

ZWISCHENBERICHT

zum Verbundprojekt

"EINSATZ DER MIKROMECHANIK ZUR HERSTELLUNG
FREQUEZANALOGER SENSOREN"

TEILPROJEKT

"Design und Herstellung thermisch angeregter
frequenzanaloger Kraftsensoren"

Berichtszeitraum : 01.09.91 - 31.12.91

GMS

GESellschaft
FÜR MIKROTECHNIK
UND SENSORIK

Postfach 1264
7742 St.Georgen

PROJEKTLEITER: Dr. H. Bartuch

Gliederung

1. Geometrisch/optische Bewertung erster Testmuster
2. Untersuchungen zur Verbesserung der technologischen Sicherheit des Herstellungsprozesses
3. Untersuchungen zur elektrischen Stabilität des Metallschichtsystems
 - 3.1. Experimentelles
 - 3.2. Ergebnisse
4. Zusammenfassung der Resultate im Hinblick auf weitere Arbeiten innerhalb der Firma GMS

1. Geometrisch/optische Bewertung erster Testmuster

Gegenstand der Betrachtungen waren erste, im vorangegangenen Arbeitsabschnitt fertiggestellte Muster (Layout s. Abb.1), von denen ein Teil dem Verbundpartnern Fa. Bizerba zur Entwicklung einer elektronischen Anregungsschaltung übergeben worden war und ein Teil zur optischen Inspektion mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) genutzt wurde.

Aus den im HSI Stuttgart untersuchten Querschliffen (Beispielaufnahmen s. Abb.2) und den in Villingen-Schwenningen gemachten Aufnahmen an unzerstörten Proben bei unterschiedlichem Strahleinfallswinkel (Beispielaufnahmen s. Abb. 3a,b) konnte ein Soll-/Ist-Maßvergleich vorgenommen werden, dessen Ergebnisse einschließlich der Ursachen für die z.T. noch unbefriedigenden Resultate in Übers. 1 zusammengefaßt sind.

Darüberhinaus wurden kritische Stellen in der Si-Balkenstruktur (Gefahr von Mikrorissen beim Übergang vom Balken zum massiven Material - Abb.4) und beim Metallschichtsystem (Ablösung vom Substrat infolge von Schichtspannungen - Abb.5) sichtbar.

2. Untersuchungen zur Verbesserung der technologischen Sicherheit des Herstellungsprozesses

Ausgehend von den unter Pkt.1 aufgeführten Problemen wurde im Berichtszeitraum der Frage nachgegangen, inwieweit insbesondere die Strukturierungsgenauigkeit und damit die Ausbeute an verfügbaren Mustern erhöht werden kann. Dabei stellte es sich als unabdingbar heraus, daß, sofern kein Vorder- und Rückseitenbelichtungsgerät vorhanden ist, mit Laserjustierbohrungen gearbeitet werden muß, um zu befriedigenden Ergebnissen in der Positioniergenauigkeit zu gelangen.

Hinsichtlich der Verbesserung der Lackhaftung auf der Wafervorderseite beim Strukturieren der V-Gruben wurden gute Ergebnisse mit Hilfe einer NiCr-Lackhaftsicht erzielt. Erwartungsgemäß gelang dies nicht mit einer gleichfalls getesteten Ti-Zwischenschicht, da daß für die SiO₂-Strukturierung notwendige HF-haltige Ätzmittel dieselbe angriff und zu starker lateraler Unterätzung führte.

Erste Versuche, die thermisch stark belasteten NiCr-DMS (bis 170°C; s. Teilbericht Fa.Bizerba) sowie die Heizwiderstände mittels einer Passivierungsschicht vor Umgebungseinflüssen und fortschreitender Aufoxidation zu schützen, wurden durch Abscheiden (PECVD) einer ca. 0.3 µm dicken Si(O/N)-Schicht nach bei GMS entwickelter Standardtechnologie vorgenommen. Die in der Schicht vorhandenen Eigenspannungen erwiesen sich jedoch insbesondere im Bereich des Überganges vom Substrat zum 0.5 µm hohen Metallschichtsystem als so stark, daß ausgeprägte Rißbildung im Zusammenhang mit Schichtabplatzungen auftrat.

Durch Modifizierung der Beschichtungstechnologie sollte es möglich sein, eine angepaßte Passivierungsschicht zu entwickeln, die den notwendigen Anforderungen entspricht.

Abb.6 zeigt schematisch die untersuchten Varianten. In Übers.2

ist ein den bisherigen Erkenntnissen Rechnung tragender veränderter technologischer Ablauf zur Fertigung der Sensoren zusammengefaßt, der bei Reduzierung der Verfahrensschritte zu einer höheren Prozeßsicherheit führen wird. Seine Erprobung ist Schwerpunkt in der weiteren Projektarbeit.

3. Untersuchungen zur elektrischen Stabilität des Metallschichtsystems

Bedingt durch das Prinzip der thermischen Anregung treten bei vorliegender Dimensionierung im Sensor Temperaturen bis 170°C auf (vergl. Zwischenbericht Fa.Bizerba). Unter diesen Umständen war zu prüfen, welchen Einfluß diese hohe thermische Belastung auf das elektrische Verhalten des verwendeten Metallschichtsystems ausübt. Nach /1/ mußte auf Grund ausgeprägter Diffusionserscheinungen gerade bei Ti/Pd/Au auf NiCr mit deutlicher Zunahme des Kontaktübergangswiderstandes bis hin zur Kontaktunterbrechung gerechnet werden. Die Auswirkung verschiedener technologischer Maßnahmen auf die elektrische Stabilität wurde untersucht.

3.1. Experimentelles

Die wesentlichsten experimentellen Parameter sowohl für elektrische Impulsbelastung als auch für Lagerung bei erhöhter Umgebungstemperatur sind in Übersicht 3 zusammengefaßt. Als technologischer Parameter wurde der Einfluß des Vortemperns vom Metallschichtsystems an Luft (Gruppe1) bzw. unter Stickstoff (Gruppe2) bei ca 300°C betrachtet.

3.2. Ergebnisse

Abb.7 zeigt - typische Kurvenverläufe der relativen Widerstandsänderung von impulsbelasteten Heizwiderständen. Während ein Teil in guter Näherung einer flachen \sqrt{t} - Abhängigkeit genügt, zeigen andere regelrechte Alterungssprünge, was zu deutlich größeren Widerstandsänderungen führt. Ähnliches Verhalten, wenn auch vergleichsweise zeitlich gestreckt, ist - abhängig von der Vorbehandlung (Gr.1/Gr.2) - bei Ofentemperung festzustellen.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt interpretieren:

- Die Widerstandsänderung im betrachteten Temperaturbereich wird wesentlich durch Veränderungen im Planarkontakt beeinflußt.
- In erster Linie handelt es sich um thermisch aktivierte und nicht um strombedingte Alterung.
- Die Vortemperung in Stickstoffatmosphäre verringert die Alterungsrate und Wertestreuung beträchtlich (zum Einfluß von Temperatmosphären auf Diffusionsvorgängen vergl. /2/).

Trotz der mit Gruppe 2 im Vergleich mit Gruppe 1 erreichten niedrigeren Alterung muß eingeschätzt werden, daß das für den Sensor vorgesehene Kontaktssystem für einen Langzeit-Hochtemperatureinsatz nicht geeignet ist, da von einer Sättigung

der Alterungsprozesse nicht ausgegangen werden kann. Eine weitere Qualifizierung erfordert also entweder die Einhaltung einer oberen Arbeitstemperatur von ca. 125°C oder die Entwicklung eines thermisch stabileren Kontaktsystems.

Lit.:

- /1/ P.M.Hall, J.M.Morabito Thin Solid Films.53(1978) 175-182
- /2/ K.-H. Bäther, Wiss. Ber. des Zentr. Institutes f. Festkörperphysik u. Werkstoffforschung Dresden, Nr.43 (1989)

4. Zusammenfassung der Resultate im Hinblick auf weitere Arbeiten innerhalb der Firma GMS

Wie in den Abschnitten 1 bis 3 dargestellt, ergaben sich nach Fertigstellung erster Sensorprototypen eine Reihe von Problemfeldern, die im Interesse der Projektzielstellung einer vertiefenden Bearbeitung bedürfen und somit Schwerpunkte der weiteren Arbeit sein werden. U.a. betrifft dies:

- Erprobung einer neuen Technologiefolge, die es gestatten sollte, die Strukturierungsgenauigkeit wesentlich zu erhöhen.
- Weitere Untersuchungen am Metallschichtsystem als eine Voraussetzung, um eine Hochtemperaturbeständigkeit zu sichern.
- Testung der Sensorprototypen hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit bezüglich Gasströmung

Da diese z.T. über die ursprüngliche Projektzielstellung hinausgehenden Aufgaben mit verminderter personeller Kapazität angegangen werden müssen, wurde ein Antrag auf kostenneutrale Projektverlängerung bis 31.12.92 gestellt.

Soll/Ist-Maßvergleich

	<u>Sollmaß</u>	<u>Istmaß</u>	<u>Abw. /%</u>
B.-dicke / μm /	50	70...160	140...320
V-Breite / μm /	70	100...600	150...850
B.-länge / mm /	3, 4, 6, 8, 10	ca.+0.4	4....13
E.Breite / mm /	1.57	1.58	0.6

Ursachen für die z.T. erheblichen Maßabweichungen:

- schlechte Lackhaftung auf der Wafervorderseite
- Fehlpositionierung der Vorder- zur Rückseite und bez. der Si-Kristallstruktur
- subjektives Ätzstoppkriterium beim rückseitigen Fensteröffnen

Neue Technologiefolge

Ifd. Nr.	Vorderseite	Rückseite
1	Laserjustierbohrungen	
2	Beschichtung NiCr	
3	Belacken/ Belichten Maske "V-Grube"	Maske "Fenster"
4	Ätzen SiO ₂	
5	Aufdampfen Ti/Pd/Au	
6	Strukt. der Pads	
7	Lith. Maske "Widerstand"	
8	Ätzen NiCr	
9	Ätzen Si	

Übersicht 2

Elektrische Untersuchungen – experimentelle Parameter

Teststruktur: Substrat Dünnschichtkeramik
Vorderseite Heizschicht 200 Ohm, Kont.-sch.
Rückseite Ni-Temp.-Meßwiderstand
Anschlüsse Cu-Draht, gelötet

Impulsparameter: Imp.-Länge 1 sec; Frequenz 0.1 Hz
Leistung 0.98 W; Strom 70 mA
ImpulsspitzenTemperatur: $(175+/-5)^\circ\text{C}$

Ofentemperung: $(150+/-5)^\circ\text{C}$
 $(175+/-5)^\circ\text{C}$

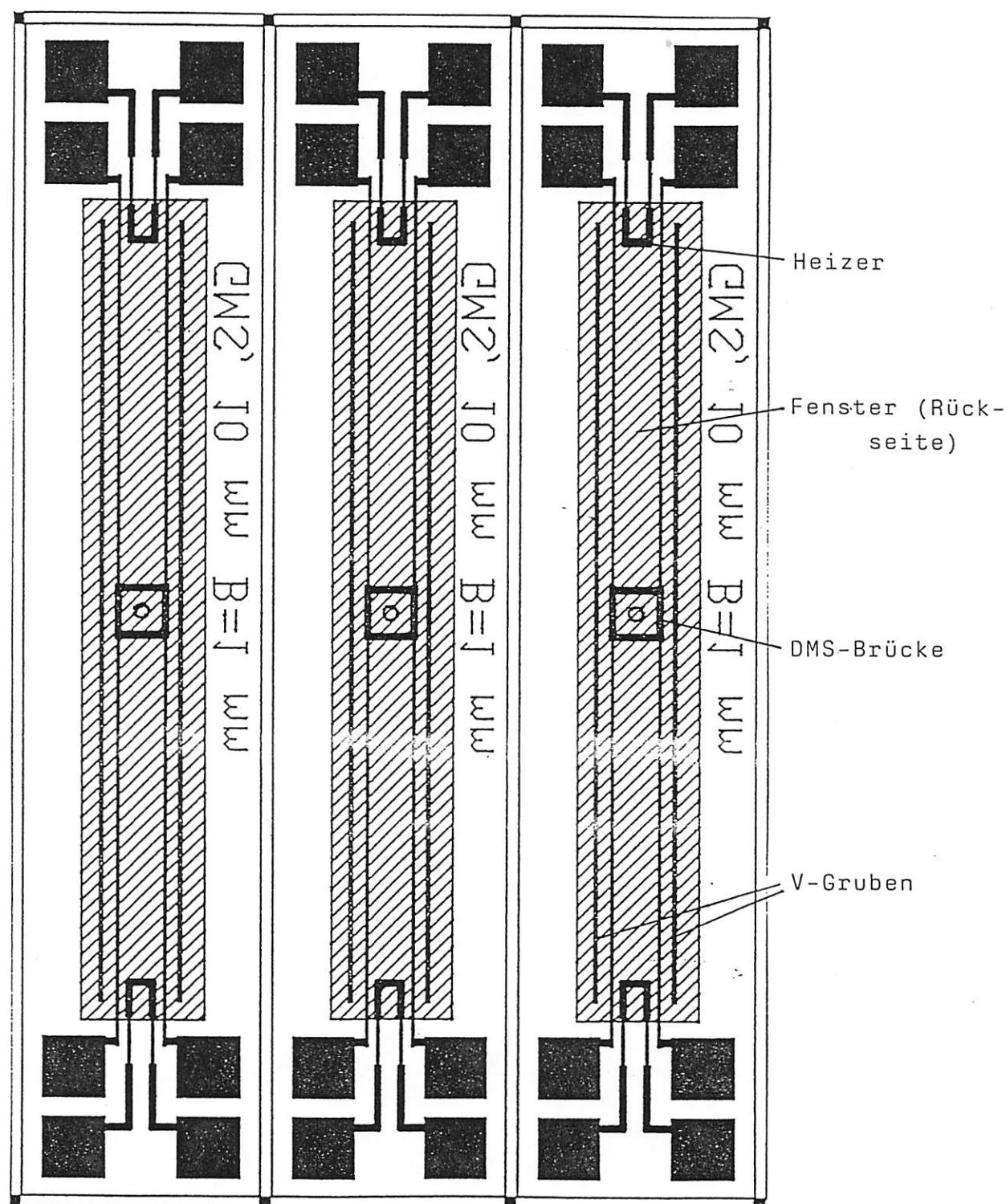
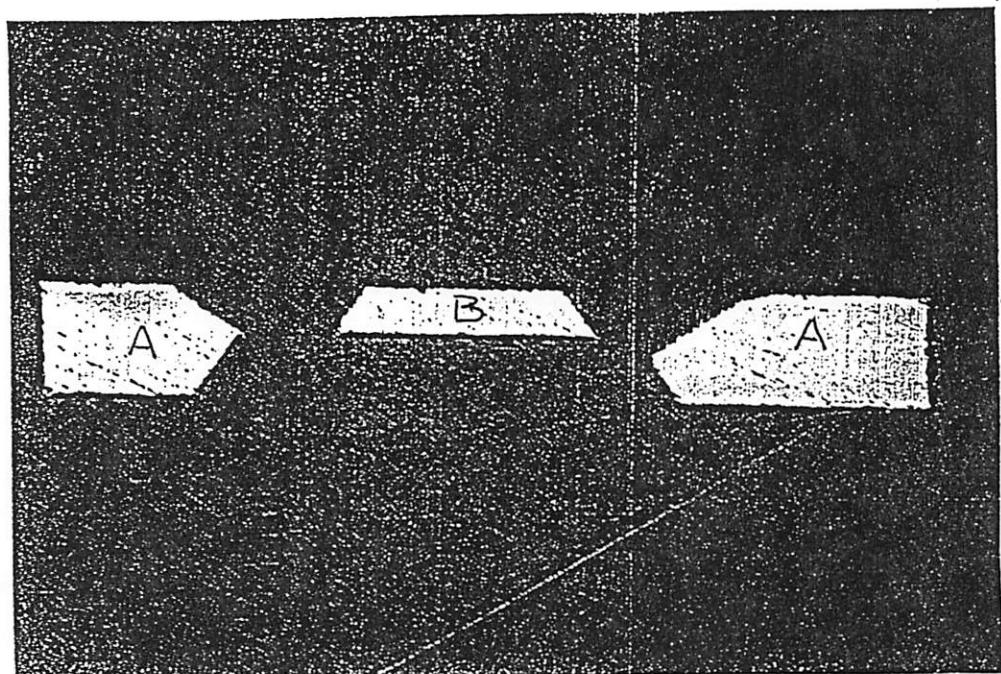
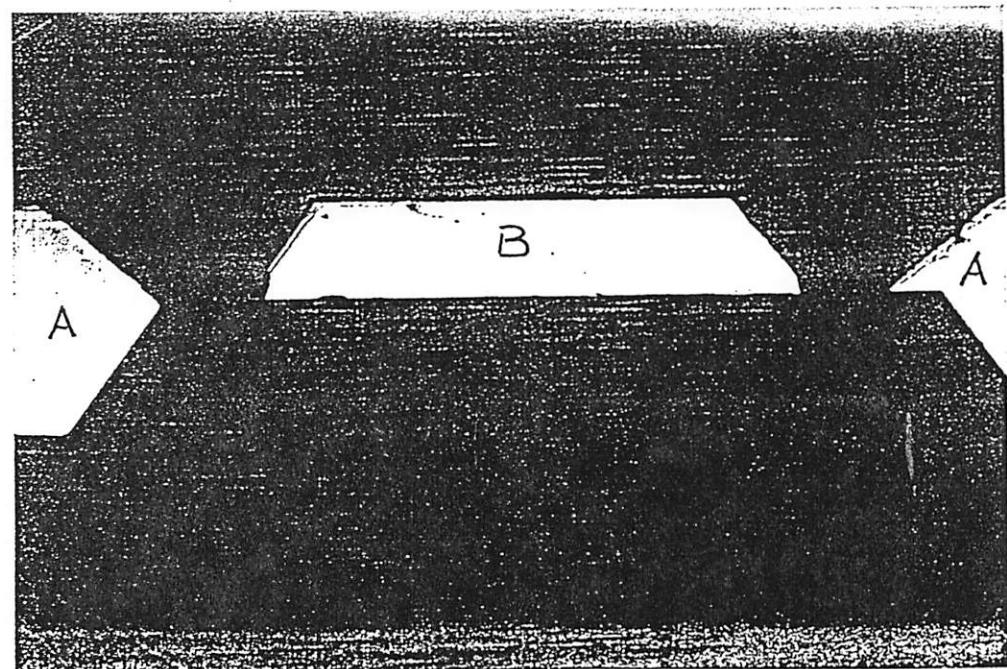


Abb.1: Layout der Testmuster (Ausschnitt)

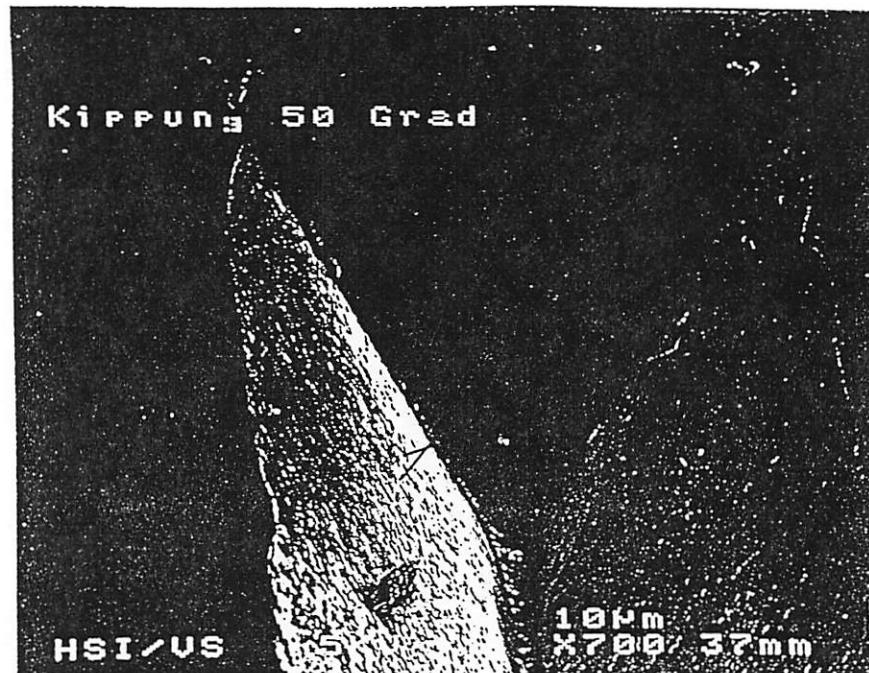


500 μm

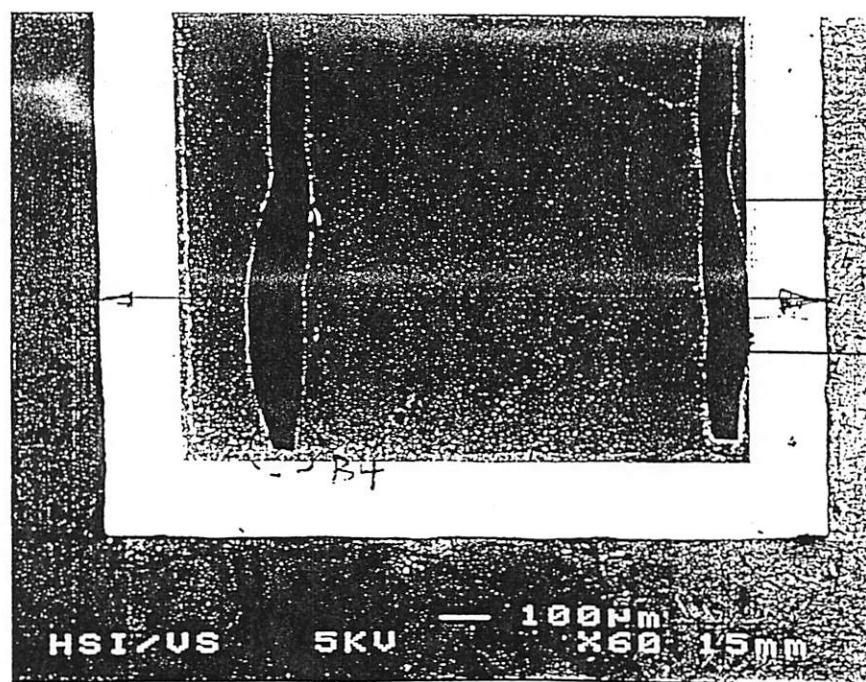


200 μm

Abb.2: Querschliffe von Si-Balkenstrukturen
(A: Wafer ; B: Balken)



a) V-Grube (Strahleinfallwinkel 50°)



b) rückseitiges Fenster (Strahleinfallwinkel 90°)

Abb.3: REM-Aufnahmen an unzerstörten Proben

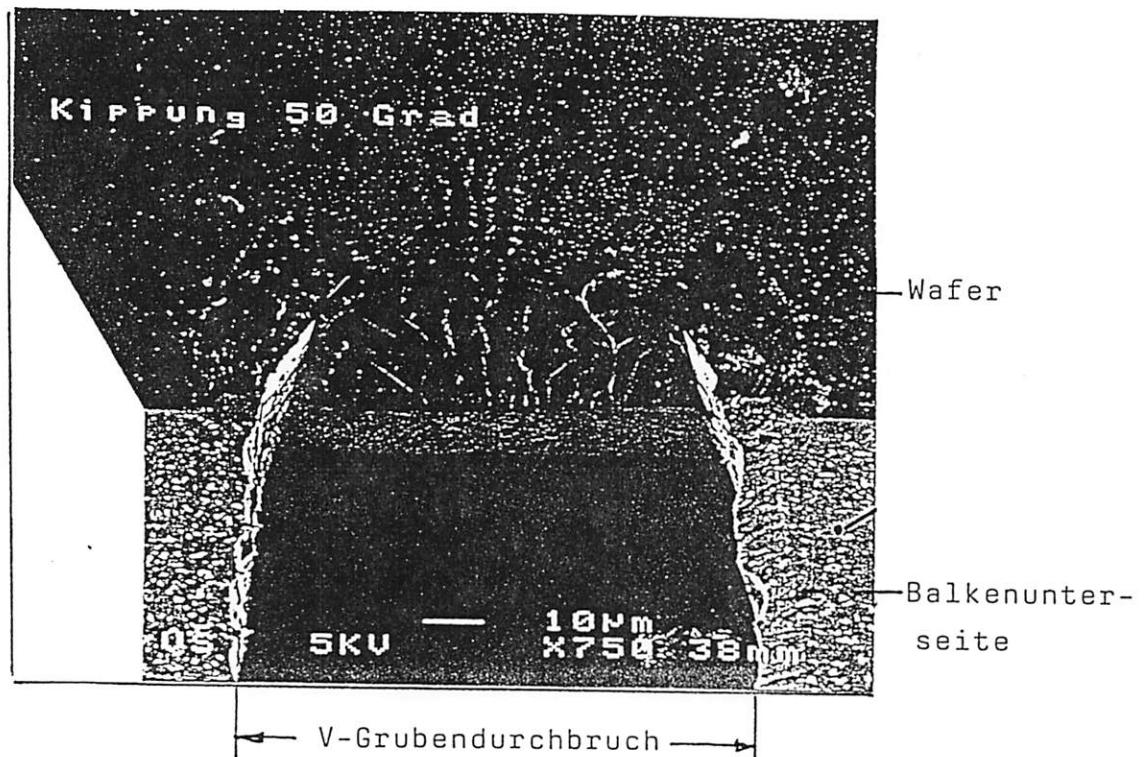


Abb.4: REM-Aufnahme - Rückseitige der kritischen Übergangszone vom Balken zum Si-Wafer

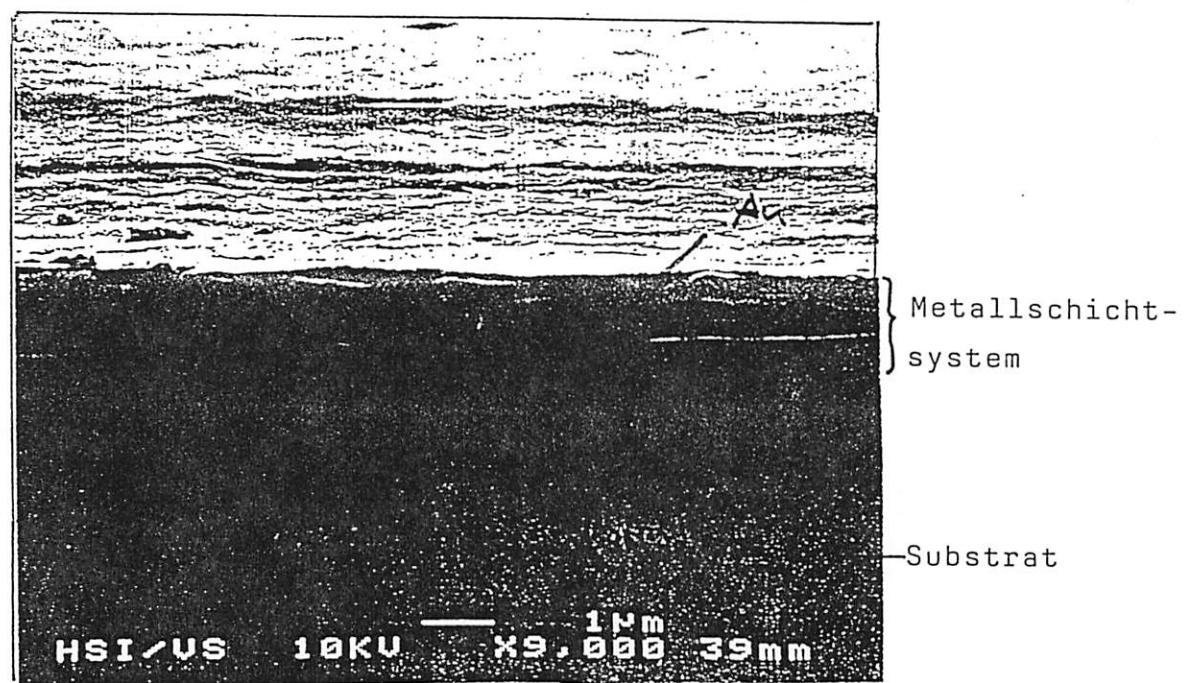
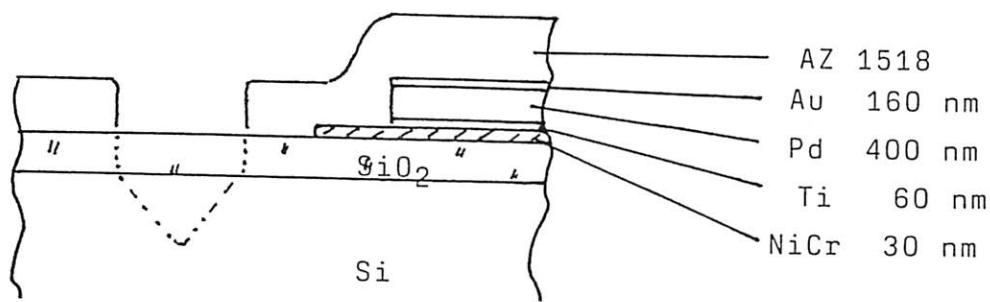


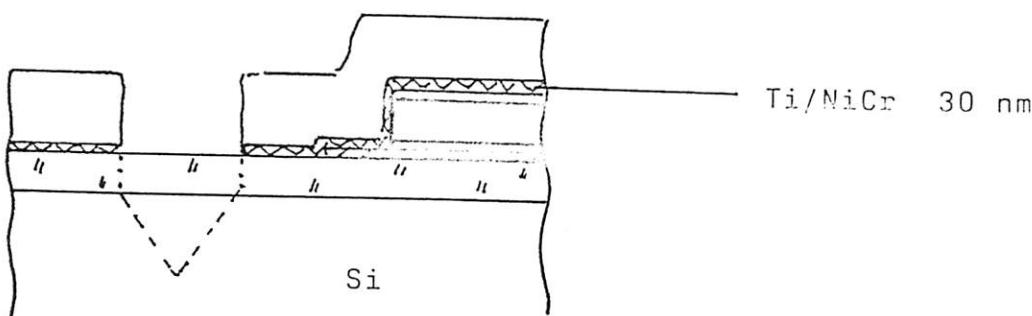
Abb.5: REM-Aufnahme - Ablösung des Metallschichtsystems vom Substrat

Abb. 6: Untersuchte Schichtaufbauvarianten

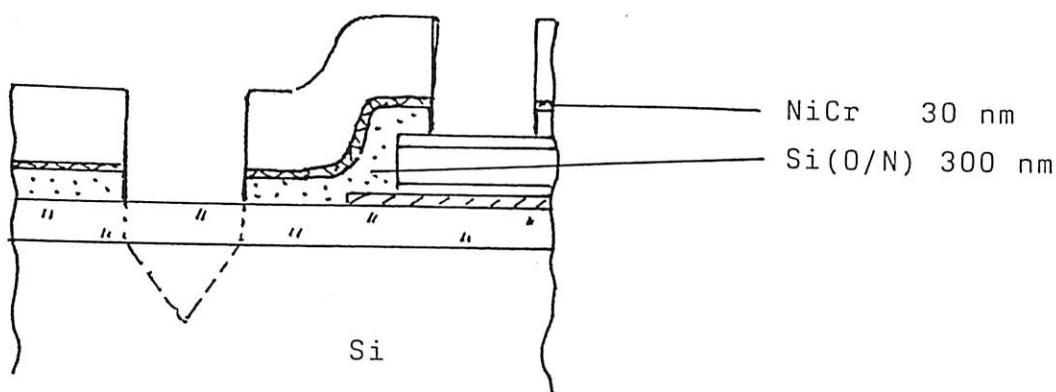
Var.1: bisheriger Schichtaufbau



Var.2: mit Metall-Lackhaftschicht



Var.3: mit NiCr-Haftschicht und Si(O/N) -Passivierung



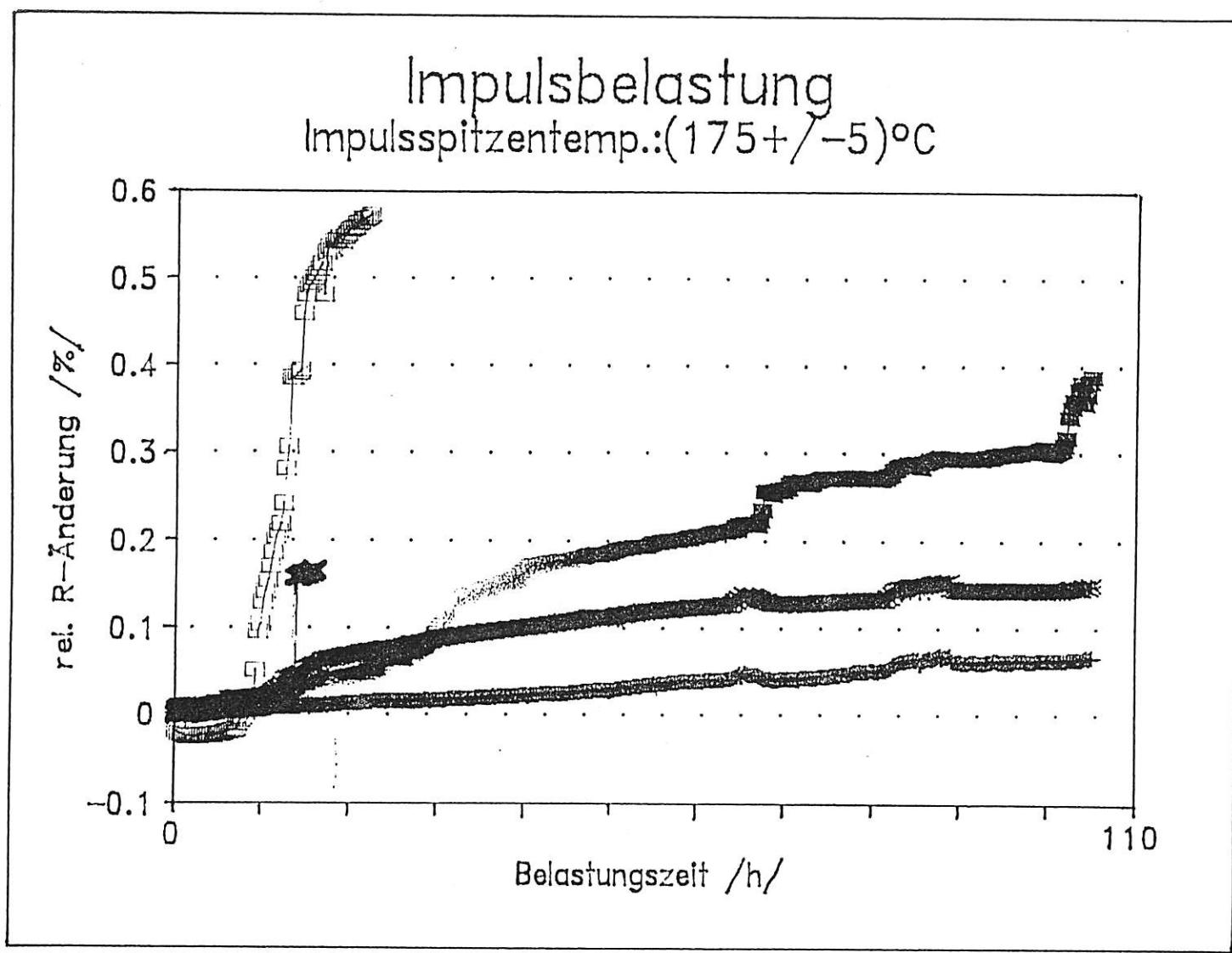


Abbildung 7

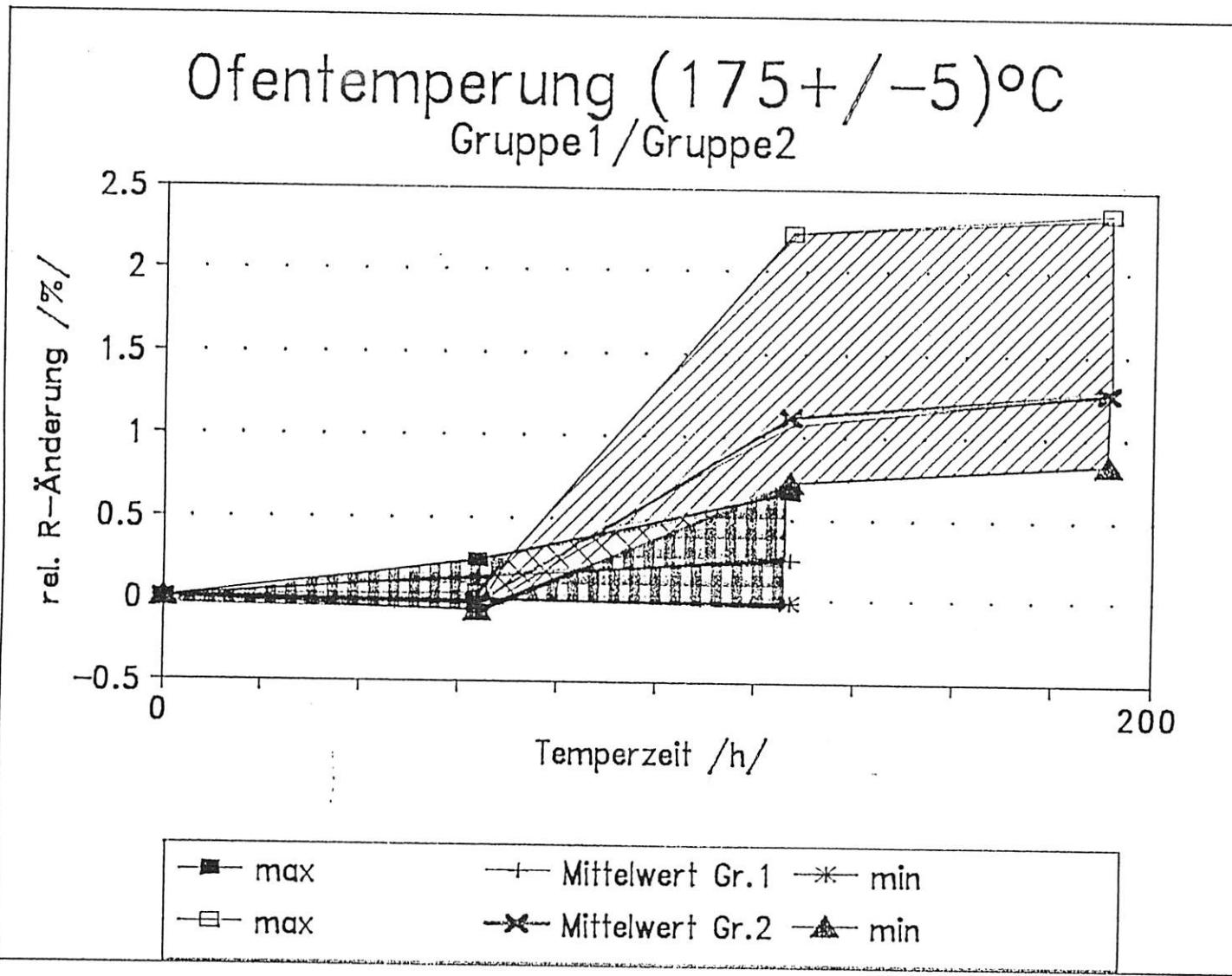


Abbildung 8

Ofentemperung $(150 \pm 5)^\circ\text{C}$ Gruppe1/Gruppe2

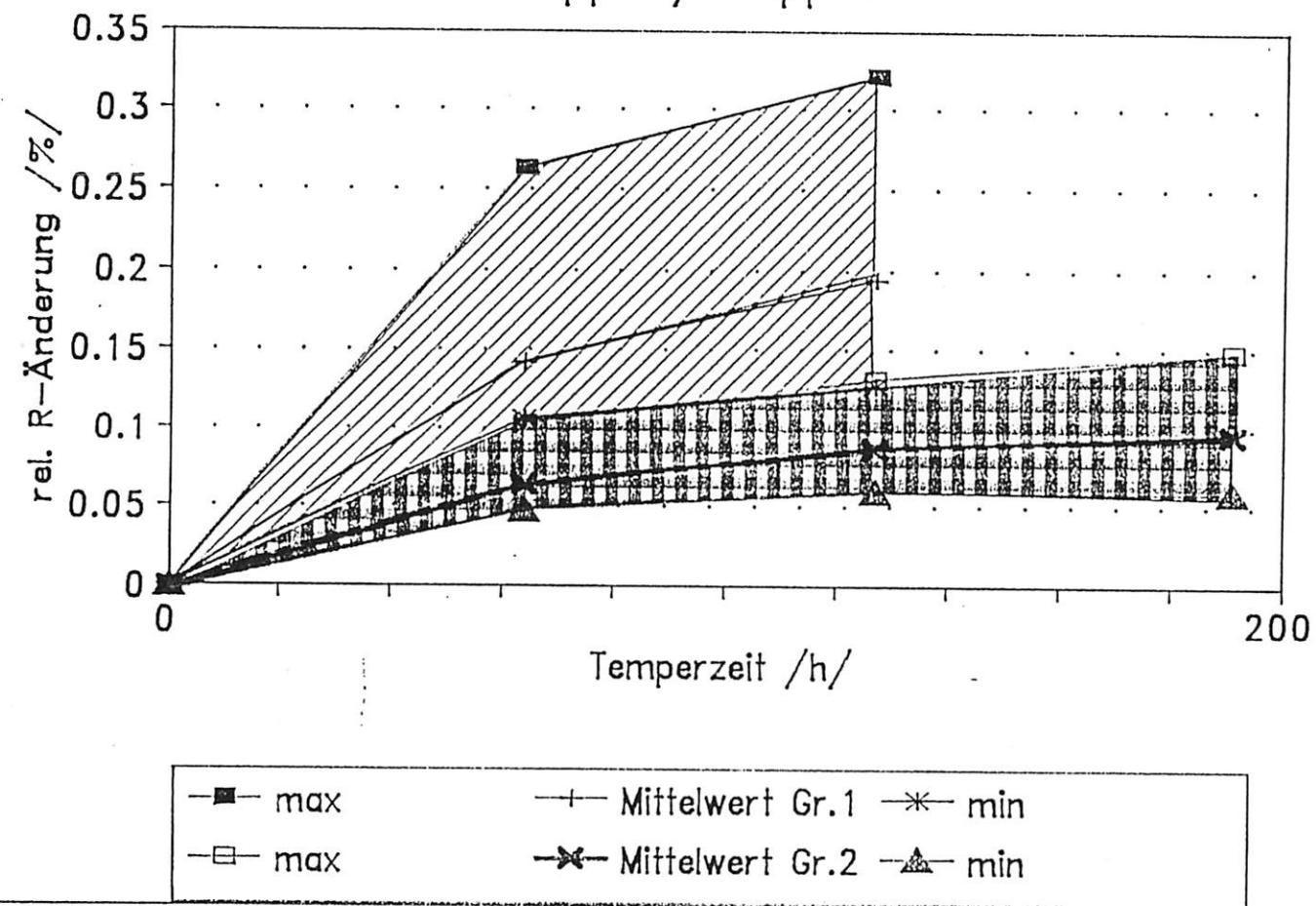


Abbildung 9