

VERBUNDVORHABEN

"EINSATZ DER MIKROMECHANIK ZUR HERSTELLUNG FREQUENZANALOGER SENSOREN"

STATUSBERICHT AUGUST 1991 / GMS mbH,
ST. GEORGEN

THEMA: DESIGN UND HERSTELLUNG THERMISCH ANGEREGTER,
FREQUENZANALOGER KRAFTSENSOREN.

INHALT:

- Definition Arbeitsgruppe.

Ziel:	frequenzanaloger Kraftsensor
Anwender:	Fa. Bizerba
Hersteller:	Fa. GMS
Entwicklung/	
Beratung:	HSG

- Vorgehensweise:

- | | |
|---|---|
| - Formulierung Pflichtenheft
Fa. Bizerba, 18.03.1991 | √ |
| - Design/Berechnung
Fa. GMS, HSG, 3.5.1991 | √ |
| - Herstellung Testmuster
Fa. GMS/HSG | √ |
| - Test, Messtechnik
Fa. Bizerba | |
| - Redesign
Fa. GMS, HSG | |

- FORMULIERUNG PFLICHTENHEFT/ Fa. BIZERBA

Treffen vom 18.03.1991

+ Nennkraft:.....	5 N
+ max. Bruchbelastung :.....	50 N
+ Überlastfaktor:.....	10
+ Hebellenkernuntersetzung:.....	ca. 50:1
+ Einsatzbereich:.....	15-20 kg
+ Auflösung:.....	6000 d
+ Empfindlichkeit:	ca. 3 g
+ Linearitätsfehler:.....	ca. 0,678 %
+ Abmessungen:	
Länge.....	10 - 25 mm
(Wunsch.....)	15 mm)
Dicke.....	0,38 oder 0,525 mm
	(3" oder 4"-Wafer)
Breite.....	3 - 10 mm
Klebefläche.....	ca. 3,0 mmx 2,5 mm
+ meßtechnische Auflösung:.....	d fmin = 0,1 Hz
	(mit Präz.zähler)
	d fmin = 1 Hz
	(Sensorelektronik)
+ Resonanzfrequenz:.....	f0= 10-100 kHz
+ Anregung:.....	elektrothermisch,
	NiCr-widerstände
+ Abtastung:.....	NiCr-DMS
+ Material:.....	Silizium
+ Geometrie:.....	Einfachbiegebalken
	mit zwei
	Verstärkungsstegen
	(shunts)

- DESIGN/PRINZIP

Bild 1 zeigt das prinzipielle geometrische Aussehen des Sensors. Es handelt sich um einen Einfachbiegebalken mit zwei Verstärkungstegen, den sogenannten shunts.

Die von Bizerba geforderte Überlastsicherheit soll durch die shunts erreicht werden.

Die Schwingungsrichtung ist senkrecht zur Waferoberfläche (siehe Pfeile).

Die Anregung soll durch elektrische Impulse in Widerständen an den Balkenenden geschehen. Die Aufheizung der Widerstände soll eine kurzzeitige Temperaturerhöhung der Waferoberfläche verbunden mit einer Wärmedehnung des Silizium bewirken. Diese Dehnung bewirkt eine Auslenkung des Balkens nach unten.

Plausibel wird dies, wenn man die Umkehrung des Effektes betrachtet - Eine aufgezwungene Auslenkung in der Mitte des Balkens nach unten, führt zu einer maximalen Oberflächendehnung an den Balkenrändern.

Die Oberflächendehnung in der Mitte des Balkens verhält sich gegenphasig zu der an den Rändern, so daß ein dort angebrachter DMS als pick-up benutzt werden kann.

Die Anbringung der Heizwiderstände am Balkenrand bietet den Vorteil, daß das massive Silizium als Wärmesenke dient, und ein schnellerer Wärmeabfluß möglich ist.

Dies läßt eine höhere erreichbare Eigenfrequenz erwarten. Welche Eigenfrequenzen durch die thermische Anregung erreichbar sind, läßt sich kaum abschätzen, so daß dies experimentell ermittelt werden soll.

