

Das Plus an Zuverlässigkeit

Der wachsende Einsatz von Platinsensorik spiegelt die Entwicklungsziele der Kfz-Industrie.

von Uwe Hellmann und Dieter Teusch

Eine der Grundlagen von Komfort und Sicherheit heutiger Kraftfahrzeuge ist der extensive Einsatz von Sensorik und Elektronik. Trotz stetig zunehmender Laufleistung und steigender Verfügbarkeit erwarten die Betreiber sinkende Gesamtkosten (Cost of Ownership). Da erscheint der Einsatz von Platin an einer Vielzahl von Messpunkten für Temperatur und Strömung eher widersprüchlich. Der Schein trügt.

Zur Temperaturmessung im Großserieneinsatz stehen derzeit drei unterschiedliche Technologien zur Verfügung. Alle drei nutzen als Sensoreffekt die Änderung der elektrischen Leitfähigkeit bzw. des Widerstandes in Abhängigkeit von der Temperaturänderung.

Die Entscheidung ob NTCs- (Metalloxyde), KTY- (Silizium) oder Pt-Sensoren (Platin) zum Einsatz kommen, ist nicht allein durch die Betrachtung der Bauteilekosten zu entscheiden. Der Blick auf das komplexe Gesamtsystem in das die einzelnen Messpunkte eingebettet sind, liefert eine Vielzahl von Aspekten. Materialbedingt stehen bei Messgrenzen oberhalb der üblichen - 40...150 °C Temperaturfühler aus Silizium nicht mehr zur Verfügung. Für Anwendungen in Motornähe oder im Abgasstrang stehen somit nur NTCs oder Pt-Sensoren zur Wahl.

Ein typisches Szenario sieht vor, dass die Sensoren über die gesamte Lebenszeit des Verbrennungsmotors, also typisch 5-10.000 Betriebsstunden verteilt über bis zu 10 Jahre, gleich zuverlässige Werte liefern. Sie müssen z.B. auch unter den reichlich fordernden Betriebsbedingungen der Ölwanne mit Tausenden von Temperaturzyklen bei massiver Vibrationsbelastung praktisch drifffrei arbeiten.

Kostensenkung mit System

In der Regel entscheidet im Automobilbau der Kostendruck über eingesetzte Materialien und Technologien. Durch die Synergien einer integrierten Systementwicklung sind die Vor- und Nachteile allerdings jeweils unterschiedlich zu werten.

Das schlagenden Argumente für den Einsatz von Platin-Dünnschichttechnologie, die Langzeitstabilität mit weltweit genormter Temperatur-/Widerstandskennlinie, löst noch nicht die Frage der Herstellkosten. Die wird bei Heraeus Sensor Technology applikationsbezogen und gemeinsam mit den Kunden gelöst. Ein Beispiel: Durch vielfältige Varianten von Motoren bzw. Ölwannen sind unterschiedliche geometrische Ausformungen von Ölzustandssensoren notwendig. In Zusammenarbeit mit einem

Kunden wurde eine Aufbautechnik entwickelt, die sicherstellt, dass sich die zu liefernden Pt-Sensoren trotz unterschiedlicher Montage in alle anfallenden Bauformen integrieren lassen (Baukastensystem). Das erbrachte eine Reduktion der Kosten für die "Messstelle Motoröltemperatur" um ca. 30 %.

Ein weiterer Kostenpunkt in den Gesprächen ist z.B. die Verbindungstechnik zwischen Platin-Sensorchip und den Anschlussdrähten. Bis 160 °C lassen sich hier vergleichsweise einfache Weichlotverbindungen einsetzen. Für darüber liegende Temperaturen kommen andere Verfahren zum Zug, wie sie u.a. bei der Massenproduktion von Pt-Sensoren für Abgassysteme Verwendung finden. Je nach Applikation sind eine ganze Reihe von Prozessparametern spezifisch zu optimieren.

