

BGIA/BGETE Vortragsveranstaltung  
 „Sicherheit bei der Materialbearbeitung mit Laserstrahlung“  
 23./24.09.2009, DGUV-Akademie Hennef

## „Auswahl von Sensoren in Sicherheitssystemen für handgeführte Laser – Funktionsprinzipien und Anwendungsbeispiele“

Dirk Engelmann, Prüfenieur im BGETE Prüflabor Dresden

### Einleitung:

Die Auswahl an geeigneten und sicherheitstechnisch zertifizierten Sensoren für die industriellen Sicherheitssysteme ist groß. Aber für Anwendungen, wie in Handbearbeitungsköpfen mobiler Lasereinheiten, wo i.d.R sehr beengte Platzverhältnisse herrschen, ist die Zahl potentiell einsetzbarer Sensoren sehr überschaubar. Und nicht überall ist es möglich, die mechanisch relevanten Überwachungsparameter eines Handbearbeitungslasersystems, wie Lage und/oder Abstand zum bearbeiteten Objekt, auch rein mechanisch (taktile) mit Sicherheitstastern zu erfassen.

Der Vortrag soll eine Übersicht über die Funktionsprinzipien von Sensoren, speziell für Sicherheitssysteme in Handbearbeitungslasersystemen, geben und repräsentative Anwendungsbeispiele dieser Sensoren aufzeigen.

### Funktionsprinzipien:

Für eine systematische Darstellung der Funktionsprinzipien relevanter Sensoren kann zunächst eine Einteilung in eine taktile (kontaktbehaftete) und eine nicht-taktile (kontaktlose) Signalaufnahme einer physikalischen Messgröße vorgenommen werden:

- taktile →            direkt wirkend →    elektro-mechanisch
- indirekt wirkend → resistiv, piezo-elektrisch, piezo-resistiv
- nicht-taktile →    kapazitiv, induktiv, optisch, magnetisch, akustisch (Ultraschall)

Dabei ergeben sich folgende Vor- und Nachteile für taktile und nicht-taktile Sensoren:

	<b>taktile Sensoren</b>	<b>nicht-taktile Sensoren</b>
<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bewährte Bauteile (elektro-mechanische Schalter)</li> <li>- robust und zuverlässig</li> <li>- leicht integrierbar</li> <li>- kostengünstig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- benötigen keinen direkten mechanischen Kontakt zum Objekt</li> <li>- mechanisch verschleißfrei</li> <li>- robust und zuverlässig</li> <li>- kleine Bauformen möglich</li> </ul>
<b>Nachteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- benötigen direkten mechanischen Kontakt zum Objekt</li> <li>- mechanischer Verschleiß</li> <li>- begrenzt kleine Bauform</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- i.d.R. teurer als taktile Sensoren (Sicherheitsbauelemente)</li> <li>- größerer Einfluss durch die physikalische Umwelt bzw. Umgebung</li> </ul>

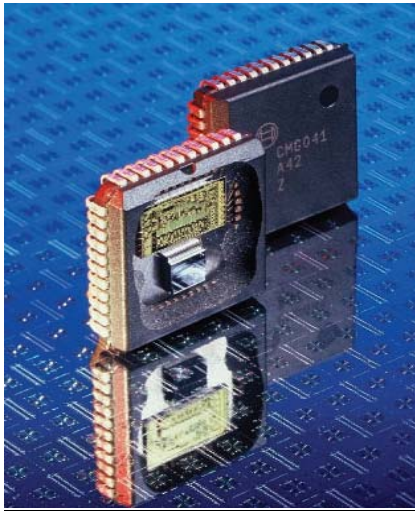
Folgende Tabelle beschreibt kurz die Funktionsweisen der Sensoren:

