



シングルソースから多種多様なセンサ能力を

電子部品業界のネットワーキングの拡大により、より鋭敏で広範囲な感覚機能が求められています。その結果、これまでになかったほど数多くの、そしてより高精度のセンサでさまざまな物性を検出し測定する必要性が一層増大しています。それに呼応して、産業界全体でセンサ技術への要求は高まっています。TDKは、広範囲にわたる革新的なソリューションを提供します。

スマートカーにも、スマートグリッドやスマートホームにも—IoTやインダストリー4.0のような将来のマーケット用だけでなく、既存の車載用途や産業用途においても、TDKは多種多様なセンサ製品群およびセンサ・ソリューションを提供します。製品群には、温度、圧力、電流および磁場を感知する製品が含まれ、それにより位置、角度、加速度など多くのものを測定できます。

EPCOSの広範囲な温度センサと圧力センサが磁気センサに加えられたことで、2009年という早い時期にTDKはセンサ製品の範囲を大幅に拡大し始めました。TDKは成長戦略の一部として、センサ技術にさらに注力しています。

センサ市場へのテクノロジー攻勢

2016年前半に、TDKはホールセンサのメーカーであるMicronasを買収しました。TDKの持つトンネル磁気抵抗（Tunnel Magneto Resistance、TMR）のノウハウと、Micronasの持つホールセンサの技術を組み合わせることにより、現在TDKは磁気センサの分野で事業を拡大しています。高精度のホールセンサとTMRセンサを使用すると動的磁場と静的磁場の検知が可能になり、位置と角度の測定に理想的です。

TDK センサ製品とその用途一覧

Product brand Sensor type	Sensor technology	Automotive	Industrial & Energy	Consumer	Communications
		INTERNET OF THINGS			
		Smart Car, eMobility, Powertrain, Safety, Comfort	Smart Grid, Smart Building, Automation, Robotics, Power Transmission, Medical	Wearables, Smart Home, Home Appliances, Gaming	Smartphones, Tablets, Infrastructure
TDK, EPCOS Temperature sensors	NTC PTC	●	●	●	●
EPCOS Pressure sensors	Piezo-resistive	●	●	●	●
TDK Current sensors	Magnetic	●	●		
TDK Gear tooth sensors	Magnetic	●	●		
TDK TMR angle sensors	Magnetic	●	●		
Micronas Hall sensors & switches	Magnetic	●	●		
Tronics Inertial sensors	MEMS Magnetic	●	●		

続いて12月には慣性センサとMEMSソリューションを専門とするTronics Microsystemsの株式の大部分を獲得しました。Tronicsは高い技術的能力と革新性のゆえに、慣性センサの急成長するマーケットで地歩を築いており、慣性センサは加速度と回転速度を測定することができ、1つの構成要素に複数のセンサ機能を組み込むことを可能にしています。TDKは、統合システムが産業用エレクトロニクス、カーエレクトロニクス、アビオニクスそしてIoTの重要な構成要素として定着し続けるという考えのもと、この分野に取り組んでいます。

TDKは2017年5月に、MEMSセンサプラットフォームのプロバイダであるInvenSenseを買収しました。InvenSenseは加速度センサ、ジャイロセンサや地磁気センサのようなMEMSセンサを、自社の持つアルゴリズムや組み込みソフト、または、動きや音を検知するために集積システムと組み合わせます。これにより、センサシステムから得られる結果の精度を最適化できます。

センサ技術や製品範囲のさらなる拡充に対する関心は、社内組織にも反映されています。TDKは2017年4月、新たに設立したセンサシステムズビジネスカンパニー(SSBC)にセンサに関する事業を統合しました。「センサ技術は、非常に大きな成長の可能性を秘めた多面的なマーケットです。我々はTDKセンサの売上高を、2020年までに現在の4倍の約2000億円(16億ユーロ超)にまで拡大させたいと考えています」とTDK SSBCのCEOである斎藤昇は言います。TDKは、温度センサ、圧力センサ、磁気センサに加え、MEMSマイクやIoTシステムを含む拡大し続けるセンサ製品群をSSBCの傘下で市場に供給しています。複数のセンサ機能を組み合わせた複合センサ製品もTDKセンサ製品ラインアップの魅力を増しています。TDKセンサは現在、TDK、EPCOS、Micronas、Tronicsの製品ブランドで市場に供給されています。