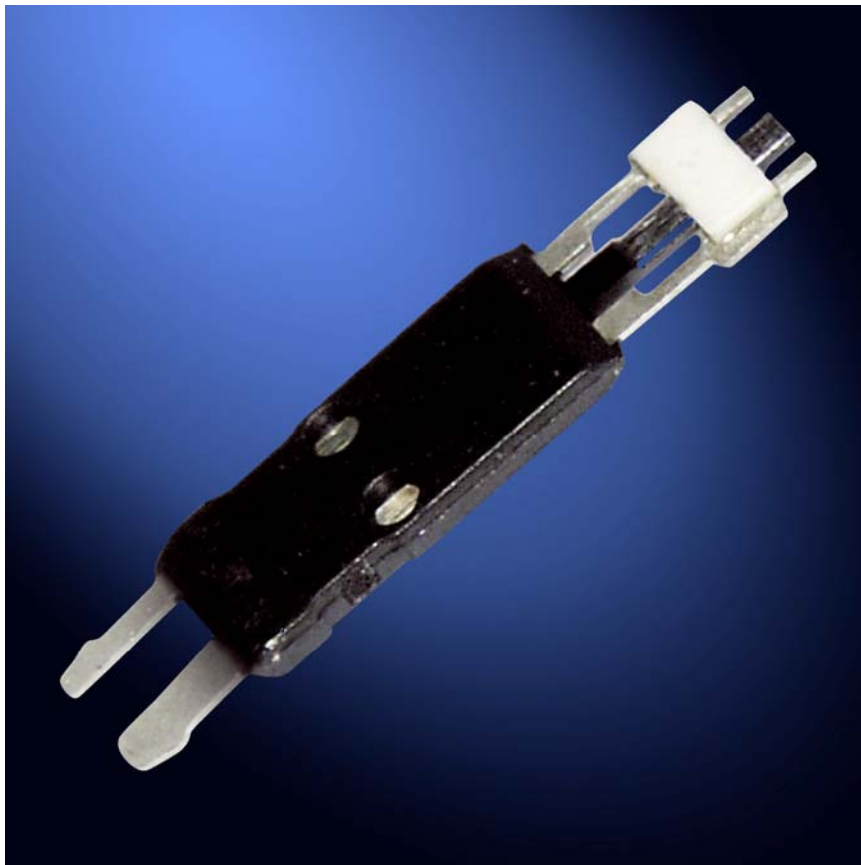


Bild 1: Öltemperatursensor in "Mould Flex-Technik". In dem gezeigten Beispiel ist rechts oben der montierte Sensor in SMD-Bauweise zu erkennen. (Quelle: Heraeus Sensor Technology)

Normkennlinie vereinfacht Elektronikentwicklung

Einer der wesentlichen Vorteile von Pt-Sensoren ist ihre bis auf zehntel Grad genormte Kennlinie. Das bringt den großen Vorzug mit sich, dass Asics bei der Signalverarbeitung in Bezug auf den Temperatursensor keine Chargenabhängigkeit verkraften müssen. Insbesondere bei NTCs können Kennlinienabweichungen die Aktivierung unterschiedlicher Auswertungsalgorithmen erfordern.

Schon die Fertigungsstreuung des Anfangswiderstandes liegt bei den Pt-Sensoren prozessbedingt in einer Größenordnung von nur $\pm 0,1\%$ und damit etwa bei einem Zehntel der Werte für ausgesuchte NTCs. Die genormte Kennlinie garantiert zusätzlich die Austauschbarkeit der Pt-Sensoren - und zwar nicht nur der individuellen Sensortypen, sondern auch mit Second-Source-Lieferungen. Ergänzend sei noch bemerkt, dass die Kennlinie von Pt-Widerstandsthermometern über eine große Temperaturspanne festliegt, die spezifizierte Messgenauigkeit also nicht nur punktuell oder in schmalen Betriebsbereichen erreicht wird.

Bisweilen wird an Pt-Sensoren die vergleichsweise geringe Steigung der Kennlinie kritisiert. Nachdem heutzutage A/D-Wandler mit Auflösungen von 10-12 bit zu ähnlichen Preisen am Markt verfügbar sind wie noch vor wenigen Jahren solche mit 8 bit Auflösung, ist dieses Argument allerdings nicht mehr zeitgemäß.

