressure Sensors for Industrial Applications", Proc. of 10th Annual International Workshop on MEMS, Nagoya, Japan, January 26-30, pp.284-289 (1997)
- (2) Fourin's monthly report on the global automotive industry, No.193, pp.30-31 (2001-9) (in Japanese)
FOURIN 海外自動車調査月報, No.193, pp.30-31 (2001-9)
- (3) H.Seidel, L.Csepregi, A.Heuberger, and H.Banmgartel : "Anisotropic Etching of Crystalline Silicon in Alkaline Solutions" *J. Electrochem. Soc.*, **137**, pp.3626-3633 (1990)
- (4) S.Yamamoto, M.Sato, H.Nishimura, and O.Nakao : "Morpho-logical Influence of Diaphragm Surface on Fracture Toughness", 2001 National Convention Record, *IEE Jpn.* No.3, p.1018 (2001-3) (in Japanese)
山本 敏・佐藤昌啓・西村 仁・中尾 知 : 「タッチモード容量型圧力センサの破壊強度に及ぼすダイアフラム表面形態の影響」, 平成 13 年電気学会全国大会講演論文集, 3-1018 (2001)
- (5) H.Kishi, K.Okada, and S.Yagawara : "Micropyramid inhibition Method in Anisotropic Etching of Silicon", *J. Vac. Soc. Jpn.*, 29, pp.85-91 (1986) (in Japanese)
岸 元・岡田和広・谷川原進二 : 「Si の異方性エッチングにおけるマイクロピラミッドの抑制法」, 真空, **29**, pp.85~91 (1986)
- (6) H. Tanaka, K. Inoue, Y. Abe, T. Yoneyama, J. Ishikawa, and O. Takenaka : "Effects of Small Amount of Copper on Si{110} Etching in KOH Aqueous Solution", *T.IEE Jpn.*, Vol.118-E, No.5, pp.272-277 (1998-5) (in Japanese)
田中 浩・井上和之・阿部吉次・米山孝夫・石川純次・竹中 修 : 「KOH 水溶液による Si{100}エッチング特性への微量 Cu の影響」, 電学論 E, **118**, 5, pp.272~277 (平 10-5)
- (7) A.Hein, S.Finkbeiner, H.Muenzel, J.Marek, and E.Obermeier : "The Effects of Thermal Treatment of CZ- and FZ-Silicon on Crystal Defect Formation and The Etching Behavior During Anisotropic Etching in KOH-Solutions", Proc. of The 10th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators, Sendai, Japan, June 7-10, pp.1090-1093 (2000)
- (8) S.Kamisuki, M.Fujii, T.Takekoshi, C.Teizuka, and M.Atohe : "A High Resolution Electrostatically-Driven Commercial Inkjet Head", Proc. of IEEE The Thirteenth Annual International Conference on Micro Electro Mechanical Systems, Miyazaki, Japan, January 23-27, pp.793-798 (2000)
- (9) 生駒俊明・長谷川文夫 : 「半導体材料の欠陥評価技術」サイエンスフォーラム (1985)

山 本 敏

(正員) 1997 年 3 月埼玉大学工学部機能材料工学科卒業。1999 年同大学院理工学研究科機能材料工学専攻修了。同年, (株)フジクラ入社。現在, MEMS 分野におけるデバイスの研究, 開発に従事。電気学会, 応用物理学会会員。

滝 沢 功

(正員) 1982 年上智大学理工学部電気電子工学科卒業。同年, 藤倉電線株式会社(現(株)フジクラ)入社。以来, 半導体圧力センサ, MEMS 関連デバイスの開発に従事。電気学会, エレクトロニクス実装学会会員。

西 村 仁

(非会員) 1986 年 3 月弘前大学理学部化学科卒業。同年, 藤倉電線株式会社(現(株)フジクラ)入社。以来, 半導体センサに関する研究, 開発に従事。

中 村 裕 成

(非会員) 1999 年 3 月横浜国立大学工学部物質工学科卒業。2001 年 3 月同大学院工学研究科物質工学専攻修了。同年, (株)フジクラ入社。以来, 圧力センサの開発に従事。エレクトロニクス実装学会会員。

中 尾 知

(非会員) 1981 年名大工・応物卒。1983 年同大学院修士課程了。同年キャノン電子(株)入社。1989 年より(株)フジクラに入社, 現在に至る。現在, 電子デバイスに関する研究・開発に従事。電子情報通信学会, 応用物理学会会員