

TENDENZEN DER MIKROMECHANIK IN DER DDR

E. JUST

Technische Hochschule Ilmenau,
Sektion Gerätetechnik, DDR

Eingegangen am 30. September 1986
Vorgelegt von Prof. Dr. O. Petrik

Abstract

Definitions for micromechanics are given in this article. The meaning of micromechanics in the technology of instruments, in the mechanics of materials and in the microtechnics are discussed. There is a report about the actual situation and the perspective of micromechanics in the GDR.

Definition der Mikromechanik (MM)

Nach Ansicht des Verfassers sind folgende Definitionen der MM möglich:

Definition aus der Sicht der Gerätetechnik

MM = physikalisch-technisches Gebiet, das sich mit der Entwicklung, Herstellung, den Eigenschaften und der Anwendung kleinster Bauelemente und Baugruppen in mm bis nm-Bereich befaßt, welche vorwiegend auf mechanischen Wirkprinzipien basieren und die mit elektronischen oder optischen Elementen direkt gekoppelt werden können. Ein wesentliches Ziel der MM ist die Herstellung von Sensoren mit der Technologie der Mikroelektronik.

Definition aus der Sicht der Werkstoffmechanik

MM = physikalisch-technisches Gebiet, das sich mit den mechanischen Eigenschaften, dem Verhalten und der Anwendbarkeit von Werkstoffen im mikroskopischen Bereich befaßt, welches das thermoelastische Verhalten, das Reiß- und Bruchverhalten unter Belastung erforscht (Bruchmechanik) sowie den Zusammenhang zwischen Mikrostruktur und makroskopischen Eigenschaften von Festkörpern untersucht. Betrachtet werden auch die Zusammenhänge zu akustischen, elektrischen, magnetischen und optischen Eigenschaften.

Mikromechanik als Teil der Mikrotechnik

Die MM kann wie die Mikroelektronik (ME) und wie die Mikrooptik (MO) als Teil der sich entwickelnden Mikrotechnik (MT) angesehen werden. Die Miniaturisierung ist z. Z. stark in Entwicklung und ein Beitrag zur Materialökonomie.

Aufgaben der MM in der Gerätetechnik

Zu den Aufgaben der Mikromechanik in der DDR gehören

- Grundlagenforschung (Werkstoffe),
- Struktur- und Eigenschaftsuntersuchungen für Bauelemente,
- Prüfung der Anwendbarkeit vorhandener Technologien (der Mikroelektronik), Entwicklung neuer (spezieller) Technologien für die MM
- Fragen der Anpassung mikromechanischer Bauelemente an mikroelektronische und an optische,
- Anwendung der mikromechanischen Strukturen in verschiedenen physikalischen und technischen Gebieten.

Im einzelnen:

Entwicklung mikromechanischer Bauelemente

- Sensoren (taktil/intelligent)
 - mechanische Größen (Kraft, Moment u. a.)
 - thermische Größen (Temperatur, Feuchte)
 - magnetische Größen (Flußdichte)
 - chemische Größen (Konzentration)
 - Strahlungs-Größen (Licht, Radioaktivität)
- Mikromotoren
 - für Translation (eindimensional)
 - für Rotation (um eine Achse)
 - für Translation oder Rotation (zweidimensional)
- Mikroschalter, Mikrorelais
- Mikrostrukturen
 - dünne Platten und Membranen
 - Stege, Zungen, Stifte, Hügel
 - Löcher, Durchbrüche, Gräben, Kanäle.
- Mikromechanische Elemente
 - Ventile, Düsen, Federn, Nadeln, Stecker.

Technologie mikromechanischer Bauelemente

- Auswahl geeigneter Werkstoffe (Si u. a.)
- Prüfung vorhandener Verfahren der ME
 - Planartechnik
 - Dünnschichttechnik
 - Dickschichttechnik/Hybridtechnik
 - Lithografie
- Entwicklung neuer Verfahren für die MM
 - Sintertechnik
 - Folientechnik/Filmtechnologie
 - Fasertechnik

Anwendung mikromechanischer Bauelemente

- Meßtechnik
 - Robotertechnik
 - Automatisierungstechnik
 - Medizintechnik
 - Informationstechnik
 - Nachrichtentechnik
 - Analysentechnik
- zur Meßwertaufnahme und -verarbeitung, mit Einzel- und Multisensoren, Kopplung mit Lichtleitkabeln, Mikrorechner im Wandler, mikroelektronik-kompatibel.

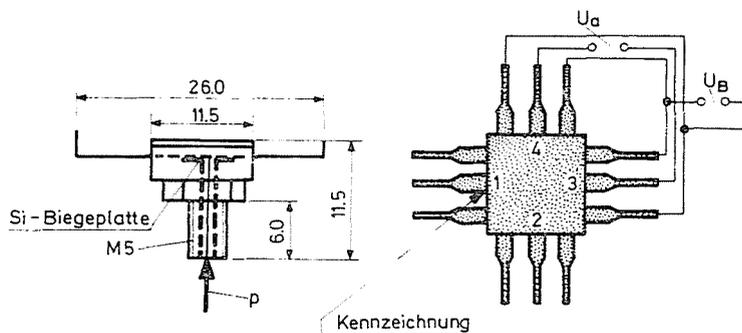
Entwickler und Hersteller von MM in der DDR*Entwicklungsstellen für MM und Sensoren*

Entwicklungsstellen für Mikromechanik und für Sensoren befindet sich in der DDR an der Akademie der Wissenschaften (Institut für Mechanik) [1], an Universitäten, Technischen Hochschulen und Ingenieurhochschulen [2] bis [5] sowie, an Forschungseinrichtungen der Industrie [6].

Herstellerbetriebe für MM und Sensoren (7)

- VEB Mikroelektronik „Karl Liebknecht“ Stahnsdorf: Sensoren für Druck und Kraft (*Abb. 1*)
- VEB Werk für Fernsehelektronik Berlin: Optoelektronische Sensoren für Geschwindigkeit, Weg/Winkel und Position
- VEB Halbleiterwerk Frankfurt/Oder: Sensoren für Temperatur und magnetische Flußdichte
- VEB Elektronische Bauelemente der Nachrichtentechnik „Carl von Ossietzky“ Teltow: Vorgesehen für AOW-Bauelemente.

Bauform / Anschlussschema



Drucksensoren	I	40 kPa 2 MPa
VEB ME Stahnsdor	II	4 kPa 40 kPa

Abb. 1. Drucksensor

Entwicklungen an der TH Ilmenau

- Sektion TBK [8] (Abb. 2): Akustische Oberflächenwellen-Bauelemente, AOW-Sensoren zur Feuchtemessung bzw. zur Taupunktbestimmung
- Sektion INTET [9] (Abb. 3): Schaltkreisentwurf für AOW-Sensoren zur Messung von
 - Kraft, Druck, Beschleunigung
 - Temperatur
 - Konzentration.

