

■ Edles Metall für heiße Messung

Sensoren mit Widerständen aus Platin erlauben es, hohe Temperaturen verlässlich und genau zu bestimmen.

Was haben ein Elektroherd und der Abgasstrang von Dieselmotoren gemeinsam? Sie werden sehr heiß! Im Backofen muss die Temperatur bis 220 °C exakt kontrollierbar sein – bei Modellen mit Selbstreinigung steigt die Temperatur sogar auf rund 500 °C an. Die Kochfelder aus Glaskeramik durchlaufen Temperaturzyklen bis 750 °C. Im Abgasstrang von Dieselmotoren gilt es, Temperaturen bis 850 °C zuverlässig zu messen, um die Katalysatoren optimal einstellen zu können. Die Temperaturmessung übernehmen jeweils Sensoren aus Platin. Sie arbeiten in einem großen Bereich linear, sind bei sehr hohen Temperaturen einsetzbar, korrosionsbeständig und ermöglichen zuverlässig reproduzierbare Messungen.

Bei Platin-Temperatur Sensoren handelt es sich um Messwiderstände: Mit steigender Temperatur nimmt auch der elektrische Widerstand zu, den ein durch sie fließender Strom erfährt. Im Modell des idealen Metalls bewegen sich die Elektronen zwischen dem Kristallgitter weitgehend frei, wenn ein äußeres elektrisches Feld an dem Metall anliegt. Bei höheren Temperaturen nehmen die Gitterschwingungen zu, sodass die Elektronen mit einer zunehmend größeren Wahrscheinlichkeit gestreut werden. Makroskopisch betrachtet wächst der elektrische Widerstand an. Dieser Anstieg verläuft bei einem idealen Metall über einen



Platin-Temperatur Sensoren gibt es in verschiedenen Bauformen: als bedrahtete Bauelemente (rechts und links außen),

in Schutzröhrchen verpackt (unten Mitte) oder als auflötbare Version (oben Mitte).

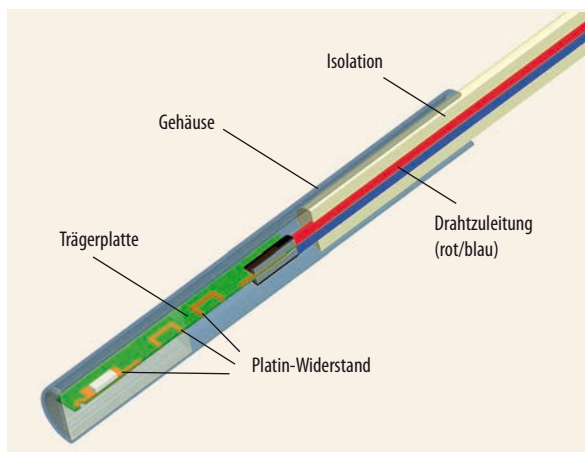
weiten Temperaturbereich linear. Edelmetalle wie Gold und Platin oder auch Halb edelmetalle wie Kupfer kommen diesem Ideal recht nahe. Der Schmelzpunkt von Platin liegt mit knapp 1800 °C um rund 700 °C höher als der von Gold oder Kupfer. Mit Platin lässt sich also über einen größeren Bereich die Temperatur linear messen. Denn als Faustregel gilt, dass die Linearität eines Messwiderstands bis zu einer Temperatur erhalten bleibt, die einen Faktor 2 unterhalb der Schmelztemperatur liegt.

Platin-Temperatur Sensoren sind für einen Bereich von –200 °C bis 850 °C genormt. Meist sind die Grenzen enger, weil die spezifische Ausführung des Sensors der Anwendung angepasst ist. Sie werden

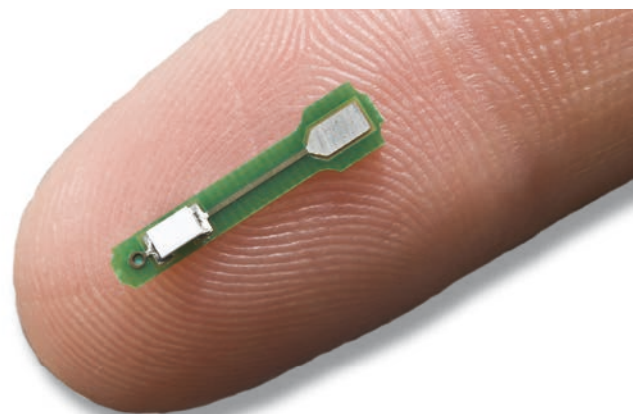
nach ihrem Material und Nennwiderstand bei 0 °C bezeichnet: So hat Pt100 einen Widerstand von 100 Ohm bei 0 °C, Pt1000 ein Kiloohm. Je nach Genauigkeitsklasse und Anwendung gibt es verschiedene Ausführungen im Bereich von etwa –200 °C bis 1000 °C.

