

## **Literaturverzeichnis:**

- ✕ [Alb82] : Albert, W.C.,  
"Vibrating Quartz Crystal Beam Accelerometer",  
ISA 28th. Int. Instr. Symp., Vol.28, No.1 (1982)
- ✓ [Alb84] : Albert, W.C.,  
"Force sensing using Quartz crystal flexure resonator",  
Proc. 38th. ann. Frequ. Contr. Symp., S.233 (1984)
- ✓ [Alb88] : Albert, W.C.,  
"A low cost force sensing crystal resonator applied to weighing",  
Proc. 42th. ann. Frequ. Contr. Symp., S. 78 (1988)
- ✕ [And88] : Andres, M.V., Foulds, K.W.H., Tudor, M.J.,  
"Sensitivity and mode spectrum of a frequency output silicon  
pressure sensor",  
Sensors and Actuators, 15, S.417 (1988)
- [Blo89] : Blom, F.R., Bouwstra, S., Fluitman, J.H.J., Elwenspoek, M.,  
"Resonating silicon beam force sensor",  
Sensors and Actuators, 17, S.513 (1989)
- [Chu83] : Chuang, S.S.,  
"Force Sensor using DETF Quartz Crystals",  
Proc. 38th. ann. Symp. on Frequ. Contr., S.248 (1983)
- [Eer86] : EerNisse, E.P., Paros, J.M.  
"Resonator force transducer",  
Patentschrift: 0 050 307 B1, QUARTEX, Inc. (1986)

- [Kaw87] : Kawamura,Y., Sato,K., Terasawa,T., Tanaka,S.,  
"Si cantilever-oscillator as a vacuum sensor"  
Proc. Transducers '87, Tokio (1987)
- [Kir83] : Kirman,R.G.,  
"Vibrating Quartz Force Sensor Transducer",  
Tempcon Conf. Papers, London (1983)
- [Lan85] : Langdon,R.M.,  
"Resonator sensors - a review"  
J.Phys.E:Sci.Instrum., Vol.18, S.103 (1985)
- [MC86] : Micro Crystal: "Quartz Force Transducer - DETF",  
Datenblatt: Doppelstimmgabel, Division of ETA, Grenchen (1986)
- [Smi83] : Smits,J.G, Tilmans,H.A.C., Hoen,K., Mulder,H., van Vuuren,J.,  
Boom,G.,  
"Resonant diaphragm pressure measurement system with ZnO on Si  
excitation",  
Sensors and Actuators, 4, S.565 (1983)
- [Tho90] : Thornton,K.E.B., Uttamchandani,D., Culshaw,B.,  
"A sensitive optically excited resonator pressure sensor",  
Sensors and Actuators A, 24, S.15 (1990)
- [Zin85] : Zingg,W.,  
"Miniatur-Quarزشwinger und -Quarzsensoren",  
DGC 36, S.27 (1985)
- [ZWB89] : Zwischenbericht zum Verbundvorhaben:  
"Einsatz der Mikromechanik zur Herstellung frequenzanaloger  
Sensoren", Berichtszeitraum: 1.7.-31.12.1989, VS-Villingen (1989)

**ANHANG:    Anlage A.        : Patentliste**

**[Par84] :        'Vibrating beam force sensor'**

Veröffentlichungsnummer:    0 030 741 B1

Veröffentlichungstag:        03.10.84

Patentinhaber:                PAROSCIENTIFIC, Inc.

Erfinder:                      Paros, J.M.

**Kurzbeschreibung:**

In dieser Patentschrift werden Vorschläge zur Verbesserung der Schwingungsentkopplung von resonanten Einfachstimmgabeln gemacht. Eine hohe Schwingungsgüte Q wird durch eine dynamische Entkopplung des schwingenden Balkens mit Hilfe von transversalen und longitudinalen Isolationsstrukturen, in Form von doppelbalkenförmigen Aufhängungen erreicht. Patentiert werden verschiedene Isolationsgeometrien und das Prinzip der Entkopplung, wobei diese auch auf Doppelstimmgabeln (DETF) angewendet werden können. Die vorgestellten Sensoren bestehen aus Quarzmaterial, das piezoelektrisch angeregt wird.

**[Kir84] :        'Piezoelectric vibrating beam force or pressure sensor'**

Veröffentlichungsnummer:    0 130 705 A2

Veröffentlichungstag:        05.06.84

Patentinhaber:                General Electric Company

Erfinder:                      Kirman, R.G.

