

■ Sensorik:

## Sensor-Elemente in Leiterplatten

Mit modifizierten Leitpolymeren lassen sich per Siebdruck nicht nur passive Komponenten realisieren, die in Zwischenlagen eingebettet werden können, um die Packungsdichte zu erhöhen. Mit solchen Leitpolymeren können auch Sensoren einfach, zuverlässig und kostengünstig auf strukturierte Leiterplatten gedruckt werden – direkt neben der Auswertelektronik.

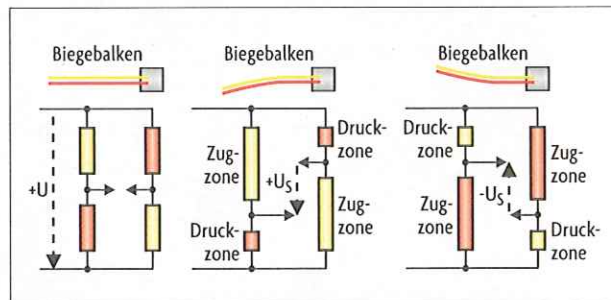
Potentiometrische Sensoren mit Leitpolymerschichten ist, bezogen auf die Stückzahlen, die am häufigsten angewendete Technik zur Weg- und Winkelmessung. Solche potentiometrische Sensoren lassen sich extrem einfach aufbauen. Es muss dabei „lediglich“ die Interaktion zwischen dem dynamischen Kontaktschleifer und der Leitpolymerschicht beherrscht werden. Für diese passive Sensor-Bauart werden nur zwei Teile zur Signalergzeugung benötigt: die Potentiometer- und Kollektorbahnen sowie der Schleifer. Das Ausgangssignal des als Spannungsteiler arbeitenden Sensors – im Bereich zwischen 0 bis 100 Prozent – kann ohne Verstärker weiterverarbeitet werden und ist dabei weitgehend unabhängig von der Versorgungsspannung. Ein solcher passiver Sensor verursacht keine elektromagnetischen Interferenzen (EMI). Die Temperaturabhängigkeit des Widerstandsmaterials liegt unter 15 ppm/K, und wenn ein entsprechend temperaturstabiles Substrat wie z.B. Polyimid gewählt wird, dann können potentiometrische Sensoren sogar bei Umgebungstemperaturen bis zu 180 °C arbeiten. Für die Lebensdauer entscheidend ist dabei die tribologisch richtige Materialkombination – die Optimierung der bewegten Oberflächen, um Reibung und Verschleiß zwischen Schleifer und Polymerschicht zu vermindern.

Insbesondere für Bedienelemente werden Potentiometer zum Beispiel als

### Potentiometrische Weg- und Winkel-Sensoren in der Leiterplatte

der Heißluftverzinmung (HAL, Hot Air Leveling) der Leiterplatte und den Lötprozess (Reflow, Welle) überstehen. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, dann kann das Potentiometer direkt auf die Leiterplatte gedruckt werden. Herkömmliche, auf die Leiterplatte lötbare Potentiometer bestehen im Durchschnitt aus fünf bis sieben Einzelteilen. Nutzt man die Leiterplatte als eines der Elemente des Potentiometers, dann sind lediglich noch drei weitere Einzelteile nötig: die Welle mit dem Rotor, ein heißgenieteter Schleifer und das Gehäuse mit Wellenlager. Da die Leitpolymerschicht beinahe verschleißfrei arbeitet, kann sie zudem als Gleitlager dienen und die Welle auch axial abstützen. Dadurch werden mechanische Einzelteile eingespart und zugleich große Toleranzen ausgeglichen.

analoge Sollwertgeber oder auch als Encoder (Inkrementalgeber) benötigt. Für diese Anwendung bieten sich in die Leiterplatte integrierte Potentiometer an, wie sie etwa die Firma Würth Elektronik ([www.we-online.de](http://www.we-online.de)) in einer „FLATcomp“ genannten Polymertechnik realisiert. Voraussetzung ist, dass die Polymerschichten den Prozess



Ein aus der Leiterplatte herausgefräster Polymerbiegebalken trägt auf der Ober- und Unterseite eine Widerstandsschicht. Je nach Auslenkung, werden die Widerstandsschichten einer Zug- oder Druckbelastung ausgesetzt, die den Widerstand erhöht oder senkt. (Quelle: Würth Elektronik)

### Leiterplatte als Biegebalken

Dehnungsmessstreifen (DMS) werden normalerweise auf metallische Biegebalken geklebt und als Wheatstone-Bridge verschaltet. Sie liefern eine der Kraft proportionale Spannung, die in mV/V angegeben wird. Üblich sind hier Werte zwischen 1 mV/V und 4 mV/V. Das bedeutet: Um ein 100-Prozent-Signal zu erhalten, ist eine Verstärkung um den Faktor 250 bis 1000 erforderlich.

Ein Biegebalken lässt sich auch aus einer Leiterplatte (FR4) fräsen. Die Widerstandsschichten werden beidseitig auf die am stärksten gestressten Zonen des Biegebalkens gedruckt – diese lassen sich durch eine Finite-Elemente-Analyse ermitteln – (Bild). Die Druck- und Zug-Belastung der Widerstandsschicht führt dann zu einer Widerstandsänderung analog zu einem Spannungsteiler. Der vollständig symmetrische Aufbau auf Ober- und Unterseite sorgt für einen kleinen Temperaturkoeffizienten des Sensor-Signals. Solche Polymerbiegebalken erreichen einen Offset von weniger als 100 ppm/K und einen Temperaturkoeffizienten der Empfindlichkeit von unter 30 ppm/K.

Im Unterschied zu den klassischen Biegebalken mit DMS, die mit Verformungen im µm-Bereich arbeiten, liegen die Verformungen an Biegebalken auf FR4-Basis im mm-Bereich. Sie lassen sich deshalb auch als Kurzwegaufnehmer einsetzen. Der Sensor ist letztlich wie ein Potentiometer als passives Bauteil ohne spezielle Signalverarbeitungsschaltung verwendbar. Im Gegensatz zum Potentiometer benötigt der Kurzwegaufnehmer aber keinen bewegten Schleifer. Ein x-y-Joystick etwa lässt sich so durch vier FR4-Zungen direkt in eine Leiterplatte integrieren. Kurzwegaufnehmer mit integriertem Federelement können schließlich als sensible Taster agieren, um Stellweg und Stellkraft mit zu erfassen

F. Dietrich/h.