<b>Funktionsprinzip</b>	<b>Funktionsweise</b> (Die Anwesenheit des zu erkennenden Objektes wird realisiert durch ...)	<b>Meßgröße</b>
elektro-mechanisch	direktes Abtasten mittels elektro-mechanischem Taster	U (binär)
resistiv	indirektes Abtasten mittels mechanisch einseitig aufgehängtem Balken mit darauf befindlichen Dehnungsmessstreifen (DMS)	$\Delta R$ (analog)
piezo-elektrisch	indirektes Abtasten mittels mechanisch einseitig aufgehängtem Balken mit darauf befindlicher Piezomechanik (Nutzung des piezo-elektrischen Effektes)	$\Delta U$ (analog)
piezo-resistiv	indirektes Abtasten mittels mechanisch einseitig aufgehängtem Balken mit darauf befindlichen HL-Werkstoffes (Nutzung des piezo-resistiven Effektes)	$\Delta R$ (analog)
kapazitiv	berührungsloses Abtasten mittels elektro-magnetisch angeregter Feldplatte	$\Delta f$ (analog)
induktiv	berührungsloses Abtasten mittels elektro-magnetisch angeregter Feldspule	$\Delta f$ (analog)
optisch	berührungsloses Abtasten mittels elektro-magnetischer (optischer) Strahlung (NIR)	$\Delta t$ (analog)
magnetisch	berührungsloses Abtasten mittels Hall-Element unter Verwendung eines magnetisch markierten Objektes	$\Delta U$ (analog)
akustisch	berührungsloses Abtasten mittels akustischer Schallwellen (Ultraschall)	$\Delta t$ (analog)

Folgende mechanischen Arbeitsparameter (an Handbearbeitungslasersystemen) werden mit den o.a. Funktionsprinzipien (teilweise mit Einschränkungen) erfassbar:

<b>Funktionsprinzip / mechanischer Arbeitsparameter</b>	elektro-mechanisch	resistiv	piezo-elektrisch	piezo-resistiv	kapazitiv	induktiv	optisch	magnetisch	akustisch
Lage in der Ebene / im Raum	+/-	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/-	+/+
statischer / dynamischer Bewegungszustand	+/-	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/-	+/+
Geschwindigkeit	-	(+)	+	+	+	+	(+)	-	(+)
Beschleunigung	-	(+)	+	+	+	+	(+)	-	(+)
Winkel bezüglich einer Raumebene	-	(+)	(+)	(+)	+	+	(+)	-	+
Materialeigenschaften des zu erkennenden Objekts	-	-	-	-	+	+	+	+	(+)

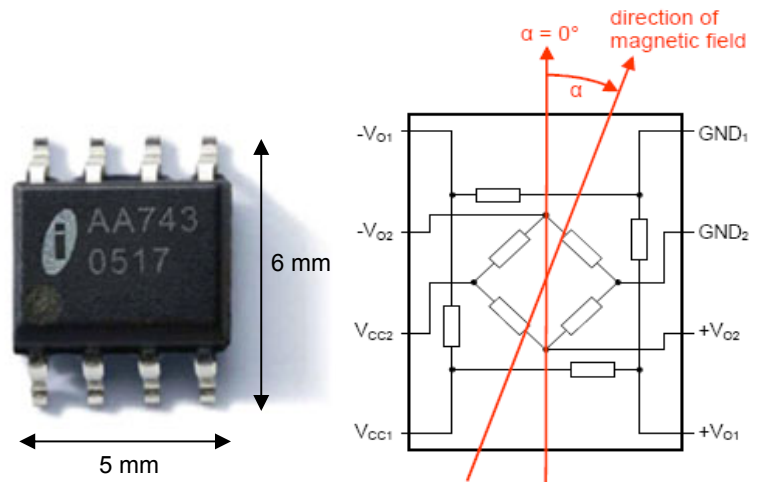
Anwendungsbeispiele:



Aufgeschnittenes Sensorgehäuse in Zwei-Chip-Ausführung: oben der Auswerte-IC, unten ein Drehratensensor in MST-Bauweise. Das Gehäuse steht auf einem Wafer, auf dem bereits Hunderte von Sensorchips strukturiert sind.

Bildquelle:

