

Niederohmige Strommesswiderstände mit Manganin

Dipl.-Ing. (FH) Ingmar Georg, Isabellenhütte, Dillenburg

Die wichtigsten Eigenschaften, die von einem Präzisionswiderstand zur Strommessung erwartet werden, sind nach wie vor kleiner Temperaturkoeffizient, niedrige Thermospannung, niedrige Induktivität, hohe Langzeitstabilität und hohe Belastbarkeit. Ein Teil dieser Eigenschaften wird im Wesentlichen vom Widerstandsmaterial bestimmt, zum anderen sind es bauartbedingte Einflüsse. Idealerweise sollten gleichzeitig die drei Forderungen $TK = 0 \text{ ppm/K}$, $U_{\text{Th, Cu}} = 0 \text{ mV}$ und $dR(t) = 0 \%$ erfüllt werden.

Die Legierungen Manganin, Zeranin und Isaohm der Isabellenhütte kommen diesen Forderungen schon sehr nahe. Hervorragend geeignet ist hier Manganin mit typischen Werten für den TK von 10 ppm/K und einer Thermospannung gegen Kupfer, die bei nur $-0,6 \mu\text{V/K}$ liegt. Die wichtigste Forderung an elektronische Systeme im Kfz ist die hundertprozentige Funktionssicherheit über die gesamte Lebensdauer des Fahrzeugs. Das erfordert Bauelemente, die auch bei extremen Tempera-

tur- und Feuchtverhältnissen noch sicher arbeiten (-40 °C bis $+150 \text{ °C}$ und Feuchtigkeitswerte bis 100 %). In vielen Fällen, z. B. bei der elektronischen Servolenkung, muss der Stromsensor 60 bis 80 A mit einer Genauigkeit von 1 % erfassen. Gleichzeitig sollte er Pulsströme von mehr als 100 A, z. B. während des Fahrzeug-Stillstands, ohne Schaden überstehen. Zusätzlich zu diesen Stabilitätsforderungen sollte das Sensorsignal weitgehend unabhängig von der Temperatur funktionieren (Bild 1), eine hohe Langzeit-

stabilität besitzen (Bild 2) und möglichst induktivitätsarm sein. Letzteres ist extrem wichtig, da nahezu alle Anwendungen im Schaltbetrieb (Switch-Mode-Betrieb) arbeiten. Mit zunehmender Schaltfrequenz, höheren Strömen und niedrigeren Widerstandswerten (z. B. 0,1 mK für 200 A) wird die Bedeutung der Induktivität von Bauteil und Design immer wichtiger. Ein typischer Grenzwert für die Induktivität ist in diesem Bereich ein Wert $<1 \text{ nH}$.

Eine weitere wichtige, fast selbstverständliche Forderung im heutigen Elektronikzeitalter betrifft die Bauteilgröße. Die Sensoren müssen klein, für alle SMD-Lötverfahren geeignet und im Gurt für die automatische Bestückung verpackt sein.

Berücksichtigt man all diese Forderungen, dann fällt die Wahl unter den zur Verfügung stehenden Sensortypen eindeutig auf den Shunt-Widerstand (current sensing resistor, CSR). Hall-Sensoren und magnetoresistive Systeme haben Nachteile in Bezug auf den Temperaturkoeffizienten (TK), in der Langzeitstabilität und im Arbeits-Temperaturbereich. Stromtransformatoren dagegen sind voluminös, teuer und mit der SMD-Technik

nicht optimal verträglich. Im Vergleich stellen Strommesswiderstände daher eine platzsparende, robustere, flexiblere und zuletzt auch kostengünstigere Lösung dar.

Fertigungstechnologien

Strom-Fühler-Widerstände (CSR) werden inzwischen von mehreren Herstellern in diversen Technologien und Bauformen angeboten. Nur wenige Ausführungen erfüllen jedoch die hohen Anforderungen der Automobilindustrie in voller Breite. Die im Automotive-Bereich zu messenden Ströme erfordern Widerstandswerte im unteren mK-Bereich, eine hohe Verlustleistung und eine hohe Genauigkeit. Bei Widerstandswerten unter 1 K steigt der Temperaturkoeffizient von Dick- und Dünnschichtwiderständen sehr stark an und erreicht bei 10 mK leicht Werte von 300 bis 500 ppm/K – mit der Konsequenz, dass die geforderte Genauigkeit im Arbeitstemperaturbereich nicht mehr eingehalten werden kann. Ein weiterer Nachteil ist die geringe Pulsbelastbarkeit, die besonders bei getakteten Anwendungen benötigt wird.