センサソリューションのプロバイダとして前進するTDK

お客様が競争に打ち勝つようなメリットを提供するために、TDKは今後もモジュラセンサソリューションと革新的なパッケージング技術の開発を、製品によっては関連したソフトウェアとASICを含めて、推し進めていきます。TDKはこの分野での活動を強化しており、ASICのスペシャリストであるICsenseを買収しました。これに加え、車載用途および産業用途のためのMEMS慣性センサや家電用の磁気センサを含め、新しい用途のための革新的なセンサを開発するために、TDKは既存のセンサおよび技術も強化しています。



温度センサ

世界最大の NTC サーミスタ製品 ラインアップ

温度測定のためのセンサは、あらゆる分野の電子機器で使用されています。温度計測のための温度計での使用に加え、開ループや閉ループのプロセス制御、あるいは電気自動車のドライブのような高価なシステムの保護のために臨界温度を確実に検知する必要のある場合にもセンサは使用されています。

特殊なセラミックの持つ負温度係数（Negative Temperature Coefficient、NTC）が温度の測定に利用されます。これらのセラミックは、温度の上昇に伴って電気抵抗が低下します。TDKはこれらの NTC サーミスタの分野で世界的なマーケットリーダーです。他に類を見ない幅広い製品群に加え、さまざまな用途のためにカスタマイズされた特性カーブと抵抗値を持つ NTC サーミスタ製品を提供することができます。

セラミック混合物およびリード素材とコーティング素材の組み合わせは、耐久性、特に長期安定性に影響する決定的な要因です。最適な組み合わせが選ばれた場合のみパラメータは安定し、長期間にわたり許容差を低く保つことができます。したがって、EPCOS 温度センサは特殊エポキシコーティングされているか、ガラス封止されています。これらの変数は、IEC60068-2-67（1000時間、温度 85℃、相対湿度 85%）に準拠したテストで、25℃での抵抗値と比較してわずか 2%未満の抵抗値変化を示しました。

それぞれの用途にぴったりの NTC サーミスタを

多くの異なるデバイス、装置、システムの必要を満たすために、NTC サーミスタは、お客様のご要望に特化したバージョンも含め、非常に広範囲なデザインで提供されています。これは主にハウジングやターミナルの構成に関係します。



650℃までの温度を測定できる EPCOS NTC センサエレメント。車載用に指定されており、AEC-Q200 に認定されています。

650℃までの信頼できる温度測定値

以前は高温の測定にプラチナ製エレメントが必要でした。しかし、これらは高価です。また、NTC サーミスタと比較すると、比較的平らな特性カーブを持っています。TDKは別の選択肢として、650℃までの温度を測定できるように設計された革新的な EPCOS NTC センサエレメントを提供しています。

650℃高温センサは、セラミックキャリアの上に接続パッドがあるガラス封止された高温セラミックの上に収められています。この新たな NTC センサエレメントは、200℃でわずか±1Kの温度誤差の高精度での測定が可能です。この高温センサは AEC-Q200 規格に対応しており、排気ガス再循環システムなどの車載電子機器で使用することができます。電動ドライブの場合、このセンサは燃料電池の温度をモニタリングすることができます。また、電気オーブンの触媒による掃除など家電分野にも適用できます。