**Kurzbeschreibung:**

Auf der Basis von Quarz wird eine Resonatorgeometrie mit drei Stimmgabeln vorgestellt, die senkrecht zur Balkenebene schwingen. Um die entstehenden Drehmomente zu kompensieren bewegen sich die beiden äußeren Balken entgegengesetzt zu dem mittleren, doppelt so breiten Balken. Dieses Prinzip läßt sich auch auf mehr als drei Schwingungstege ausweiten, sofern die Abmessungen (Stegbreiten) und Schwingungsrichtungen aufeinander abgestimmt sind. Neben Quarz werden für Sensoranwendungen die Materialien Lithiumniobat, -tantalat und Aluminiumorthophosphat vorgeschlagen. Ferner werden die Elektrodenanordnungen patentiert.

**[Lan86] : 'Force sensor using a vibrating element'**

Veröffentlichungsnummer: 0 232 610 A2

Veröffentlichungstag: 11.12.86

Patentinhaber: General Electric Company

Erfinder: Langdon, R.M.

Kurzbeschreibung:

Auf der Basis eines resonanten Siliziumbalkens wird die photothermische Anregung und optische Detektion eines frequenzanalogen Kraftsensors vorgestellt. Patentiert werden das Verfahren der Anregung (gepulste Laserdiode), der punktuellen Lichteinkopplung über einen Lichtwellenleiter, die interferometrische Detektion (Fabry-Perot-Interferometer) und die Resonatorgeometrie.

**[Eer86] : 'Resonator force transducer'**

Veröffentlichungsnummer: 0 050 307 B1

Veröffentlichungstag: 05.02.86

Patentinhaber: QUARTEX, Inc.

Erfinder: EerNisse, E.P.

Kurzbeschreibung:

Diese Patentschrift legt für Einfach- (Single Beam) und Doppelstimmgabeln (DETF) auf Quarzbasis die Bereiche der geometrischen Abmessungen fest, in denen eine einwandfreie Funktion der Sensoren gewährleistet ist. Durch geeignete Wahl der Verhältnisse von Sensorlänge, -breite und -dicke wird sichergestellt, daß die Kraftsensoren in ihrem Arbeitsbereich maximale Empfindlichkeit besitzen und frei von unerwünschten Schwingungszuständen ('spurious modes') sind. Ferner werden solche Geometrieverhältnisse patentiert, bei denen die Frequenzen höherer Moden in einem bestimmten Verhältnis zur Grundfrequenz stehen.

**[Mus86] : 'Capteur de force comprenant un résonateur dont la fréquence varie en fonction de la force appliquée'**

Veröffentlichungsnummer: 0 219 748 A1

Veröffentlichungstag: 03.10.86

Patentinhaber: ASULAB, S.A.

Erfinder: Mussard, Y.

**Kurzbeschreibung:**

In dieser Patentschrift wird der Kraftsensor der Fa. ETA-ASULAB beschrieben und das Funktionsprinzip dargestellt. Neben technischen Angaben wie geometrische Abmessungen (15 mm x 2.9 mm x 0.175 mm), Resonanzfrequenz (47 kHz), Bruchgrenze (10 - 12 N), Empfindlichkeit ( $200 \text{ Hz/N} = 0.43 \text{ \% / N}$ ) und Auflösung (2000 Punkt) werden Vorschläge zur Applikation und optimalen Krafteinleitung gemacht. Patentierte werden die Sensorabmessungen und das zugrundeliegende Sensorprinzip. Für die Funktion des Sensors wird ein mechanisches Ersatzschaltbild gegeben.

**[Par86] : 'Force transducer'**

Veröffentlichungsnummer: 0 052 318 B1

Veröffentlichungstag: 14.05.86

Patentinhaber: QUARTEX, Inc.

Erfinder: Paros, J.M.

**Kurzbeschreibung:**

Diese Patentschrift befaßt sich mit der mechanischen Entkopplung sowie der einachsigen Kraftzuführung einer Quarzdoppelstimmgabel als Kraftsensor. Ansprüche werden abgeleitet bezüglich der Konstruktion des Hebelkerns zur Verwendung als Kraftsensor, der einachsigen Krafteinleitung und dem Prinzip der gleichmäßigen Kraftbelastung beider Stimmgabelstege. Die hierzu erforderlichen geometrischen Bedingungen an den Hebelkern werden angegeben.