Niederohmige Drahtwiderstände sind ebenfalls im mK-Bereich und sogar mit TK-Werten unter 100 ppm/K verfügbar. Nachteile dieser konventionellen Bauformen sind jedoch großes Bauvolumen und vergleichsweise hohe Induktivität. Oft fehlen SMD-Bauformen und es ist schwierig und kostenintensiv, engere Toleranzen herzustellen.

Die Isabellenhütte unterscheidet im Wesentlichen zwei Fertigungstechnologien: Folienwiderstände in Ätztechnik (ISA-PLAN) und nach einem weiteren patentierten Verfahren Widerstände, die aus elektronenstrahlgeschweißten Cu-Manganin-Cu-Streifen gestanzt werden. Der ISA-PLAN-Fertigungsprozess beginnt mit dem Verpressen der drei Folien Manganin, Metallsubstrat und einem gut wärmeleitfähigen Kleber. Diese hochtemperaturbeständige Verklebung ist hinsichtlich Haftung, Isolation und vor allem niedrigem Wärmewiderstand zwischen Widerstandsfolie und Substrat optimiert. Die verpressten Folien, sog. Nutzen, durchlaufen mehrere

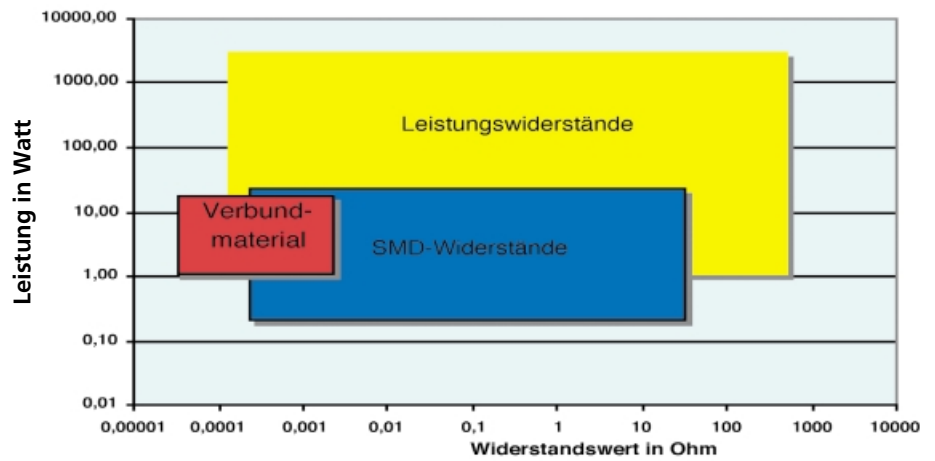


Bild 3. Übersicht für ISA-PLAN-Widerstände

Prozessschritte wie Reinigung, Markierung und Photolithographie, bei dem die einzelnen Widerstandsstrukturen (z. T. mehr als 10.000 pro Nutzen) bereits definiert werden. Nach dem Ätzprozess folgen weitere chemische Behandlungen sowie weitgehend automatisch ablaufende Prozesse wie Laserbearbeitung und Abgleich.

Die Vereinzelung der Widerstände nach dem Abgleichen erfolgt mit Hilfe von Laser, Stanzen oder Sägen. Die vollautomatisierten Verpackungsmaschinen führen dann eine Kontrolle des Widerstandswertes, die Beschriftung sowie die Verpackung in den Gurt, der für eine automatische SMD-Bestückung notwendig ist, durch. Um jede Schwachstelle in der Ätzstruktur aufzuspüren, wird in diesen Anlagen jeder Widerstand mit einer elektrischen Pulsbelastung mit anschließender Auswertung des IR-Bildes getestet. Jede Spule ist mit einem ein- oder zweidimensionalen Bar-Code gekennzeichnet, der alle relevanten Daten zur Rückverfolgbarkeit wie Widerstandstyp, Wert, Toleranz, Date-Code, Menge und Spulenummer enthält. In den meisten Fällen wird dies noch durch die Teilenummer des Kunden ergänzt. Bild 3 zeigt eine Übersicht von ISA-PLAN-Widerständen. Aufgrund unterschiedlichster Forderungen der Anwender entstand bei der Isabellenhütte in den letzten Jahrzehnten ein weiterer Bereich verschiedenartiger SMD-Widerstände auf Basis der ISA-PLAN-Techno-