DIMENSIONIERUNG TESTMASKE

Treffen vom 3.5.91

Die konkrete Auslegung des Silizium-Kraftsensors wurde nach Vorgabe des Pflichtenheftes von Bizerba in Zusammenarbeit mit dem HSG gemacht.

Da Unklarheit über den erreichbaren Frequenzbereich bei thermischer Anregung bestand, wurde die Herstellung einer Testmaske mit Sensoren verschiedener Eigenfrequenzen vereinbart.

Die Dimensionierung der beiden Verstärkungsstege erfolgte unter Zugrundelegung der maximal geforderten Bruchbelastung von 50 N. Mit einer Waferdicke von 0,38mm und einer effektiven Stegbreite von 1mm ergibt sich eine max. auftretende Spannung von 66 N/mm^2 d.h. weit kleiner als die Bruchspannung von Si. ($200\text{--}300 \text{ N/mm}^2$) Aus Fertigungstechnischen Gründen wurde die Dicke des Balkens auf 50 μm , die Breite auf 1 mm festgelegt.

Die verschiedenen Eigenfrequenzen ergeben sich durch unterschiedliche Balkenlängen.

Gewählt wurde:

l = 10 mm ,	f = 4,38 kHz
l = 8 mm ,	f = 6,85 kHz
l = 6 mm ,	f = 12,17 kHz
l = 4 mm ,	f = 27,39 kHz
l = 3 mm ,	f = 48,7 kHz

Bei der FEM- Modellierung (2 D und 3D) betrugen die auftretenden Spannungen bei maximaler Zugbelastung von 50 N etwa $60\text{--}80 \text{ N/mm}^2$. Für die genaue Berechnung der Spannungen ist die Erstellung eines 3D-Modells mit der Berücksichtigung der ätzbedingten (111)-Ebenen wichtig, um die auftretenden Kerbwirkungen mit zu berücksichtigen.

Herstellprinzip

Das Prinzip (Ätzstopprinzip) wurde bereits im Statusbericht vom Julie 90 (Teil 2) am Beispiel einer Si-membran dargestellt. (Bild 2)

Um eine definierte Membrandicke (T) zu erhalten wird auf einer Seite an einigen Stellen eine V-grube mit der Breite $B = \sqrt{2} * T$ geätzt. Anschließend wird von der anderen Seite Si geätzt, bis die Spitze der V-grube hell im Durchlicht als Spalt sichtbar wird.

In etwas abgewandelter Form wird dieses Prinzip nun zur Herstellung eines Biegebalkens mit definierter Dicke benutzt.

Nach Aufbringen und Strukturieren der Heiz und DMS-strukturen und deren Zuleitungen und Lötflächen, wird auf der Vorderseite (oben) zunächst zwei Schlitz mit $\sqrt{2} * 50 \mu\text{m} = 71 \mu\text{m}$ Breite in das Oxid geätzt. Anschließend wird ein Ätzfenster auf der Rückseite geöffnet. Nach einer ca. 4-stündigen KOH-Ätzung erreicht die Ätzung die Spitze der V-gruben, sodaß der Balken nur noch an den Enden befestigt ist.

DETAILLIERTER FERTIGUNGSABLAUF

1. Ausgangsmaterial: Beidseitig polierte Wafer 3"
2. Maskierschicht: a) thermisches Oxid (5 Wafer von HSG)
b) PECVD Si₃N₄ (später)
3. beidseitig Belacken AZ 1518 (statt AZ 4511)!!!!
4. In Spezialadapter beidseitig Justiermarken belichten, entwickeln, ätzen.
5. Vorderseite ganzflächig Sputtern NiCr (ca. 100 Ohm/square)
6. Vorderseite Aufdampfen TiPdAu (Zuleitungen+Pad's)
7. Beidseitig Belacken (wg. Ti-Ätze, HF-haltig)
8. Belichten mit Maske "Pad", Ätzen Au, Pd, Ti (1.Folie)
9. Belacken, Belichten mit Maske "Widerstand", Ätzen NiCr (2.Folie)
10. Belacken beidseitig
11. Belichten mit Maske "V-Grube" auf Vorderseite, Ätzen SiO₂, BHF (3.Folie)
12. Belacken beidseitig
13. Belichten Mit "Fenster-maske" auf der Rückseite, Ätzen SiO₂, BHF (4.Folie)
14. Ätzen in KOH 30%, 80 C
15. Sägen mit Wafersäge, 150 µm Sägeblatt.