**[Gre87] : 'Resonator device'**

Veröffentlichungsnummer: 0 244 086 A2

Veröffentlichungstag: 30.03.87

Patentinhaber: STC PLC

Erfinder: Greenwood, J.C.

Kurzbeschreibung:

Es wird ein resonanter Sensor auf der Basis einer Doppelschwingergeometrie aus Silizium vorgestellt, der photothermisch angeregt und optisch abgetastet wird. Der Autor geht auf die prinzipielle Problematik bei resonanten Sensoren ein, speziell der Abhängigkeit der Resonanzfrequenz von großen Schwingungsamplituden. Abhilfe kann hier durch einen Resonator geschaffen werden, der in Torsionsschwingung betrieben wird. Patentierte werden die neuartige Schwingergeometrie und die optischen Anregungs- und Abtastprinzipien.

**[Ike88] : 'Schwingungswandler'**

Veröffentlichungsnummer: DE 3630 368 C2

Veröffentlichungstag: 13.10.88

Patentinhaber: Yokogawa Electric Corp.

Erfinder: Ikeda, K. et al.

Kurzbeschreibung:

Es wird ein resonanter Sensor auf der Basis eines Silizium-Balkens vorgestellt, der in geeigneter Weise zum Schwingen angeregt wird. Dieser Balken befindet sich in einem festen Abstand zu der weggeätzten Silizium-Membran und wird im Vakuum z.B. piezoelektrisch, elektrostatisch oder elektromagnetisch zum Schwingen angeregt. Als Ätzstop wurde eine Bordotierung verwendet, die aber zu mechanischen Verspannungen führt und das dynamische Verhalten negativ beeinflusst. Die Autoren gehen auf verschiedene Ausführungsformen des Sensors und die verschiedenen Möglichkeiten der Schwingungsanregung und -detektion ein.

[Eer89] : 'Kraftmeßwandler'

Veröffentlichungsnummer: DE 3013 185 C2

Veröffentlichungstag: 09.03.89

Patentinhaber: Quartex, Inc.

Erfinder: EerNisse, E.P.

Kurzbeschreibung:

In dieser Patentschrift wird ein Doppelstimmgabel-Kraftmeßwandler auf Quarzbasis vorgestellt, der sich durch verbesserte dynamische Eigenschaften auszeichnet. Die Schwingungsgüte  $Q$  gegenüber früher vorgeschlagenen Sensoren konnte stark erhöht werden ( $Q = 10^5$ ). Die maximale Auflösung des Sensors soll  $10^6$  Teile betragen. Ansprüche werden abgeleitet bezüglich der Abmessungen des piezoelektrischen Quarzkristalls, der Anordnung der Elektroden und des verwendeten Kristallschnitts.

**ANHANG:    Anlage B.    : Literaturliste**

**HSG - Literaturrecherche:**

- Dokumentationssystem: LIDOS

- Datei:        ARCHIV

- Anzahl:       52 Zitate

- Stand:        8/90



- Baltes, H.; Nathan, A. (1989): Sensor Modeling.  
aus 'Sensors' VCH-Verlag, Heidelberg , S.46
- Begg, D.W.; Butler, J.E. (1988): Into the 1990's with the  
acoustic strain gauge.  
Advanced strain measurement techniques Whittles  
Publishing, Caithness , S.87
- Bernstein, J.; Denison, M.; Greiff, P. (1988): Optical  
Measurement of Silicon Membrane and Beam Thickness  
Using a Reflectance Spectrometer.  
IEEE Trans. on Electron Devices Vol.35 No.6 , S.801
- Bill, B. (1990): PiezoBEAM (R) - ein neuartiges Konzept für  
Beschleunigungssensoren.  
messen & prüfen 26 3 , S.95
- Bouwstra, S.; Kemna, P.; Legtenberg, R. (1989): Thermally  
excited resonating membrane mass flow sensor.  
Sensors and Actuators 20 , S.213
- Budin, J.P.; Boulmer, J.; Débarre, D. (1989):  
Laser-Assisted Processes in the Microelectronic  
Industry.  
Thin Solid Films 175 , S.109
- Burkhardt, P.J.; Marvel, R.F. (1969): Thermal Expansion of  
Sputtered Silicon Nitride Films.  
J.Electrochem.Soc.:SOLID STATE SCIENCE June , S.864
- Campbell, C.K. (1989): Applications of Surface Acoustic and  
Shallow Bulk Acoustic Wave Devices.  
Proc. of the IEEE 77 10 , S.1453
- Challande, P. (1990): Optimizing Ultrasonic Transducers  
based on piezoelectric composites using a  
Finite-Element Method.  
IEEE Trans. on UFFC 37 2 , S.135
- Chubachi, N. (1987): Ultrasonic Sensors for  
Micro-Metrology.  
Transducers '87 , S.25
- Ciampolini, P.; Forghieri, A.; Pierantoni, A.; Gnudi, A.;  
Rudan, M.V.; Baccarani, G. (1989): Adaptive Mesh  
Generation Preserving the Quality of the initial  
Grid.  
IEEE Trans. on CAD 8 5 , S.490
- Cooke, M.J.; Harris, G. (1989): Monte Carlo simulation of  
thin-film deposition in a rectangular groove.  
J.Vac.Sci.Technol.A7 Nov/Dec , S.3217