チップ NTC サーミスタによる埋め込みの温度保護

インバータの IGBT モジュールは最大効率を実現する必要があります。そのため、許容温度上限で動作させます。半導体の損害を防止するために、動作温度の正確なモニタリングが不可欠です。この目的のため、TDK は特別なウエハベースの EPCOS チップ NTC サーミスタを開発しました。これは IGBT モジュールに直接埋め込むことができます。また半導体基板にはんだ付けするための特別なパッドが必要ないので、スペースの節約にもなります。ウエハベースの NTC サーミスタの場合、ターミナルの構成は重要です。なぜなら、従来の SMD 部品とは異なり、部品の側面ではなく上下面に位置しているからです。これにより、従来の半導体プロセスを使用すると、下部のターミナルが半導体基板と直接、均等に接触することが可能になります。上部ターミナルは従来の方法でボンディングします。100°C で ±1.5K という高い精度の温度誤差により、IGBT モジュールは性能を低下させることなく性能限界に近い温度で動作でき、高い効率を実現できます。この NTC サーミスタソリューションは、シリコンカーバイド (SiC) などの半導体の新世代にも適しています。



この EPCOS NTC サーミスタは上下に金メッキの接触面があり、IGBT モジュールに埋め込むことができます。

製品ラインアップを完成させる積層 NTC と PTC サーミスタ

TDK は単層タイプに加えて、温度検知のために SMD デザインの EPCOS 積層 NTC サーミスタ、および非常に急な特性カーブから名づけられた PTC (Positive Temperature Coefficient) サーミスタを提供します。積層 NTC サーミスタはプリント回路基板に取り付け、熱に敏感な半導体をモニタするために主に用いられるのに対し、PTC サーミスタは、たとえば過熱を検知するためにモータの巻線に組み込まれるなどして、主に温度限度を検知するために使用されます。



圧力センサ

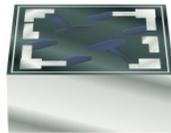
2017年5月

ダイからシステムまでのソリューション

可能な限り高精度での圧力測定は、多くの産業プロセスのオートメーション化の必要条件であり、インダストリー4.0の概念の導入で、ますます重要な役割を演じています。同時に、特に自動車産業において、圧力センサの需要は増加の一途をたどっています。燃料消費を最小にしながら厳しくなる一方の排ガス規制を満たすために、内燃機関と排気システムを含むドライブトレインだけで20台もの圧力センサが使用されています。

TDKは圧力センサソリューションの優れた供給元でもあります。小型化されたセンサダイ（エレメント）の開発や製造から、用途やお客様のご要望に特化し、ケースに収められた圧力トランスミッタ（システム）まで、TDKの圧力センサ素子はピエゾ抵抗効果に基づいています。ピエゾ抵抗素子（シリコン）に圧力が加えられると電気抵抗の変化が広い範囲でリニアに生じるという物理現象を利用しており、精度の高さを特徴としています。

この目的のため、小型化されたセンサダイの場合は歪んだプレートに4個のピエゾ抵抗素子が組み込まれています。それらはホイートストンブリッジとして接続され、圧力に正比例するアナログ電圧を出力します。TDKではわずか0.65×0.65mmのサイズの小型エレメントや、さらに極端に小さい0.24mmのエレメントも製造できます。

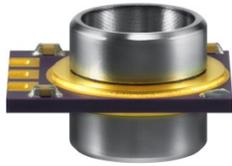


最新世代のEPCOS圧力センサエレメントのサイズはわずか0.65×0.65mmで、絶対気圧0から10バールまで測定できます。

最大の機械的安定性を実現するために、ダイはガラス基板に取り付けられています。これは、デザインに応じて絶対気圧あるいは相対気圧の測定が可能であることを意味しています。エレメントデザインの追加オプションには、基盤との接続性向上のためガラス体裏側をはんだ付けできるように金属化すること、またはエレメントの裏側の不活性化などがあります。加えて、一層の腐食保護のためにボンディングパッドにも金メッキを施すことができます。