Bild 3 und Bild 4 zeigen einen Ausschnitt aus dem Maskensatz.

Frequenzanaloger Kraftsensor, elektrothermische Anregung

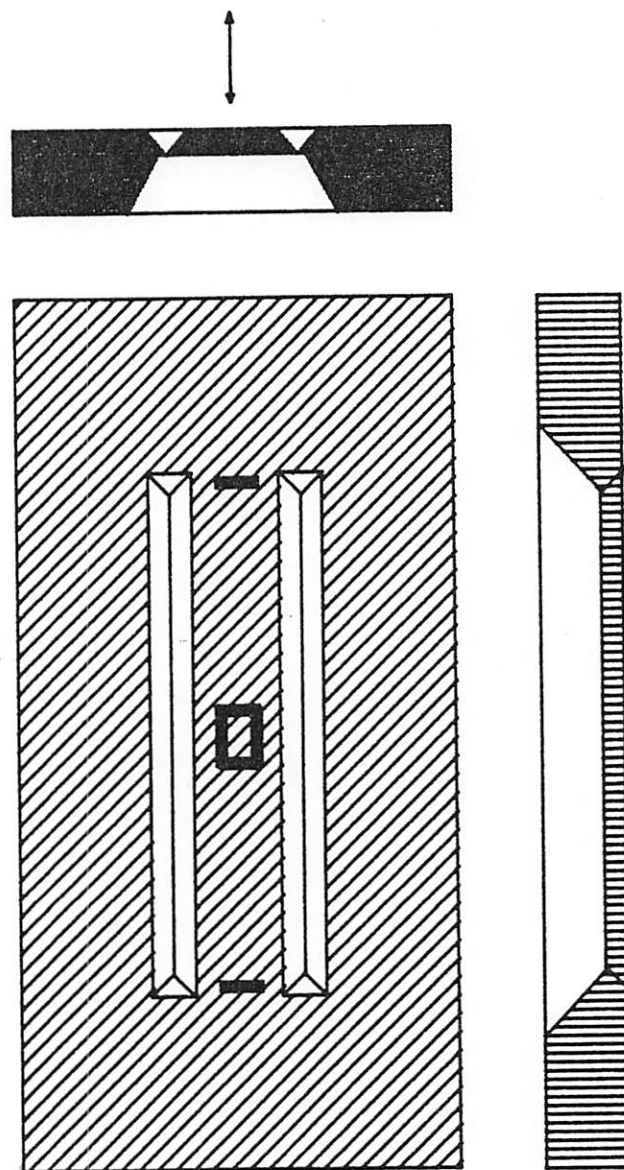
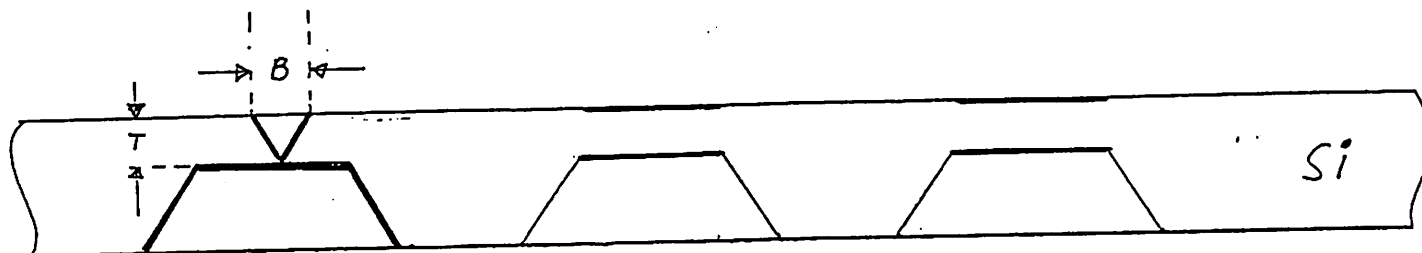


Bild 1 : Prinzip

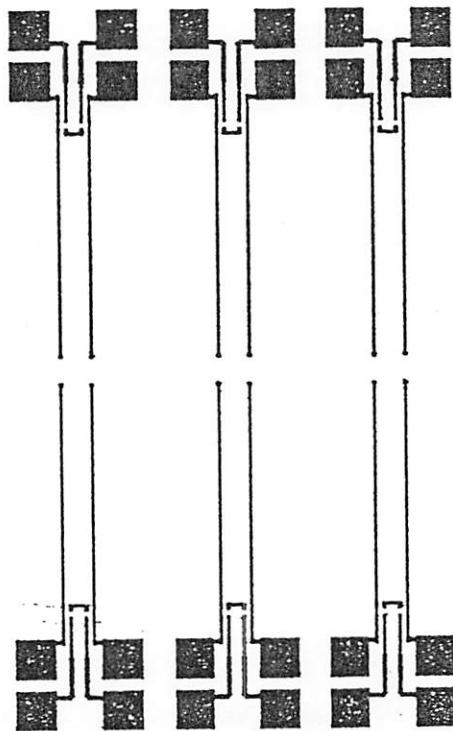
TECHNOLOGIE "SILIZIUMSTRUKTUREN"

Silizium-Membran

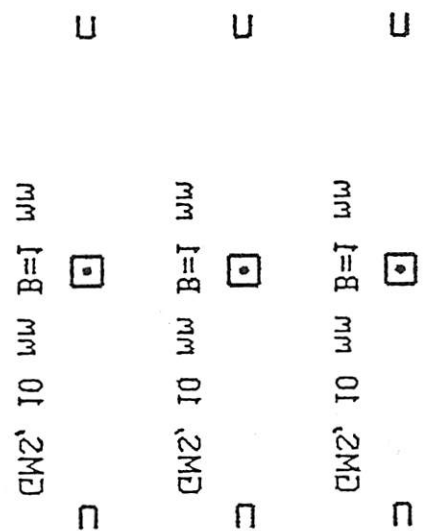


Herstellungsprinzip

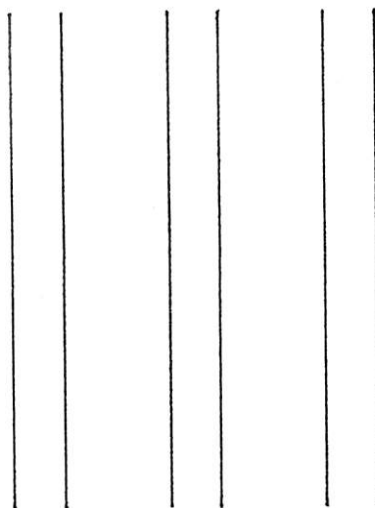
1. Herstellen definierter V-Grube
 $B = \sqrt{2} \cdot T$ (B=Breite, T=Tiefe bzw. Membrandicke)
2. Ätzen Rückseite, bis Spitze V-Grube



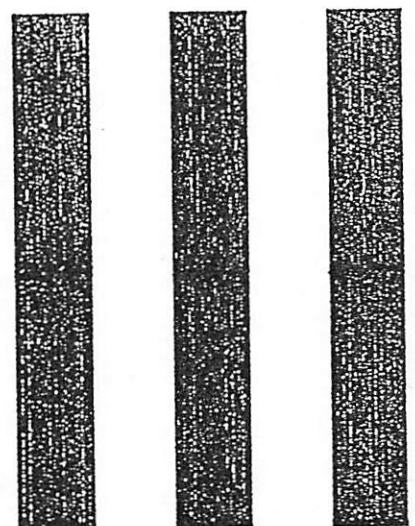
Maske "Pad"



