



Quasistatische und resonante MEMS-Mikroscanner mit elektrostatischem Antrieb

Das Fraunhofer IPMS bietet basierend auf langjähriger Erfahrung die kundenspezifische Entwicklung und Herstellung hochminiaturisierter quasistatisch oder resonant betriebener MEMS-Scannerbauelemente an. Diese bestehen aus einer optisch aktiven Fläche – einem Spiegel oder einem Beugungsgitter – das entweder um eine oder zwei Drehachsen gekippt oder translatorisch bewegt werden kann.

Bei quasistatischen MEMS-Scannerspiegeln kann die Kippbewegung von einer statischen Auslenkung auf einen Winkel bis hin zu frei definierten Winkeländerungen (mit einer oberen Frequenz- und Amplitudengrenze) beliebig moduliert werden. Resonante Scannerspiegel haben eine durch ihr Design festgelegte Eigenfrequenz, bei der sie ihre maximale Auslenkung erreichen. Bei zweiachsigen Designs unterscheiden sich die Eigenfrequenzen beider Achsen.

Die Palette der verfügbaren Scannerspiegel zeichnet sich durch einen großen optischen Scanbereich, eine große Breite realisierbarer Frequenzen, unterschiedliche Spiegelgeometrien und verschiedene Möglichkeiten der Ausführung der Spiegeloberfläche aus. Im Betrieb sind die Microscanner äußerst zuverlässig. Zur exakten Kontrolle und Regelung ihrer mechanischen Bewegung sind sie mit einer monolithisch integrierten Positionssensorik versehen.

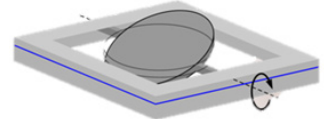
Die spiegelnde Oberfläche der MEMS-Scanner weist einen Reflexionsgrad von ca. 90% im sichtbaren Bereich auf. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, eine kundenspezifische, hochreflektierende dielektrische Verspiegelung aufzubringen.

Die 1D- und 2D-Scannerbauelemente werden in Volumenmikromechanik aus einkristallinem Silizium in einem qualifizierten, CMOS-kompatiblen MEMS-Prozess serientauglich hergestellt. Die Technologie dieser Scannerspiegel wird kontinuierlich durch neuartige und patentierte Designlösungen sowie anwendungsspezifische Technologiemodule in ihrer Einsatzbreite erweitert. Am Fraunhofer IPMS wurden bereits mehr als 200 unterschiedliche Mikroscanner-Designs entwickelt und im eigenen Reinraum gefertigt.

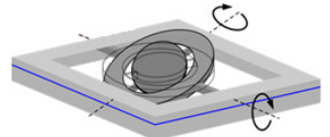
Die Unterstützung der Kunden bei der Entwicklung spezifischer Modulaufbauten, Elektronische Lösungen zur geregelten und die Präzision der Scanner ausschöpfenden Ansteuerungen sowie Evaluation-Kits ergänzen unser Portfolio im Bereich der MEMS-Scannerspiegel.

