

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zum Stand der linearen optischen Übertragungs- und Meßtechnik	1
1.2	Zur Entwicklung der optisch-nichtlinearen Übertragungstechnik	2
1.3	Die Problematik der optisch-nichtlinearen Übertragungstechnik	4
1.4	Ziele und Inhalt der Arbeit	6
2	Theoretische Grundlagen faseroptischer Nichtlinearitäten	10
2.1	Vorbemerkungen zur Nichtlinearen Optik	10
2.2	Nichtlineare-Schrödinger-Gleichung und effektive Nichtlinearität	12
2.3	Suszeptibilitäts-Tensor und intensitätsabhängige Brechzahl	16
2.4	Nichtlinearer Brechzahl-Koeffizient und effektive Nichtlinearität	20
2.4.1	Der nichtlineare Brechzahl-Koeffizient	20
2.4.2	Die effektive Nichtlinearität	22
2.5	Selbst-Phasenmodulation	24
2.6	Kreuz-Phasenmodulation	27
2.6.1	Der Suszeptibilitäts-Tensor $\chi^{(3)}$ für isotrope, verlustfreie Medien	27
2.6.2	Sonderfälle der Kreuz-Phasenmodulation	28
2.7	Schlußbemerkungen	31
3	Meßverfahren zur Bestimmung des nichtlinearen Brechzahl-Koeffizienten von Lichtwellenleitern - Eine Analyse zum Stand der Technik	32
3.1	Der nichtlineare Brechzahl-Koeffizient von SiO ₂ -Glasproben	32
3.2	Meßverfahren für Einmoden-Lichtwellenleiter	35
3.2.1	Meßverfahren basierend auf dem optischen Kerr-Effekt	36
3.2.2	Interferometrische Meßverfahren	39
3.2.3	Meßverfahren basierend auf spektraler Verbreiterung	41
3.3	Bewertung der Meßverfahren und deren Ergebnisse	42
3.3.1	Systematische Fehler und Schwierigkeiten der einzelnen Meßverfahren	43
3.3.2	Allgemeine Meßprobleme	46
3.3.3	Schlußfolgerungen zu den vorgestellten Meßverfahren	47
3.3.4	Bewertung der Meßergebnisse	48

4	Theorie des Selbst-Kompensierten Interferometers	50
4.1	Die grundlegende Idee - ein Gedankenexperiment	51
4.2	Mathematische Modellierung und Simulation	52
4.3	Das Selbst-Kompensierte Interferometer	61
4.3.1	Die prinzipielle Realisierung der SKI-Methode	61
4.3.2	Die Theorie zur SKI-Methode	63
4.4	Der mögliche systematische Fehler der SKI-Methode	67
4.5	Das nichtlineare Sagnac-Interferometer	69
5	Die experimentelle Umsetzung der SKI-Methode	72
5.1	Der Gesamtaufbau und seine Komponenten	73
5.1.1	Der Meßaufbau	73
5.1.2	Das Nd:YAG-Lasersystem	76
5.1.3	Die Komponenten zur Leistungseinstellung	81
5.1.4	Die Komponenten zur Strahlformung	82
5.1.5	Die Komponenten zur Strahlteilung	83
5.1.6	Die polarisations-optischen Komponenten	85
5.1.7	Das Leistungsmeßgerät	85
5.1.8	Zur Messung der optischen Impulsform	86
5.1.9	Hinweise zur Justierung des Meßaufbaus	87
5.2	Zur Vorbereitung der Messungen	88
5.2.1	Die Vorbereitung der Testfasern	88
5.2.2	Zur Einkopplung hoher mittlerer Leistungen in Einmoden-Fasern	89
5.2.3	Zu Laserimpulsquelle und Leistungsmessung	91
5.3	Die Erfassung nichtlinearer Konkurrenz-Effekte	92
5.4	Zum Ablauf der Messung	94
5.4.1	Die Einstellung der polarisations-optischen Komponenten	94
5.4.2	Die Einstellung der Leistungsgrenzen	96
5.4.3	Der Ablauf eines Meßdurchgangs	97

6	Meßergebnisse und deren Interpretation	99
6.1	Meßobjekte und Meßsignalformen	99
6.1.1	Auswahl und Daten der Testfasern	99
6.1.2	Charakteristische Meßsignale	102
6.1.3	Nichtlinearitäts-Kennlinien	107
6.1.4	Zur Temperaturabhängigkeit der effektiven Nichtlinearität	109
6.1.5	Zur Abhängigkeit der effektiven Nichtlinearität vom Polarisationszustand	110
6.2	Auswertung und Fehleranalyse	114
6.2.1	Auswerteformel	114
6.2.2	Bestimmung der Impulsspitzenleistung	115
6.2.3	Fehleranalyse	116
6.3	Meßergebnisse und Interpretation	119
6.3.1	Nicht-polarisationserhaltende Fasern	119
6.3.2	Ergebnisse zur Kreuz-Phasenmodulation (KPM)	123
6.4	Vergleich der Ergebnisse mit neueren Literaturwerten	127
6.5	Meßsignalverläufe in Gegenwart von stimulierter Raman-Streuung	131
6.6	Meßsignalverläufe mit stark verbreiterten Impulsen	136
7	Diskussion und Wertung	138
7.1	Möglichkeiten und Grenzen der SKI-Methode	138
7.1.1	Die SKI-Methode im kontinuierlichen Phasenmeßmodus	138
7.1.2	SRS und SBS anhand von Reflexions-Kennlinien	142
7.1.3	Die systematischen Grenzen der Anwendung der SKI-Methode	147
7.2	Die SKI-Methode im Vergleich mit anderen Meßmethoden	150
7.2.1	Das Meßverfahren der spektralen Verbreiterung	150
7.2.2	Die verzögerte Selbstüberlagerungs-Technik basierend auf KPM	154
7.2.3	Das Meßverfahren basierend auf Vierwellen-Mischung	155
7.2.4	Abschließende Wertung der Meßmethoden	156
7.3	Hinweise zur effektiven Nichtlinearität	157