

---

**Technologie, Modellierung und Meßtechnik  
von Quarzglasfaser-Schmelzkopplern  
für faseroptische Sensoren und Verstärker**

**Inhalt**

<b>1</b>	<b><u>Einleitung</u></b>	<b>1</b>
1.1	Einführende Bemerkungen	1
1.2	Ziele der Arbeit und Stand der Technik	2
1.3	Inhaltsübersicht und wesentliche Resultate	4
<b>2</b>	<b><u>Anwendung und Funktionsprinzip von Schmelzkopplern</u></b>	<b>10</b>
2.1	Faseroptische Anwendungen und theoretische Beschreibung	10
2.2	Schmelzkoppler in faseroptischen Systemen	10
2.3	Übertragungsmatrizen zur Beschreibung von Schmelzkopplern	18
2.4	Modenkopplung in gekoppelten Wellenleitern	20
2.4.1	Moden-Normalform eines Oszillators	21
2.4.2	Gekoppelte Modenform zweier Oszillatoren	23
2.4.3	Energietransfer in gekoppelten Systemen	26
2.4.4	Modenkopplung in nicht-längshomogenen Systemen	28
2.4.5	Gekoppelte Wellenleiter	30
<b>3</b>	<b><u>Modell, Meßtechnik und Technologie</u></b>	<b>33</b>
3.1	Methoden zur Modellbildung	33
3.1.1	Modell des Schmelzkopplers	36
3.1.2	Strahlausbreitungsmethode	38
3.1.3	Finite-Differenzen-Methode	44
3.1.4	Modellierung verschiedener Kopplertypen	44
3.2	Meßtechnik bikonischer Quarzglasfaser-Schmelzkoppler	45
3.2.1	Meßaufbau	45

---

3.2.2	Spektrale Messung des Koppelverhältnisses	47
3.2.3	Messung der Polarisationsabhängigkeit des spektralen Koppelverhältnisses	48
3.3	Technologie zur Herstellung von Quarzglasfaser-Schmelzkopplern	49
3.3.1	Konfiguration der Ziehanlage	49
3.3.2	Ziehprozeß	50
3.3.3	Steuerung des Ziehprozesses	52
3.4	Miniaturisierung	56
3.4.1	Numerische Simulation	56
3.4.2	Tapermodell	57
3.4.3	Strahlausbreitung in unterschiedlichen Wellenleitern	58
3.4.4	Resultate der Berechnungen	60
3.4.5	Miniaturisierung von 3dB-Leistungsteilern	61
3.4.6	Modifizierung der Einbettechnik	62
3.4.7	Modifizierung der Prozeßparameter	63
3.4.8	Diskussion und Ergebnisse	64
<b>4</b>	<b><u>Schmelztechnologie spezieller Kopplertypen</u></b>	<b>67</b>
4.1	Resonatorkoppler	68
4.1.1	Funktion von Ringresonatoren	69
4.1.2	Definitionen und Parameter	72
4.1.3	Modifizierter Prozeß zur Herstellung von Resonatorkopplern	74
4.1.4	Biegekoppler	76
4.1.5	Konstruktion und Eigenschaften des Biegekopplers	77
4.1.6	Feinabstimmung von spleißlosen Resonatorkopplern	80
4.1.7	Messung von Resonatorkopplern	81
4.1.8	Messungen und Resultate	82
4.2	Symmetrische 3x3-Koppler	85
4.2.1	Toleranzen der Faserpositionierung	85
4.2.2	Numerische Simulation	86
4.2.3	Adaptierter Ziehprozeß	91
4.2.4	Feinabstimmung der symmetrischen 3x3-Schmelzkoppler	94

---

4.2.5	Einbettechnik und Klimatest	95
4.2.6	Messungen und Resultate	97
4.3	Wellenlängen-Demultiplexer	100
4.3.1	Demultiplexer für die Zentralwellenlängen 1310nm/1555nm	102
4.3.2	Demultiplexer für die Zentralwellenlängen 1470nm/1555nm	104
4.3.3	Ziehprozeß und Resultate	107
4.4	Reflektoren - Faserspiegel	109
4.5	Messung der Polarisationsabhängigkeit der Einfügedämpfung	113
5	<b><u>Schlußfolgerungen</u></b>	121
6	<b><u>Zusammenfassung</u></b>	125
7	<b><u>Symbolverzeichnis</u></b>	126
8	<b><u>Anhang</u></b>	130
8.1	Definitionen	130
8.2	Übertragungsmatrix und Phasenverschiebung von Schmelzkopplern	134
8.2.1	Berechnung der Übertragungsmatrix von 2x2-Schmelzkopplern mit spezifischen Testanregungen	135
8.2.2	Messung der Phasenverschiebung von 2x2-Schmelzkopplern	138
8.2.3	Berechnung der Phasenverschiebung verlustbehafteter Koppler	140
8.2.4	Optischer Faserspiegel und Reflexionsfaktor	140
8.2.5	Übertragungsmatrix von symmetrischen 3x3-Kopplern	142
8.3	Herleitung der Propagationsgleichung aus dem Split-Step Verfahren	143
8.4	Tabellen von Wellenlängen-Demultiplexern	145
8.5	Verzeichnis der Veröffentlichungen und Patente	150
9	<b><u>Literaturverzeichnis</u></b>	152