logie, z. B. auch für die Hybridmontage. Beim Cu-Manganin-Cu-Verbundmaterial werden jeweils drei Bänder Kupfer-Manganin-Kupfer in verschiedenen Geometrien mittels Elektronenstrahl verschweißt. Aus diesem Verbund lassen sich Shunts unterschiedlicher Größe, Form und Prägung stanzen. Außerdem lassen sich stanztechnisch mit großer Designflexibilität die Stromkontakte als Mehrfunktionselemente gestalten und die Senseabgriffe in verschiedensten Geometrien im Bauteil integrieren. Die Flexibilität wird weiter durch die Verwendung von Einpressschrauben oder Muttern für den Anschluss der Strom- und Spannungsanschlüsse erhöht. Aus diesen Gründen lassen sich mit nur geringem Aufwand kundenspezifische – und damit der jeweiligen Anwendung optimal angepasste – Produkte schon bei relativ niedrigen Stückzahlen wirtschaftlich herstellen. Besonders vorteilhaft ist hierbei, dass sich beim Einbau weder Toleranz noch TK-Wert verändern, da nur die Verbindung Cu-Cu herzustellen ist.

Bauformen und Wertebereiche

Die ISA-PLAN-Folientechnologie eignet sich für Widerstandswerte bei SMD-Widerständen von 1 mK bis 5 K. Verfügbar sind die standardisierten Bauformen 1206, 2010, 2512, 2817. Bei bedrahteten Widerständen, die auch für eine Kühlkörpermontage geeignet sind, lassen sich Werte von 0,5 mK bis 100 K rea-

