

Inhaltsverzeichnis

1	Lichtwellenleiter	1
1.1	Physikalische Grundlagen	1
1.1.1	Darstellung einer Welle	1
1.1.2	Ebene Welle im freien Raum und in einem Medium mit der Brechzahl n	3
1.1.3	Übergang zur geometrischen Optik; Licht als Welle und Strahl	5
1.1.4	Verhalten an Grenzschichten	6
1.2	Lichtausbreitung in optischen Wellenleitern	9
1.2.1	Symmetrische Schichtleitung (Filmwellenleiter)	9
1.2.2	Zylindrischer Stufenindex-Lichtwellenleiter (SI-LWL)	16
1.2.3	Zylindrischer Gradientenindex Lichtwellenleiter (GI-LWL)	28
1.2.4	Zylindrischer Einmoden-LWL (Monomode-LWL)	35
1.3	Übertragungsverhalten von zylindrischen LWL	38
1.3.1	Bedeutung des Modenspektrums bei Multimode-LWL	39
1.3.2	Der Einfluß von Leckwellen	40
1.3.3	Leistungsverlust durch Dämpfung	41
1.3.4	Impulsverbreiterung durch Dispersion	44
1.4	Einkopplung von optischer Strahlung in LWL	49
1.4.1	Strahlungsgeometrische und -physikalische Grundlagen	49
1.4.2	Anregungswirkungsgrad	52
1.5	Neue Entwicklungen bei polymeren Lichtwellenleitern	58
1.5.1	Strukturen und Dämpfungsmechanismen geeigneter polymerer Kunststoffe	58
1.5.2	Polymere LWL's neben Vollglas-LWL's	59
1.5.3	Markt -und Anwendungspotential	61
1.5.4	Ausblick auf zukünftige Entwicklungen und Anwendungen	63
1.6	Übungen	68
2	Optische Strahlungsquellen auf Halbleiterbasis	71
2.1	Grundlagen der Lichtemission bei Halbleitern	71
2.1.1	Halbleiterdiode	71
2.1.2	Injektionslumineszenz	71
2.2	Halbleiterlaser und LED	73
2.2.1	Laserdiode	73
2.2.2	Lichtemittierende Dioden (Light-Emitting-Dioden, LED's)	90
2.2.3	LED's und Laserdioden für 1300 nm und 1550 nm Wellenlänge	97
2.3	Modulierbarkeit von LED's und Laserdioden	106
2.3.1	Intensitätsmodulation von LED's	106
2.3.2	Intensitätsmodulation von Laserdioden	109
2.3.3	Probleme bei der Modulation von Laserdioden	111

2.4	Übungen	120
3	Optische Strahlungsempfänger auf Halbleiter-Basis	123
3.1	Allgemeine Grundlagen	123
3.1.1	Innerer fotoelektrischer Effekt	123
3.1.2	Mechanismus der Fotostrom-Erzeugung	123
3.1.3	Absorption und Eindringtiefe	124
3.2	PIN-Fotodiode	125
3.2.1	Funktionsprinzip	125
3.2.2	Spektrale Empfindlichkeit (Responsivity)	127
3.2.3	Optisch-elektrische Charakteristik	128
3.2.4	Bauformen von Fotodioden	129
3.2.5	Demodulationsverhalten von PIN-Fotodioden	131
3.3	Die Lawinen-(Avalanche-)Fotodiode	133
3.3.1	Aufbau und Wirkungsweise	134
3.3.2	Demodulationsverhalten von APD's	135
3.3.3	Technologische Besonderheiten für höhere Wellenlängen	139
3.4	Rauscheigenschaften von PIN-Fotodioden und APD's	141
3.4.1	Rauschquellen und Rauschersatzschaltung der APD	142
3.4.2	Signal/Rausch-Verhältnis	143
3.4.3	Optimale Stromverstärkung M_{opt}	144
3.4.4	Rauschäquivalente optische Leistung (NEP), rauschäquivalenter elektrischer Strom (i'_{NAPD})	146
3.4.5	Minimal erforderliche optische Eingangsleistung	147
3.4.6	Tabellarische Übersicht über wichtige Parameter von Fotoempfängern	149
3.5	Empfängerschaltungen mit Fotodioden	150
3.5.1	Grundlegende Vorbemerkungen	150
3.5.2	Empfänger mit hoher Eingangsimpedanz	151
3.5.3	Invertierender Transimpedanz-Verstärker	159
3.5.4	Eingangsverstärker nach der Bootstrap-Konfiguration	165
3.6	Übungen	173
4	Lichtwellenleiter-Kommunikationssysteme	175
4.1	Einführung	175
4.2	LWL im Vergleich zu herkömmlichen Übertragungsmedien	175
4.2.1	Kostenvergleich	176
4.3	Grundlagen der Nachrichten-Übertragungstechnik	178
4.3.1	Systematik der Modulationsverfahren	178
4.3.2	Verfahren zur Mehrkanalübertragung	179
4.3.3	Grundsätzliches zur digitalen Signalübertragung	184
4.3.4	Digitale Übertragungssysteme	189
4.3.5	Systemhierarchien und Bitraten	192
4.4	LWL-Übertragungssysteme	196

