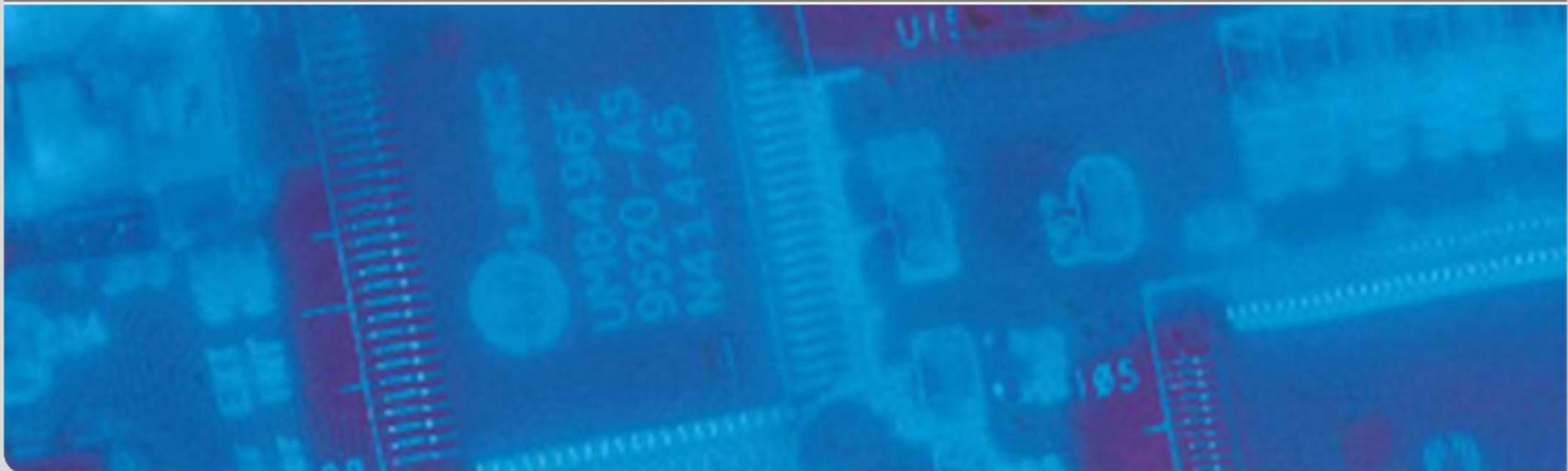


Integrierte Intelligente Sensoren Sommersemester 2012

06.06.2012

Wilhelm Stork

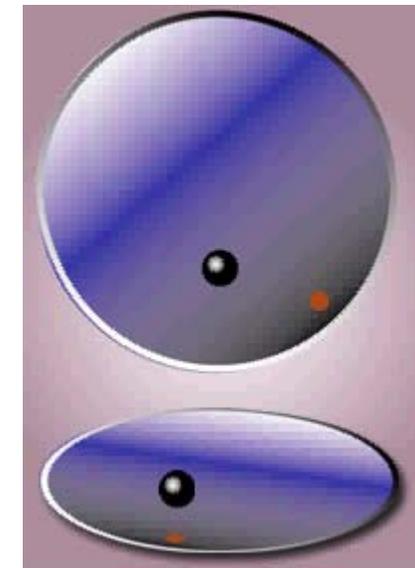
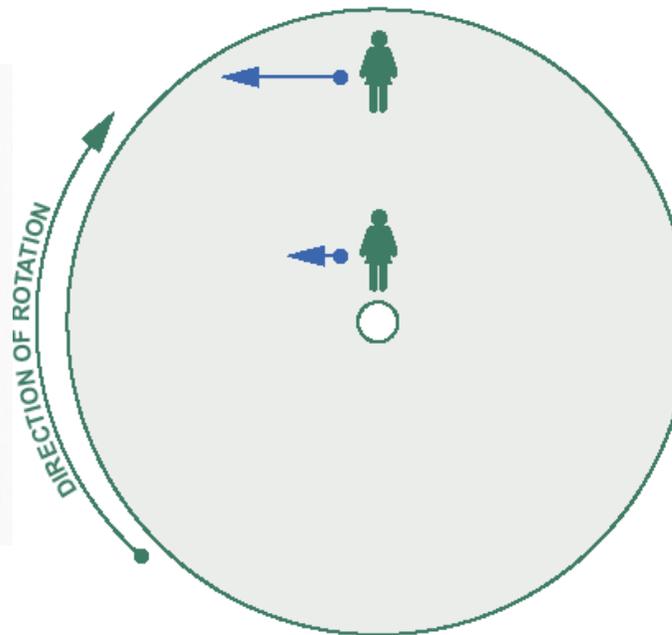
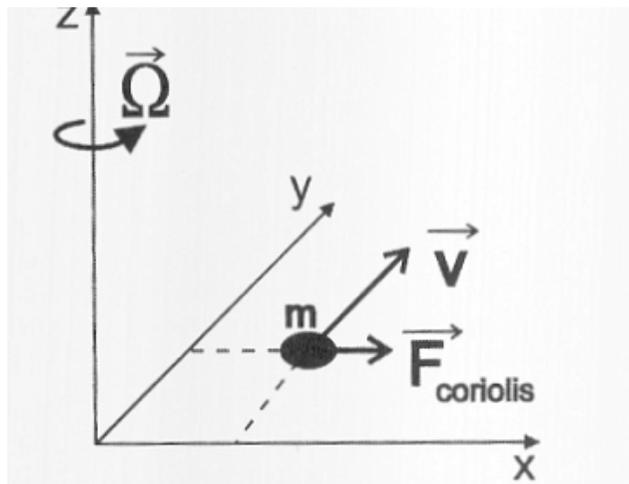
Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV)



Abgeleitete Sensoren

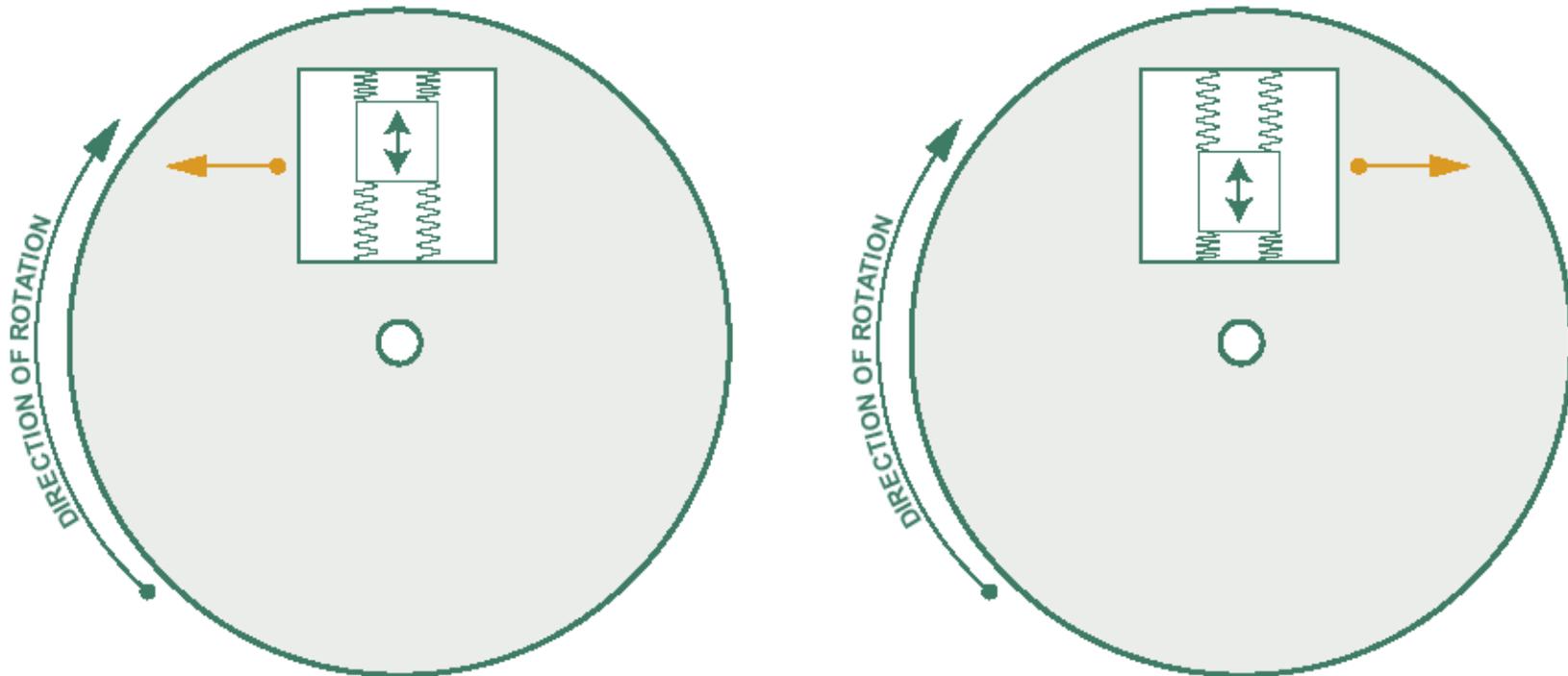
Mikromechanischer Drehratensensoren (Gyroskop)