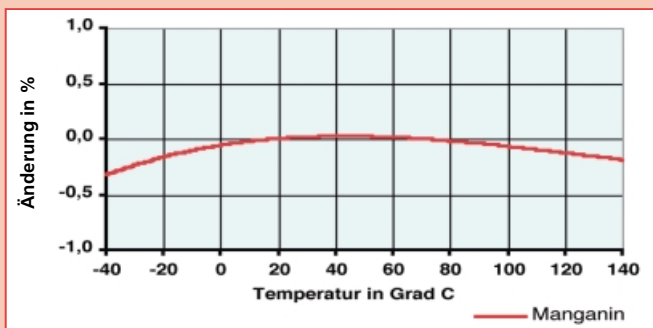


Bild 1. Widerstandsänderung über der Temperatur

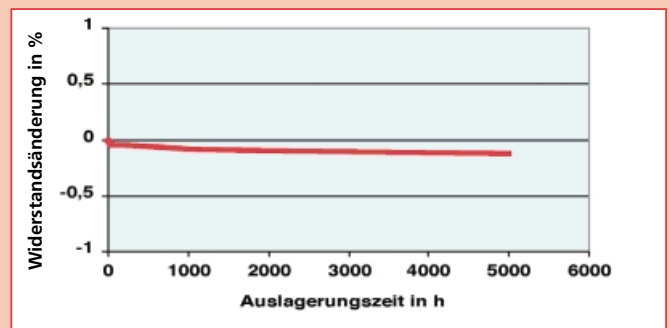


Bild 2. Langzeitstabilität bei 140 °C

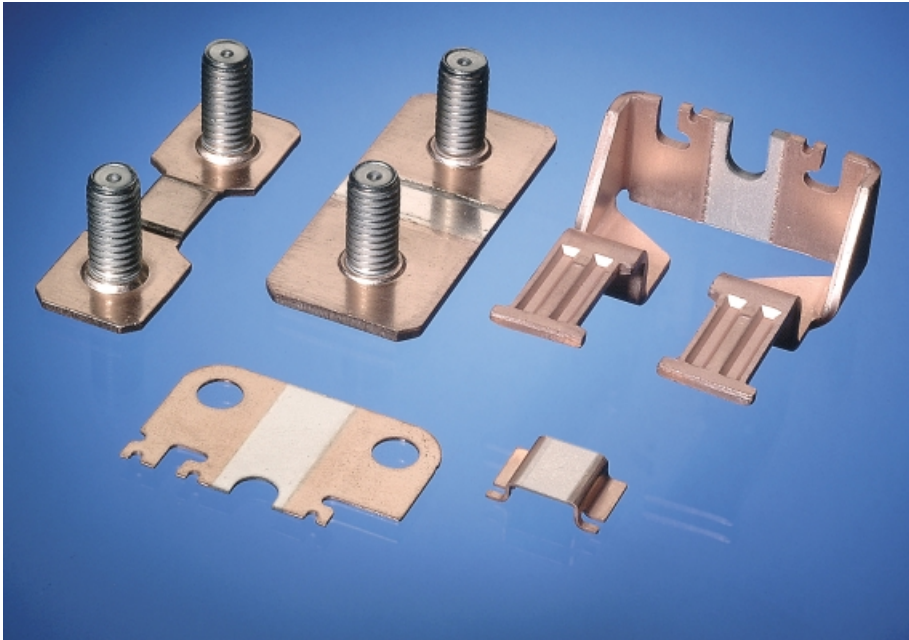


Bild 4. μ K-Widerstände aus Manganin

lisieren. Verfügbar sind hier neben speziellen Hochstrom-Laborwiderständen in Sonderbauformen auch Bremswiderstände im Econopack-Gehäuse sowie Präzisionswiderstände in standardisierten Bauformen mit Gehäuse SOT 227 B (ISOTOP), TO 220, TO 238 und TO 247.

Cu-Manganin-Cu-Verbundmaterial eignet sich ideal für die kostengünstige Herstellung von extrem niederohmigen Widerständen im μ Ohm-Bereich (Bild 4). Für die SMD-Montage geeignete Serien liegen hier typischerweise von 0,1 mK bis 4 mK. Bei Cu-Stromschienen oder Stanzgitter-Anwendungen genügen Werte von 50 μ K für Ströme bis über 1 kA.

Die elektrische, die mechanische und die thermische Kontaktierung ist sehr einfach mit Standardverfahren wie Löten, Punkt- oder Schutzgasschweißen oder sogar Schrauben möglich.

Anwendungen und Einsatzgebiete

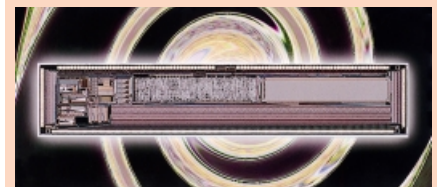
Strom-Messwiderstände haben ein sehr breites Anwendungsspektrum, beispielsweise in dem stark wachsenden Markt der elektronischen Energiezähler oder dem zukünftig relevanten Batteriemangement im Automotive-Bereich. Daneben werden Strom-Messwiderstände in einer Vielzahl DC/DC-Wandler oder in Steuer- und Regelgeräten im Kfz (z. B. Diesel- und Benzineinspritzung, elektrische Servolenkung, elektromechanische Bremsen, Gebläseregelung, Kühlerventilator, elektrische Fensterheber usw.) eingesetzt, ebenso wie in vielen Messgeräten sowie Prüf- und Laboraufbauten.

- **Isabellenhütte**
- **Kennziffer: 155**
- **www.el-info.de?id=08155**

LCD-Treiber für Automotive-Anwendungen

Der S1D15714 von Epson treibt Dot-Matrix-Displays mit Auflösungen bis 168x65 Bildpunkten. Für die Ansteuerung des Displays wird das MLS-Verfahren (Multi Line Selection) mit einem maximalen Duty Cycle von 1/65 verwendet. Der Treiberbaustein besitzt einen programmierbaren Oszillator zur Einstellung der gewünschten Bildwiederholrate. Mit dem internen Temperatursensor, der keine externen Komponenten benötigt, kann über den gesamten Temperaturbereich ein optimaler Kontrast eingestellt werden. Ein Befehl zum Entladen der externen Kondensatoren gewährleistet ein optisch sauberes Abschalten des Displays. Zudem ist der Treiber Master/Slave-fähig.

- **S1D15714**
- **Epson**
- **Kennziffer: 054**
- **www.el-info.de?id=08054**



Der LCD-Treiber wird als Bare Chip mit den Abmessungen 11,2 x 2,27 mm geliefert

Gehäuse für kleine Bedieneinheiten

Das Compact-Panel von Rittal ergänzt die bestehenden Gehäuselinien VIP 6000 und Optipanel nach unten. Die Seitenwände bestehen aus Alu-Strangpress-Profilen, Dach und Boden werden ebenfalls aus Aluminium ge-



Das Compact-Panel eignet sich für Maschinensteuerungen

ECOMAL

Electronic Components and Logistics

Official
VISHAY Distributor

Elektronische Bauelemente und Logistik.

JETZT NEU:
Produkte von
BCcomponents

DE: info@de.ecomal.com Tel. +49 (0) 76 61/395-0 Fax +49 (0) 76 61/395-43
 AT: info@at.ecomal.com Tel. +43 (0) 1 6670537-0 Fax +43 (0) 1 6670537-31
 CH: info@ch.ecomal.com Tel. +41 (0) 5264408-44 Fax +41 (0) 5264408-40

www.ecomal.com