

Wesentlich in der Medizinelektronik

Widerstände mit besonderen Eigenschaften

Bei Großgeräten wie Kernspin-Tomographen oder Röntgenanlagen stellen selbst Widerstände im Cent-Bereich ein Schlüsselement für eine sichere Funktion dar. Dabei sind nicht nur die üblichen Widerstandseigenschaften wie enge Toleranzen und geringe Temperaturabhängigkeit von Bedeutung, sondern auch spezielle Eigenschaften wie nicht-magnetische Materialien im Widerstandsaufbau und geringe Abhängigkeit des Widerstandswertes von Betriebsspannungen im höheren Kilovoltbereich.

Bei Standard-Chipwiderständen besteht die Kontaktschicht um die Schmalseite des Chipwiderstandes („Umkontakt“) normalerweise aus drei Materialien. Den Anschluss an den Widerstandskontakt und die Weiterführung um die Substratkante herum auf die Rückseite stellt eine leitfähige Schicht dar, die entweder aus einer gesputterten Dünnschicht-Legierung oder einer im Walz- oder Tauchverfahren aufgetragenen Leitsilberschicht besteht (Bild 1). Da diese Schichten aber nicht lötfähig sind, muss darauf mit galvanischen Verfahren eine so genannte Nickel-Sperrschicht und eine lötfähige Zinnschicht aufgebracht werden.

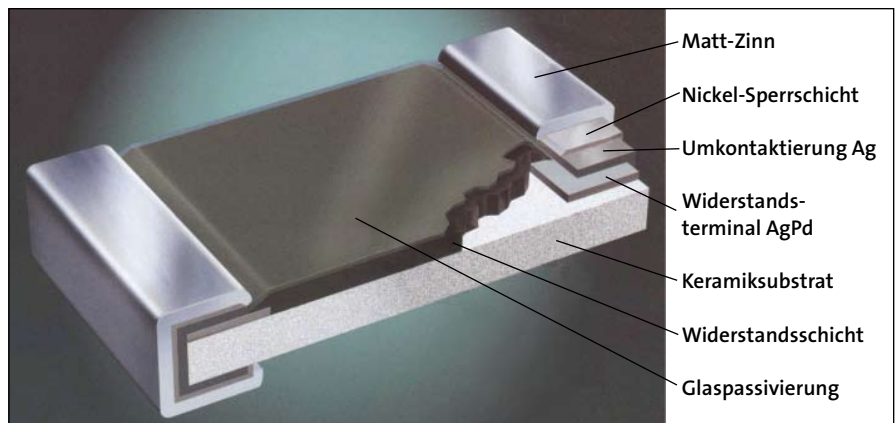


Bild 1: NiSn-Terminierung bei Standard-Chipwiderständen.

(Alle Bilder SRT)

Nichtmagnetische Kontaktschichten

Da Nickel auch in relativ dünnen galvanischen Schichten ferromagnetisch ist, erzeugen Chipwiderstände mit derartig aufgebauten Kontakten in magnetischen Feldern eine erhebliche Störung der elektronischen Signale. Solche Bauteile sind deshalb in Anwendungen der Medizintechnik oder Forschung, die wie bei Computer-Tomographen hohe Magnetfelder benötigen, grundsätzlich nicht einsetzbar. Dafür geeignet ist ein Kontaktsystem entsprechend Bild 2, das kein magnetisierbares Material enthält. Der Anschluss an den Widerstandskontakt besteht aus Palladium-Silber (PdAg), und der Umkontakt wird aus einer aufgewalzten Platin-Silber (PtAg)-Schicht gebildet, der auf der Rückseite auch den Lötkontakt für den Chipwiderstand darstellt. Das im Vergleich zu PdAg wesentlich teurere Material PtAg ist

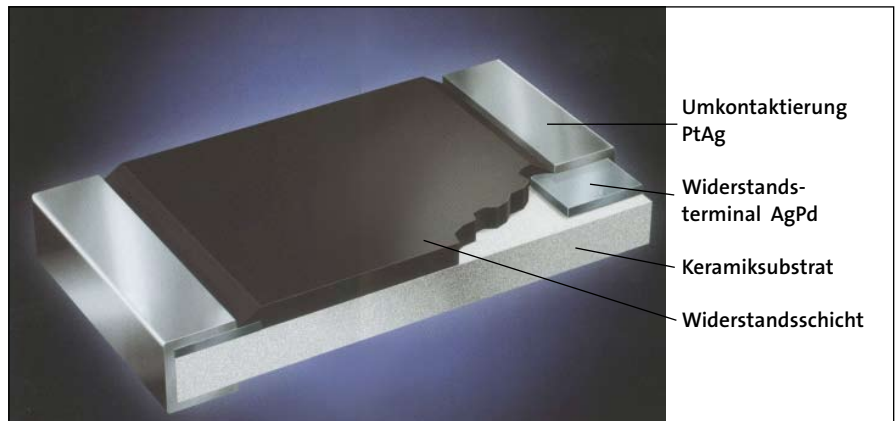


Bild 2: PtAg-Terminierung bei unmagnetischen Chipwiderständen.

