

NTC-ELEMENTE ALS UNIVERSELL EINSETZBARE TEMPERATURSENSOREN

Wärme messen

Temperaturaufnehmer müssen, je nach Anwendung, sehr unterschiedlichen Anforderungen – etwa bezüglich der Messgenauigkeit, der Temperaturbeständigkeit oder der Größe – genügen. Im Falle der berührenden Messverfahren lassen sich teure Spezialsensoren häufig durch günstigere NTCs ersetzen.

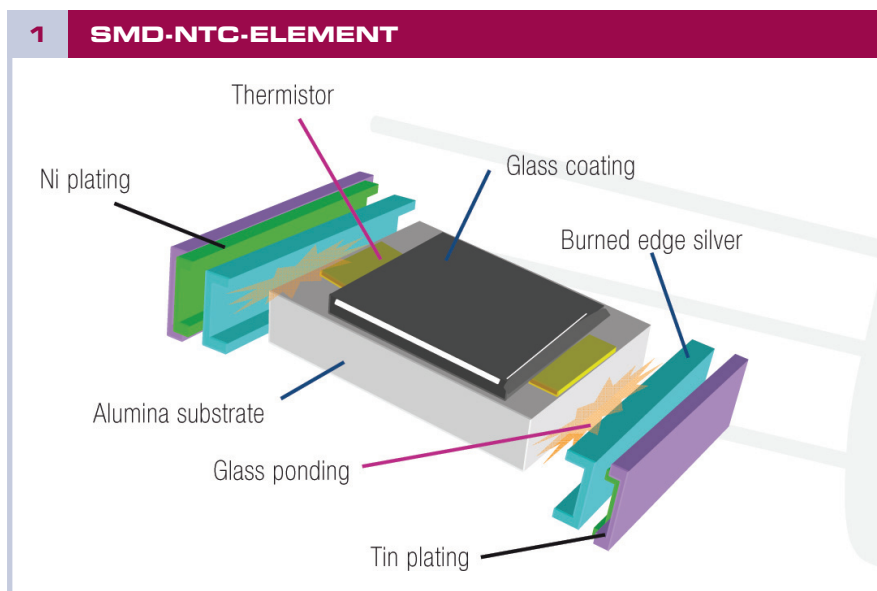


Bild 1. Dickfilm-SMD-Thermistoren von Tateyama auf Keramiksubstrat; ein Glasüberzug schützt vor Feuchtigkeit

OLIVER GRAF
THOMAS WOLF

Die Temperaturmessung ist eine der wichtigsten Disziplinen der Sensorik. Grundsätzlich werden berührungslose und berührende Messverfahren unterschieden. Dieser Artikel behandelt ausschließlich die berührende Temperaturmessung, bei der das Sensorelement in thermischem Kontakt zum Messobjekt steht. Die wichtigsten Sensorelemente sind die temperaturabhängigen Widerstände, die sich in die Gruppen NTC (Negative Temperature Coefficient) und PTC (Positive Temperature Coefficient, basierend auf Silizium, Bariumtitanat oder reinem Platin) aufteilen. NTCs leiten den elektrischen Strom bei hohen Temperaturenden bes-

ser als bei tiefen, während die PTCs das gegenläufige Verhalten aufweisen. PTCs weisen im Gegensatz zu den NTCs meist eine lineare R-T-Kennlinie auf; die Vorteile der NTCs sind jedoch die Möglichkeit der variablen Anpassung der elektrischen Parameter sowie der niedrige Preis.

NTCs sind durch wenige Parameter charakterisiert: Der Widerstand eines NTC verhält sich in erster Näherung wie eine Exponentialfunktion:

$$R(T) = R_{25} \exp \left[B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25}} \right) \right] \quad (1)$$

mit $T_{25} = 298,15$ K, T: Temperatur in K

R_{25} gibt den Wert des Widerstands bei der Referenztemperatur 25 °C an. Der so genannte B-Wert (in K) beschreibt das

Verhalten zwischen Widerstand und Temperatur; er bestimmt die Kurvenform der Exponentialfunktion:

$$B = \frac{T \times T_{25}}{T_{25} - T} \ln \frac{R}{R_{25}} \quad (2)$$

Für die meisten Anwendungen liefert Gleichung 1 eine hinreichend gute mathematische Beschreibung des Widerstandsverhaltens in Abhängigkeit von der Temperatur. Wenn über einen weiten Temperaturbereich eine hohe Genauigkeit gefordert wird, können im Exponenten der Gleichung höhere Potenzen der Temperatur mit jeweils einem Koeffizienten B_1 , B_2 , B_3 usw. mit berücksichtigt werden. Dies ist die so genannte Steinhart-Hart-Gleichung mit den Steinhart-Hart-Koeffizienten B_i . Diese Koeffizienten können bei Bedarf bei den Herstellern angefragt werden.

Der Strom, der zur Messung des Widerstands und damit der Temperatur benötigt wird, sollte so klein wie möglich gewählt werden, um die zwangsläufige Eigenerwärmung des NTCs so gering wie möglich zu halten. In den Datenblättern wird hierzu der so genannte Dissipationsfaktor angegeben, der die elektrische Leistung angibt, die den Thermistor um 1 °C gegenüber der Umgebungstemperatur erwärmt. Es empfiehlt sich, in der Praxis deutlich unter dieser Leistung zu bleiben. Schließlich ist bei einem NTC

KONTAKT

Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH,
72202 Nagold,
Tel. 07452 6007-0,
Fax 07452 6007-70,
www.endrich.com

die Zeit zu beachten, die er benötigt, um nach einem Temperatursprung den neuen Widerstandswert anzunehmen. Gewöhnlich wird als Zeitkonstante τ die Zeit angegeben, nach welcher der Widerstand 63,2 Prozent des Endwerts erreicht hat.

Dickfilm unter Glas

Besonders bei Applikationen, die eine hohe Genauigkeit fordern, ist die Langzeitstabilität des Sensors wichtig, denn was nützt eine anfänglich geringe Toleranz und damit ein geringer Messfehler, wenn der Widerstandswert im Lauf der Zeit wegdriiftet? Hauptursache für die Drifts bei keramischen Bauteilen ist Feuchtigkeit, die in das Bauteil eindringt. Dem kann eine allseitige Glaspasivierung vorbeugen.



DIE AUTOREN

OLIVER GRAF und Dr. THOMAS WOLF sind Produktmanager Sensorik bei Endrich in Nagold.

Die Dickfilm-SMD-Thermistoren des Herstellers Tateyama sind auf einem Keramiksubstrat (96 Prozent Al_2O_3) aufgebaut, und der Dickfilm ist mit einem Glasüberzug vor Feuchtigkeit geschützt (Bild 1). Damit ergibt sich auch eine sehr hohe mechanische Festigkeit und Zuverlässigkeit. Der Vorteil dieser Dickfilmsensoren liegt in der variablen Anpassung der R_{25} - (100 Ω bis 2 M Ω) und B-Werte (2700 bis 5000 K) sowie in den dazugehörigen Toleranzen (± 1 bis ± 10 Prozent), was die von Tateyama patentierte Fertigungstechnologie ermöglicht. Alle diese SMD-Thermistoren sind gemäß TS16949/AEC-Q zertifiziert und in den Bauformen von 0805 bis 0201 erhältlich. Aufgrund des Preisniveaus und der Langzeitstabilität werden diese Thermistoren in Applikationen wie Klimasteuerungen, Heizkostenverteilern, weißer Ware oder Power Tools eingesetzt. Die Dickfilmtechnologie lässt sich bei Temperaturen von bis zu 150 $^{\circ}\text{C}$ einsetzen. Je kleiner die Bauform, desto geringer ist die thermische Masse und damit die Zeitkonstante τ . In Anwendungen, in denen sich die Temperatur schnell ändert, sollten daher möglichst kleine Bauformen verwendet werden, idealerweise die Bauform 0201.