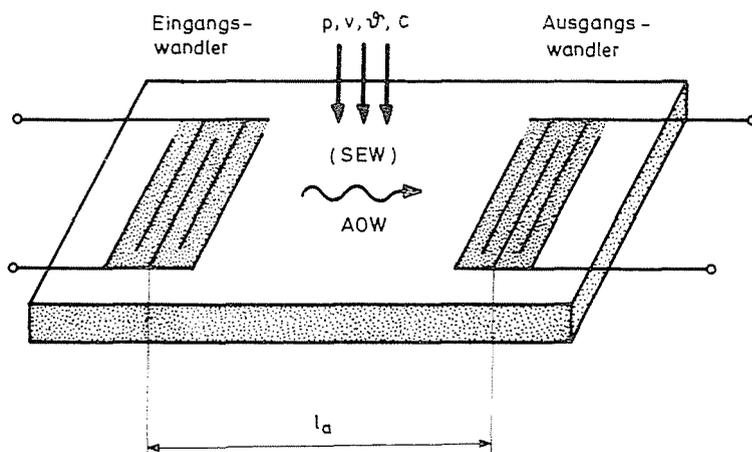


Abb. 2. AOW-Bauelement

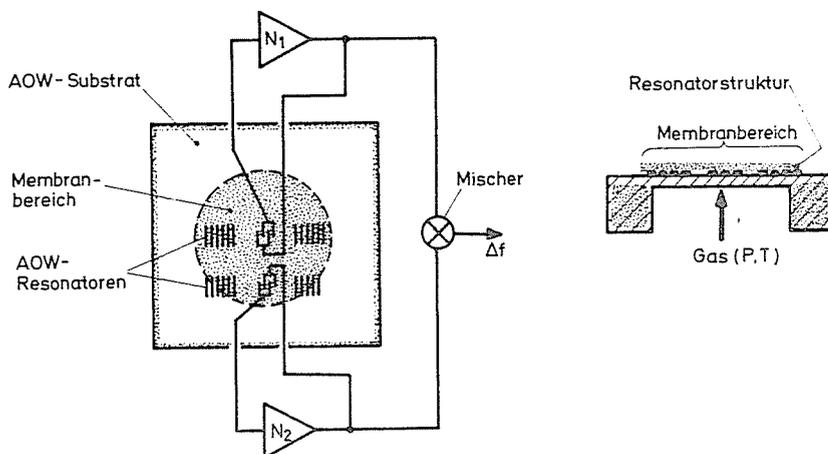


Abb. 3. AOW-Sensor

Für die Mikromechanik geeignete Technologien [5], [10]

Ätztechnik für die Mikromechanik

Rein mikromechanische Elemente aus Si oder anderen geeigneten Materialien können durch Ätzen „aus dem Vollen“ hergestellt werden. Desgleichen sind Mikrostrukturen auf diese Weise zu erzeugen.

Schablonentechnik für die Mikromechanik

Zur Herstellung komplizierter mikromechanischer Elemente und Baugruppen sind verschiedene Arbeitsgänge erforderlich. Dazu gehören Ätzen und Auftragen von Schichten. Dafür muß die Schablonentechnik entwickelt werden.

Metallische Schichtabscheidungen für die MM

Bei komplexen mikromechanischen Bauelementen müssen Leiter, Halbleiter und Isolatoren verbunden werden. Z. B. ist Silicium auf Keramik aufzutragen und mit metallischen Anschlüssen zu versehen. Dafür ist die Technik des Abscheidens von Schichten zu entwickeln.

Dünnschichttechnologie für die Mikromechanik (Abb. 4)

Die Dünnschichttechnik wird bei Schichtdicken von $0,1 \mu\text{m}$ bis $1 \mu\text{m}$ angewendet. Die technischen Parameter sind gut. Sie ist besonders zur Herstellung von Sensoren geeignet. Als Werkstoffe können Metalle oder Halbleiter auf Isolierstoffen aufgetragen werden.

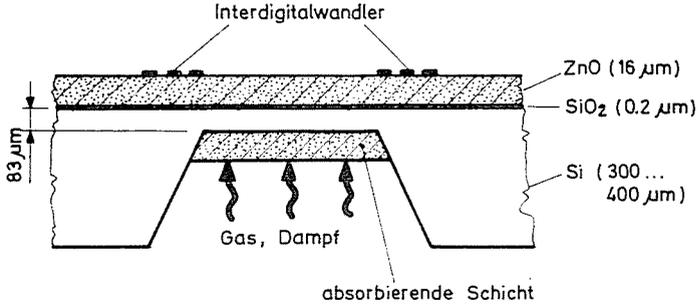


Abb. 4. Dünnschicht-Bauelement

Dickschichttechnologie für die Mikromechanik (Abb. 5)

Die Dickschicht- oder Hybridtechnik ist für Schichtdicken von $10 \dots 100 \mu\text{m}$ einsetzbar. Die Reproduzierbarkeit der Eigenschaften hat Toleranzen von etwa 20%. Sie wird angewendet bei Miniatur-Schaltungen mit passiven Bauelementen. Auch Sensoren sind möglich [6].

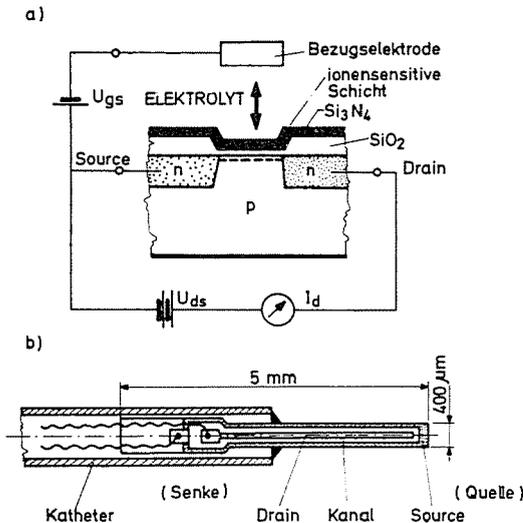


Abb. 5. Dickschicht-Bauelement

Folientechnologie für die Mikromechanik (Abb. 6)

Sie wird für einfache Lösungen mit Messcharakter eingesetzt. Foliendicke $\geq 6 \mu\text{m}$. Verfügbar sind schon Folien mit piezoelektrischen Eigenschaften.

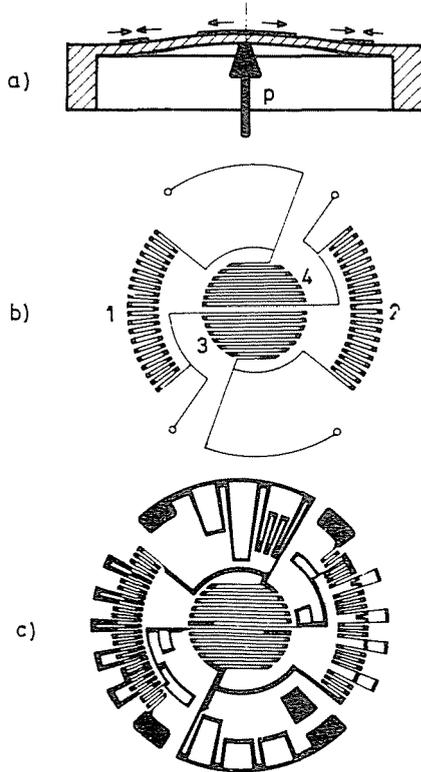


Abb. 6. Folien-Bauelement

Fasertechnologie für die Mikromechanik (Abb. 7)

Die Technologie der Glasfasern ist durch die Nachrichtentechnik (Lichtleiter) entwickelt. Faser im μm -Bereich. Es können verschiedene Signaleffekte ausgenutzt werden. Hervorragende technische Eigenschaften.

Hauptanwendung: Sensoren der Medizintechnik.

Sintertechnologie für die Mikromechanik

Die Sintertechnologie ist nur bei hohen Stückzahlen und geringen Genauigkeitsforderungen einsetzbar. Sinterwerkstoffe sind Oxidkeramik, Carbide und Nitride. Abmessungen im mm-Bereich.