Häufig sind Platin-Messwiderstände als Dünnschichtsensoren ausgeführt. Der gewünschte Nennwiderstand entsteht, wenn das Platin mäanderförmig auf einen Träger aufgebracht ist; auch Drahtausführungen sind möglich. Glas- oder Keramikgehäuse schützen die Sensoren vor Umwelteinflüssen. Kontaktiert werden sie über Drähte oder durch Löten bei der direkten Aufbringung auf Platinen. Gehäuse und Kontaktierung sind maßgeblich für die einwandfreie Funktion der Sensoren. In der Automobilindustrie müssen sie beispielsweise starke Vibrationen ebenso schadlos überstehen können wie Temperaturänderungen von 0 °C auf 1000 °C innerhalb einer Sekunde.

Platin-Dünnschichten sind nicht die einzige Technologie, um Temperaturen über den elektrischen Widerstand zu messen. Auch Materialien mit negativem Temperaturkoeffizienten (Negative Temperature Coefficient, NTC) oder Ther-



Der Schnitt durch einen Platin-Temperatur Sensor zeigt den einfachen Aufbau mit dem mäanderförmig auf einem Träger aufgetragenen Platin-Widerstand.



moelemente eignen sich dazu. Bei NTCs wird der elektrische Widerstand umso niedriger, je höher die Temperatur steigt. Sie lassen sich aus Halbleitern oder Metalloxiden herstellen, und ihr Messprinzip beruht wie bei den Platin-Sensoren auf der Bestimmung ihres Widerstands. Thermoelemente bestehen aus zwei unterschiedlichen Metallen, die an einem Ende miteinander verbunden sind. Sie nutzen den Seebeck-Effekt aus: Bei einem Temperaturgradienten bilden die beiden Metalle jeweils eine elektrische Spannung aus, deren Differenz als Thermospannung messbar ist.

Dass bei der Messung hoher Temperaturen Platin-Sensoren statt NTCs und Thermoelementen zum Einsatz kommen, liegt neben den technischen Eigenschaften an den Kosten. Platin-Sensoren benötigen aufgrund ihres linearen Verhaltens als Elektronik nur einen Vorwiderstand: Das abgegriffene Signal geht direkt auf einen Analog-Digital-Wandler. NTCs sind zwar billiger und finden daher viele Anwendungen im Auto und in elektrischen Geräten – sie neigen aber zum Driften. Diesen Effekt elektronisch zu kompensieren, ist aufwändig und teuer. Zudem sind Platin-Temperatur Sensoren sehr flach, was bei begrenztem Platz einen Vorteil gegenüber NTCs bedeuten kann. Bei Thermoelementen müssen Spannungen verglichen werden, sodass die Elektronik nochmals komplexer und teurer ist.

Das Edelmetall Platin bietet einen weiteren Vorteil: Wenn es an

der Oberfläche oxidiert, schreitet der Vorgang nicht nach innen fort, sondern beschränkt sich auf eine extrem dünne Schicht. Würde die Oxidschicht weiter wachsen, bliebe der elektrische Widerstand eines Platindrahts im Lauf der Zeit nicht konstant, so als ob der Drahtdurchmesser schrumpfen würde.

Die Langzeitstabilität von Platin nutzt man insbesondere für die Wärmemengenzählung im Haushalt, welche die Grundlage für die Heizkostenabrechnung bildet. Ein solcher Zähler ermittelt die Menge der Wärmeenergie, die über den Heizkreislauf zu den Verbrauchern gelangt. Dazu erfasst man den Volumenstrom des zirkulierenden Wassers sowie seine Temperatur im Zu- und Rücklauf. In Verbindung mit der Dichte und spezifischen Wärmekapazität des Wassers folgt daraus die Wärmeleistung, die integriert über die Zeit die Wärmemenge liefert.

Zähler mit Zulassung

Solche Wärmemengenzähler müssen Temperaturunterschiede auf zwei Prozent genau messen, selbst wenn sich im Sommer die Wassertemperaturen im Zu- und Rücklauf nur um wenige Grad Celsius unterscheiden. Die verplombten Messzähler müssen dies sechs Jahre lang gewährleisten, bevor sie ausgetauscht werden. Bislang haben in Deutschland nur Messzähler mit Platin-Temperatur Sensoren die erforderliche Zulassung erhalten.

Darüber hinaus kommen Platin-Temperatur Sensoren in der

Prozessindustrie, bei der Energieerzeugung, in der Elektronik und bei Laborgeräten zum Einsatz. Beispielsweise ist es erforderlich, die Spulen in den Generatoren von Windkraftanlagen thermisch zu überwachen, weil dort hohe elektrische Ströme induziert werden. In speziellen Otto-Motoren, die auf niedrigen Benzinverbrauch optimiert sind, treten so hohe Temperaturen auf, dass Platin-Sensoren die Temperatur des zündfähigen Gemischs überwachen müssen. Auch in der Elektromobilität und beim Brennstoffzellenantrieb sind Anwendungen denkbar, etwa bei der Temperaturüberwachung der Zellen. Auch die Fahrzeuge von morgen werden wohl ohne die edlen Thermometer nicht auskommen.

*

Ich danke Karlheinz Wienand von der Heraeus Sensor Technology GmbH, Kleinostheim, für hilfreiche Erläuterungen.

Michael Vogel