Abgas-Massenstrom

Im Hinblick auf eine effiziente Abgasrückführung bereiten allen Herstellern die überaus rauen Bedingungen im Abgasstrang Kopfzerbrechen: Mit Temperaturen von 450...500 °C und dem permanenten Bombardement von Rußpartikeln haben viele Messsysteme Probleme. Die Silizium-Mikrosystemtechnik scheidet wegen der hohen Temperaturen von vorne herein aus. Das Differenzdruckverfahren leidet auf Grund seiner indirekten Messmethode unter mangelnder Dynamik und Genauigkeit. Die ebenfalls auf dem Markt befindlichen optischen Doppler-Systeme zur Messung der Abgasgeschwindigkeit arbeiten zwar recht genau, leiden aber unter der Ausbildung von Rußfilmen auf der gesamten inneren Oberfläche des Abgasstrangs.

Der in Platin-Dünnschichttechnologie aufgebaute Gasmassen-Durchflusssensor von Heraeus Sensor Technology verfügt für diese Applikation über eine ausgewiesene thermische und mechanische Stabilität. Beides ist in erster Linie auf seine Konstruktion zurückzuführen. Im Kern besteht der Sensor aus zwei Heizelementen und zwei Platin-Temperatursensoren, in unmittelbarer Nachbarschaft. Er wird längs zur Strömungsrichtung angeordnet und bietet so eine minimale Angriffsfläche für Partikel. Die Temperatur der Heizelemente liegt konstant bei 450...500 °C. Bei diesen hohen Temperaturen sind die Heizelemente wirkungsvoll gegen den Angriff von Rußpartikeln geschützt, da Kohlenstoffablagerungen pyrolytisch zersetzt werden.

Das Messprinzip beruht auf der Abkühlung des Heizelements durch die vorbei strömende Luft bzw. das Abgas. Die Abkühlung ist eine Funktion der Gasmassen. Das elektrische Maß dafür ist die Leistung, die zur Konstanthaltung der Temperatur am Sensor erforderlich ist. Da sich thermische Massen und die Ansprechzeiten der Sensoren proportional zueinander verhalten, ersetzen die Entwickler das herkömmliche keramische Trägersubstrat durch eine nur 70 µm starke, korrosionsfeste

Stahlfolie. Eine zirka 3 µm starke Passivierungsschicht schützt die Platin-Mäander der Messelemente vor mechanischen Belastungen und aggressiven Atmosphären. Veränderungen der Strömungsbedingungen oder Temperatursprünge sind mit dieser Anordnung sehr schnell zu erfassen. Labormessungen zeigen, dass Strömungsänderungen im Bereich von bis zu 200 Hz (5 ms) detektiert werden.

Was den harten Bedingungen im Abgasstrang Stand hält, sollte auch im Ansaugtrakt seinen Dienst tun: ein weiteres Einsatzfeld für Gasmassen-Durchflusssensoren in Platin-Dünnschichttechnologie. Durch Verwendung einer Doppelheizerstrategie sind sogar Pulsationen detektierbar. Hierbei liefert der je nach Strömungsrichtung im "Windschatten" liegende Sensor ein niedrigeres Signal. Das Verfahren setzt jedoch extrem schnell ansprechende Heizelemente voraus, die in wenigen Millisekunden den Strömungswechsel erfassen. Tests mit einem Gasmassen-Durchflusssensor in Platin-Dünnschichttechnologie belegen, dass die Pulsationserkennung sicher und schnell funktioniert.

