

Praktikumsbericht WS 95/96

Uwe Hametner
06PH3AP
19497894

Betreuer: Prof. Dr. Herberg

Firma: Siemens AG
Otto-Hahn-Ring 6
81730 München

Dr. Schneider
ZFE T KM 4/Photonik

Zeitraum: 11.09.95 - 28.01.96

<u>Übersicht:</u>	Seite
1. Praktikumsplatz.....	1
1.1. Abteilung.....	1
1.2. Aufgaben.....	1
1.3. Projekte.....	1
1.4. Technologie.....	1
2. Praktikumstätigkeit.....	2
2.1. Ätzprozeßtechnik.....	2
2.1.1. Problematik.....	2
2.1.2. Lösungsziel.....	2
2.1.3. Aufgabenstellung.....	2
2.1.4. Ergebnisse.....	2
2.1.5. Ätztabellen.....	2
2.2. FEM.....	3
2.2.1. Problematik.....	3
2.2.2. Lösungsziel.....	3
2.2.3. Aufgabenstellung.....	3
2.2.4. Ergebnisse.....	3
3. Wochenbericht.....	4
A Anhang.....	8

1. Praktikumsplatz

1.1. Abteilung

Ausbildungsplatz des 1. praktischen Studiensemesters ist in der Zentralabteilung Forschung und Entwicklung der Siemens AG, der Bereich "Photonik - Komponenten und Systeme". Unter der Betreuung von Herrn Dr. Schneider habe ich am Arbeitsgeschehen mitgewirkt.

1.2. Aufgaben

Die Abteilung ZFE T KM 4 ist zuständig für den Bereich Photonik. Aufgabe ist dort die Entwicklung von optischen Komponenten und Systemen. Innerhalb der durchschnittlichen Projektzeit von zwei Jahren, sollen durch innovative Technologien Marktlücken erschlossen und Positionen gefestigt werden.

1.3. Projekte

Folgend wird am Beispiel von zwei Projekten, die Entwicklungstätigkeit verdeutlicht.

- Phased Array (Multi-/Demultiplexer)

Das Prinzip des Phased Arrays beruht auf der Wirkungsweise eines Prismas. Lichtwellen mehrerer Lichtleiter können in einen Lichtleiter gebündelt bzw. in entgegengesetzter Richtung wieder aufgetrennt. Phased Arrays werden in planarer Technologie verwirklicht.

- Planarer Gitterspektrograph in Mikrotechnik

Der Gitterspektrograph trennt gebündelte Lichtwellen nach ihren Frequenzen auf. Grundlage hierfür sind in einer Gitterstruktur elliptisch angeordnete Spiegel. Hierdurch läßt sich die einzelne Information zurückgewinnen und bearbeiten.

Zweck ist die höhere Ausnutzung bestehender Lichtleiterverbindungen durch Wellenmultiplexen. Dies ist insbesondere für Fern- und Überseeverbindungen (zB. Amerika-Europa) sinnvoll.

1.4. Technologie

Zur Erstellung planarer photonischer Komponenten wird die SiO₂/Si-Technologie entwickelt. Dabei werden Wellenleiterschichten auf Si-Substrat hergestellt. Die lichtführende Kernschicht muß zu Wellenleiterkanälen strukturiert werden. Dazu sind geeignete Ätztechniken bereitzustellen. Üblicherweise kommen Plasmaverfahren zum Einsatz. Für gröbere Multimodestrukturen sowie für mikromechanische Konstruktionen, können jedoch auch Naßätztechniken verwendet werden.

2. Praktikumstätigkeit

2.1. Ätzprozeßtechnik

Ein Mittelpunkt der praktischen Tätigkeit, stellt die Suche nach einem geeigneten Ätzprozeß für Glasschichten dar. Geforderte Strukturen sollen gezieht freigeätzt werden können.

2.1.1. Problematik

Das bisher genutzte Trockenätzverfahren trägt den Nachteil mit sich, zeit- und kostenintensiv zu sein. Zur wirtschaftlichen Serienherstellung wird deshalb ein Verfahren gesucht, das bei gleichwertigen Ätzergebnissen eine einfachere Vorgehensweise erlaubt. Diese Eigenschaften erscheinen mit dem naßchemischen Ätzverfahren erreichbar. Zunächst sind jedoch die Selektivität und die Unterätzung, als entscheidende Kriterien, unbekannt.

2.1.2. Lösungsziel

Ziel ist es, den Effekt unterschiedlicher konzentrierter Ätzlösungen auf verschiedenen dotierten Gläsern zu untersuchen. Wichtiger Parameter ist ferner das Verhalten der Ätzmaske. Durch geeignete Wahl von Parameterkombinationen, kann ein weiter Bereich von Ätzraten abgedeckt werden. Graphische Darstellungen dienen dazu, Extrapolationen für nicht untersuchte Versuchsbedingungen vorzunehmen. Die Ergebnisse können für unterschiedliche Strukturierungsaufgaben genutzt werden.