車載用途に理想的

センサエレメント（ダイ）に基づき、較正やシグナルコンディショニングを行う特定用途向け集積回路（ASIC）を組み込んで圧力トランスミッタ（システム）を製造します。これにより、産業用途の典型的な出力である出力電圧0.5V～4.5V、出力電流4mA～20mAを実現します。同様に、車載用途のために組み込まれることもあるSENT（Single Edge Nibble Transmission）デジタルインターフェースが、TDKの圧力トランスミッタ、MiniCell®シリーズに組み込まれています。特に車載用途の場合、圧力センサは排気ガスや燃料などの高腐食性の媒体に対して高度な耐性を持っている必要があります。そのため、MiniCell®シリーズは電子機器と敏感なセンサエレメントを保護するステンレス鋼膜を使用しています。圧力は、膜とダイの間の充填オイルによって伝達されます。金属で覆われているおかげで、これらのMiniCell®トランスミッタはEMIに対する優れた遮断性を有しています。



MiniCell® は差圧測定用圧力センサーです。このシリーズは極めて堅牢で、腐食性のある媒体の圧力測定にも適しています。

TDKはアプリケーションやお客様のご要望に特化したセンサシステムも製造しています。それらは特別に設計された樹脂ケースに収められ、例えばディーゼル粒子フィルタをモニタするための圧力ラインやデータラインなど特別に設計されたターミナル構成で製造されます。動作中、これらのフィルタは煤の粒子でいっぱいになります。圧力センサは結果として生じる排気ガス圧の増大を感知します。そして、フィルタの再生を開始します。温度を一時的に上昇させ酸素を供給することで、粒子フィルタはきれいに燃やされます。TDKは、燃料タンクの圧力モニタリングと制御のために特別な燃料耐性圧力センサも開発しました。それらは燃料ラインの圧力を測定し、燃料ポンプを最適かつ省エネルギーで制御します。



磁気センサ

2017年5月

ソリューションのための幅広い製品 ラインアップ

TDKは磁気センサの分野でも優れており、電流センサ、ギアトゥースセンサ、TMR 角度センサなど、多種多様な用途に対応する広範囲にわたる製品を提供しています。

TDK 電流センサは高性能 TDK フェライト素材に基づいており、エネルギー管理システムやインダストリー4.0などで重要な役割を演じます。特別なタイプは、たとえば、30A から 600A までの高電流を扱う用途のために設計されました。

一方、TDK ギアトゥースセンサは非常に高感度の回転センサです。これにより、車両のより効率的な燃料噴射システムが実現でき、エンジン性能の向上に寄与します。また、TMR 角度センサの重要性も高まっています。



クランプ型交流電流センサ CCT シリーズの新製品として 600A 品 (CCT406393-600-36) が加わることにより、BEMS, FEMS, CEMS 向けといった大電流のセンシングニーズに対応することが可能となりました。

最大の精度と信頼性を TMR 角度センサで実現

さまざまな磁気抵抗効果のなかでも、TMR 効果は高い出力電圧、低温度ドリフトそして高精度という特徴を持っています。当初、TDK はハードディスクの読み込み/書き込みヘッドの製造にこのテクノロジーを使用しました。そして、TMR 製品の分野で世界的に認められた幅広い技術を確立しました。

これを元にして、TDK は車載用途のために多数の革新的なセンサを開発しました。2015年に始まった TMR 磁気センサの量産では、ちょうど CMOS の製造工程のように、異なるレイヤーが切り離されてシリコンウエハ上に組み上げられます。このプロセスにより、TMR エレメントは 1つの抵抗エレメントを構成するように直列接続されます。通常この抵抗は 4個 1組に接続され、ホイートストンブリッジを構成します。



TDK の TMR 角度センサは ASIL-D に準拠しており、電動パワステやブレーキシステムなどの安全性に関係するアプリケーションでも使用可能です。

5Vの供給電圧で差動出力電圧は最大3Vに達するので、積分形ADCで直接マイクロコントローラに供給することが可能になります。アンプ、レジスタ、コンデンサが不要なため、シグナルコンディショニングのための構造要素の数は非常に少なく済みます。機能の安定性への要求が高まっているので、センサのモニタリングが非常に単純化されることは大きな利点となります。

