

Sensing Material als integriertes Sensorsystem

Kraftmessung mit Vibrations- und Gyroskopdetektion durch einvulkanisierte Sensorik



Was sind Sensing Materials?

„Sensing Materials (sensible Materialien) sind spezielle Werkstoffe, die physikalische oder chemische Reize (wie Druck, Temperatur, Licht oder Gase) direkt in messbare Signale, meist elektrische Widerstands- oder Kapazitätsänderungen, umwandeln. Sie ermöglichen die Integration von Sensorik direkt in Bauteile, wodurch diese „intelligent“ werden und Zustände in Echtzeit überwachen können.“ Quelle Fraunhofer IPMS

Die Kraftmessung erfolgt über eine in das elastomere Grundmaterial vollständig einvulkanisierte Messzelle. Das zugrunde liegende Wirkprinzip basiert auf der Änderung eines elektrischen Feldparameters infolge mechanischer Verformung. Das Sensorelement nutzt eine integrierte Mehrschichtarchitektur, bei der mechanisch induzierte Strukturänderungen in eine proportionale Änderung eines elektrischen Ausgangssignals überführt werden. Wird das Material belastet, führt die elastische Verformung zu einer geometrischen Veränderung der internen Struktur. Diese bewirkt eine proportionale Änderung der elektrischen Kenngröße, die als Messsignal ausgewertet wird.

Geeignet für flächige und verteilte Lasten

Das Messprinzip eignet sich insbesondere für flächige und verteilte Lasten, da die Kräfteinleitung nicht punktuell, sondern homogen über das gesamte Sensorelement erfolgt. Durch die geringe Bauhöhe der integrierten Messstruktur ergeben sich hohe Freiheitsgrade bei der Gestaltung des Sensing Materials hinsichtlich Geometrie, Abmessungen und messbarem Lastbereich.

Inertielle Sensorik

Ergänzend zur Kraftmessung ist das Sensing Material mit inertialer Sensorik ausgestattet. Ein integrierter Beschleunigungssensor erfasst lineare Beschleunigungen und ermöglicht die Detektion von Vibrationen, Schwingungen sowie Stoßereignissen. Die daraus gewonnenen Signale liefern wertvolle Informationen über dynamische Belastungen, Betriebszustände oder unerwünschte Schwingungsanregungen.

Gyroskopsensor

Optional kann zusätzlich ein Gyroskopsensor integriert werden, der Winkelgeschwindigkeiten misst und damit Aussagen über Neigung, Rotation sowie die räumliche Ausrichtung des Sensing Materials erlaubt. Die Kombination aus Beschleunigungs- und Drehratensensorik ermöglicht eine umfassende inertielle Zustandsbeschreibung. Dadurch lassen sich sowohl statische als auch dynamische Bewegungen erfassen,

Sensorische Funktionalisierung von Materialien

In modernen Industrieanwendungen steigt der Bedarf, mechanische und dynamische Zustandsgrößen direkt im Bauteil oder Material zu erfassen, anstatt diese über diskrete, nachträglich montierte Sensoren abzuleiten. Klassische Sensor-konzepte erfordern häufig zusätzliche Gehäuse, mechanische Kopplungen oder Schutzmaßnahmen, was Systemkomplexität und Schnittstellen erhöht. Die vorgestellten Sensing Materialien verfolgen daher einen integrativen Ansatz: Die Sensorik wird funktional in ein Elastomer eingebettet und das Material selbst übernimmt die Rolle des Sensors.

Autor:

Robin Ellinger

Produktmanager

Angst+Pfister Sensors and Power AG

sensorsandpower@angst-pfister.com

<http://sensorsandpower.angst-pfister.com>



Bild 1: Ultradünner Kraftsensor

beispielsweise Schiefstellungen, rotatorische Bewegungen oder hochfrequente Vibrationen.

Vulkanisierte Sensorintegration im Elastomer

Ein zentrales technisches Merkmal des Sensing Materials ist die vollständige Vulkanisierung der Sensorik in das Elastomer. Die Messzelle, der Beschleunigungssensor, der Gyroskopsensor sowie die zugehörige Elektronik sind dauerhaft in die elastomere Matrix eingebettet. Es entsteht eine monolithische, geschlossene Struktur ohne offene Sensorelemente oder freiliegende Leiterbahnen. Die elektrische Anbindung an die Auswerteelektronik des Kunden kann entweder durch einen integrierten Stecker oder durch eine integrierte Leitung geschehen. Durch eine integrierte Leitung kann eine hohe IP-Schutzklasse erreicht werden.