notwendig, weil nur dadurch eine ausreichend gute Lötbarkeit und Ablegierbeständigkeit sowie geringe Oxidation bei längerer Lagerung erreicht werden kann.

Da die äußere Kontaktschicht dieser unmagnetischen Chipwiderstände bei ca. 850 °C eingebrannt werden muss, um gute Haftfestigkeit und Lötbarkeit zu erreichen, ist es nicht möglich, die Widerstandsschicht mit einer Glas- oder Polymer-Passivierung zu versehen. Die jahrzehntelange Produktion und Anwendung dieses Typs vorwiegend in der Automobilelektronik hat bewiesen, dass

durch diese fehlende Abdeckung des Widerstandselements keine Einbußen von Stabilität und Zuverlässigkeit auftritt. Dies erklärt sich dadurch, dass das Widerstandselement aus einer relativ dichten Glas/Metall/Metalloxid-Matrix besteht, die durch ihren praktisch hermetisch dichten Aufbau gegenüber Einflüssen aus der Umgebung wie Luftfeuchtigkeit unempfindlich ist. Als Ergänzung zu den nicht-magnetischen Widerständen sind von ähnlich spezialisierten Herstellern von Keramik-Chipkondensatoren auch entsprechende Kondensatoren

AUTOR
 Dipl.-Phys. Werner Kühnl
 ist Geschäftsführer der
 SRT Resistor Technology
 GmbH in
 90556 Cadolzburg

verfügbar, deren Kontaktschicht kein Nickel enthält, sondern aus einer speziellen AgPdPt-Legierung mit guten Löt- und Ablegier-Eigenschaften besteht.

Kontaktierung durch Leitleben anstelle Löten

In verschiedenen Anwendungen wie der Luft- und Raumfahrt oder bei medizinischen Implantaten ist die Kontaktierung von Chipwiderständen mit Lötverfahren wegen der dabei notwendigen hohen Temperaturen nicht möglich oder nicht gestattet. In solchen Fällen ermöglichen die Kontaktschichten entsprechend Bild 2 eine Kontaktierung mit Leitlebern, die bei wesentlich niedrigeren Temperaturen ausgehärtet werden können. Standard-Chipkontakte entsprechend Bild 1 sind dafür nicht geeignet, da sich zwischen der Zinnschicht und dem Leitleber eine intermetallische Phase ausbildet, die im Laufe der Zeit zu einer deutlichen Reduzierung der Haftfestigkeit führt. Die Kontaktierung durch Leitleben hat sich seit fast zwei Jahrzehnten auch in der Automobilelektronik bewährt, wo derartige Chipwiderstände zusammen mit ungehäuteten Halbleitern geklebt werden, weil in solchen Fällen die Löttechnik ausscheidet. Chipwiderstände mit einem Aufbau entsprechend Bild 2 bieten neben der nichtmagnetischen Eigenschaft auch die Möglichkeit, bei sehr hohen Temperaturen bis in den Bereich von 300 °C einsetzbar zu sein. Da die Widerstände und Kontakte bereits eine Temperatur von ca. 850 °C im Brennprozess während der Herstellung gesehen haben, tritt bei Umgebungstemperaturen bis ca. 500 °C keine wesentliche Veränderung des Widerstandes mehr auf. Da bei Temperaturen im Bereich von 300 °C eine Lötverbindung schwerwiegende Probleme bereitet, bietet sich auch hier die Kontaktierung mit leitfähigen Klebern an. Dazu gibt es silbergefüllte Epoxykleber bis 250 °C Dauertemperatur (300/350 °C kurzzeitig) sowie silbergefüllte Polyimide für Dauertemperaturen bis 350 °C und kurzzeitig bis 400 °C.