Die NTC-Serien des Herstellers Semitec basieren nicht auf der Dickschicht-, sondern auf keramischer Halbleitertechnologie (Bild 2). Sie zeichnen sich durch eine geringe Toleranz (± 1 Prozent in B und R_{25}) aus. Der Sensor mit der geringsten Toleranz ist die „AP“-Serie ($\pm 0,5$ Prozent in B und R_{25}), die bei -50 bis $+70$ $^{\circ}\text{C}$ Temperaturmessungen mit einer Genauigkeit besser als 0,5 K erlaubt – ohne Kalibrierung des Systems. Die superflachen „Kaptonfilm“-NTCs mit einer Dicke von lediglich 0,5 mm werden hauptsächlich in Akkupacks eingesetzt.

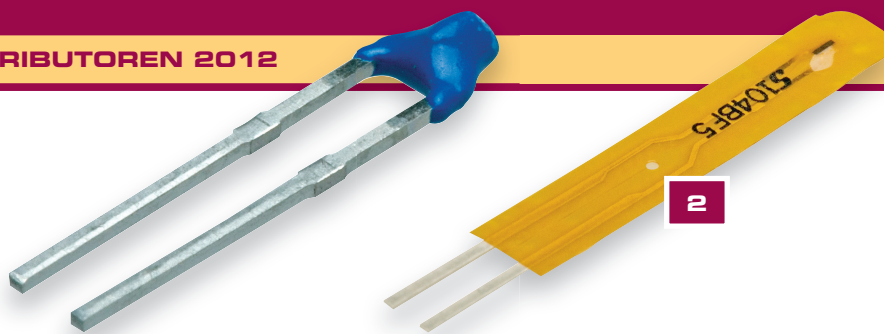


Bild 2. AP-Sensor (links); superflacher Kaptonfilm-NTC (rechts)

Die „KT“-Serie ist der SMD-Thermistor von Semitec. Trotz seines niedrigen Preises weist der KT eine sehr gute Langzeitstabilität auf, was auf die Glaspasivierung auf allen vier der Luft ausgesetzten Flächen des Keramikchips zurückzuführen ist. Bei den heutigen elektronischen Heizkostenverteilern, die über einen Zeitraum von zehn Jahren ohne Nachkalibrierung zuverlässig messen müssen, ist dies ein wichtiges Kriterium. In Werkzeugmaschinen ist die „AT-4“-Serie weit verbreitet. Insbesondere der 6,8-k Ω -Typ wird dort zur Temperaturüberwachung der elektroni-

schon Steuerung oder des Akkus während der Ladephase eingesetzt.

schen Steuerung oder des Akkus während der Ladephase eingesetzt.

Hochgenau mit Nanopartikeln

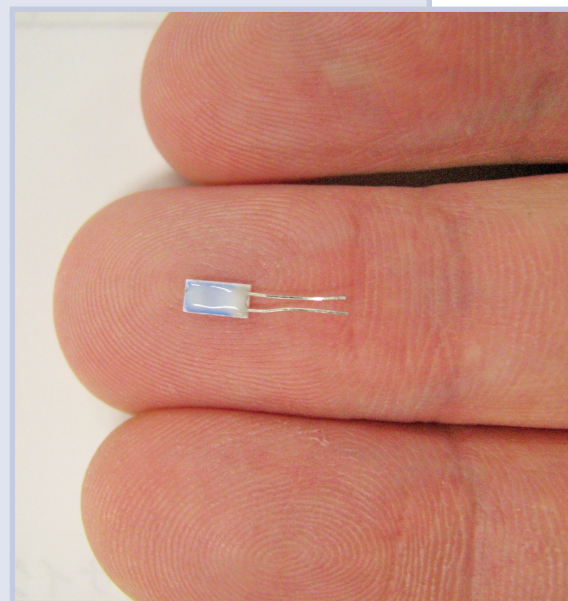
Die Temperatursensoren der Hersteller EXA-Thermometrics und Tewa vervollständigen das Produktportfolio mit konfektionierten Sensoren. Dank der eigenen Entwicklung und Herstellung der NTC-Chips ist eine große Auswahl von R_{25} - und B-Werten möglich, je nachdem, was die Applikation erfordert. Dies wird durch die Beimischung geeigneter Nanopartikel vor dem Sinterprozess erreicht. Im Dicing-Prozess (Trennschleifen) werden die Wafer in Chips (Dies) vereinzelt und für den weiteren Produktionsprozess kalibriert. Die hierbei erreichte Genauigkeit ist besser als $\pm 0,05$ Prozent. Die Präzision dieser Sensoren wird somit produziert – und nicht etwa mithilfe eines Selektionsprozesses erreicht.