Auswahl von Ausführungen der MEMS-Microscanner

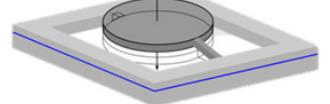
1D-Kippspiegel



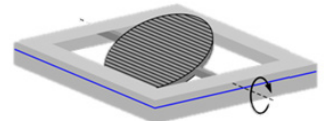
2D-Kippspiegel



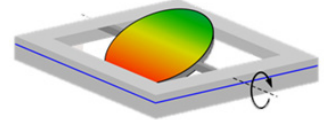
Translatorischer Spiegel



Gitterspiegel



Hochreflektierend beschichtet



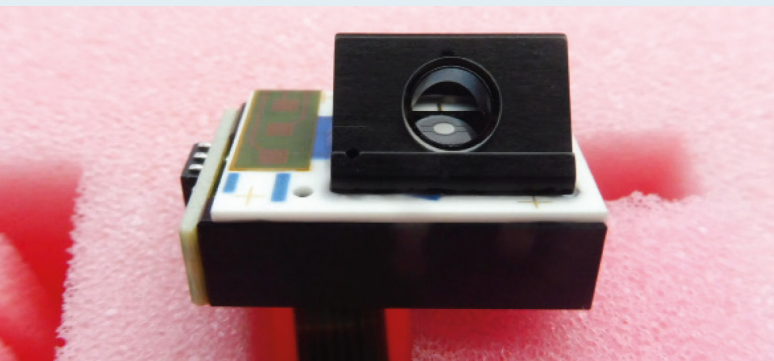
MEMS-Typen und Parameterbereiche

Typ	Modus	Parameterbereiche verschiedener Designs			Parameter ausgewählter Beispieldesigns		
		Spiegelgröße (1)	Amplitude (2)	Frequenz (3)	Spiegelgröße (1)	Amplitude (2)	Frequenz (3)
Kippspiegel 1D	quasistatisch	1 ... 6 x 8 mm ²	bis 10.5°	bis 2.4 kHz	2 x 3 mm ²	9.5°	550 Hz
	resonant	0.5 ... 7 mm ²	bis 25°	bis 100 kHz	3 x 3 mm ²	9.5 °	6.0 kHz
Kippspiegel 2D	quasistatisch resonant	bis 5 x 7 mm ²	bis 10° bis 22°	bis 1.2 kHz 37 kHz	2.5 x 1.8 mm ²	10° 17°	180 Hz 4.5 kHz
	resonant resonant	bis 3 x 4 mm ²	bis 28° bis 21°	bis 25 kHz bis 42 kHz	3.3 x 3.5 mm ²	11° 8°	150 Hz 110 Hz
Translation	resonant	bis D=5 mm	bis 500 µm	12 kHz	2.0 x 2.0 mm ²	500 µm	12 kHz

1) Typische Spiegelgeometrie: rund/elliptisch, rechteckig bei ausgewählten Designs

2) Amplitude: **mechanische Scanamplitude** (Mechanischer Scanbereich = 2x Amplitude, Optisches Blickfeld = 4x Amplitude wegen Reflektion)

3) Frequenz: **Resonanzfrequenz** (die maximale Frequenz linearisierter Trajektorien bei quasistatischen Scannern beträgt ca. ein Fünftel dieses Wertes)

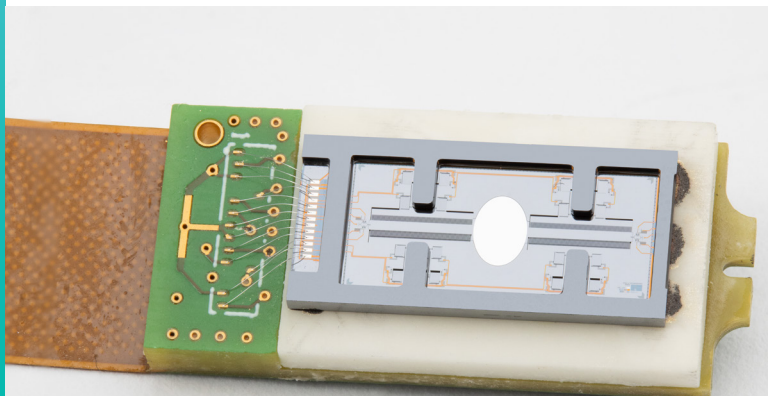


Scanmodul mit 1D resonanten IPMS-Scanner, eingesetzt im Lichtblattemikroskop ZEISS Lightsheet 7

Anwendungsgebiete von MEMS-Mikroscannern

- Bildaufnahme z. B. für technische und medizinische Endoskope
- Konfokale Mikroskopie/OCT
- Fluoreszenzmikroskopie
- Strichcodelesen
- Objektvermessung/Triangulation
- 3D-Kameras, LIDAR
- Objekterkennung/1D- und 2D-Lichtvorhang
- Spektroskopie
- Lasermarkierung und Bearbeitung von Materialien
- Laserwellenlängenmodulation
- Laserprojektion/Display
- Lineares Scannen
- Optische Schwingungskompensation, z. B. handgeführtes Laserkraniotom
- Strahlpositionierung/Bahnverfolgung
- Materialmarkierung/Materialbearbeitung