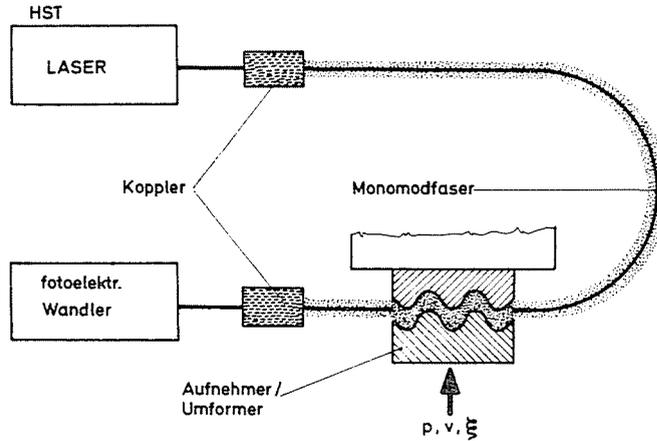


Abb. 7. Lichtleiter

Ökonomie der Technologien für die Mikromechanik (5), (10)

Die Fachliteratur gibt folgende Einschätzung:

Technologie: Ökonomie	Si(ME)-	Dünn- schicht	Dick- schicht	Folien-	Faser-	Sinter-
Investkosten (M)	$> 10^6$	$> 5 \cdot 10^5$	$> 10^5$	$> 10^5$	$> 10^6$	$> 10^5$
Stück/Jahr	10^6	10^5	10^4	10^3	10^5	10^5
BE-Kosten für MM geeignet?	s. gering s. gut	gering gut	gering mittel	mittel gering	hoch gut	mittel gering
ME-kompatibel	hoch	mittel	hoch	gering	hoch	gering
Reproduzierbare Eigenschaften	gering	hoch	hoch	mittel	hoch	gering

Zusammenfassung

Verschiedene Definitionen für die Mikromechanik sind erörtert. Die Mikromechanik hat verschiedene Auswirkungen für die Gerätetechnik, für die Werkstoffmechanik und für die Mikroelektronik. Die aktuelle Situation und die Tendenzen sind untersucht.

Literatur

1. B. MICHEL: Bruchmechanik/Mikromechanik/Gekoppelte Felder, FMC-Series No. 16. Akademie der Wissenschaften der DDR, Institut für Mechanik. Berlin und Karl-Marx-Stadt 1985
2. 19. Fachtagung Informationstechnik: Bauelemente und Systeme der Mikroelektronik. TU Dresden, 21. bis 23. 1. 1986

3. M. RAUCH: Mikromechanik/Präzisions-Linearantriebe. Information der TH Karl-Marx-Stadt 1986
4. 30. Internationales Wiss. Kolloquium der TH Ilmenau 1985. Heft 2, Vortragsreihe B: Prozeßmeß- und Sensortechnik
5. K. FORKE: Sensortechnik in der medizinischen Gerätetechnik. Medizintechnik 24 (1984) 2, S. 36/41 und 4, S. 113/119
6. H.-J. JUST—T. STICHTING: Dickschichttechnik für die Herstellung neuer Sensorbauelemente. Fgt. 34 (1987) 7, S. 310/312
7. K. BIEBLER: Sensoren auf der Basis der DDR-Halbleitertechnik. Radio/Fernsehen/Elektronik 34 (1985) 8, S. 479/480
8. D. HEINZE—D. FRÜHAUF: Die Anwendung akustischer Oberflächenwellen in der Sensortechnik. 30. IWK der THI 1985, Reihe 3, S. 29/32.
9. R. THOMA—K. KABITZSCH: Schaltkreisentwurf mit mikroakustischen Oberflächenwellenbauelementen. 26. IWK der THI 1981, Reihe A 2, S. 15/18 und 19/22 sowie Sensoren auf der Grundlage akustischer Oberflächenwellen. Radio/Fernsehen/Elektronik 34, 480—483 (1985)
10. D. BÜHLING: Keramische Sensoren. Radio/Fernsehen/Elektronik 34 (1985) 8, S. 484/486.

Prof. Dr. Erwin JUST TH Ilmenau PSF 327 Section GT, DDR 6300