

MEMS

MEMS

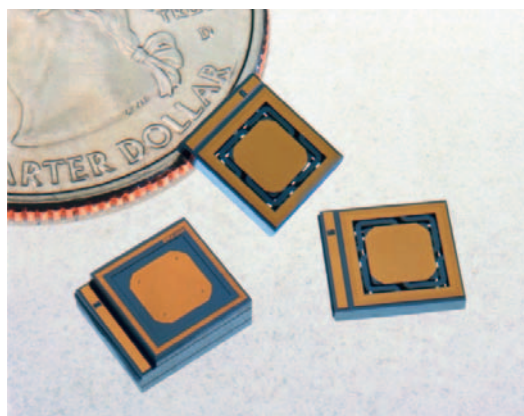
MEMS – eine Erfolgs-Story

Der fortschreitenden Miniaturisierung der Elektronik seit den 60-er Jahren des letzten Jahrhunderts folgte eine parallele Entwicklung bei den mechanischen Systemen. MEMS (Mikro-Elektro-Mechanische Systeme) sind deshalb in Forschung und Entwicklung ein intensiv behandeltes Thema mit großem wirtschaftlichen Potenzial.

Die notwendige Messtechnik für die Charakterisierung der Bauteile und die Validierung der zugrundeliegenden Modelle hinsichtlich ihres mechanischen Verhaltens ist Teil jedes Entwicklungsprojektes und der produktionsbegleitenden Qualitätssicherung. Die aus anderen Anwendungsbereichen bekannte hochwertige Messtechnik von Polytec steht auch für die Charakterisierung von Mikrostrukturen zur Verfügung.

Mikrosystemtechnik und MEMS

So exotisch die Mikrosystemtechnik (MST) noch vor einigen Jahren erschien, so schnell hat sie sich in vielen Produkten unentbehrlich gemacht. Sie ergänzt heute zahlreiche traditionelle sensorische und aktorische Systeme.



MEMS Beschleunigungsaufnehmer
(Courtesy Applied MEMS)

Beispiele für etablierte Anwendungen der MEMS-Technologie sind:

- Automobiltechnik (Drehratensensoren für ESP und GPS, Beschleunigungssensoren für Airbags)
- Unterhaltungselektronik (Digital Light Processing (DLP) für Computer-Projektoren)
- Telekommunikation (optische Schalter)

Polytec Messtechnik für MEMS

Polytec bietet auf Basis des seit vielen Jahren bewährten Know-hows im Bereich der berührungslos arbeitenden Schwingungsmesstechnik eine Reihe von Produkten zur Charakterisierung der Strukturdynamik von MEMS-Komponenten an.

MSV-300 Microscope Scanning Vibrometer

Das MSV-300 verwendet das Laser-Doppler-Vibrometrie-Verfahren zur berührungslosen Messung des flächenhaften Out-of-Plane Schwingungsverhaltens von Mikrostrukturen. Das Gerät lässt sich problemlos an jedes Mikroskop mit C-Mount-Adapter anschließen und ermöglicht die Messung von Flächen bis zu 320 x 240 µm² mit einer Auflösung von 1 µm.

PMA-300 Planar Motion Analyzer

Das In-Plane Bewegungsverhalten von MEMS ist aufgrund der nahezu spiegelnden Reflektion planarer Siliziumflächen für sichtbares Licht dem Verfahren der In-Plane Vibrometrie nicht zugänglich. Polytec benutzt deshalb im Planar Motion Analyzer PMA-300 das Verfahren der stroboskopischen Video-Mikroskopie. Hiermit kann das mechanische Schwingungsverhalten von Mikrostrukturkomponenten in der Ebene des Bauteils untersucht werden.

MMA-300 Micro Motion Analyzer

Der Micro Motion Analyzer MMA-300 besteht aus dem bewährten Microscope Scanning Vibrometer MSV-300 und dem Planar Motion Analyzer PMA-300 für die In-Plane Analyse. Durch die Erfassung aller 3 Raumrichtungen kann mit dem MMA-300 das dynamische Verhalten von MEMS vollständig charakterisiert werden. Der neue Polytec Micro Motion Analyzer MMA-300 ist auf sehr große Resonanz bei den Anwendern gestoßen. Erste Systeme sind bereits im Einsatz und weitere Aufträge aus Asien, Großbritannien und Deutschland liegen vor.

Lesen Sie mehr über Vorteile, Funktionsweise und Anwendungsgebiete des Polytec Micro Motion Analyzer MMA-300 auf Seite 6 dieser Ausgabe.