Quasistatischer Scanner in einem Modul für Head-Mounted Displays



Hervorragende mechanische und optische Eigenschaften

Alle mechanisch beanspruchten Elemente werden in einer einkristallinen Silizium-Funktionsschicht definiert und in einem volumenmikromechanischen Fertigungsprozess auf einem BSOI-Substrat gefertigt. Dieses Material zeichnet sich durch exzellente elastische und bruchmechanische Eigenschaften aus. Insbesondere treten aufgrund der Einkristallinität im Betrieb keine Ermüdungserscheinungen auf. Der Standardfertigungsprozess und das durch FEM-Simulationen begleitete Entwurfsprozess garantieren folgende Eigenschaften:

- Hohe mechanische Stabilität (> 2500 g Schockfestigkeit)
- Hohe statische Planarität (Krümmungsradius > 5 m)
- Hohe dynamische Planarität (typisch besser $\lambda / 20$)

Spezifika resonanter Microscannerspiegel

Die Spiegelplatte der Microscanner-Demonstratoren wird durch elektrostatische, planar gefertigte Kammantriebe zu einer resonanten Schwingung angeregt. Durch Anpassung der Antriebsspannung oder der Anregungsfrequenz wird die Schwingungsamplitude eingestellt. Bei den 2D-Microscannern ist der Spiegel kardanisch aufgehängt. Die Frequenz der beiden Schwingungen wird im Design unabhängig voneinander festgelegt. Jede der beiden Achsen wird individuell angeregt, so dass die Amplitude jeder Schwingung unabhängig von der anderen eingestellt und kontrolliert werden kann.

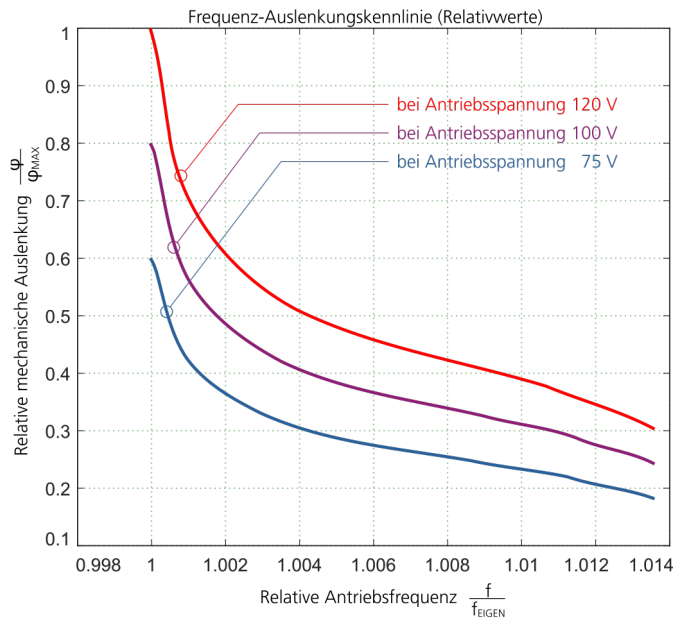
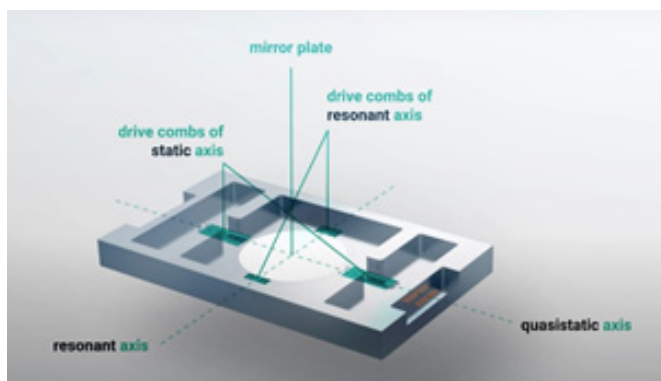
Resonante Scannerspiegel werden mit einer Rechteckspannung betrieben, die beispielsweise von einem handelsüblichen Funktionsgenerator, gegebenenfalls mit Verstärker, zur Verfügung gestellt werden kann. Alternativ bieten wir Ihnen gerne eine entsprechende Elektronik – auch mit Triggergeneration und Amplitudenregelung – an.