- du Preez, R.J. (1990): Solution of coupled piezoelectric-solid-fluid problems with PERMAS. Proceeding: Finite Elements in Engineering Applications 1990 , S.283
- Eda, K. (1989): Zinc Oxide Varistors. IEEE Electrical Insulation Magazine Vol.5 No.6 , S.28
- Friedrich, W.; Lerch, R.; Prestele, K.; Soldner, R. (1990): Simulations of Piezoelectric Lamb Wave Delay Lines using a Finite Element Method. IEEE Trans. on UFFC 37 2 , S.248
- Gallego-Juárez, J.A. (1989): Piezoelectric ceramics and ultrasonic transducers. J.Phys.E:Sci.Instrum. 22 , S.804
- Gardner, D.S.; Flinn, P.A. (1988): Mechanical stress as a function of temperatur in aluminium films. IEEE Transactions on Electron Devices 35 12 , S.2160
- Guckel, H.; Burns, D.W.; Visser, C.C.G.; Tilmans, H.A.C.; Deroo, D. (1988): Fine-Grained Polysilicon Films with Built-In Tensile Strain. IEEE Trans. on Electron Devices Vol.35 No.6 , S.800
- Hand, S. (1985): Transient Thermoelastic Modeling of Laser-heated Structures. ANSYS Conf.Proc. Pittsburgh, USA, April 23-25 , S.8.32
- Hardtke, C.; Ullmaier, H.; Schilling, W.; Gebauer, M. (1989): Stress relaxation in tantalum silicide films by particle bombardment. Thin Solid Films 175 , S.61
- Hauden, D. (1987): Miniaturized Bulk and Surface Acoustic Wave Quartz Oscillators Used as Sensors. IEEE Trans. on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control 34 2 , S.253
- Imanaka, Y.; Aoki, S. (1989): Thermal Expansion of Glass/Ceramic Composites for Multilayer Ceramic Circuit Boards. FUJITSU Sci.Tech.J. 25 1 , S.73
- Kao, D.-B.; McVitte, J.P.; Nix, W.D.; Saraswat, K.C. (1988): Two-dimensional thermal oxidation of silicon-II. Modeling stress effects in wet oxides. IEEE Transactions on Electron Devices 35 1 , S.25
- Kawamura, Y.; Sato, K.; Tanaka, S. (1987): Si

Cantilever-Oscillator as a Vacuum Sensor.  
Transducers '87 , S.283

Kokai, H.; Kashiwagi, K.; Sakamoto, Y.; Morikawa, T.;  
Murayama, Y. (1989): Zinc-Oxid Film Synthesized by  
ECR Oxygen Plasma.  
Japanese Journal of Applied Physics 28 11 , S.2268

Lerch, R. (1990): Simulation of Piezoelectric Devices by  
Two- and Three-Dimensional Finite Elements.  
IEEE Trans. on UFFC 37 2 , S.233

Lerch, R. (1986): Berechnung des Schwingungsverhaltens  
piezoelektrischer Körper mit einem Vektorprozessor.  
Siemens Forsch.u. Entw.-Ber. Bd.15 Nr.5 , S.234

Lin, S.C.H.; Pugacz-Muraszkiewicz, I. (1972): Local  
Stress Measurement in Thin Thermal SiO<sub>2</sub> Films on Si  
Substrates.  
J.Appl.Phys. Vol.43 No.1 , S.119

Lord, H.A. (1988): Thermal and Stress Analysis of  
Semiconductor Wafers in a Rapid Thermal Processing  
Oven.  
IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing 1 3  
, S.105