TMRセンサは、ISO26262規格の最高水準の要求であるASIL-D（Automotive Safety Integrity Level D、自動車用機能安全規格レベルD）の必要条件を満たすシステムで使用可能です。つまり、電動パワステや電動パワーブレーキといった安全性に関係する用途でも使用可能です。TMRセンサのもうひとつの顕著な特徴は、調節可能な高い角度精度です。磁界の強度にもよりますが、車両の耐用年数（17年）と使用温度範囲（-40℃～175℃）で0.2度未満の残余角度誤差を実現しています。

現在、TDKのTMRセンサには、パワーステアリングシステム、ワイパー、クラッチとギアボックスの位置決め装置、ペダルとスロットルバルブなど多様な用途に利用できる、単純な角度センサ、回転速度センサおよびリニアセンサなど多くの製品群があります。



ホールセンサ

2017年5月

カーエレクトロニクスの万能選手

TDK が買収したホールセンサのメーカーである **Micronas** は **TDK-Micronas** と改名しました。そして、その製品ラインアップは **Micronas** ブランドで市場に提供されています。**Micronas** ホールセンサを使用することで、ブラシレス DC 電気モータの整流からステアリング角度の精密な測定に至るまで、カーエレクトロニクスおよび産業用エレクトロニクスにおいて数多くのセンサ機能を実現できます。

ホールセンサと永久磁石の組合せにより、回転速度、角度、回転、充填レベル、圧力、トルクおよび電流など多数の変数の測定が可能になります。適切に密閉されていれば、他のテクノロジーと比較してホールセンサはちり、汚染または水に敏感ではないという利点があります。被測定媒体との物理的接触がなく実質的に摩耗が生じないため、ホールセンサは非常に高い信頼性を持っています。

ホールスイッチ

磁石がセンサに近づくと、測定された磁気の強さをしきい値と比較します。値がスイッチングポイントを越えるとすぐにセンサのスイッチング状態の出力が、ユニポーラ、バイポーラあるいはラッチングなどそのタイプに従って変化します。

この目的のため、TDK は **Micronas** スイッチの 2 つの製品シリーズを提供します。プログラム可能なスイッチの **HAL10xy** と、規定固有値を持つ **HAL15xy** シリーズです。**HAL15xy** シリーズは主に車載用途のために設計されており、ISO26262 による機能安全規格を満たしています。このスイッチは、3 ワイヤ版と 2 ワイヤ版があり、**TO92** または **SOT23** パッケージで利用できます。後者は電流ソース出力があるため、2 つの供給ケーブルのみを必要とします。典型的な用途は、終端位置検出や回転速度測定です。ホールスイッチは、シートベルトバックルなど従来はマイクロスイッチが使われていた部分を置き換えています。さらに、モータコントローラと組み合わせてブラシレス DC 電気モータの整流用にも使用できます。



Micronas ホールセンサ。左から右：回転速度測定のためのホールスイッチ、位置と運動検知のためのリニアホールセンサ、直接の角度検知のための 2D ホールセンサ。

リニアホールセンサ

経路測定や回転運動の測定には、より複雑な **Micronas** リニアホールセンサを必要とします。これらは、リニア出力特性、つまり磁力と比例した信号を出力する特徴を持っています。信号は、アナログ出力電圧、パルス変調幅 (PWM)、あるいは SENT プロトコルで出力できます。TDK の製品ラインアップには、4 つのプログラム可能なリニアホールセンサの

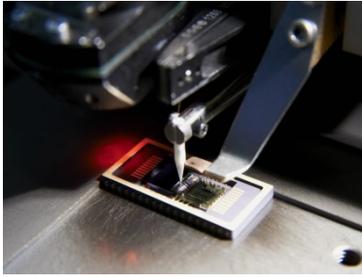
シリーズがあります。出力特性は最大 32 のグリッドポイントを用いて線形化することができます。これにより、磁石または機械デザインによる許容差を完全に補償することができます。