2.1.3. Aufgabenstellung

Von einer Basisätze ausgehend werden einzelne Variable so lange verändert, bis die Abhängigkeit auf ihre Wirkung erkannt worden ist.

Die wesentlichen Variablen sind:

- Mischungsverhältnis von HF/NH₄F
- Verdünnung
- Verdünnungslösung
- Ätzsubstrat
- Ätzmaske
- Temperatur

Die wesentlichen Beobachtungsgrößen sind:

- vertikale/laterale Ätzrate
- Ätzratenverhältnis
- Maskenunterätzung
- Rauigkeit

2.1.4. Ergebnisse

Es konnten Bedingungen ermittelt werden, bei denen eine rasche Tiefenätzung, bei geringer Maskenätzung möglich ist. Ferner wurde gezeigt, daß die Glaskomposition einen Effekt auf die Rate hat.

2.1.5. Ätztabellen (siehe Anhang A/1)

2.2. FEM

Die Finite Elemente Methode dient zur Simulation von Kraftauswirkungen auf Objekte. Im folgenden werden nur die Teilgebiete der linearen Statik und der Thermodynamik gebraucht. Soweit es die Zeit zuließ, war dies mein zweiter Schwerpunkt der praktischen Tätigkeit. Arbeitsumgebung war ANSYS 5.1 auf HP-Unix.

2.2.1. Problematik

Bei der Beschichtung von Waferscheiben mit den verschiedenen Glasschichten, entstehen im Verlauf des Prozesses Verspannungen, die sich auf die optischen Eigenschaften der Wellenleiterstrukturen auswirken. Mikromechanische Strukturen können hohen statischen Belastungen ausgesetzt sein. Bei ungünstigen Spannungskonzentrationen steigt die Fehleranfälligkeit. Spannungssimulationen sind daher zur Beurteilung der Situation nützlich.

2.2.2. Lösungsziel

Die zu untersuchende Struktur wird unter Angabe verschiedener Lastfälle berechnet. Sind weiterreichende Schwachstellen erkennbar, wird die Struktur dahingehend verändert, daß bei Beibehaltung der Funktionalität, eine Minderung des Spannungspotentials bewirkt wird.

2.2.3. Aufgabenstellung

Durch die Modellierung kritischer Strukturausschnitte wird die Voraussetzung zur Berechnung der bekannten Lastfälle erreicht. Die Modelle können dann unter den von ihnen zu erwartenden Lastfällen berechnet werden. Als Ergebnisse erhält man numerische Tabellen, Graphen oder auch Potential- bzw. Vektordarstellungen im Raumbild.

2.2.4. Ergebnisse (siehe Anhang A/2)

Die berechneten Lastfälle gaben die erwarteten bzw. bekannten Werte wieder. Zu einem besseren Verständnis, trug die graphische Darstellung der Spannungsverläufe bei.

Folgend eine einfache Beispielrechnung, die qualitativ die gemessene Durchbiegung einer Waferscheibe, nach dem Auftragen einer Glasschicht wiedergibt.

3. Wochenbericht

01. Woche: 11.09.95 - 17.09.95

Einführung: Abteilung, Aufgaben, Technologien, ..

02. Woche: 18.09.95 - 24.09.95

Ätzreihen B1/Q1/B2/B3/B4

B1	Wafer: 547.1	Ätze: 1xBHF(7:1),	25°C
Q1	Wafer: SiO2	Ätze: 1xBHF(7:1),	25°C
B2	Wafer: 547.1	Ätze: 1xBHF(7:1),	25°C
B3	Wafer: 547.1	Ätze: 1xBHF(7:1),	25°C
B4	Wafer: 547.1	Ätze: 1xBHF(7:1) : 9xH2O,	25°C

03. Woche: 25.09.95 - 01.10.95

Ätzreihen B5/B6/B7

B5	Wafer: 547.1	Ätze: 1xBHF(7:1) : 99xH2O,	25°C
B7	Wafer: 547.1	Ätze: 1xBHF(7:1) : 999xH2O,	25°C
B6	Wafer: 547.1	Ätze: 1xBHF(10:1) : 9xH2O,	25°C

04. Woche: 02.10.95 - 08.10.95

Ätzreihen B8/C2/B9/C3

B8	Wafer: 547.1	Ätze: 1xBHF(5:1) : 99xH2O,	25°C
C2	Wafer: 524.5	Ätze: 1xBHF(5:1) : 99xH2O,	25°C
B9	Wafer: 547.1	Ätze: 1xBHF(5:1) : 9xH2O,	25°C
C3	Wafer: 524.5	Ätze: 1xBHF(5:1) : 9xH2O,	25°C

05. Woche: 09.10.95 - 15.10.95

Synthese der Ätzreihen in einem Gesamtdiagramm.
Analyse des Ergebnisses.

06. Woche: 16.10.95 - 22.10.95

Ätzreihen D1/D2/D3/D4/D5

D1	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(10:1) : 99xH2O,	25°C
D2	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(10:1) : 9xH2O,	25°C
D3	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(5:1) : 99xH2O,	25°C
D4	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(5:1) : 9xH2O,	25°C
D5	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(5:1) : 9xH2O,	25°C

07. Woche: 23.10.95 - 29.10.95

Ätzreihen D6/B10/D8

D6	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(7:1),	25°C
B10	Wafer: 547.1	Ätze: 1xBHF(3:1) :	1xCitr., 25°C
D8	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(3:1) :	1xCitr., 25°C

Neben den Ätzversuchen - Einarbeitung in die FE-Methode

08. Woche: 30.10.95 - 05.11.95

Ätzreihen Q3/D7/B12/D16/B11/D15

Q3	Wafer: SiO2	Ätze: 1xBHF(3:1) :	1xCitr., 25°C
D7	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(3:1) :	1xCitr., 25°C
B12	Wafer: 517.1	Ätze: 1xBHF(100:1) :	99xH2O, 25°C
D16	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(100:1) :	99xH2O, 25°C
B11	Wafer: 517.1	Ätze: 1xBHF(100:1) :	9xH2O, 25°C
D15	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(100:1) :	9xH2O, 25°C

09. Woche: 06.11.95 - 12.11.95

Ätzreihen D14/F14/E14

D14	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(7:1) :	9xH2O, 25°C
F14	Wafer: 548.2	Ätze: 1xBHF(7:1) :	9xH2O, 25°C
E14	Wafer: 548.1	Ätze: 1xBHF(7:1) :	9xH2O, 25°C

Einfache FE-Modelle unter ANSYS modelliert.

10. Woche: 13.11.95 - 19.11.95

Ätzreihen F1/F2/D9/F3/D10/F12/F13/D13

F1	Wafer: 548.2	Ätze: 1xBHF(7:1),	25°C
F2	Wafer: 548.2	Ätze: 1xBHF(3:1) :	1xCitr., 25°C
D9	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(3:1) :	1xCitr., 25°C
F3	Wafer: 548.2	Ätze: 1xBHF(7:1) :	1xCitr., 25°C
D10	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(7:1) :	1xCitr., 25°C
F12	Wafer: 548.2	Ätze: 1xBHF(7:1) :	9xCitr., 25°C
F13	Wafer: 548.2	Ätze: 1xBHF(7:1) :	9xH2O, 25°C
D13	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(7:1) :	9xH2O, 25°C

11. Woche: 20.11.95 - 26.11.95

Ätzreihen Q12/D12

Q12	Wafer: SiO ₂	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	9xCitr., 25°C
D12	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	9xCitr., 25°C

Berechnete Versetzung einer verspannten Waferscheibe gibt qualitativ das gemessene Ergebnis wieder.

12. Woche: 27.11.95 - 03.12.95

Ätzreihen D11/F11/Q10/Q11

D11	Wafer: 524.2	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	9xCitr., 25°C
F11	Wafer: 548.2	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	9xCitr., 25°C
Q10	Wafer: SiO ₂	Ätze: 1xBHF(7:1),		25°C
Q11	Wafer: SiO ₂	Ätze: 1xBHF(7:1),		25°C

Spannungsdarstellung an den Substratgrenzen.

13. Woche: 04.12.95 - 10.12.95

Ätzreihen G1/H1/G2/H2/G3/G4/H4

G1	Wafer: 513.6	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	9xH ₂ O, 25°C
H1	Wafer: 524.4	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	9xH ₂ O, 25°C
G2	Wafer: 513.6	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	9xCitr., 25°C
H2	Wafer: 524.4	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	9xCitr., 25°C
G3	Wafer: 513.6	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	9xCitr., 25°C
G4	Wafer: 513.6	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	99xH ₂ O, 25°C
H4	Wafer: 524.4	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	99xH ₂ O, 25°C

14. Woche: 11.12.95 - 17.12.95

Ätzreihen Q5/F5/G5/H5/B15/B16/G6

Q5	Wafer: SiO ₂	Ätze: 1xBHF(3:1)	:	1xCitr., 25°C
F5	Wafer: 548.2	Ätze: 1xBHF(3:1)	:	1xCitr., 25°C
G5	Wafer: 513.6	Ätze: 1xBHF(3:1)	:	1xCitr., 25°C
H5	Wafer: 524.4	Ätze: 1xBHF(3:1)	:	1xCitr., 25°C
B15	Wafer: 547.1	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	9xCitr., 25°C
B16	Wafer: 547.1	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	9xCitr., 25°C
G6	Wafer: 513.6	Ätze: 1xBHF(3:1)	:	1xCitr., 25°C

15. Woche: 18.12.95 - 24.12.95

Ätzreihen Q15/F15/G15/H15

Q15	Wafer: SiO ₂	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	9xCitr., 60°C
F15	Wafer: 548.2	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	9xCitr., 60°C
G15	Wafer: 513.6	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	9xCitr., 60°C
H15	Wafer: 524.4	Ätze: 1xBHF(7:1)	:	9xCitr., 60°C

16. Woche: 25.12.95 - 31.12.95

Betriebsurlaub

17. Woche: 01.01.96 - 07.01.96

Ergebnisauswertung, ANSYS

18. Woche: 08.01.96 - 14.01.96

Ätzreihen K1/L1/K2/L2/K3

K1	Wafer: 524.6	Ätze: 1xBHF(7:1),	25°C
L1	Wafer: 548.4	Ätze: 1xBHF(7:1),	25°C
K2	Wafer: 524.6	Ätze: 1xBHF(7:1),	25°C
L2	Wafer: 548.4	Ätze: 1xBHF(7:1),	25°C
K3	Wafer: 524.6	Ätze: 1xBHF(7:1),	25°C

...

19. Woche: 15.01.96 - 21.01.96

...

20. Woche: 22.01.96 - 28.01.96

...

m. Wasser 25°C	BHF(5+1)		BHF(7+1)		BHF(10+1)		BHF(100+1)		
	1 + 9	1 + 99	1 + 0	1 + 1	1 + 9	1 + 99	1 + 9	1 + 99	
Ätzrate: (nm/min)	SiO2 513.6 524.2 524.4 547.1 548.2	3.45	121.79	30.77	19.94 44.04 11.08 17.13 37.99 29.07	15.68 2.47 21.08	14.14 33.22	2.04 16.41	4.09 1.54
Verhältnis: (lat./vert.)	SiO2 513.6 524.2 524.4 547.1 548.2	1.03	#	6.50	#	0.77	2.85 2.32	0.89	#WERT! #WERT!
Rauhigkeit: (Ra in nm)	SiO2 513.6 524.2 524.4 547.1 548.2	40	20	15	15	15	65		
Versuch-Nr.:	SiO2 513.6 524.2 524.4 547.1 548.2	D5 B9	Q10 D6 B3 F1	D13 F13	Q11 G1 D14 H1 B4 F14	G4 H4 B5	D2 B6	D1 B11	D15 B12

Legende:
513.6 := aSi
524.2 := AZ4562
524.4 := aSi
547.1 := AZ4562
548.2 := aSi

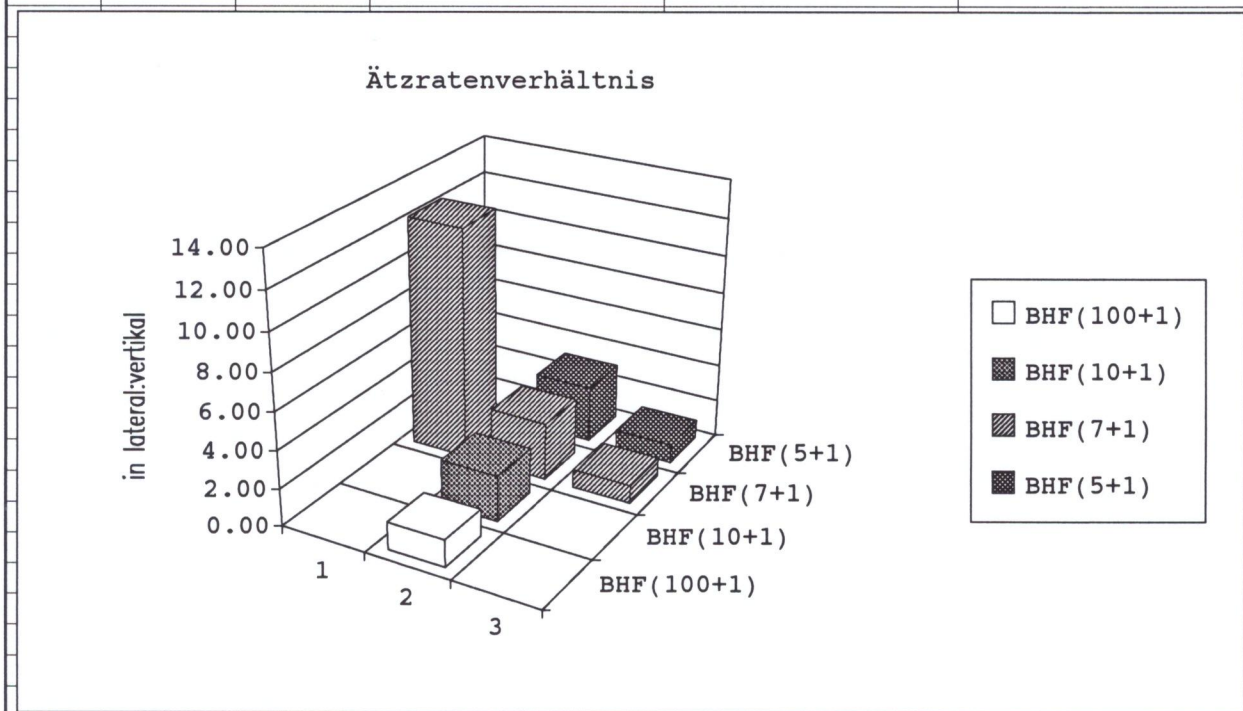
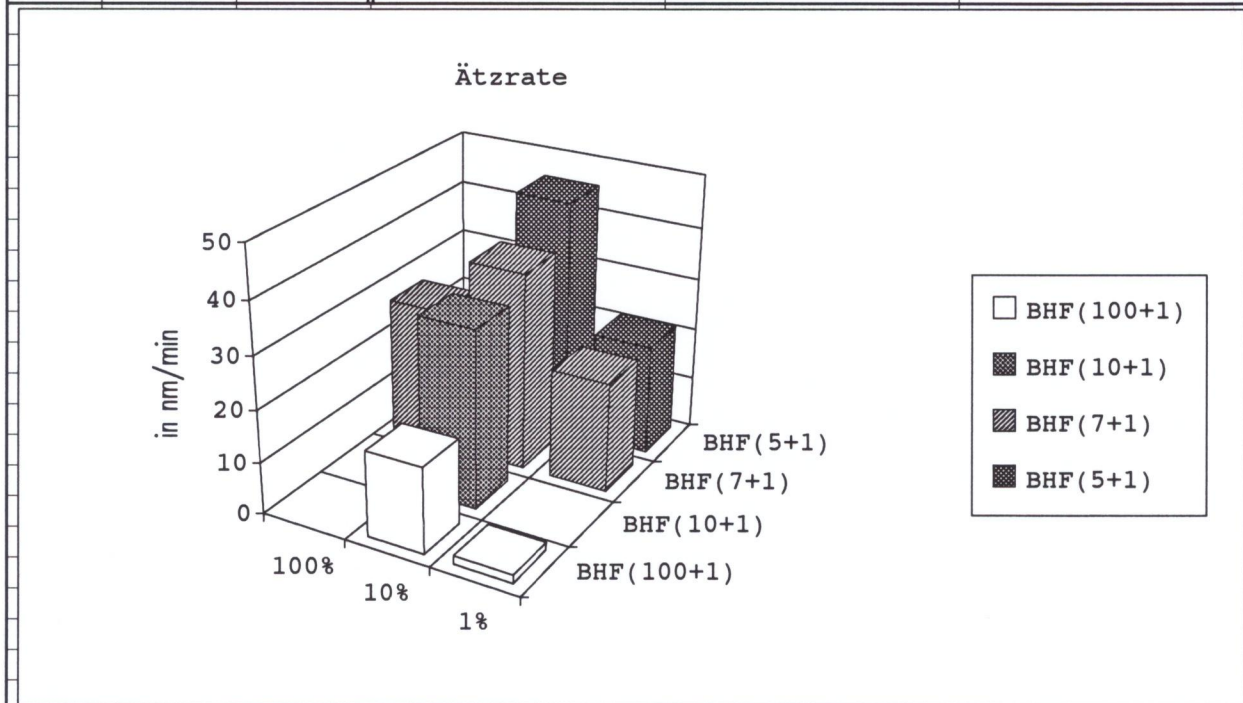
m. Citronensäure 25°C		BHF (3+1)	BHF (7+1)	BHF (7+1)	BHF (3+1)
		1 + 1	1 + 1	1 + 1	1 + 1 + 9
Ätzrate:	SiO ₂	257.25			34.60
(nm/min)	513.6	187.21			161.25
	524.2	153.75	79.09		54.07
	524.4	117.78			56.10
	547.1				116.00
	548.2	121.62	72.81		114.63
Verhältnis:	SiO ₂	#			#
(lat./vert.)	513.6	1.05			0.93
	524.2	#			#
	524.4	2.57			1.02
	547.1				8.19
	548.2	2.13	3.05		1.08
Rauhigkeit:	SiO ₂	5			15
(Ra in nm)	513.6	10			
	524.2	25			30
	524.4				40
	547.1	25			
	548.2				
Versuch-Nr.:	SiO ₂	(Q3,Q4)/Q5			Q12
	513.6	(G5)/G6			G3
	524.2	D9	D10		D11
	524.4	H5			H2
	547.1	(F2)/F5	F3		B15
	548.2				F12
Legende:					
	513.6	:= aSi			
	524.2	:= AZ4562			
	524.4	:= aSi			
	547.1	:= AZ4562			
	548.2	:= aSi			

m. Wasser 60°C	m. Citronensäure 60°C	BHF(7+1)
1 + 0	1 + 9	
Ätzrate: (nm/min)	Ätzrate: (nm/min)	
967.87	230.55 1035.67	
152.55	368.00 735.67	
Verhältnis: (lat./vert.)	Verhältnis: (lat./vert.)	#
#	0.98 1.01 1.00	
Rauhigkeit: (Ra in nm)	Rauhigkeit: (Ra in nm)	
	10 20 20 30	
Versuch-Nr.:	Versuch-Nr.:	
Q7	Q15 G15 H15 F15	
F10		

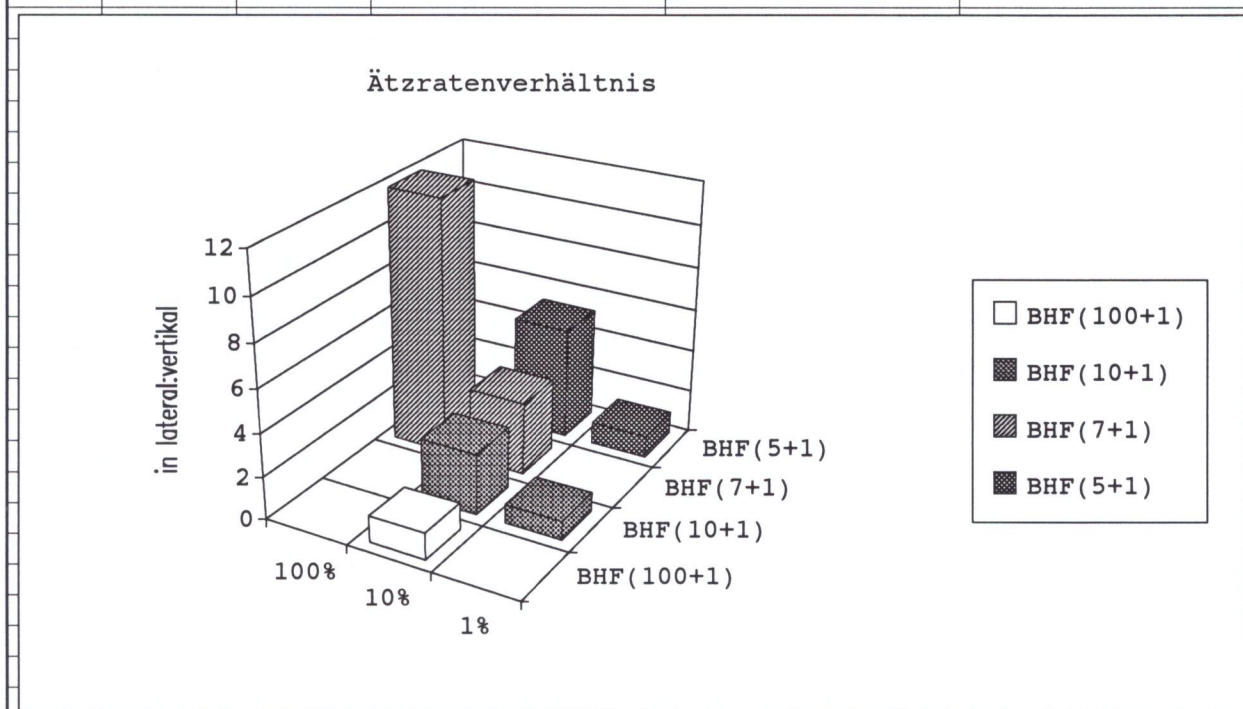
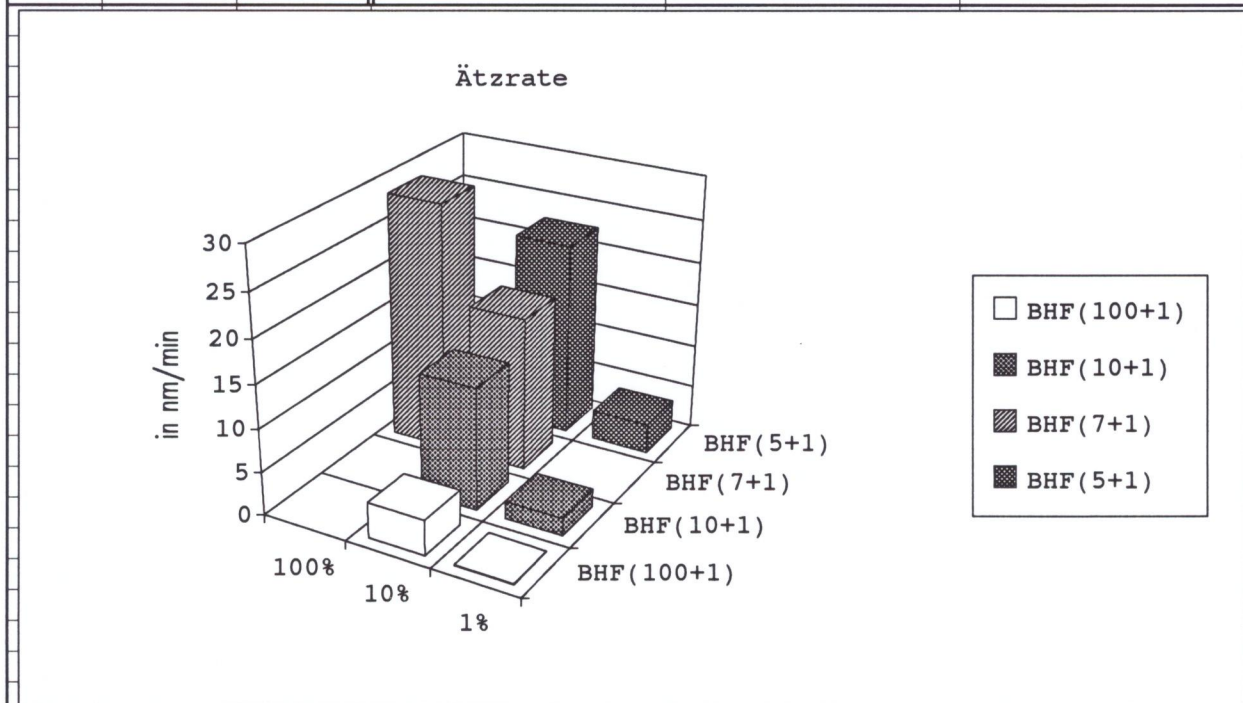
Legende:

513.6 := aSi
524.2 := AZ4562
524.4 := aSi
547.1 := AZ4562
548.2 := aSi

547.1			vertikal in nm/min	lateral in nm/min	lateral:vertikal
	5+1	100%			
B9	5+1	10%	45.48	136.36	3.00
B8	5+1	1%	21.17	20.83	0.98
B3	7+1	100%	27.00	333.33	12.35
B4	7+1	10%	37.93	115.13	3.04
B5	7+1	1%	21.05	20.83	0.99
	10+1	100%			
B6	10+1	10%	34.08	83.33	2.44
	10+1	1%			
	100+1	100%			
B11	100+1	10%	16.41	23.99	1.46
B12	100+1	1%	1.54	#WERT!	



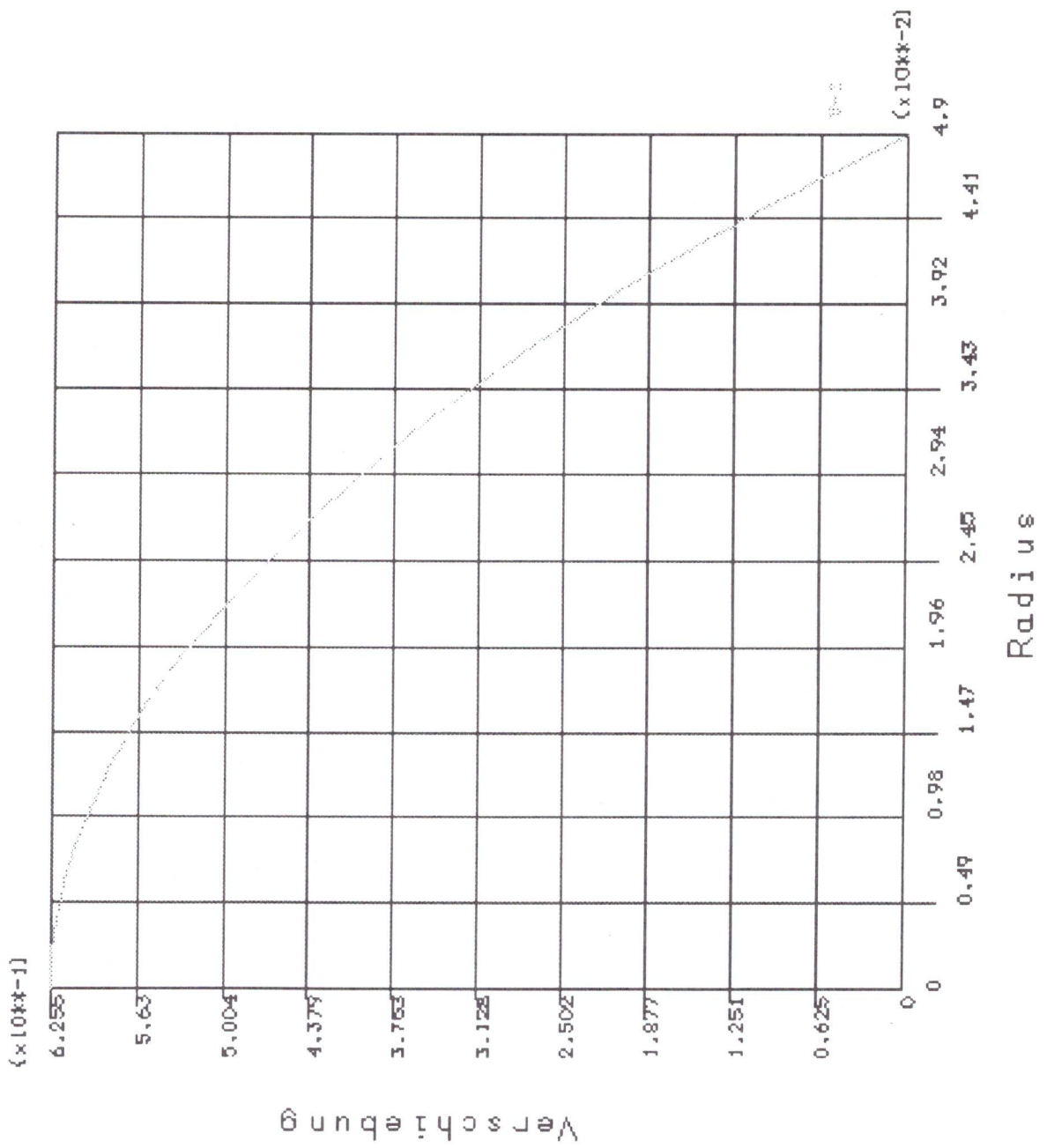
524.2			vertikal in nm/min	lateral in nm/min	lateral:vertikal
	5+1	100%			
D5	5+1	10%	22.47	116.67	5.19
D3	5+1	1%	3.45	3.55	1.03
D6	7+1	100%	28.64	342.32	11.95
D14	7+1	10%	17.68	59.52	3.37
	7+1	1%			
	10+1	100%			
D2	10+1	10%	14.14	40.28	2.85
D1	10+1	1%	2.04	1.81	0.89
	100+1	100%			
D15	100+1	10%	4.09	5.05	1.23
D16	100+1	1%	0.08	#WERT!	