Middelhoek, S.; French, P.J.; Huijsing, J.H.; Lian, W.J.  
(1987): Sensors with Digital or Frequency Output.  
Transducers '87 , S.17

Moser, D.; Parameswaran, M.; Baltes, H. (1990): Field Oxide  
Microbridges, Cantilever Beams, Coils and Suspended  
Membranes in SACMOS Technology.  
Sensors and Actuators A21-A23 , S.1019

Müller, K.H. (1989): Elemental Analysis of Surfaces and  
Thin Films.  
Thin Solid Films 174 , S.117

Pan, P.; Berry, W.; Kermani, A.; Liao, J. (1990):  
Properties of Thin SiO<sub>2</sub> films with polysilicon  
deposited in situ.  
Solid State Technology January , S.37

Pfeiffer, H.; Dreyer, V.; Pfändler, M. (1984):  
Transversalschwinger als Grenzscharter für  
Flüssigkeiten.  
Technisches Messen 51. Jahrgang 9 , S.324

Pourahmadi, F.; Barth, P.; Petersen, K. (1990): Modeling of  
thermal and mechanical stresses in silicon  
microstructures.

- Rakib, Z. (1990): Unterschiede zwischen 2D- und 3D-Wärmeanalyse.  
Design & Elektronik 11 , S.51
- Reimann, H. (1989): New Mechanical Structures to Achieve Low Pressure Silicon Sensors and Actuators.  
Sensor '89 Nürnberg B 6.2 , S.265
- Sera, K.; Okumura, F.; kaneko, S.; Itoh, S.; Hotta, K.; Hoshino, H. (1990): Excimer-laser doping into Si thin films.  
J.Appl.Phys. 67 5 , S.2359
- Sherman, J.H. (1983): Temperature Coefficient of the Frequency Shift Arising from Electrode Film Stress.  
IEEE Trans. on Sonics and Ultrasonics 30 2 , S.104
- Slavov, S.H.; Ouroushev, D.G. (1990): Investigation of harmonic modes of vibration in spherically contoured AT-cut quartz resonators by the degenerate hypergeometric function.  
J.Phys.D:Appl.Phys. 23 , S.434
- Smits, J.G.; Tilmans, H.A.C. (19..): Pressure dependance of resonant diaphragm transfer function.  
Twente University of Technology, Enschede/NL , S.117
- Solley, E.G.; Linn, J.H.; Belcher, R.W.; Shlepr, M.G. (1990): Grain Delineation of Al-Si Thin Films.  
Solid State Technology January , S.40
- Spencer, R.R.; Fleischer, B.M.; Barth, P.W.; Angell, J.B. (1988): A theoretical study of transducer noise in piezoresistive and capacitive silicon pressure sensors.  
IEEE Trans. on Electron Devices Vol.35 No.8 , S.1289
- Stengl, R.; Tan, T.; Gösele, U. (1989): A Model for the Silicon Wafer Bonding Process.  
Japanes Journal of Applied Physics 28 10 , S.1735
- Sutardja, P.; Oldham, W.G. (1989): Modeling of Stress Effects in Silicon Oxidation.  
IEEE Transactions on Electron Devices 36 11 , S.2415
- Tabib-Azar, M.; Leane, J.S. (1990): Direct Optical Control for a Silicon Microactuator.  
Snesors and Actuators A21-A23 , S.229
- Ueda, T.; Kohsaka, F.; Iino, T.; Yamazaki, D. (1987):

Theory to predict etching shapes in quartz and application to devices.

Trans. Soc. Inst. Control Eng. 23 12 , S.1

Valentini, A.; Quaranta, F.M.; Rossi, M.; Vasanelli, L.  
(1989): structural properties of ZnO Films prepared by R.F. sputtering for optical applications.  
Thin Solid Films 175 , S.255

Vieten, M. (1989): Neuentwicklungen bei Quarzsensoren: Der Unterschied liegt im Detail.  
Der Elektroniker 8 , S.31

White, R.M.; Wicher, P.J.; Wenzel, S.W.; Zellers, E.T.  
(1987): Plate-Mode Ultrasonic Oscillator Sensors.  
IEEE Trans. on UFFC Vol.34 No.2 , S.162

Wittum, G. (1990): Mehrgitterverfahren.  
Spektrum der Wissenschaft April , S.78

Zhang, Y.; Planat, M. (1990): Effect of piezoelectricity on the excitation and radiation of acoustic waves in rotated Y-cut quartz.  
J.Appl.Phys. 67 (5) , S.2257