Struktur von Hochspannungswiderständen

Zur Erzeugung von Röntgenstrahlen für medizinische und technische Anwendungen werden Widerstände mit relativ hohen Werten im Megaohm- und Gigaohm-Bereich und möglichst geringer Temperatur- und Spannungsabhängigkeit mit hoher Langzeitstabilität benötigt. Da hochpräzise Dünnschichtwiderstände nur mit relativ niedrigen Widerstandswerten herstellbar sind, müssen dafür Widerstände in Dickschichttechnik optimiert werden.

Die Eigenschaften der auf dem Markt verfügbaren Materialien für Dickschicht-Widerstände haben mit zunehmendem Flächenwiderstand schlechtere Stabilitäts-Eigenschaften. Damit stellt der Einsatz einer möglichst niederohmigen Paste durch die Anwendung einer möglichst schmalen und langen Widerstandsbahn einen nahe liegenden Schritt zur Erreichung optimaler Eigenschaften eines Hochspannungs-Widerstandes dar (**Bild 3, 4**). In diesem Beispiel konnte durch die Geometrie des Widerstandes der für den gleichen Endwert einsetzbare Flächenwiderstand um den Faktor 5 reduziert werden. Damit verbunden ist allerdings infolge der geringeren Abstände der Widerstandsbahnen eine Verringerung der Spannungsfestigkeit von 30 kV auf etwa 10 kV.

Ein weiterer Nachteil von Widerstandsstrukturen mit geringer Breite liegt in der Zunahme der Streuung der Widerstandswerte. Dazu tragen zunächst Fehler im Druckbild bei, die sich bei ge- ►

ringere Breite wesentlich stärker als bei breiten Widerstandsbahnen auswirken. Bei hochohmigen Pasten begrenzt jedoch auch der Leitungsmechanismus eine weitere Reduzierung der Bahnbreite. Wie in **Bild 5** schematisch dargestellt, wird nach der in der Fachliteratur überwiegend vertretenen Ansicht der Widerstand im hochohmigen Bereich durch Ketten von leitfähigen Bereichen gebildet. Wenn die Anzahl der durchgehenden Ketten abnimmt, verursachen statistische Schwankungen eine zunehmende Streuung der Widerstandswerte.

Abgleich und Messung von Hochohmwiderständen

In der geometrischen Struktur der Hochspannungswiderstände von Bild 3 und 4 sind Bereiche erkennbar, die für den Abgleich des Widerstandswertes durch einen kontinuierlichen Einschnitt (Bild 3 mittig) oder ein Durchtrennen von Brücken (Bild 4 mittig und außen) vorgesehen sind. Ein rationeller kontinuierlicher Abgleich mit

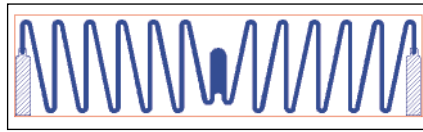


Bild 3: Struktur für 30 kV bei 50 mm Länge (HVR50).

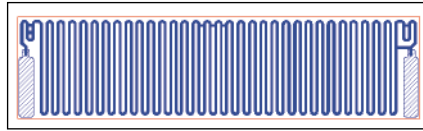


Bild 4: Struktur für 10 kV auf 50 mm Länge (HVM 50).

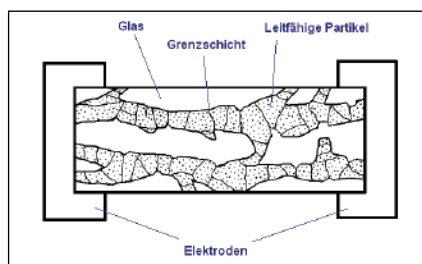


Bild 5: Schematische Darstellung der Leitfähigkeitsbereiche von Hochohmwiderständen.

Lasersystemen ist jedoch nur bei Flächenwiderständen bis in den 100 M-Bereich möglich, da darüber die innere Struktur des Widerstandes verändert wird. Eine Alternative zum Laserabgleich stellen Sandstrahltrimmer dar, die keine Strukturänderung erzeugen. Dafür beeinflussen bei Werten im Gigaohm-Bereich die Sandpartikel durch die mit ihnen transportierten Ladungen den Messwert des Widerstandes, so dass während des Abgleichs keine gleichzeitige Messung möglich ist. In diesen Widerstandsbereichen stellt das iterative Durchtrennen von Brücken wie in Bild 4 das einzig mögliche Abgleichverfahren dar. (sb)

 **infoDIRECT** 424e/1108
www.elektronik-industrie.de
▶ [Link zu SRT](#)
 **Halle B6 Stand 110**