Kopplung zwischen Material und Sensorik

Diese Bauweise gewährleistet eine definierte und reproduzierbare mechanische Kopplung zwischen Material und Sensorik. Gleichzeitig übernimmt das Elastomer eine dämpfende Funktion und schützt die Sensoren zuverlässig vor Feuchtigkeit, Schmutz und mechanischen Überlasten. Das Sensing Material ist dadurch wasserdicht, unempfindlich gegenüber Umwelteinflüssen und einfach zu reinigen. Einvulkanisierte Sensoren bieten gegenüber diskreten Sensorelementen signifikante Vorteile. Die vollständige Einkapselung sorgt für hohe Langzeitstabilität, da Korrosion, Verschmutzung oder mechanischer Verschleiß ausgeschlossen sind.

Gezielte Dämpfung

Darüber hinaus erlaubt die elastomerbasierte Einbettung eine gezielte Dämpfung von Vibrationen und Stoßbelastungen (Bild 2), was sowohl



Bild 2: Dämpfer mit integriertem Positions- und Vibrationssensor

die Lebensdauer der Sensorik als auch die Qualität der Messsignale verbessert. Wartungs- und Reinigungsaufwand werden deutlich reduziert, was insbesondere für Anwendungen mit hohen hygienischen oder umweltbedingten Anforderungen relevant ist.

Die Messdaten aus Kraft-, Beschleunigungs- und Gyroskopsensorik werden intern aufbereitet und über eine digitale Schnittstelle bereitgestellt. Diese standardisierte Schnittstelle erleichtert die Integration in bestehende Steuerungs- und Auswertesysteme und ermöglicht eine synchrone Erfassung mehrerer Messgrößen.

Anwendungsbeispiele des Sensing Materials

Bild 1 zeigt einen ultradünnen Kraftsensor. Das Sensing Material eignet sich für eine Vielzahl industrieller Anwendungen. Ein Beispiel ist die Lastmessung in Nutzfahrzeugen wie LKW oder Traktoren. Hier kann das Elastomer als lasttragendes Element eingesetzt werden, das die aufgebrachte Last erfasst. Gleichzeitig wirkt das Elastomer als mechanischer Dämpfer, der Vibrationen aus dem Fahrbetrieb reduziert und die Sensorik vor Wasser, Schmutz und mechanischer Beschädigung schützt.

Ein weiteres Anwendungsbeispiel ist eine Tamper-Matte (Bild 3) für die Espresso-Zubereitung.

In dieser Anwendung stellt das Sensing Material sicher, dass das Kaffeepulver stets mit der gleichen Kraft angepresst wird. Unabhängig vom Bedienpersonal wird so eine gleichmäßige Kompression erreicht, was zu einer konstanten Extraktion und einem reproduzierbaren Geschmack führt.

Als drittes Beispiel kann ein Dämpfungselement (Bild 2) genannt werden, das neben seiner primären mechanischen Funktion gleichzeitig Vibrationen misst. Durch die Kombination von Dämpfung und Sensorik lassen sich Schwingungszustände direkt im Bauteil erfassen, ohne zusätzliche Sensoren montieren zu müssen.

Kundenspezifische Auslegung und Erweiterbarkeit

Das Sensing Material ist hochgradig kundenspezifisch auslegbar. Geometrie, Elastomerhärte, Kraftmessbereich, Sensorbestückung und zusätzliche Features können an die jeweilige Applikation angepasst werden. Dadurch lassen sich maßgeschneiderte Lösungen realisieren, die mechanische Funktion und Sensorik in einem einzigen Bauteil vereinen.

Zusammenfassung

Das vorgestellte Sensing Material zeigt, wie durch die konsequente Integration von Kraftsensorik, Beschleunigungs- und Gyroskopsensorik in ein Elastomer robuste, langzeitstabile und reinigbare Sensorsysteme entstehen. Die einvulkanisierte Bauweise ermöglicht eine enge Kopplung von Material und Sensorik und eröffnet neue Möglichkeiten für kundenspezifische, integrierte Messlösungen in der industriellen Sensor- und Messtechnik. ◀



Bild 3: Tamper-Matte mit integriertem Kraftsensor und LED-Anzeige bei Erreichen des optimalen Tamper-Druckes