

Dipl.-Phys. Silja Wunderlich, Westendorf

**Untersuchungen zum
CO₂-Lasertempenn von
SiON-Dünnschichten für
Anwendungen in der
integrierten Optik**

Reihe **5**: Grund- und Werkstoffe

Nr. **500**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theoretische Grundlagen von Lichtwellenleitern	5
2.1	Filmwellenleiter	5
2.1.1	Strahlenoptische Betrachtung	6
2.1.2	Wellenoptische Betrachtung	9
2.1.3	Dreischichtiger Filmwellenleiter	11
2.1.4	Vierschichtiger Filmwellenleiter	14
2.2	Streifenwellenleiter	16
2.2.1	Berechnung von Streifenwellenleitern	18
2.3	Verluste in Lichtwellenleitern	21
2.3.1	Verluste durch Streuung	22
2.3.2	Verluste durch Absorption	22
2.3.3	Verluste in das Substrat durch Leckwellendämpfung	23
2.3.4	Verluste durch spezielle Wellenleitergeometrien	27
2.4	Richtkoppler	27
3	Physikalische Grundlagen von Gläsern	32
3.1	Transformationstemperatur und Viskosität	32
3.2	Elastizität und Viskoelastizität	35
3.3	Thermorheologische Einfachheit	39
3.4	Strukturelle Relaxation	41
4	Verfahren zur Abscheidung und Strukturierung optischer Dünnschichten	45
4.1	Thermische Oxidation	45
4.2	LPCVD-Verfahren	47
4.3	PECVD-Verfahren	49
4.4	Strukturierungsverfahren	51
4.4.1	Naßchemisches Ätzen	51
4.4.2	Plasmaätzen	51
5	Meß- und Analysemethoden	53
5.1	Ellipsometrie	53
5.2	Prismenkopplung	56
5.3	Stirnflächenkopplung	59
5.4	Mechanische Schichtdickenmessung	60
5.5	Infrarotspektroskopie	61

5.6	Krümmungsmessung	63
5.6.1	Planflächeninterferometer	64
5.6.2	Wafergeometrie-Meßgerät	65
5.7	Härtemessung	66
5.8	Röntgendiffraktometrie	67
5.9	Finite Elemente Methode	67
6	Herstellung, Charakterisierung und Strukturierung der optischen Dünnschichten	70
6.1	Thermische Oxidation	70
6.2	LPCVD: Anlage und Prozesse	71
6.3	PECVD: Anlage und Prozesse	75
6.4	Charakterisierung der Siliziumoxinitrid-Dünnschichten	79
6.4.1	Innere Spannungen der SiON-Schichten	79
6.4.2	Elastooptische Koeffizienten der SiON-Schichten	83
6.4.3	Elastische Eigenschaften der SiON-Schichten	83
6.5	Strukturierung der Siliziumoxinitrid-Dünnschichten	84
6.5.1	Photolithographie	85
6.5.2	Nafchemisches Ätzen	87
6.5.3	Plasmaätzen	87
6.6	Einfluß von Strukturierungen auf die Schichteigenschaften	88
7	Lasertempn von Siliziumoxinitridschichten	92
7.1	Versuchsaufbau	92
7.2	Temperatur beim Lasertempn	95
7.2.1	Berechnung der Temperatur	95
7.2.2	Messung der Temperatur	97
7.3	CO ₂ -Lasertempn von SiON-Dünnschichten mit unterschiedlichen Parametern	102
7.3.1	Abhängigkeit von der Bestrahlungsintensität	102
7.3.2	Abhängigkeit von der Bestrahlungsdauer	105
7.3.3	Abhängigkeit vom ursprünglichen Brechungsindex	108
7.3.4	Infrarotspektroskopische Untersuchungen	111
7.3.5	Röntgendiffraktometrische Untersuchungen	116
7.4	CO ₂ -Lasertempn von SiON-Wellenleitern	117
7.5	Langzeitverhalten von lasergetemperten SiON-Dünnschichten	118
7.5.1	Relaxation von ganzflächigen SiON-Dünnschichten nach dem Lasertempn	119
7.5.2	Relaxation von strukturierten SiON-Dünnschichten nach dem Lasertempn	120
7.5.3	Verhalten nach mehrmaligem Lasertempn	122
7.5.4	Bestimmung der Relaxationszeiten	122
7.6	Interpretation der Meßergebnisse	125
8	Ankopplung von Siliziumoxinitridwellenleitern an integrierte Photodioden durch Lasertempn	129
8.1	Lasertempn von integrierten Photodioden	133
8.1.1	pin-Photodioden	133

8.1.2	Lasertempn von Photodioden mit vertikalem Aufbau	133
8.1.3	Lasertempn von Photodioden mit horizontalem Aufbau	135
8.2	Ankopplung von SiON-Wellenleitern an integrierte Photodioden	139
8.2.1	Herstellung der Kopplungsstruktur	139
8.2.2	Durchführung der Messungen	141
8.2.3	Zusammenstellung der Meßergebnisse	144
8.2.4	Interpretation der Meßergebnisse	145
9	Abgleichen von optischen Richtkopplern durch Lasertempn	147
9.1	Berechnung der durch das Lasertempn veränderten Eigenschaften von Richtkopplern	147
9.2	Herstellung der Proben	150
9.3	Verfahren zur Messung der Überkopplung von Richtkopplern	151
9.3.1	Messung der Leistungaufteilung von Richtkopplern	151
9.3.2	Bestimmung der Überkopplung von Richtkopplern	153
9.4	Lasertempn von Richtkopplern	155
9.4.1	Messung der Überkopplung von Richtkopplern während des Lasertempns	155
9.4.2	Langzeitverhalten von lasergetemperten Richtkopplern	157
9.4.3	Zusammenfassung der Meßergebnisse	159
10	Zusammenfassung und Ausblick	160
	Literaturverzeichnis	164