



*Sensorsystem bestehend aus einer einseitig polierten und mit dem Dünnschichtsensormaterial ( $d=9\ \mu\text{m}$ ) beschichteten Unterlegscheibe mit Kontaktbereich und einem Gegenring.*

## INTELLIGENTE UNTERLEGS- SCHEIBEN MESSEN DIE SPANNKRAFT IN SCHRAUB- VERBINDUNGEN

### Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST

Bienroder Weg 54 E  
38108 Braunschweig

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Saskia Biehl  
Telefon +49 531 2155-604  
Fax +49 531 2155-900  
saskia.nina.biehl@ist.fraunhofer.de

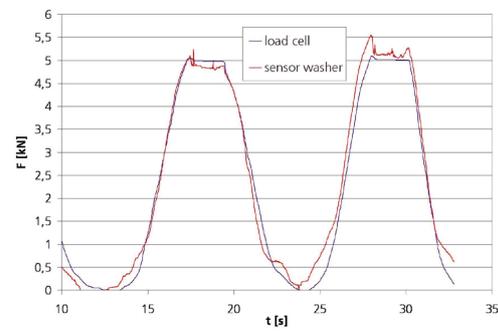
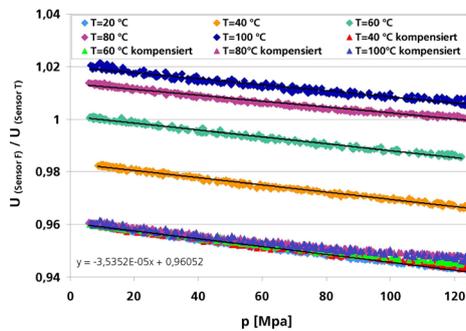
[www.ist.fraunhofer.de](http://www.ist.fraunhofer.de)

Die exakte Bestimmung von Spannkraften in Schraubverbindungen ermöglicht die am Fraunhofer IST entwickelte Dünnschichtsensorik. Die Unterlegscheibe wird mit einer nur wenige Mikrometer dicken Sensorschicht DiaForce® beschichtet, die aus amorphem Kohlenwasserstoff besteht und im Schraubvorgang ihren Widerstand ändert.

Unterlegscheiben mit integrierter Lasche für die Kontaktierung der Sensorstrukturen werden im ersten Beschichtungsprozess homogen mit der piezoresistiven Sensorschicht DiaForce® im Schichtdickenbereich von 4-6  $\mu\text{m}$  beschichtet. Im Anschluss wird die Oberfläche fotolithografisch strukturiert. Die mit

Fotolack maskierte Oberfläche wird mit Chrom in einer Dicke von 200 nm beschichtet. Im Anschluss wird der Fotolack entfernt. Man erhält auf der Oberfläche drei Elektrodenstrukturen, die von der umgebenden Chromschicht getrennt sind. Von diesen Strukturen liegen zwei Strukturen im späteren Schraubkontakt, während die mittlere außerhalb liegt und der Temperaturkompensation dient. Die Oberfläche mit Ausnahme der Kontaktbereiche wird homogen mit SiCON®, einer Isolations- und Verschleißschutzschicht, beschichtet. Ein zweiter Ring wird in direktem Kontakt mit dem Dünnschichtsystem durch eine Klebung mit dem Sensorring verbunden (Abb. 1). Diese Sensorsysteme weisen





*Charakteristische Widerstandsänderung bei vollflächiger Kraft-  
einwirkung bei unterschiedlichen Temperaturen.*

nicht nur ein piezoresistives Verhalten auf, sondern auch ein thermoresistives. Wenn sie sich erwärmen, fällt der Widerstand exponentiell ab und erreicht bei Abkühlung wieder seinen Ausgangswiderstand.

Bei einer reinen Kraftmessung darf die Temperatur keinen Einfluss auf das Sensorsignal haben. Daher liegt zur Kompensation eine der Strukturen außerhalb der Belastungsfläche. Diese Sensorstruktur wird in Reihe mit einer »belastbaren« Struktur geschaltet. Das Spannungsverhältnis  $U(\text{DiaForce}^{\circledR})/U(T)$  in Abhängigkeit von der Belastung zeigt einen linearen Kennlinienverlauf sowohl bei Raumtemperatur wie auch bei höheren Temperaturen (Abb. 2).

Es sind geringe Verschiebungen der Messgeraden zu erkennen, die mathematisch kompensiert werden können.

Der Nachweis für seine Funktionstüchtigkeit als Mess- und Sicherheitssystem wird erbracht, indem dieses Unterlegscheibensystem in einer Schraubverbindung mit einem Referenzkraftsystem charakterisiert wird. Die Kraftverläufe, die durch das DiaForce<sup>®</sup>-Unterlegscheibensystem und das Referenzkraftmesssystem detektiert werden, sind in Abb. 3 dargestellt. Es sind einheitliche Ergebnisse beider Systeme zu erkennen. Dies lässt darauf schließen, dass sich das DiaForce<sup>®</sup>-Schichtsystem

hervorragend für diese Anwendung eignet. Außerdem kann man davon ausgehen, dass es sich in der Serienproduktion deutlich günstiger produzieren lässt als derzeit handelsübliche Sensorsysteme.

**Herausgeber:**

Fraunhofer-Allianz Adaptronik  
Postfach 10 05 61  
64205 Darmstadt  
Tel: +49 6151 705-236  
Fax: +49 6151 705-214  
info@adaptronik.fraunhofer.de  
www.adaptronik.fraunhofer.de

**Geschäftsführer:**

Dr.-Ing. Tobias Melz

**Allianzsprecher:**

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka