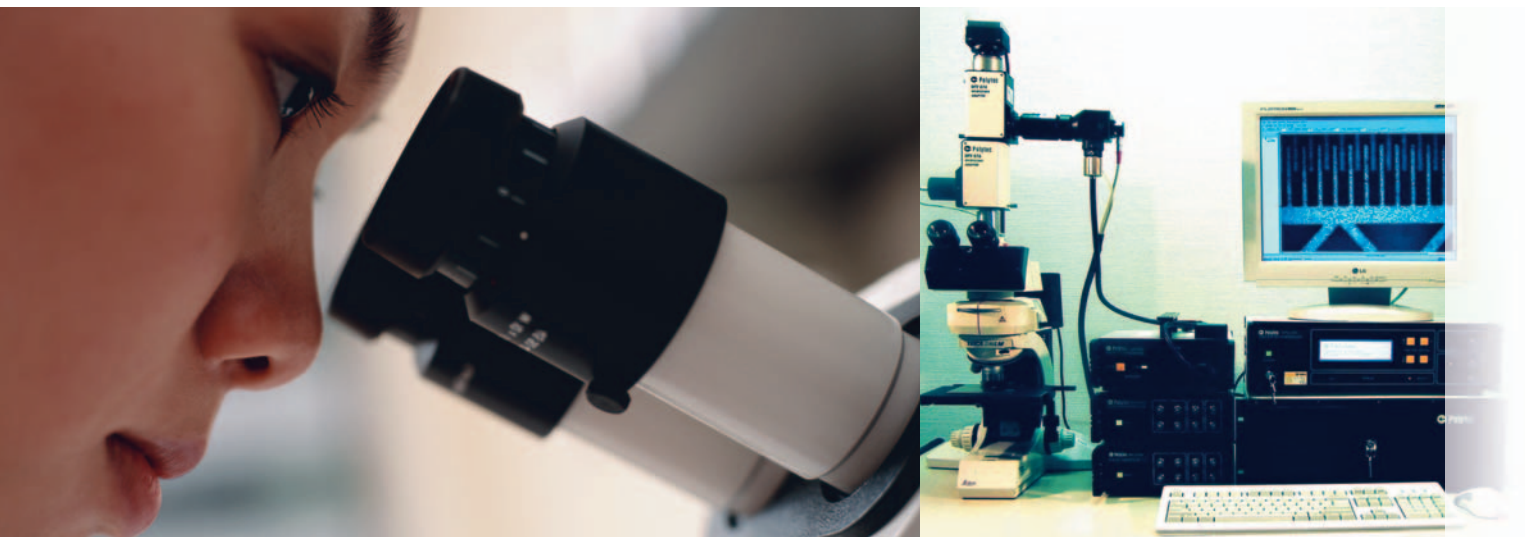


Einblick in die Dynamik der Mikrowelten



Micro Motion Analyzer MMA-300

Die vollständige Messtechnik für die Charakterisierung Mikro-Elektro-Mechanischer Systeme.

Das Microscope Scanning System MSV-300 leistet seit Jahren gute Dienste für die Charakterisierung des Out-of-Plane (senkrecht zum Messobjekt) Schwingungsverhaltens von Mikrostrukturen. Der hier neu vorgestellte Micro Motion Analyzer MMA-300 ermöglicht nun zusätzlich die Erfassung der In-Plane Bewegungskomponenten (in der Objektebene). Er besteht aus dem bewährten MSV-300 und dem Planar Motion Analyzer PMA-300 für die In-Plane Analyse. Durch diesen modularen Ansatz lässt sich ein vorhandenes MSV-System zu einem Micro Motion Analyzer upgraden.

Zielsetzung

Schnelligkeit bei gewohnt hoher Datengüte ist die Zielstellung für ein Messsystem, das sowohl in der Forschung und Entwicklung, als auch in der Produktion eingesetzt werden kann. Wer mit dem Prinzip des Laser-Doppler-Vibrometers (MSV-300) vertraut ist, erwartet innerhalb von Sekunden die komplette Systemantwort auf eine breitbandige Anregung in Form eines Spektrums zu erhalten. Durch das scannende Verfahren können auch große Bereiche des Bauteils innerhalb kurzer Zeit mit hoher Stützstellendichte (> 40.000 Punkte bei bis zu 100 Punkten/s) vermessen und in jeglicher Form ausgewertet werden.

Durch die bei vielen MEMS zusätzlich vorhandene In-Plane Komponente scheidet diese Möglichkeit als alleiniges Verfahren aus, da der Laserstrahl nur Schwingungsinformationen parallel zur Strahlrichtung enthält.

Alternativ lassen sich interferometrische bildgebende Verfahren wie ESPI oder Weißlicht-Interferometrie einsetzen, wie sie auch Polytec zur optischen Topographieerfassung im Nanometerbereich verwendet (TopMap 50 siehe S.10). Dieser Weg lässt sich aber mit den gesetzten Zielen nicht vereinbaren. Grund ist das Prinzip der interferometrischen Verfahren, dass für jede Phasenlage und jede Frequenz ein Bild aufgenommen werden muss und ein schnelles Durchfahren größerer Frequenzbereiche damit ausscheidet.

Messprinzip

Mit der gewählten Kombination aus Laser Doppler Vibrometer und stroboskopischer Video-Mikroskopie lassen sich Resonanzstellen der In-Plane Bewegung sofort ermitteln und mit der Video Mikroskopie verifizieren und auswerten (siehe Kasten). Dem MSV mit seiner Auflösung im pm-Bereich entgehen dabei auch kleinste den In-Plane Resonanzen korrespondierende Out-of-Plane Komponenten nicht. Mit dem Live Mode des PMA sieht man auf einen Blick, ob eine Bewegung erfolgt und ob offensichtliche Beschädigungen oder Einschränkungen am Bauteil vorhanden sind. Der Live Mode zeigt dabei die Bewegung des Bauteils bis zu Frequenzen von 1 MHz in Zeitlupe oder im Stillstand an einer definierten Phasenlage.

Der Vorteil des kombinierten Verfahrens ist, dass die In-Plane Daten nur in den vorher mit dem Vibrometer eingegrenzten Frequenzbereichen aufgenommen werden, die mit dem Laser

Vibrometer ermittelt wurden. Dies reduziert die Datenmengen und die Messzeit deutlich.

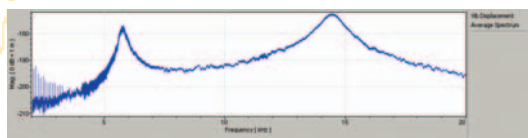
In der Produktionskontrolle kann unter Umständen sogar völlig auf die In-Plane Messung verzichtet werden, wenn die Charakteristik der Out-of-Plane Bewegung bekannt ist.

Warum werden FFT und Bildverarbeitung kombiniert?

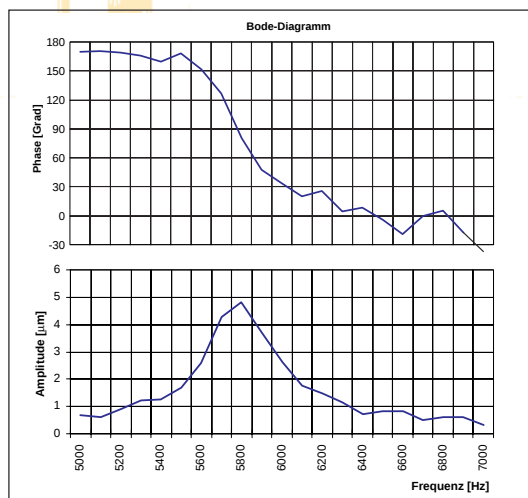
Die FFT bietet den Vorteil, dass die Energie des Schwingungssignals selbst dann auf die benachbarten FFT-Linien verteilt wird, wenn die Resonanzfrequenz nicht exakt getroffen wird. Dies ist besonders bei schwach gedämpften Bauteilen (im Vakuum), die steile Resonanzpeaks aufweisen wichtig.

Bildgebende Verfahren arbeiten immer diskret, d.h. wird bei einer schrittweisen Erhöhung der Anregungsfrequenz die Schrittweite zu groß gewählt, wird die Resonanzstelle nicht gefunden. Es findet keine Verteilung der Energie auf unterschiedliche Bilder statt. Kleine Schrittweiten erhöhen aber das Datenaufkommen und die Messzeit erheblich.

Die Analyse erfolgt nach dem Pattern Matching Verfahren, das definierte Muster im hochauflösenden Videobild (1030x1300 Bildpunkte) erfasst und deren Bewegung verfolgt. Als Ergebnis stehen alle Bewegungsdaten für den ausgewählten Bereich zur Verfügung, die dann einer weiteren Auswertung zugeführt werden.



Spektrum einer breitbandigen Anregung (Periodic Chirp)

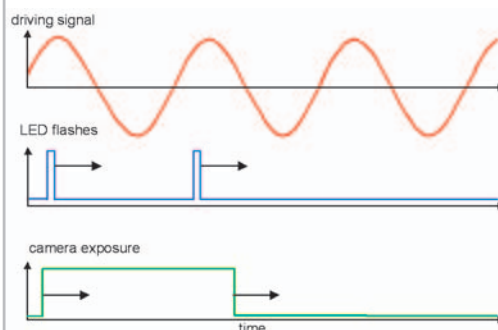


Mit PMA-300 berechnetes Bode Diagramm zur Verifizierung der In-Plane Resonanz

Stroboskopische Video-Mikroskopie

Der interne Signalgenerator der MMA regt das Bauteil periodisch mit einem Sinus- oder Pulssignal an. Ein sog. Patterngenerator erzeugt synchron zur Phasenlage des Anregungssignals mit einer LED ultrakurze Lichtblitze ($< 100\text{ ns}$). Dadurch wird eine hohe Phasentreue auch bei hochfrequenten Anregungen erreicht. Der elektronische Kameraverschluss ist wiederum mit der Anregung synchronisiert. Dieser bleibt solange offen bis nach einigen Perioden genügend Licht gesammelt wurde um das Bild abzuspeichern. Die Leistung der LED ist dabei so hoch, dass in der Regel wenige Blitze ausreichen.

Dieses Verfahren garantiert hohe Messgeschwindigkeit und eine visuelle Echtzeit-Analyse im Live Mode.



Prinzip der stroboskopischen Video-Mikroskopie

ZUSAMMENFASSUNG

Die Weiterentwicklung des Microscope Scanning System MSV-300 zum 3D System Micro Motion Analyzer MMA-300 ermöglicht die vollständige Charakterisierung von MEMS-Bauteilen.

Das modulare Konzept erlaubt die Nachrüstung bestehender MSV-300 System mit PMA, so dass ein voll funktionsfähiges MMA-300 zur Verfügung steht.

Durch die Kombination des schnellen Vibrometer-Verfahrens mit dem stroboskopischen Verfahren des PMA-Teils wird der Zeit- und Datenaufwand bei vollständigem Erhalt der Informationen minimiert.

Mit dem MMA-300 eröffnen sich mikromechanische Welten.

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