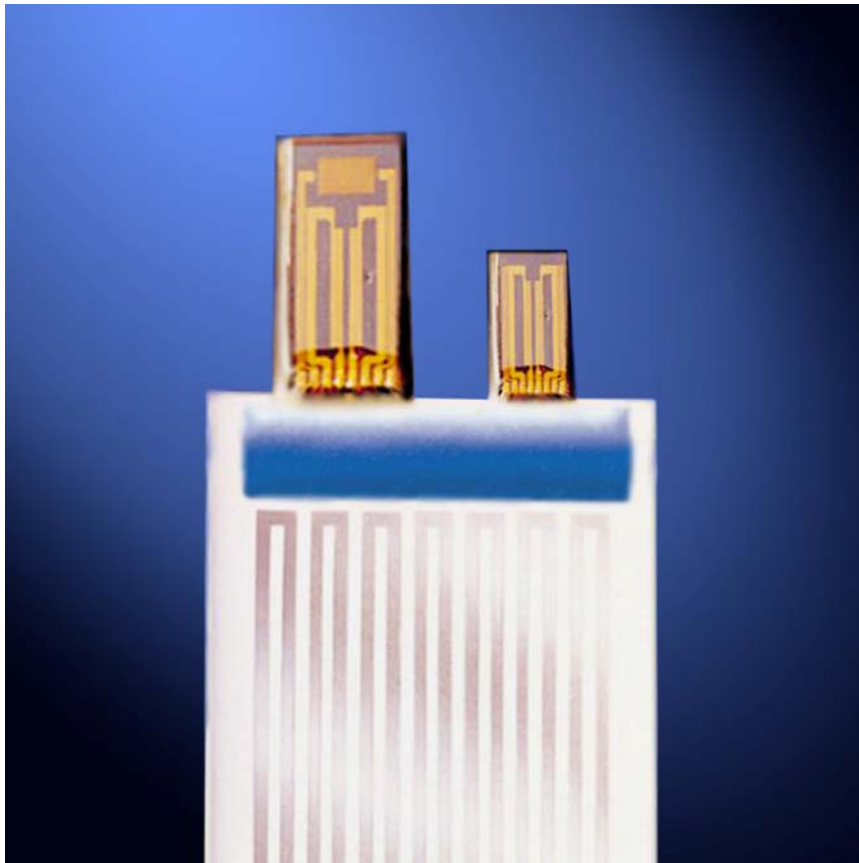


Bild 2: Gasmassen-Durchflusssensor in Platin-Dünnschichttechnologie, thermisch und mechanisch stabil; Anwendung: Abgasrückführsysteme (Quelle: Heraeus Sensor Technology)

Messspitze für den Katalysator

Die Messung der Temperatur im Abgassystem, Katalysator Nox Trap oder Dieselpartikelfilter, führt Thermometer an die Grenze ihrer Belastbarkeit. Material und Verbindungstechnik sind enormer Beanspruchung ausgesetzt. Um die Unterschiede in den Ausdehnungskoeffizienten oder Alterungseffekte zu beherrschen ist ganz spezielles Know-how erforderlich.

Die Hochtemperatur-Messspitze von Heraeus Sensor Technology arbeitet auch bei Einsatztemperaturen von 1.000 °C noch zuverlässig und genau. Der Platin-Dünnschichtsensor ist in ein Inconel-Gehäuse gebettet, das bei der Herstellung in einem Stück tief gezogen wird und keine Schweißnähte besitzt. Der ausgeklügelte Werkstoffverbund sorgt für temperatur- und vibrationsfesten Sitz aller elektrischen Anschlüsse und Bauteile im Gehäuse. Obwohl der Sensor hermetisch vor allen Umwelteinflüssen geschützt ist, liefert die Miniaturisierung und die damit verbundene, geringe thermische Masse die geforderten kurzen Ansprechzeiten.



Bild 3: Hochtemperaturspitze im Inconel-Gehäuse, Einsatztemperatur bis 1.000 °C, Anwendungen: Abgassystem, Katalysator, NOx-Trap und Dieselpartikelfilter (Quelle: Heraeus Sensor Technology)

Ausblick

Gerade weil Platin zu besonders langlebigen, genauen und stabilen Sensoren führt, liefern Betrachtungen von Gesamtsystemen unter den Aspekten der Cost of Ownership in aller Regel sehr kostengünstige Ergebnisse. Wichtig ist die Bereitschaft der Kfz-Entwickler frühzeitig das Know-how der Sensorhersteller zu nutzen um gemeinsam die Vorteile der Pt-Dünnschichttechnologie zu erschließen.

Autoren:

Uwe Hellmann ist im Vertrieb von Heraeus Sensor Technology zuständig für Schlüsselkunden der Automobilindustrie (uwe.hellmann@heraeus.com).

Dipl.-Ing. Dieter Teusch ist Vertriebsingenieur bei Heraeus Sensor Technology (dieter.teusch@heraeus.com).