- Wirkprinzip: Coriolis-Kraft



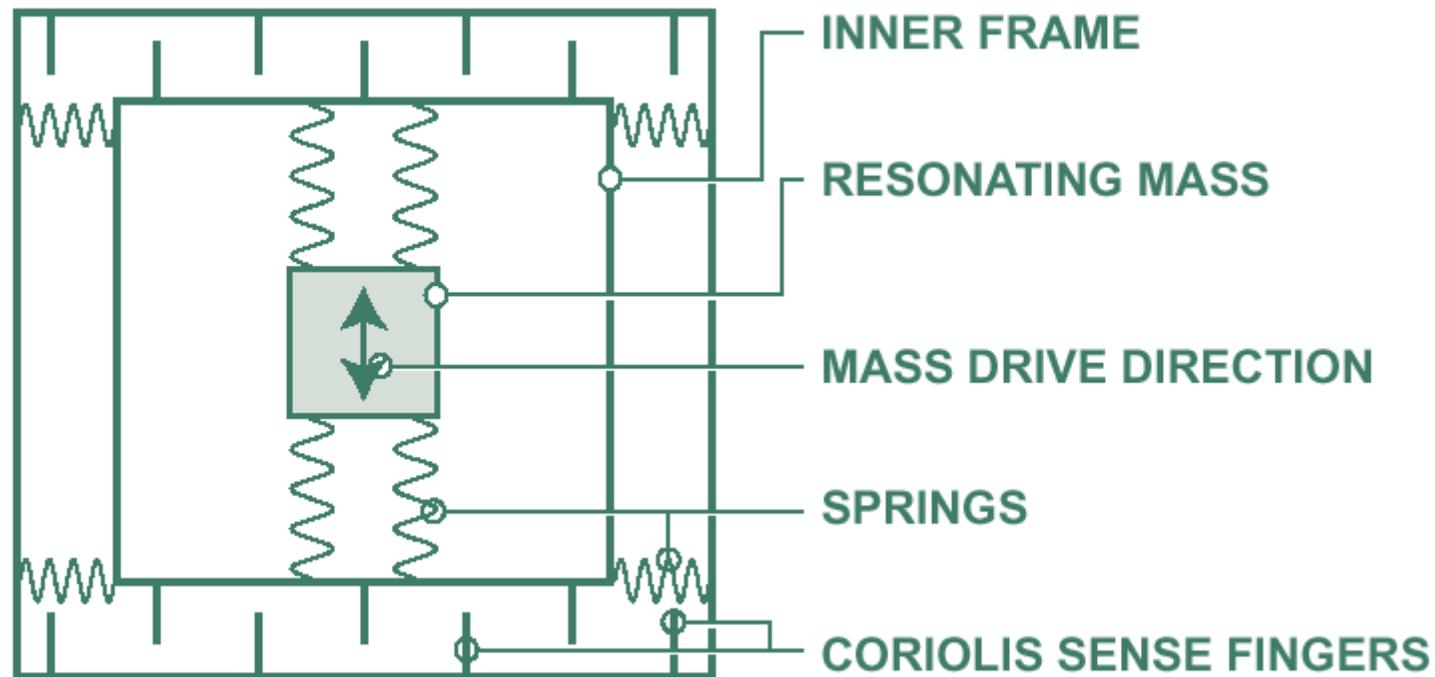
Abgeleitete Sensoren: Drehraten-Sensoren

- Messung der Drehrate über Coriolis-Kraft



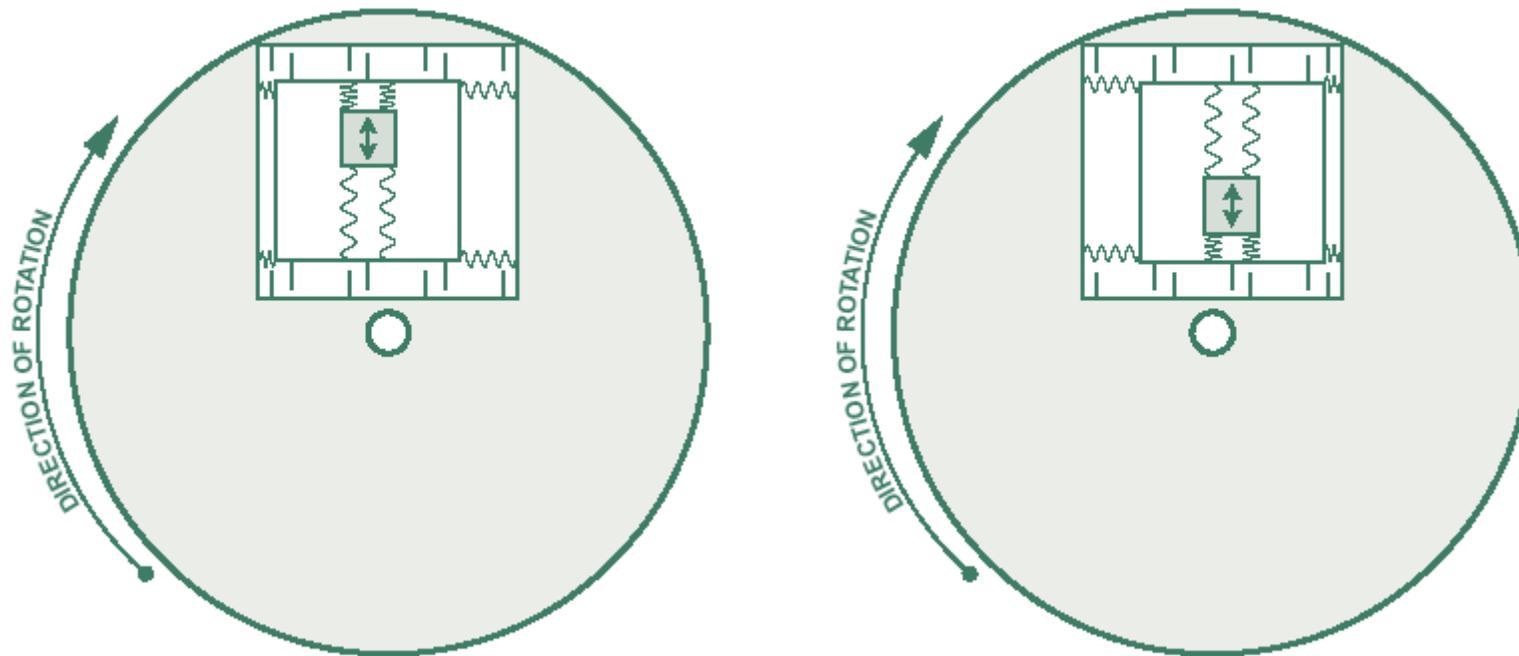
Abgeleitete Sensoren: Drehraten-Sensoren