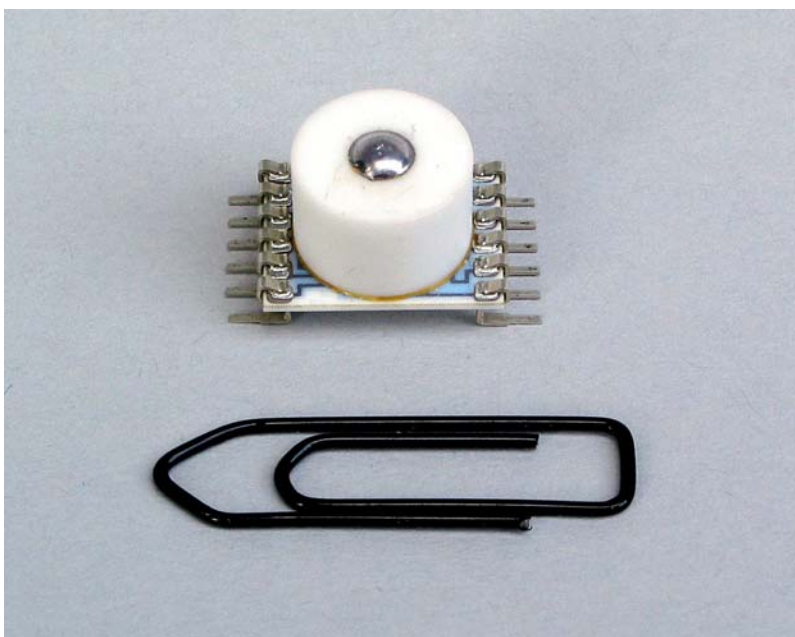
Robert Bosch GmbH



Der AA743 ist ein Winkelsensor basierend auf dem "Anisotropic Magneto-resistive" (AMR) Effekt. Der Sensor besteht aus zwei galvanisch voneinander getrennten und um 45° relativ zueinander verdrehten Wheatstone-Brücken. Ein rotierendes Magnetfeld in der Sensorebene liefert zwei um 90° zueinander phasenverschobene Sinussignale mit doppelter Frequenz des Magnetfeldes. Die Signale lassen sich mit den Funktionen  $+\sin(2\alpha)$  und  $+\cos(2\alpha)$  beschreiben.

Bildquelle:

Sensitec GmbH



Zwei-Achs-Neigungssensor mit einem Messbereich von +/- 45° und analogem oder digitalem Signalausgang für Schutzklasse IP 65

Bildquelle:

HL-Planartechnik GmbH

Anwendungsbeispiele (Fortsetzung):



Die Dünnschicht-Druckmesszellen ( $\varnothing$  ca. 15 mm) stehen in den verschiedensten Varianten für die Druckbereiche von 25 bar bis 3.000 bar zur Verfügung. Neben den Standardsensoren mit NiCr-Schicht sind für höhere Temperaturbereiche auch Messzellen mit TiON-Schichten verfügbar. Diese TiON-Messzellen haben zudem ein höheres Ausgangssignal von 5,5 mV/V, anstatt der sonst üblichen 2 mV/V.

Die mechanische Montage auf der druckbeaufschlagten Seite erfolgt durch Schweißen, auf der elektrischen Seite ist, neben dem Auflöten von Drähten auch Bonden möglich.

Für Anwendungen mit hoher Stückzahl steht auch die OPTI-Messzelle mit TiON-Schicht zur Auswahl.

Bildquelle:

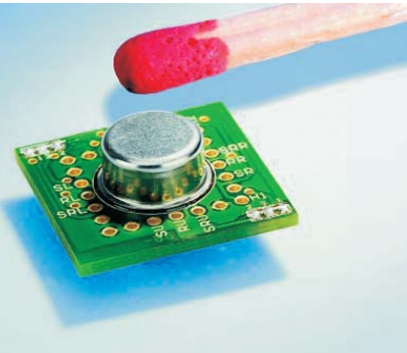
Sensor-Technik Wiedemann GmbH

Fazit:

Es ist ein breites Angebot an hochintegrierten Sensoren oder Sensorsystemen am Markt verfügbar, aber diese sind selten für den Einsatz in industriellen Sicherheitssystemen ertüchtigt (fehlende Zertifizierung etc.). Daher ist in industriellen Sicherheitssystemen häufig eine (diversitär oder homogen) redundante Struktur erforderlich.

*Für weitergehende Fragen stehe ich gern zur Verfügung.*

Kontakt: BG Energie Textil Elektro, Prüflabor Dresden  
Stübelallee 49c  
01309 Dresden



Der thermodynamische Neigungs- und Beschleunigungs-Sensor arbeitet mit einem völlig neuen Sensorprinzip. In einem gekapselten mit Gas befüllten Volumen, verursacht ein Heizer eine Konvektionsströmung, welche sich am Gravitationsfeld der Erde und einem ev. überlagerten Beschleunigungsfeld ausrichtet. Temperaturempfindliche Widerstandselemente, seitlich positioniert zu dem Heizer, detektieren die Temperatur des umgebenden Gases. Jede Art von Bewegung (Neigung bzw. Beschleunigung) verursacht eine Veränderung der Konvektionsströmung. Die Veränderung der Konvektionsströmung wiederum bewirkt eine Widerstandsänderung in den Sensorelementen.

Bildquelle:

Thyracont

**Web-Link zum Projekt F2158:**

[www.baua.de/..](http://www.baua.de/)

[Engelmann.Dirk@bgete.de](mailto:Engelmann.Dirk@bgete.de)

Tel.: (0351) 3148 0