Maske "Widerstand"



Maske "V-Grube"



Maske "Fenster"

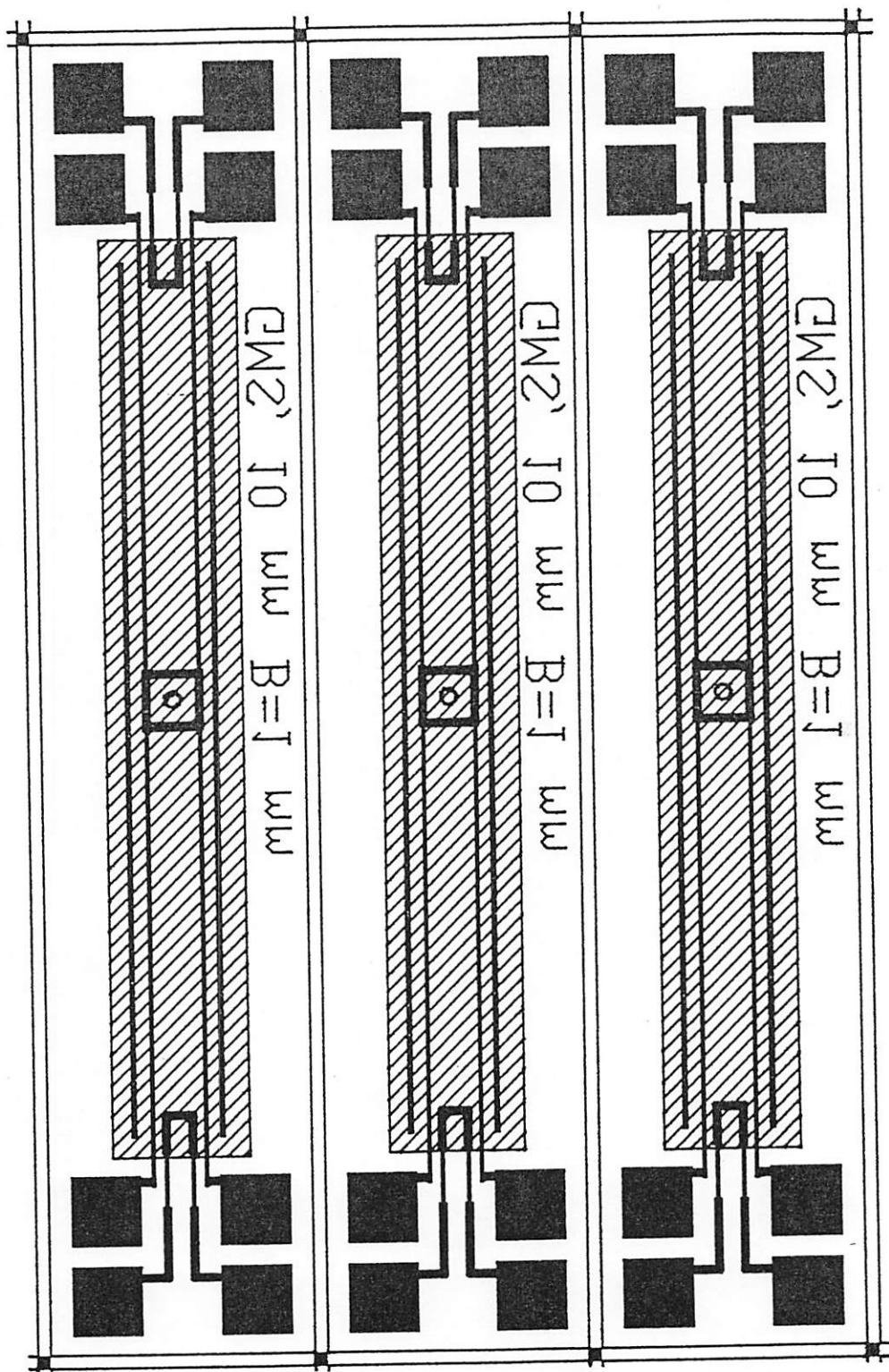


Bild 4