- Messung der Drehrate über Coriolis-Kraft

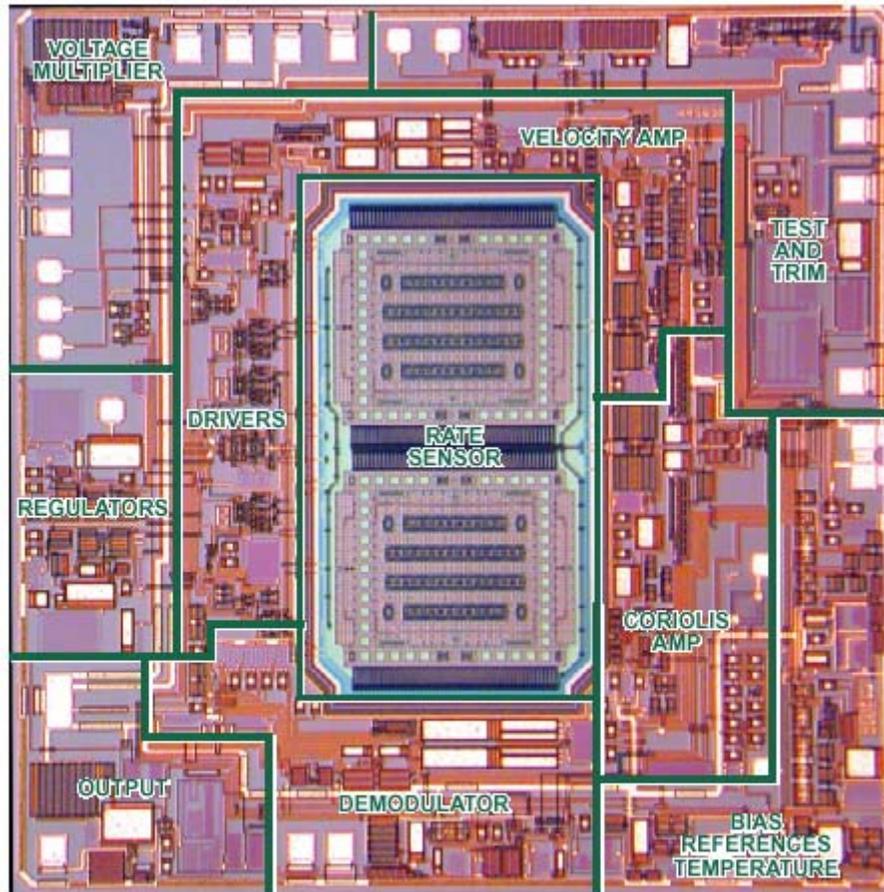


Abgeleitete Sensoren: Drehraten-Sensoren

- Messung der Drehrate über Coriolis-Kraft



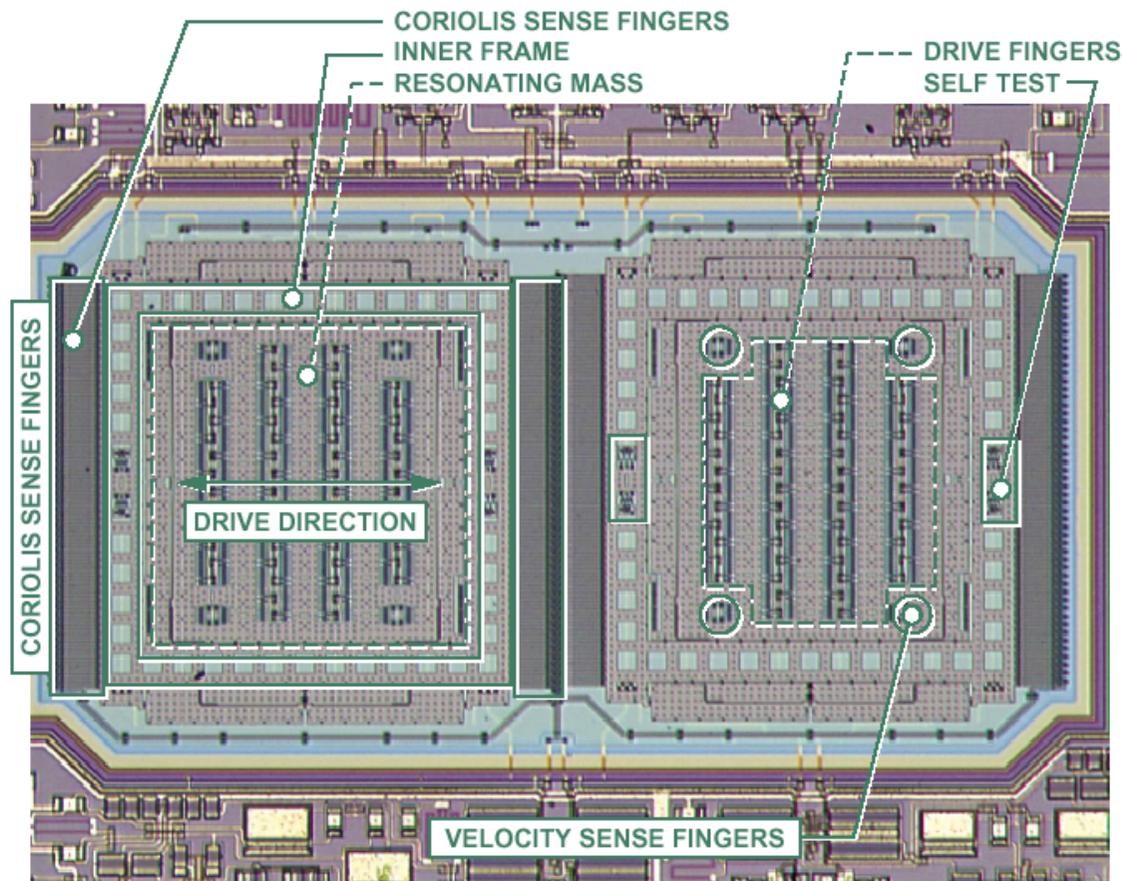
Abgeleitete Sensoren: Drehraten-Sensoren



Drehraten-Sensor
(Analog Devices)

Figure 7. Photograph of ADXRS gyro die, highlighting the integration of the mechanical rate sensor and the signal conditioning electronics.

Abgeleitete Sensoren: Drehraten-Sensoren



Drehraten-Sensor
(Analog Devices)

Figure 6. Photograph of mechanical sensor. The ADXRS gyros include two structures to enable differential sensing in order to reject environmental shock and vibration.