Spezifika quasistatischer »LinScan«-Microscanner

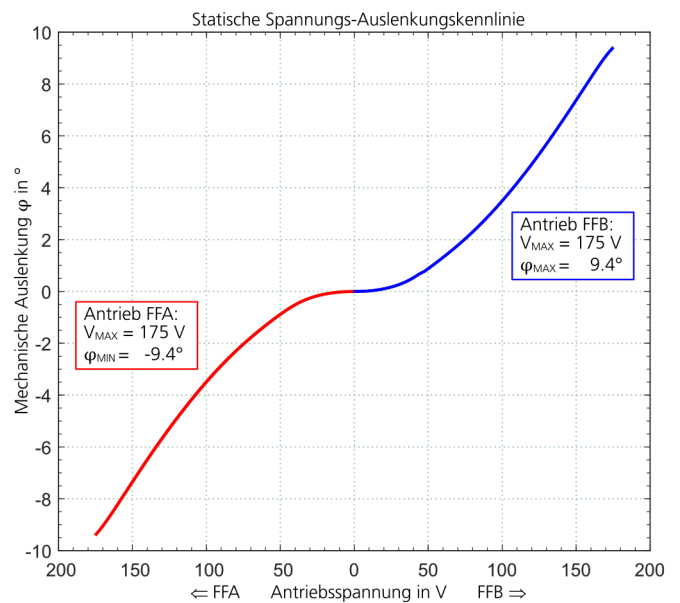
LinScan-Microscanner verfügen über eine elektrostatisch-quasistatisch betriebene Antriebsachse, die über vertikale Kammantriebe realisiert wird. Je nach Anwendung und Spezifikationen kommen abgewinkelte (AVC bzw. CAVC) oder geschichtete (SVC) vertikale Kammantriebe zum Einsatz. Bei 2D-Microscannern wird die innere kardanisch aufgehängte Spiegelachse über einen resonanten Antrieb realisiert. Hierzu werden planare Kammantriebe verwendet.

Alle mechanischen Komponenten entstehen als zwei-dimensionale Strukturen in einer Schicht aus einkristallinem Silizium. In einem adhäsiven Waferbondprozess mit einem zweiten planar strukturierten Silizium-Wafer entstehen die vertikalen Kammelektroden durch Vorauslenkung aus dem Substrat und anschließender Fixierung durch den Waferbond. Die vertikale Verschiebung der Elektroden wird hierbei durch mechanische Festkörpermechanismen ausgeführt. Dadurch wird eine mechanische Entkopplung von Fertigungstoleranzen erreicht, was in einer sehr genauen Ausrichtung der Elektroden zueinander resultiert.

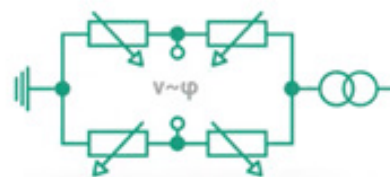
Aufbau eines Linscan-Microscanners mit zweiter resonanter Achse



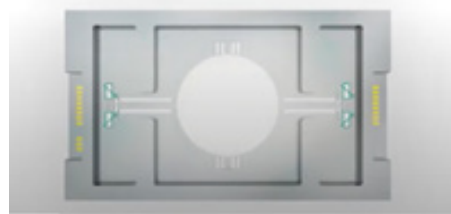
▲ Typische Frequenz-Auslenkungskennlinien resonanter Scannerspiegel