Diese Chips bilden meist das Ausgangsprodukt für konfektionierte Sensoren. In manchen Fällen werden auch



HIGHLIGHT

Robuster Sensor für die Abgastemperaturmessung. Ein neues, interessantes Produkt von Tateyama ist ein Pt-200-Element, mit dem der Hersteller Neuland betritt: Dieser Hochtemperatursensor verfügt über einen Nennwiderstand von 200 Ω bei 0 $^{\circ}\text{C}$ und ist für einen Messbereich von -40 bis $+1000$ $^{\circ}\text{C}$ ausgelegt – mit einer Genauigkeit von ± 10 K bei -40 bis $+300$ $^{\circ}\text{C}$ beziehungsweise von ± 3 K im zwischen 300 und 900 $^{\circ}\text{C}$. Die Kennlinie des Elements erfüllt die in der DIN IEC 751 vorgegebenen Normen. Das Sensorelement verfügt aufgrund seiner speziellen Struktur und der neuartigen Kombination aus Dick- und Dünnschichttechnologie über eine sehr gute Hitze- sowie mechanische und thermische Schockbeständigkeit. Dank einer Oberflächenschutzschicht ist es für den Einsatz in Abgastemperatursensoren geeignet.



PT200-Element mit 200 Ω Nennwiderstand bei 0 $^{\circ}\text{C}$ für einen Messbereich von -40 bis $+1000$ $^{\circ}\text{C}$



Bild 3. Sensoren im Edelstahlgehäuse

scheibenförmige oder glasummantelte NTC-Chips oder auch Pt-Elemente (Pt100 – Pt1000) als Sensorchip verwendet. Assembliert werden diese dann mit speziellen Kabeln (PVC, Teflon, Kynar, halogenfrei, Food-konform, UL-gelistet usw.) sowie den applikationsspezifischen Steckverbindungen.

Sensoren für den Einsatz in Kühl- oder Gefrierschränken sind doppelt isoliert mit einer speziellen Zusammensetzung des

Isolationsmaterials. Somit ist IP68 gewährleistet, und der Sensor ist Food-konform. Weitere Sensorvarianten sind mit Gehäusen in Edelstahl, Kupfer, Messing oder Kunststoff nach Kundenvorgaben realisierbar (Bild 3). Die obere Grenze der Betriebstemperatur dieser konfektionierten Sensoren kann bis zu zirka 500 °C betragen. (ml)

www.EL-info.de

695 102



FAZIT

Können teure Spezi­alsensoren ersetzen. Die Praxis stellt heute sehr unterschiedliche Anforderungen an Temperatursensoren: Manche Applikationen brauchen eine hohe Messgenauigkeit bei geringer Exemplarstreuung; in anderen herrschen Umgebungstemperaturen bis 1000 °C. In der Medizintechnik, beispielsweise bei der Messung der Temperatur in einer Vene, ist der verfügbare Bauraum kritisch; für einfache Temperaturkompensationen in einer Schaltung ist dagegen meist der Preis entscheidend. NTCs, nebst spezieller Arten der Assemblierung in unterschiedlichen Gehäusen, können die meisten Anwendungen abdecken, für die bisher zum Teil teure Spezi­alsensoren eingesetzt wurden.