Drehratensensor

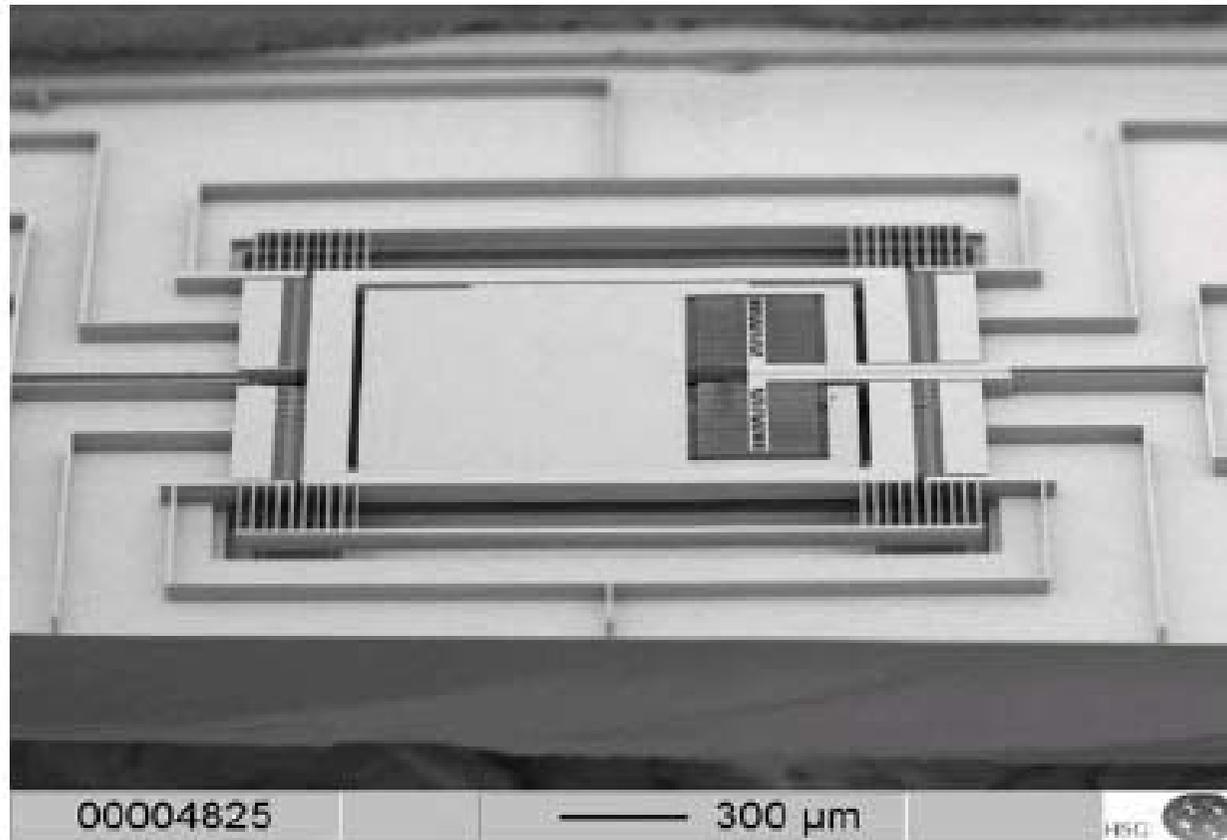
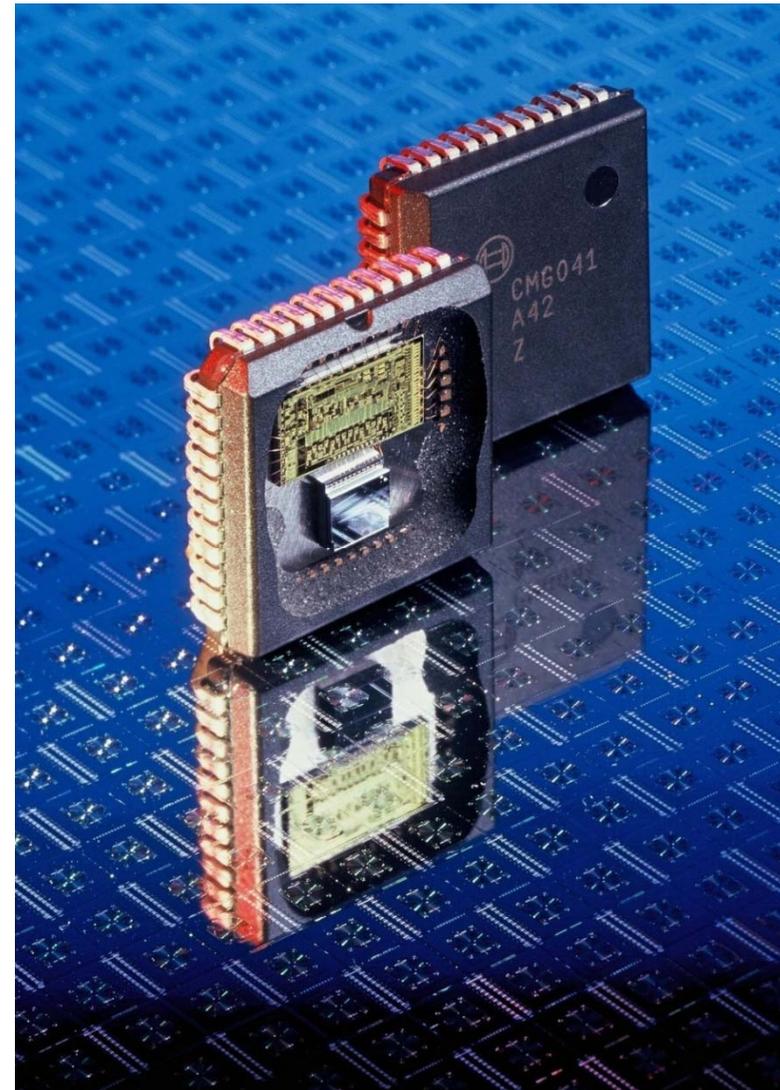


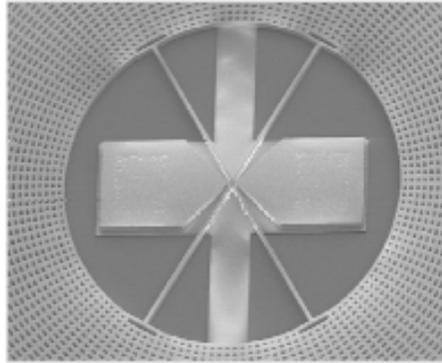
Foto eines Drehratensensors mit Kammantrieb /40/

Drehratensensor Bosch

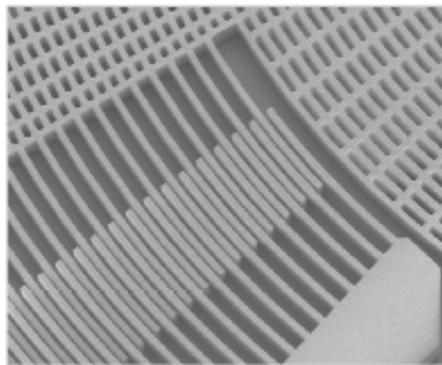


Bosch Drehratensensor

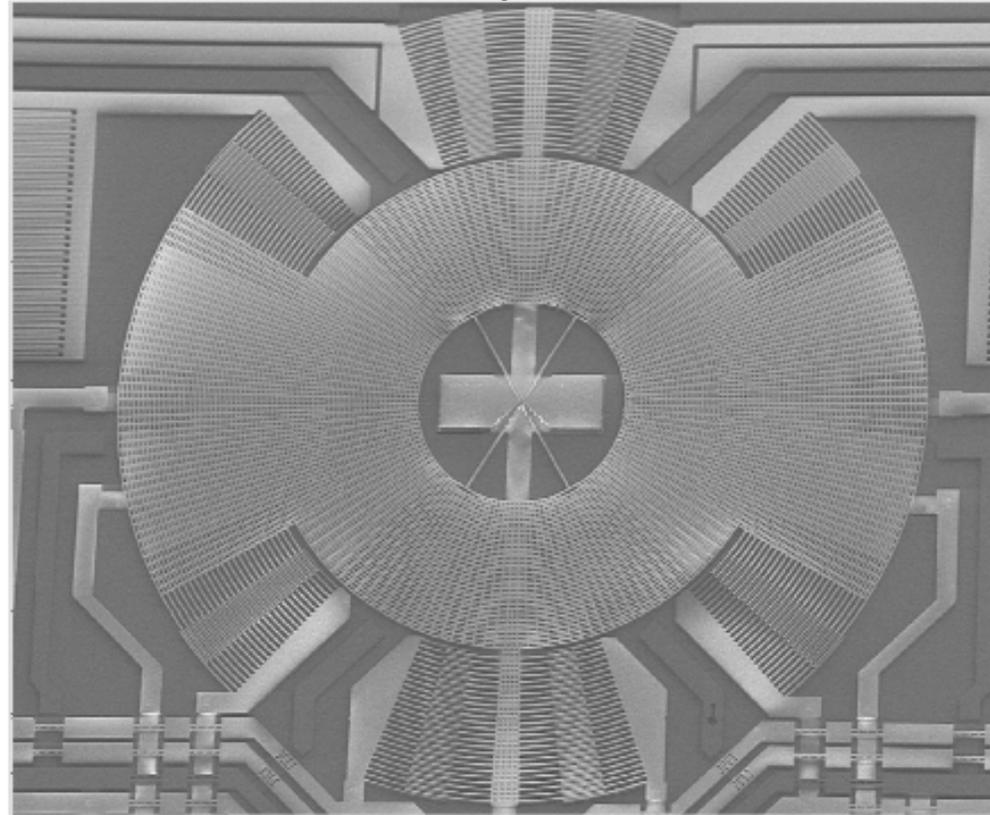
Ansicht der Mikrostrukturen aus Poly-Silizium



100 μm



50 μm

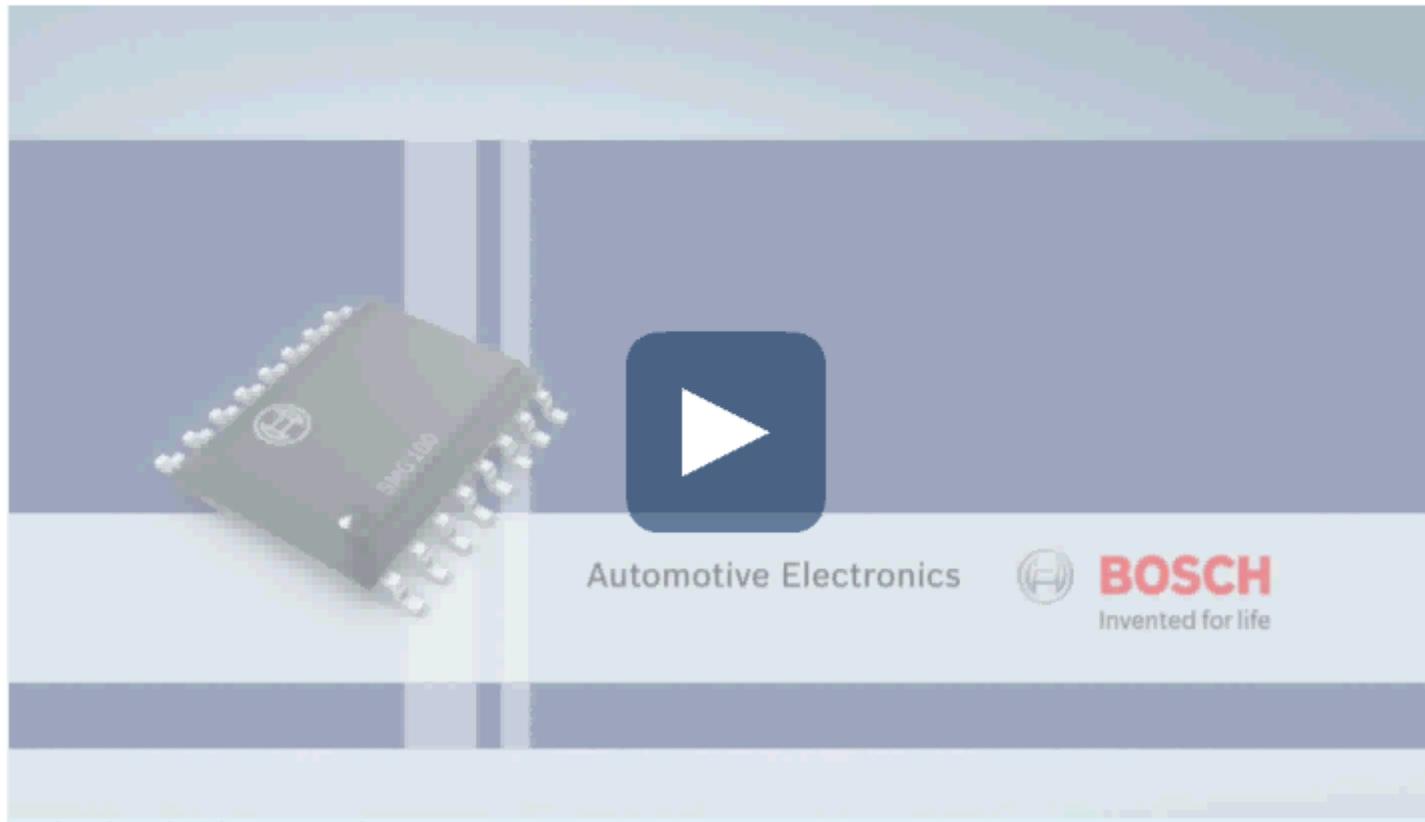


500 μm

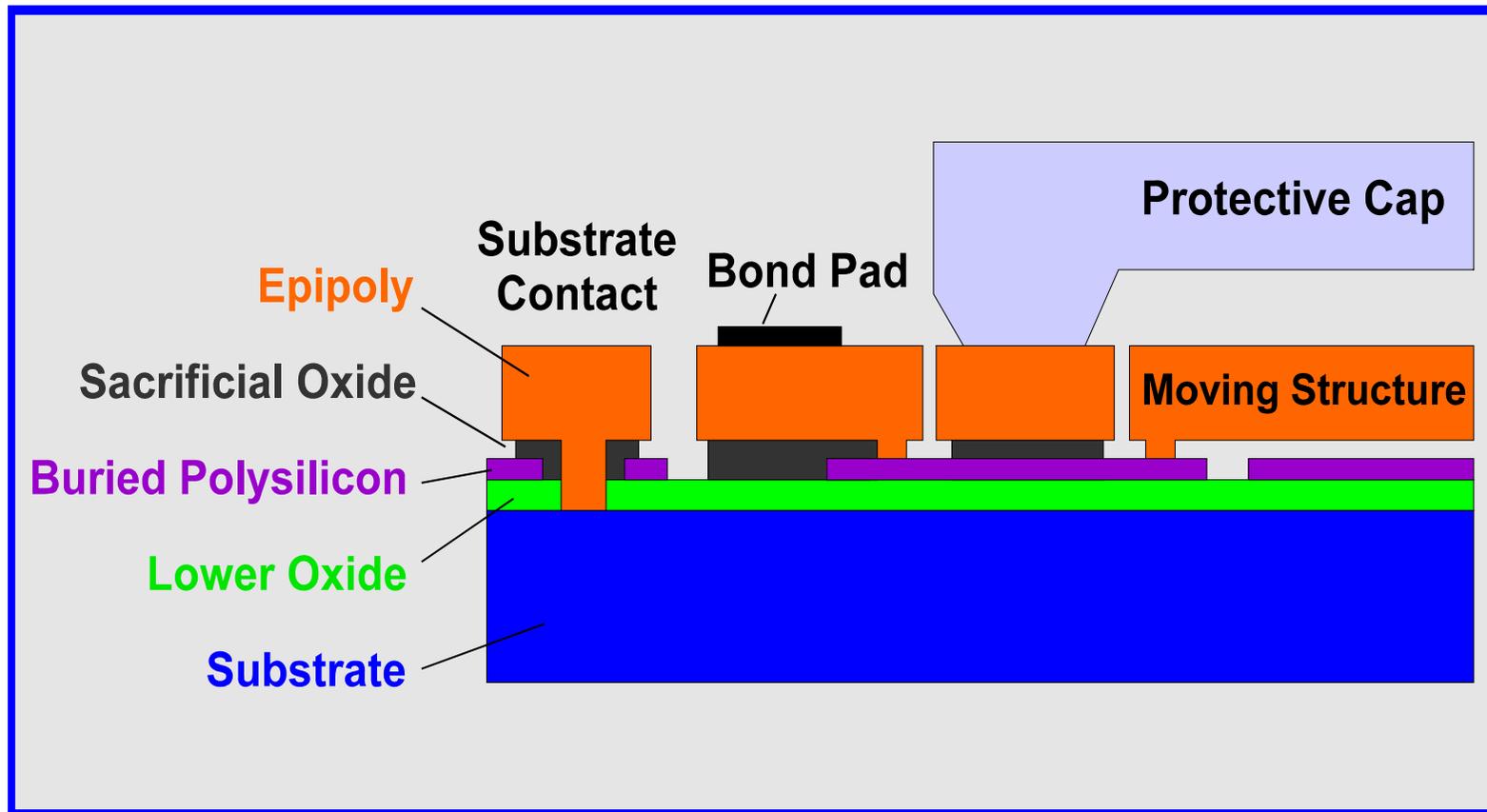
Quelle: Illing, Bosch GmbH

Bosch Drehratensensor

Angular-rate sensor SMG10x for rollover applications

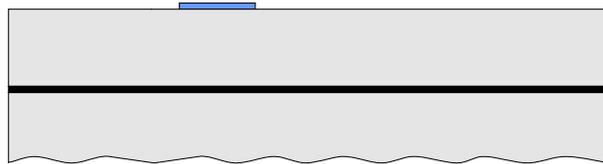


Gyro process: The Bosch process



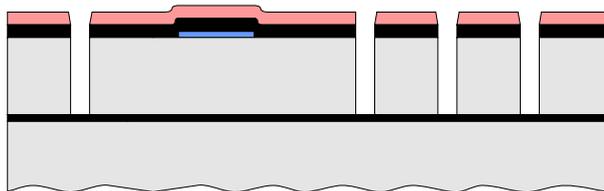
Robert Bosch GmbH

Gyro process: SOI technology



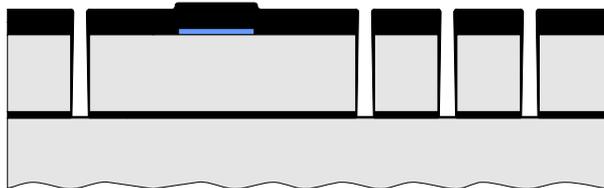
SOI-substrate, buried oxide 0,6 μm , structure layer 15 μm

Doping for contact, Depo and structure Al



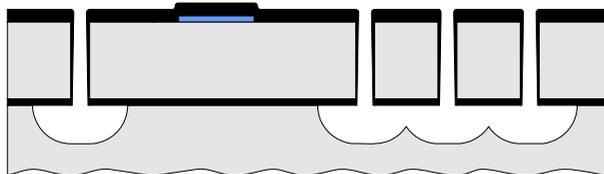
Mask: PECVD Oxide and resist

Si-RIE etch. Stop at buried oxide

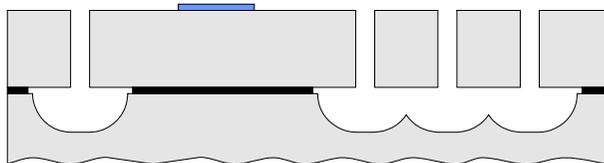


Remove resist, Depo PECVD oxide

Remove oxide at the bottom of the trenches by anisotropic RIE

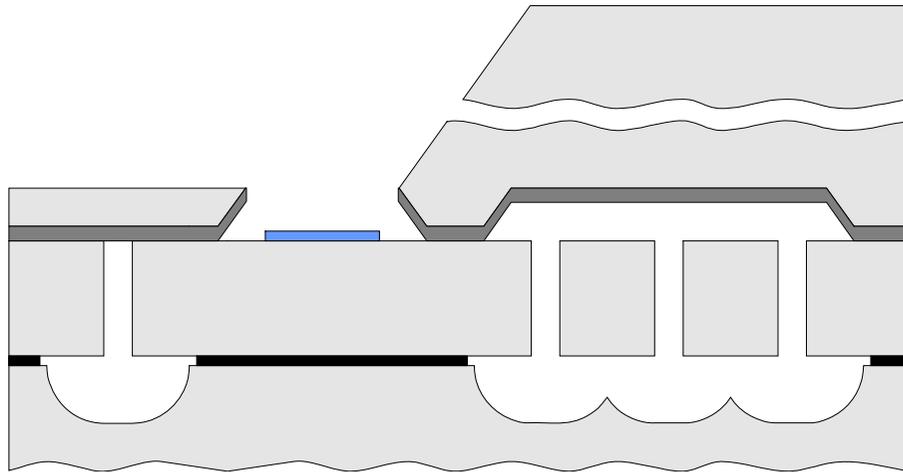


Set structure free: Isotropic Si etch



Remove the SiO_2

Gyro side view

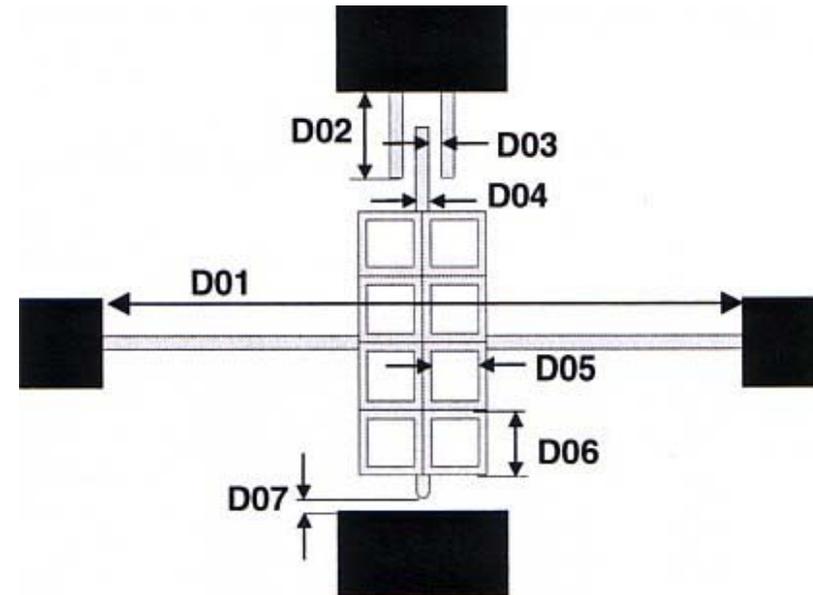
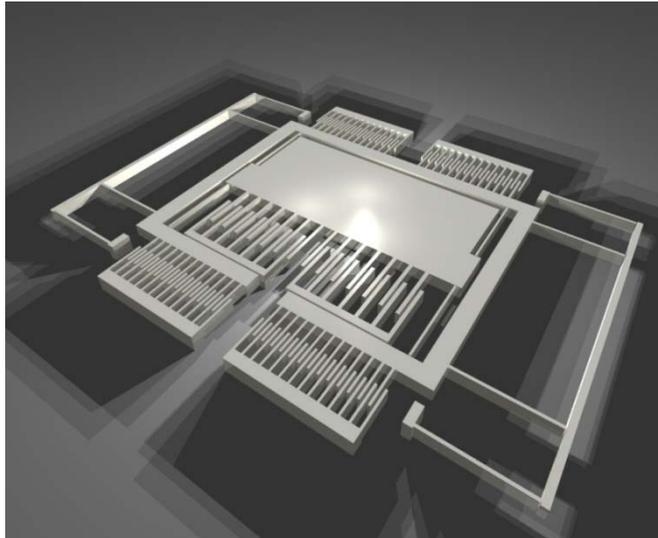


Preparing the cap: 2 KOH etch steps, Sputter pyrex

Join by anodic bonding

Bilder Prozess und Designrules: M. Braxmaier, HSG-IMIT

Designrules

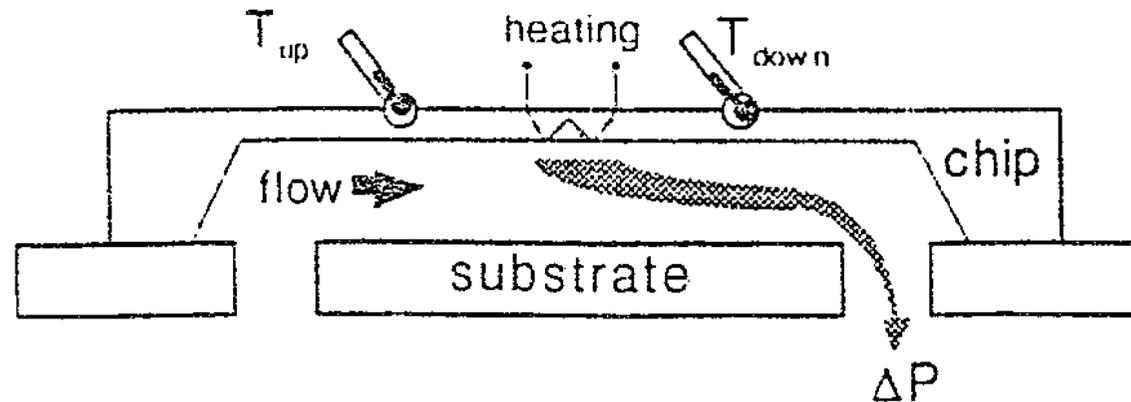


Regel	Beschreibung	Layout [μm]	Struktur [μm]
D01	Zweiseitig gehalterte, bewegliche Struktur	< 1000	< 1000,6
D02	Einseitig gehalterte, bewegliche Struktur	< 500	< 500
D03	Trenchbreite	> 2,0	> 2,3
D04	Strukturbreite	> 2,0	> 1,7
D05	Ätzloch	11	> 11,3
D06	Einheitszellenbreite bzw. -länge	15	15
D07	Stopperabstand	> 1,5	> 1,5

Mikromechanische Flusssensoren

- Messung kleinster Flüssigkeits- und Luftdurchflüsse
- Anwendungen:
 - Mikrodosierung (z.B. Medikamentengabe)
 - Chemische Analysetechnik
- Methoden:
 - Thermische Strömungsmessung (Energieverlust durch vorbeiströmendes Material)
 - Laufzeitverfahren (auch thermische Laufzeitmessung)
 - Kraft- / Druckmessung (Element im Strom)

Mikromechanische Flusssensoren

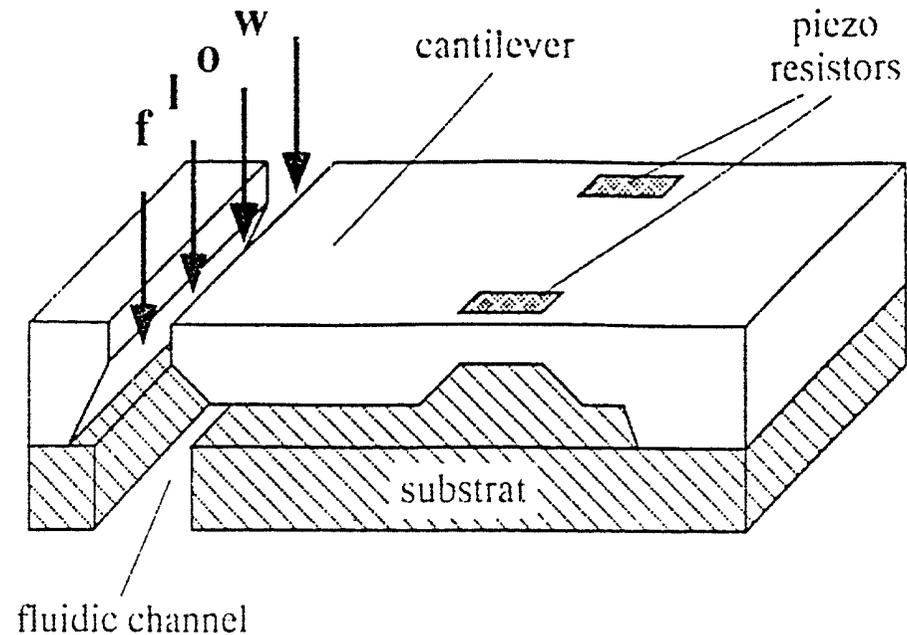


Betrieb:

- Laufzeitmessung (Heizung mit 5 Hz Signal)
- Temperaturdifferenzmessung (konstante Heizung)

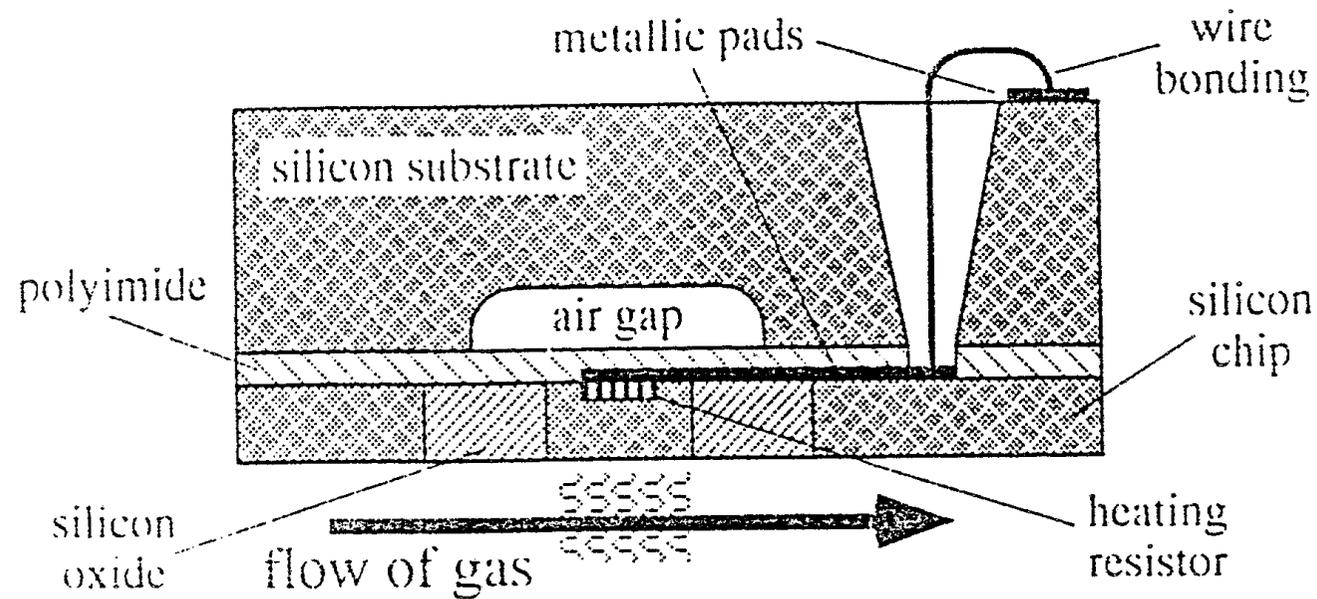
Sehr hohe Empfindlichkeit / kleiner Arbeitsbereich

Mikromechanische Flusssensoren



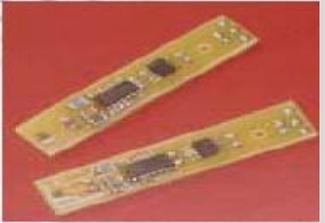
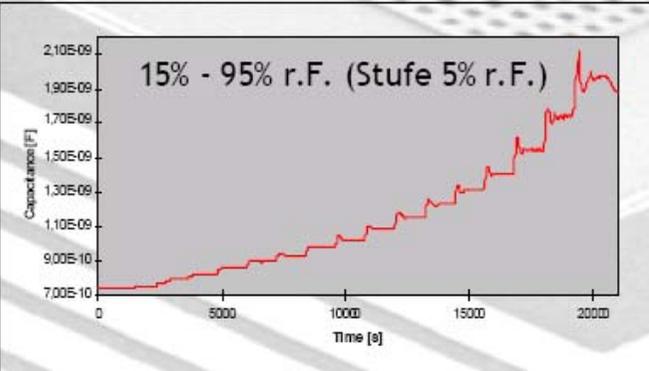
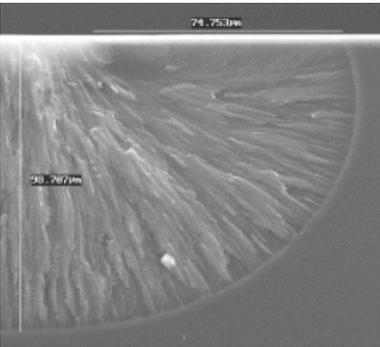
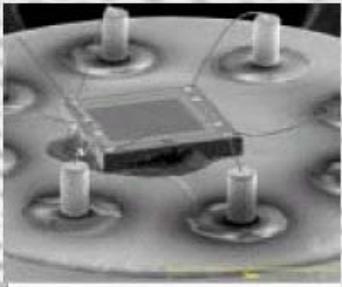
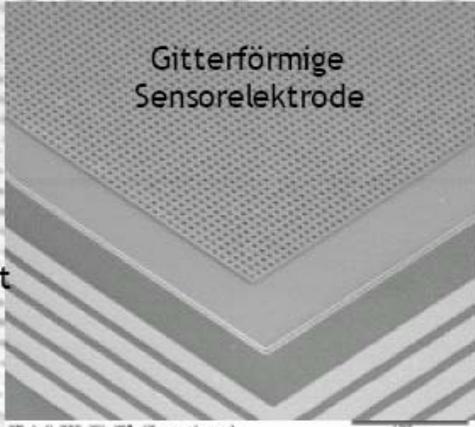
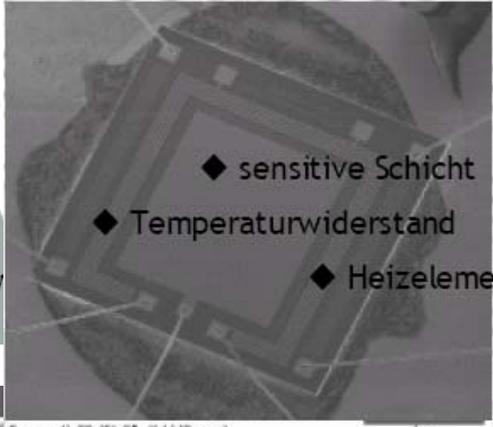
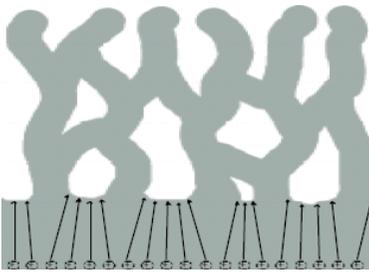
Piezoresistive Messung des Strömungswiderstands
(geringe Empfindlichkeit / grosser Arbeitsbereich)

Mikromechanische Gasflussmessung



- Thermisches Messprinzip
- (Schnitt durch kreisförmigen Sensor)

Poröses Silizium als Basis für kapazitive Feuchtesensoren



Elektrochemischer Ätzprozess

Typische Ausfallursachen

- Korrosion: Degradation von Metallen oder Metallverbindungen. Gefährlich sind Strom (galvanische Korrosion) und Verbindungen zweier verschiedener Metalle (lokale galvanische Elemente)
- Silicium Ätzen durch alkalische Lösungen
- Polymer Auflösung
- Eindringen von Feuchtigkeit, Lösungsmitteln und Treibstoff
- Bruch von Die und Wire Bonds
- Ermüdungsbruch
- Kriechen

Systemtest

- H3TB (High humidity, high temperature with bias)
 - T= 80°C, RH = 90%, Betriebsspannung, Zeit: 1000 Stunden
 - Ausfallursachen: Drift durch Ioneneffekte, Parameter instabil, Feuchte, Korrosion

- Temperatur Wechseltest
 - -40°C - +125°C; Verweilzeit 15 min, Anstiegs/ Abfallzeit 5 min. 1000 Zyklen
 - Ausfallursachen: Ermüdung von Bonds (die and wire), Degradation des Gels, Rissbildung

Systemtest

- Mechanischer Schock:
 - Beschleunigung 1500g, 3 Achsen, Zeit=0,5ms, 5 Schläge
 - Ausfallursachen: Bonds, Bruch des Gehäuses, Bruch der Membran
 - Einfachversuch: Sturz aus 1 m Höhe auf Stahl oder Beton =1000g

- Überlast
 - Druck erhöhen bis die Membran bricht
 - Ausfallursache: Membran, Die bond

Systemtest

- Beschleunigte Alterung:
 - Arrhenius Ansatz für die Rate (Ereignis/Zeit).
 - Ursprung ist die chemische Kinetik. Gut für Vorgänge, die durch Diffusion oder ähnliche Prozesse limitiert werden, wie z.B. das Versagen von Mikroelektronik. Bei mechanischem Versagen zweifelhaft

$$Rate \quad R = R_0 e^{\frac{E_a}{kT}}$$

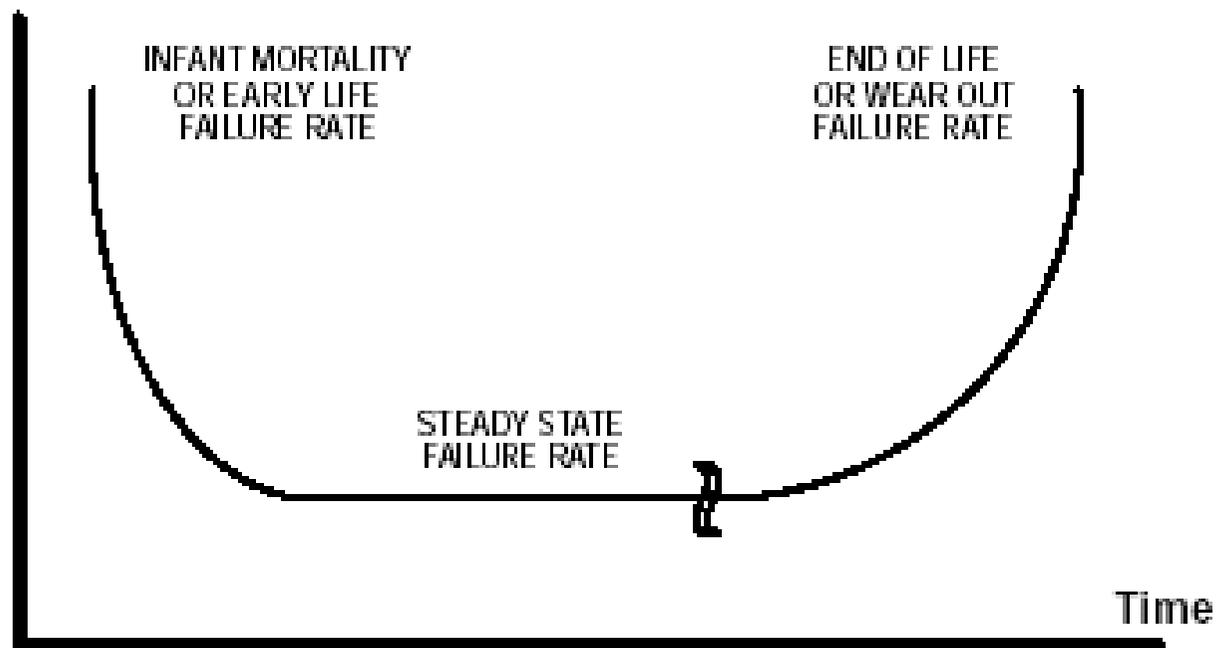
Ea: Aktivierungsenergie

k: Boltzmannkonstante

Lifetime modelling

„Badewannenkurve für Ausfallrate vs Lebenszeit

Product Failure Rate



Warum integrieren?

- Vorteile integrierter Systeme
 - Viel Funktion auf wenig Raum
 - Plug and play: Normierte Kennlinie. Z.B. Drucksensor: Si. Streuung: +/- 1%. Integrierter Sensor: +/-0,1%.
 - EMV (elektromagnetische Verträglichkeit): Das kleine Sensorsignal muss nur über einen sehr kurzen Weg
 - Herstellungskosten
 - Zuverlässigkeit: Systeme fallen an Schnittstellen aus. z.B.: Gesputterte Verbindungen sind zuverlässiger als gelötete.

Monolithische und hybride Integration

- Für hybride Integration spricht:
 - Entwicklungsaufwand geringer
 - Designfreiheit größer
 - Zwei getrennte Prozesse mit verschiedenem Generationenwechsel
 - Ausbeute: Auswahl getrennt, höhere Gesamtausbeute
- Für monolithische Integration spricht:
 - Potentiell sehr billig, aber erst bei sehr großer Stückzahl
 - Kleine Signale gehen direkt in Elektronik. Geringe parasitäre Kapazitäten
- → Monolithische Integration wird eingesetzt wenn:
 - Die Stückzahl sehr groß ist (>1 Mio/Jahr)
 - Die Kapazität der Bondpads zu groß ist (Beschleunigungssensor)
 - Die Signale nur durch Multiplexen übertragen werden können, da zu viele Bondpads nötig wären (Multimirror Device)
 - Das System extrem klein sein muss

Fragen Mikromechanik

- Welche mikromechanische Sensoren kennst du ?
- Welche unterschiedliche Fertigungsvarianten kennst du ?
- Welche Fertigungsvarianten kommen wann zum Einsatz ?
- Welche Ausleseprinzipien kennst du ?
- Welche Vor- und Nachteile haben sie ?