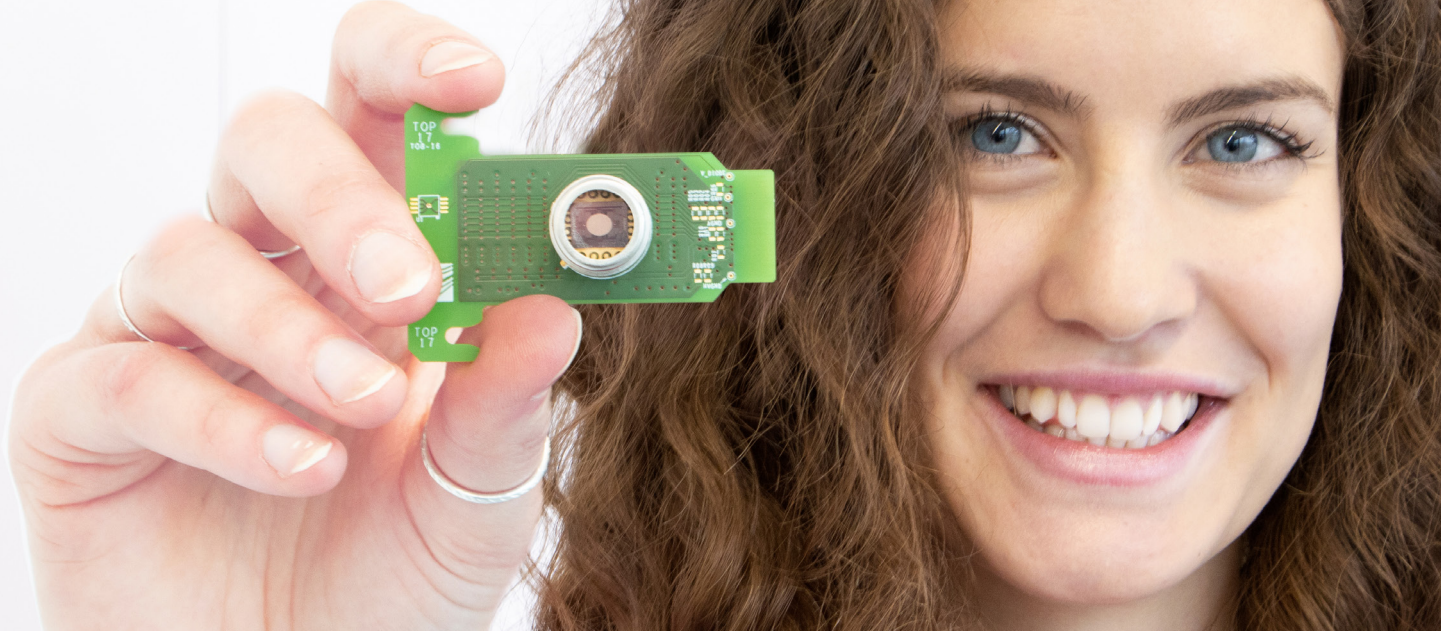


▲ Typische statische Spannungs-Auslenkungskennlinie quasistatischer Scanner



Monolithisch integrierte Positionssensorik



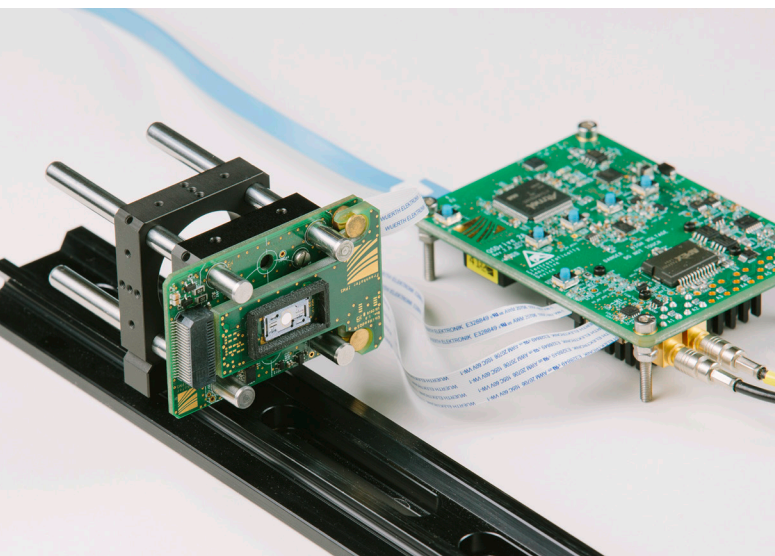


Evaluation Kits

Das Fraunhofer IPMS bietet verschiedene Evaluation Kits an, es insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen, MEMS-Scannerbauelemente des Fraunhofer IPMS ohne die aufwendige Eigenentwicklung einer Ansterelektronik spezifikationsgemäß zu betreiben. Zusätzlich benötigt wird lediglich eine Stromversorgung sowie ein Computer, auf dem die bereitgestellte Ansteuerungssoftware laufen kann.

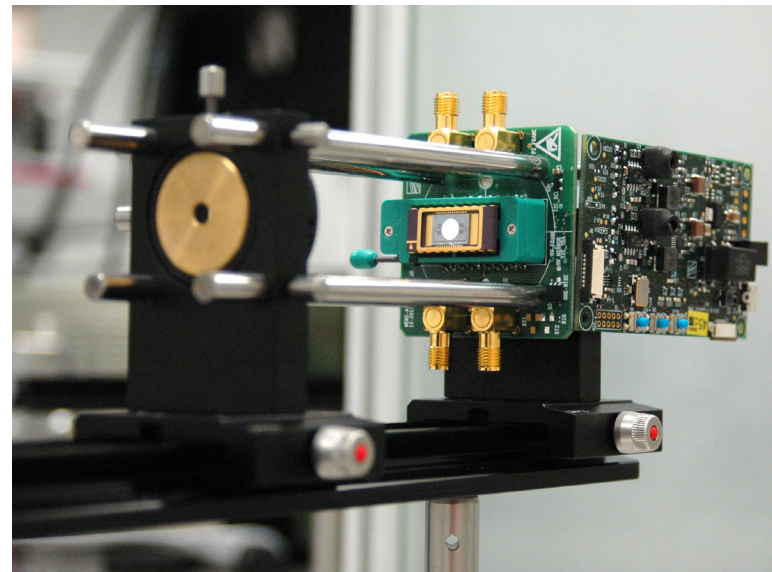
QSDrive Scan-Kit für quasistatische MEMS

Das Evaluation-Kit »QSDrive Scan Kit« besteht aus einem Resolin- Bauelement – einem kardanischen MEMS-Scanner mit einer linearen Achse und einer optionalen, orthogonal orientierten resonanten Achse – sowie einer Ansterelektronik, die den Betrieb der Bauelemente mit einer mitgelieferten optimierten Trajektorie ermöglicht. Das Bauelement wird von einem ebenfalls im Lieferumfang enthaltenen Scankopf gehalten, der dank seiner speziellen Konstruktion leicht in gängige optische Versuchsaufbauten integriert werden kann. Je nach Ausführung des MEMS-Bauelements sind auch der geregelte Betrieb des Bauelements sowie ein synchronisierter Betrieb der resonanten Achse möglich. Die Funktionssteuerung erfolgt durch eine Software, die mit der Elektronik über USB kommuniziert.



SiMeDri für resonante MEMS-Scanner

Das SiMeDri – Evaluation Kit ist eine Antriebselektronik für die Ansteuerung von resonanten 1D- und 2D-Mikroscannerspiegeln. Es besteht aus einem Treiberboard und einem MEMS-Board, die direkt zusammengesteckt werden können.



Kontakt

Dr. Christine Ruffert
Aktive Mikrooptische
Komponenten und Systeme
Business Development
+49 355 69-4763
christine.ruffert@
ipms.fraunhofer.de

Dr. Ulrich Todt
Aktive Mikrooptische
Komponenten und Systeme
+49 351 8823-134
ulrich.todt@
ipms.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS
Maria-Reiche-Straße 2, 01109 Dresden
www.ipms.fraunhofer.de