Mehr Infos unter E-mail: Lm@polytec.de

Erfolgreiche Charakterisierung von MEMS

VON ERIC LAWRENCE, POLYTEC PI – TUSTIN, CA USA UND KEVIN SPELLER, APPLIED MEMS – STAFFORD, TX USA



Bild 1

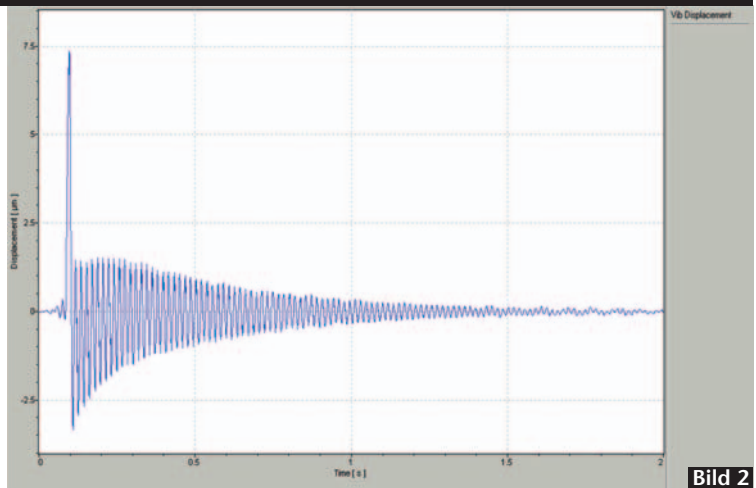


Bild 2

Messungen bei Applied MEMS, USA mit dem POLYTEC Microscope Scanning Vibrometer MSV-300

Die Laser Doppler Vibrometrie (LDV) ist ein etabliertes Verfahren zur Charakterisierung einer Vielzahl verschiedener MEMS Technologien wie Mikrooptiken, Beschleunigungsaufnehmer, Aktuatoren, Gyroskope, Oszillatoren und Mikropumpen. LDVs werden nicht nur bei der Entwicklung solcher MEMS, sondern mehr und mehr auch in der industriellen Produktionskontrolle eingesetzt. In diesem Artikel werden Untersuchungen an MEMS beschrieben, die von POLYTEC USA zusammen mit der Firma Applied MEMS durchgeführt wurden. Mit dem Micro-Scanning-Vibrometer (MSV-300) wurden zwei kommerziell verfügbare Produkte von Applied MEMS getestet: Ein DuraScan™ Mikrospiegel und ein rauscharmer Si-Flex™ Beschleunigungsaufnehmer.

Der MEMS DuraScan™ Spiegel ist ein elektrostatisch angeregter Spiegel, der um zwei definierte Achsen bewegt werden kann. Im Vergleich zu konventionellen Spiegeln wird der DuraScan™ Spiegel aus einem Silizium-Einkristall gefertigt und zeichnet sich durch kleine Baugröße (3 mm x 3 mm), geringere Kosten und höhere Leistungsfähigkeit aus. (Bild 1)

Mit dem MSV-300 wurden Echtzeit-Messungen des Antwortverhaltens durchgeführt, wenn der Spiegel von einem stabilen Kippzustand in einen anderen geschaltet wird. Hierbei sind Geschwindigkeit und Genauigkeit die Schlüsselindikatoren für eine hohe Leistungsfähigkeit des MEMS. Ein 150 Volt Impuls wurde angelegt um den Spiegel bei seiner prinzipiellen Torsionsresonanz bei 55 Hz anzuregen (Bild 2).

Das hierbei auftretende Nachschwingverhalten muss weitmöglichst entfernt werden, um den Spiegel für Anwendungen zur Strahlablenkung oder als optischer Schalter zu optimieren.

Die Spiegeleigenschaften wurden durch eine patentierte Kontrolltechnik (Input Shaping™) optimiert. Resonante Schwingungen werden durch eine kontrollierte schrittweise Auslenkung des Spiegels (Step Actuation) praktisch eliminiert. Mit dem POLYTEC MSV-300 wurden die Betriebsschwingungen des Spiegels bei dieser schrittweisen Anregung aufgenommen und visualisiert.

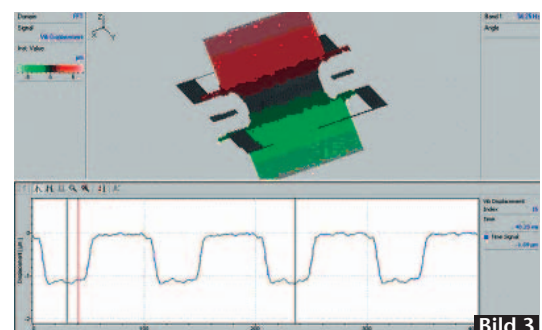


Bild 3

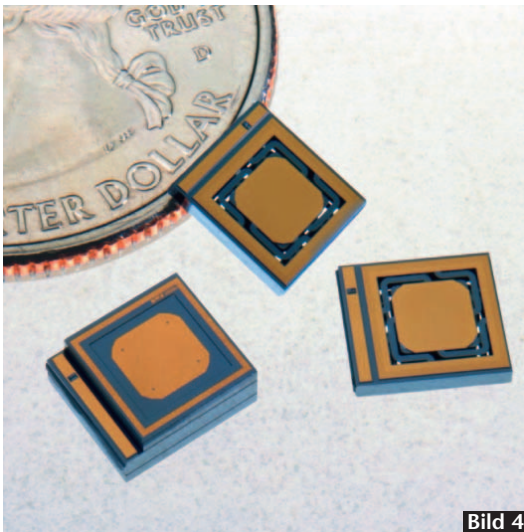


Bild 4

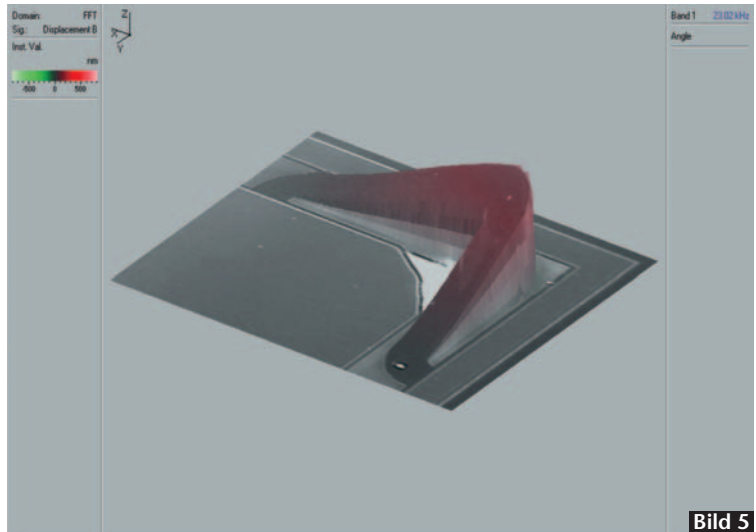


Bild 5

Die Darstellung der Messdaten in der Zeitdomäne als 3-D Schwingungsbild hat maßgeblich zum Verständnis des Schwingungsverhaltens des Mikrospiegels beigetragen. (Bild 3).

Der Spiegel wurde viele Male pro Sekunde zwischen seinen stabilen Kippzuständen hin- und hergeschaltet ohne dass unerwünschte Schwingungseffekte festgestellt wurden.

Weitere Messungen wurden zusammen mit Applied MEMS an den Si-Flex™ Beschleunigungsaufnehmern durchgeführt (Bild 4).

Diese MEMS sind stabile, robuste hochempfindliche Servo- Beschleunigungsaufnehmer mit einem Rauschpegel nahe bei $30 \text{ ng}/\sqrt{\text{Hz}}$ und einem Dynamikbereich von $>115 \text{ dB}$. Anwendungen dieser MEMS sind seismische Untersuchungen und Beobachtungen, Navigationsanwendungen, sowie Schwingungsanalyse und Monitoring.

In einem frühen Stadium der Entwicklung wurden im Ausgangssignal des MEMS-Beschleunigungsaufnehmers unerwünschte Resonanzen bei ca. 20 kHz festgestellt. Obwohl diese Frequenz außerhalb des Betriebsbereiches des Sensors liegt, wurde sie als Grund für eine verminderte Leistungsfähigkeit angesehen. Der genaue Grund für diese Resonanzfrequenz war nicht bekannt. Man vermutete mechanische Resonanzen als Ursache, die in der FEA Simulation gefunden wurden. Dieses Resonanzen könnten vielleicht das Closed-Loop Ausgangssignal des Sensors unerwünscht beeinflussen.

Scannende Messungen mit dem MSV-300 zeigten eine eindeutige mechanische Resonanz des Feder-Ellbogens (Bild 5). Da für diese Messungen lediglich eine mechanische Anregung des Sensors eingesetzt wurde, konnten elektrische Einflüsse

ausgeschlossen werden. Die Messungen zeigten weiterhin zusätzliche Resonanzen des Federarms bis zu Frequenzen von 1 MHz. Als Ergebnis der Messungen wurde der Sensor neu konstruiert und die unerwünschten Effekte dieser Resonanzen reduziert. Das optimierte Sensor Design zeigte dann auch ein deutlich besseres Verhalten.

Fazit

An diesen beiden Beispielen konnte gezeigt werden, dass die Laser-Doppler-Vibrometrie ein wertvolles Hilfsmittel bei der Entwicklung von MEMS Systemen sein kann. LDV Messungen werden herangezogen zur Charakterisierung, Fehlerbeseitigung und Designoptimierung von MEMS. Bei Applied MEMS hat das Polytec MSV-300 dazu beigetragen die Entwicklungszeit zu verkürzen, die Leistungsfähigkeit der MEMS zu erhöhen und somit die gesamten Herstellkosten zu reduzieren.

KONTAKT

Eric Lawrence
in unserer US-Niederlassung in Kalifornien:
ericl@polytecpi.com

Kevin Speller
von Applied MEMS:
info@appliedmems.com

Weitere Infos unter: Lm@polytec.de