4.4.1	Parameter von Analog- und Digitalsystemen in LWL-Technologie	196
4.4.2	Leistungsbilanz und Systemvarianten	198
4.4.3	Abgrenzung bezüglich Reichweite und Bandbreite	198
4.4.4	Dimensionierung- und Optimierungskriterien — das Arbeitsdiagramm	200
4.4.5	Störeinflüsse	201
4.5	Beispiele zur Systemrealisierung	202
4.5.1	Weitverkehrssysteme WAN's	202
4.5.2	Teilnehmeranschlußsysteme	208
4.5.3	Systeme zur VIDEO-Übertragung	213
4.6	Zusammenfassende Beurteilung	221
4.6.1	Heutige Einsatzprobleme	221
4.6.2	Entwicklungstendenzen	222
4.6.3	Technologische Perspektiven	223
4.7	Übungen	226
5	Einsatz von LWL-Systemen in lokalen Netzen	230
5.1	Stand der optischen Datenübertragung	230
5.2	Einsatzkriterien für LWL-Kommunikationssysteme in lokalen Netzen	232
5.2.1	Randbedingungen für lokale LWL-Netze	232
5.2.2	Systembesonderheiten	233
5.3	LWL und LWL-Komponenten	234
5.3.1	Mehrmoden-LWL	234
5.3.2	Steckverbindungen und Spleiße	235
5.3.3	Komponenten für die optische Vernetzung	237
5.4	Lokale Netze	240
5.4.1	Netzkonfigurationen und Zugriffsverfahren	240
5.4.2	Das ISO-7-Schichten-Modell	243
5.4.3	Ausführung von LAN-Konfigurationen in LWL-Technologie .	245
5.5	LWL-LAN's im Einsatz	250
5.5.1	Netze auf Ethernet-Basis	250
5.5.2	Netze mit Ringkonfiguration	251
5.5.3	Bussysteme für mobile Plattformen	254
5.5.4	Das Hochgeschwindigkeits-LAN FDDI	256
5.5.5	Metropolitan Area Network (MAN)	259
5.6	Angleichung an die neue Telekommunikations-Umgebung	265
5.6.1	Die neuen Standards ATM und SDH	265
5.6.2	Einbindung lokaler Netze über FDDI und MAN	268
5.7	Entwicklungstendenzen und technologische Perspektiven	272
5.8	Übungen	276
6	Der Lichtwellenleiter als Sensor für die Meß- und Regelungstechnik	278
6.1	Einführung	278

6.2	Lichtwellenleiter für die Sensorik	279
6.3	Klassifizierung faseroptischer Sensoren (FO - Sensoren)	280
6.4	Extrinsische Sensoren	281
6.4.1	Transmissions- und Reflexions-Lichtschranken	281
6.4.2	Sensoren zur Messung von Abstand, Füllstand und Druck	283
6.4.3	Pyrometer	285
6.4.4	Strömungssensor	288
6.5	Allfaser-Sensoren (Intrinsische Sensoren)	288
6.5.1	Übersicht	288
6.5.2	Intrinsische Sensoren mit Multimode-LWL	291
6.5.3	Intrinsische Sensoren mit Monomode-LWL	298
6.6	Der faseroptische Kreisel (Fo-Kreisler)	307
6.6.1	Allgemeines	307
6.6.2	Anforderungsprofil für einen faseroptischen Kreisel	308
6.6.3	Das Phasenmodulationskonzept	309
6.6.4	Einsatz integrierter Optik für die technische Realisierung	311
6.6.5	Leistungsmerkmale des Fo-Kreisels der letzten Generation	313
6.7	Übungen	315
7	Messungen an optischen Übertragungssystemen	317
7.1	Vorbemerkungen	317
7.1.1	Besonderheiten der Meßtechnik optischer Übertragungssysteme	317
7.1.2	Meßbedingungen	318
7.2	Übertragungsparameter opt. Nachrichtenverbindungen	320
7.2.1	Meßtechnische Charakterisierung des optischen Senders	321
7.2.2	Parameter der LWL-Strecke	322
7.2.3	Meßparameter des Empfängers	322
7.2.4	Vernetzungskomponenten	324
7.3	Messungen an LWL-Strecken	332
7.3.1	Dämpfung	332
7.3.2	Dispersion	335
7.3.3	Grenzwellenlänge und Felddurchmesser bei EM-LWL	339
7.4	Messung des Brechzahlprofils und der numerischen Apertur	341
7.4.1	Nahfeld-Abtastung (Near-Field-Scanning)	341
7.4.2	Bestimmung der NA aus dem Fernfeld	343
7.4.3	Die Strahlungsfeldmethode (Refracted Near Field Technique)	344
7.5	Messungen nach dem Rückstreuverfahren	345
7.5.1	Grundlegendes	345
7.5.2	Rückstreu-Meßgerät	348
7.5.3	Interpretation der Rückstreu-Kurve	352
7.5.4	Vermessung von Steckern, Spleißen und Verzweigungskomponenten	354
7.5.5	Fehlerortsbestimmung (Fault Location)	357
7.6	Übungen	360

A Lösungen	363
Literaturverzeichnis	396
Sachwortverzeichnis	404