ANSYS 5.1
JAN 15 1996
15:39:06

POST1
STEP=1
SUB =1
TIME=1
PATH PLOT
NOD1=50
NOD2=1

ZV =1
DIST=0.75
XF =0.5
YF =0.5
ZF =0.5
FACE HIDDEN



Dec 06 12:56 1995 /ansys/lupo/fem/proj001.dat Page 1

```

/BATCH
BOPT,RV51,ON

/title,XWave
/filename,proj001

/units,si
ZOLL=2.45e-2
LAYERS=2          * Schichten
HOEHE1=300e-9    * 300 nm
HOEHE2=20e-9     * 20 nm
RADIUS=2*ZOLL
THETA_LA=20      * LABOR
THETA_PR=450     * PROCEDURE

/prep7

/com,              M-Typ 1: Si
mp,ex,1,1.69e11
mp,nuxy,1,0.25
mp,alpx,1,3e-6

/com,              M-Typ 2: SiO2
mp,ex,2,7e10
mp,nuxy,2,0.18
mp,alpx,2,0.5e-6

/com,              E-Typ 1: SHELL16
et,1,91,,,LAYERS,,2,1,,1,1,,1
r,1,1,0,HOEHE1
rmore,2,0,HOEHE2

/vup,,z
/view,,2,-2,1
pcirc,,RADIUS,,90
APLOT
esize,RADIUS/15
amesh,1
csys,1
nrotat,all
!layplot,1,1,LAYERS
/eshape,1
eplot
fini

/solu
csys,1
nselect,s,loc,y,0
dsym,symm,y
nselect,s,loc,y,90
dsym,symm,x
nselect,s,loc,x,RADIUS
d,all,uz
nselect,all

```


Dec 06 12:56 1995 /ansys/lupo/fem/proj001.dat Page 2

```
tref,THETA_PR
tunif,THETA_LA
solve
fini
```

```
/post1
etable,MXY,smisc,6
etable,ILSUM-1B,nmisc,7
etable,ILSUM-1T,nmisc,9
etable,ILSUM-2B,nmisc,9
etable,ILSUM-2T,nmisc,11
set
!plnsol,u,z
pletab,MXY
```

```
/vup,,y
/view,,,,1
lpath,50,1
pdef,U-Z,u,z
pdef,S-EQV,s,eqv
pdef,S-INT,s,int
/grid,1
/axlab,x,Radius
!/axlab,y,Verschiebung
!plpa,U-Z
!/axlab,y,Spannung EQV
!plpa,S-EQV
!/axlab,y,Spannung INT
!plpa,S-INT
!fini
```