最新世代の Micronas HAL24xy センサには診断能力があり、40mm までの正確な距離計測および 180 度までの正確な角度計測が可能です。HAR24xy センサは特に安全上重要なドライブバイワイヤでの使用のために設計されており、冗長機能がついています。つまり、2 つの独立したセンサチップ（デュアルダイ）が、1 つの TSSOP パッケージに集積されています。その他には、磁場計測や、すり減りやすい従来型の電位差計の置換などにも使用できます。リニアホールセンサは、車載用途ではペダル位置やハンドルのトルクの検知に特に使用されます。

ダイレクトアングルセンサ

リニアセンサ（1D）が絶対磁場を計測するのに対して、ダイレクトアングルセンサ（2D）は磁界のベクトルの測定もできます。チップ表面と垂直方向の磁界成分に加えて、縦型ホール素子がチップ平面方向の磁界成分を計測します。これに基づき、内部の信号処理機能が、角度や位置情報を計算します。

Micronas の HAL37xy センサシリーズは、Micronas が開発した 3D-HAL テクノロジーで高精度な測定を実現します。出力特性に加え、不揮発性メモリをプログラムすることにより磁気回路に適した主要特性を持たせることができます。最高の EMC 特性を実現し、費用とスペースを節約し、プリント回路基板なしでアプリケーションを実現するために、HAC37xy にはコンデンサが組み込まれています。HAR37xy は HAL37xy シリーズのデュアルダイ版です。典型的な用途には、磁場配向や最大 40mm までの直線運動、360 度までの角度の高精度での測定が含まれます。ダイレクトアングルセンサは、スロットバルブやクラッチペダルの位置の測定に理想的です。



慣性センサ

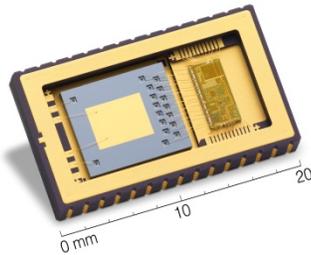
高精度での位置測定

慣性センサはわずか1つのコンポーネントで、非常に正確に位置、方位、加速度および速度を測定できます。自動運転車、ロボット、ドローンや多くのIoTアプリケーションはこのような機能を必要とします。慣性センサとMEMSのスペシャリストであるTronicsの株式の大部分を獲得することで、TDKはその革新性を強化し、センサ範囲を拡大し、これらの製品をTronicsブランドで市場に提供します。

MEMS ジャイロと加速度計のために、一連の高精度センサ製品群がシステム設計者に提供されます。最新の開発はTronics GYPRO3300で、TDKはこれにより3次元の角度変化を測定することができるコンパクトMEMS ジャイロのための新しい基準を打ち立てています。GYPRO®シリーズのセンサは、MEMSダイとICが頑丈な30ピンのセラミックパッケージに収められています。

クラスで最高：車載用の必要条件をはるかに超える

GYPRO3300は工場では調整されており、内蔵温度センサにより温度補償されています。これにより、広い温度範囲で高精度での安定した動作が可能です。24ビットの信号をシリアルペリフェラルインターフェース（SPI）で出力し、 $0.8^\circ/h$ のバイアス安定性と $0.1^\circ/\sqrt{h}$ の偏差角という優れた特性を持っています。これらの数値は自動車産業の必要条件をはるかに上回ります。



Tronics GYPRO®慣性センサは、その高い精度と安定性のゆえに、位置と角度の検知に関する高い要求に対応するのに特に適した製品です。

シングルチップに収められたその優れた性能により、Tronics GYPRO3300はクラスで最高との評価を得ています。加えて、そのサイズはわずか $19.6\text{mm} \times 11.5\text{mm} \times 3.7\text{mm}$ です。したがってこのMEMS ジャイロは、石油採掘プラットフォームの安定化、航空機ナビゲーション、姿勢方位基準装置（AHRS）や先進運転支援システム（ADAS）のような非常に厳しい要求の用途に適しています。コンパクトMEMS慣性センサは、統合の新レベルを実現したTronics Magellanプロセス技術に基づいています。これにより1つのチップで6軸もの測定が可能になります。