
Inhaltsverzeichnis

1	Theoretische Grundlagen der Laserdiagnostik	1
1.1	Strahlungseigenschaften, Definitionen	1
1.1.1	Vergleichende Bewertung von Lasern und thermischen Strahlungsquellen	1
1.1.2	Strahldichte bzw. spektrale Strahldichte	3
1.1.3	Strahlungsgesetze	4
1.2	Kohärenzeigenschaften von Laserlichtquellen	7
1.3	Mathematische Formulierung der Kohärenzfunktion	13
1.4	Spektrale Emission von Lasern	17
1.4.1	Longitudinale Moden	19
1.4.2	Transversale Moden	20
1.5	Bestimmung der Modenstruktur	24
1.5.1	Messung des longitudinalen Modenspektrums	24
1.5.2	Messung der transversalen Modenverteilungen	26
1.6	Modenstruktur-Beeinflussung, Modenselektion	26
1.7	Experimentelle Kohärenzlängenbestimmung	29
1.8	Einfluss der Frequenzdrift auf die Kohärenzlänge	31
2	Laser für messtechnische Aufgaben	35
2.1	Dielektrische Festkörperlaser	36
2.1.1	Grundlagen für den Betrieb von Festkörperlasern	37
2.1.2	Abgrenzung nach Betriebsbedingungen	45
2.1.3	Bewertung neuerer Architekturen bzw. Materialien	54
2.2	Halbleiterlaser	59
2.3	Farbstofflaser	60
2.4	Gaslaser	64
2.5	Metaldampf-Laser	72
3	Messtechnisch nutzbare Information	75
3.1	Ausbreitung in homogenen isotropen Medien	75
3.1.1	Paraxiale Strahlenbündel	75
3.1.2	Gaußsche Strahlenbündel	76

3.2	Ausbreitung in inhomogenen Medien	82
3.3	Ausbreitung in anisotropen Medien	87
3.4	Weitere messtechnische Möglichkeiten	88
4	Strahldiagnostik, Registrierverfahren	91
4.1	Fotoelektrische Detektoren	91
4.1.1	Abgrenzung der zu erfassenden Spektralbereiche	91
4.1.2	Definition der Strahlungs-Messgrößen	93
4.1.3	Definition gebräuchlicher Detektorparameter	94
4.1.4	Thermische Detektoren – Quantendetektoren	95
4.1.5	Messung von Energien	96
4.1.6	Messung von Leistungen	97
4.1.7	Praktische Ausführungen von Detektoren	100
4.1.8	Begrenzende Einflüsse	102
4.2	Fotografische Registriermidien	104
4.2.1	Ansprech-Empfindlichkeit	105
4.2.2	Spektrale Empfindlichkeit	105
4.2.3	Räumliches Auflösungsvermögen	106
4.2.4	Spezielle Emulsionen für holographische Anwendungen	107
5	Entfernungs-, Geschwindigkeits-Messverfahren	109
5.1	Laser-Entfernungsmessung	109
5.1.1	Grundlegende Betrachtungen	110
5.1.2	Einfluss der Atmosphäre auf die Ausbreitung	112
5.1.3	Pulsmessverfahren	117
5.1.4	Strahlmodulationsverfahren	119
5.1.5	Messgenauigkeit	121
5.1.6	Empfindlichkeit, Störeinflüsse	122
5.1.7	Heterodyn-Empfang	124
5.1.8	Ausgewählte Schaltungsbeispiele	126
5.1.9	Tomoskopie	129
5.2	Laser-Geschwindigkeits-Messverfahren	131
5.2.1	Prinzip der Dopplerverschiebung	131
5.2.2	Strömungsmessung, Dopplerverschiebung	133
5.2.3	Strömungsmessung mit Zweifokus-Verfahren	135
5.2.4	Strömungsmessungen mit Laseranemometrie	136
5.2.5	Abbildende, zeitaufgelöste Teilchenspur – Anemometrie	139
6	Kurzzeitfotografische Laser-Diagnostik	143
6.1	Informationstheoretische Überlegungen	143
6.2	Granulationseigenschaften des Laserlichtes	147
6.2.1	Phänomenologische Beschreibung	147
6.2.2	Zusammenhang zwischen Fraunhofer Beugung und Fourier Transformation	149

6.2.3	Eigenschaften der „speckles“, Abschätzung der statistischen mittleren Korngrößen	152
6.3	Laserfotografische Verfahren	157
6.3.1	Messverfahren zur Aufzeichnung von Phasenobjekten . .	158
6.3.2	Laser-Schatten- bzw. -Schlierenaufnahmebeispiele	164
6.4	Laser-Kinematographie	169
6.5	Trägerfrequenzfotografie	179
6.5.1	Modulierte Granulation als Träger	183
6.5.2	Anwendungen der Trägerfrequenzfotografie, Analyse von Verformungsvorgängen	185
7	Laser-Interferometrie	189
7.1	Grundlegende Betrachtungen	189
7.1.1	Zweistrahl-Interferometrie	191
7.1.2	Mehrstrahl-Interferometrie	192
7.1.3	Mehrstrahl-Interferometer zur Modenanalyse	194
7.2	Zweistrahl-Interferometer	196
7.2.1	Michelson- und Mach-Zehnder-Interferometer	197
7.2.2	Differential-Interferometer	200
7.3	Laser-Interferometrie in der Plasmaphysik	205
7.3.1	Quantitative Auswerteverfahren	207
7.4	Zwei- und Mehrwellenlängen-Interferometrie	211
7.4.1	Interferometrische Mehrwellenlängen-Kinematographie	217
7.5	Laser-Gyroskope	221
8	Moiré-Verfahren	225
8.1	Grundprinzip der Moiré Deflektometrie	225
8.2	Fresnel- bzw. Fraunhofer Beugung	227
8.2.1	Fresnelsche Näherung	228
8.2.2	Fraunhofer Näherung	229
8.2.3	Vergleichende Bewertung von Moiré Gittern	229
8.2.4	Talbot Effekt	230
8.2.5	Optische Filterung, Kontrastverbesserung	231
8.3	Anwendungsbereiche der Moiré-Technik	232
8.4	Bewertung der Moiré-Verfahren	235
9	Holographie	237
9.1	Geschichtliche Entwicklung, Grundlagen	237
9.1.1	Qualitative Beschreibung holographischer Verfahren . .	238
9.1.2	Anforderungen an die Ortsfrequenzspektren der Registriermedien	242
9.1.3	Speichermedien zur Aufzeichnung holographischer Information	243
9.1.4	Aufnahme und Wiedergabe von Hologrammen	245
9.1.5	Abgrenzung cw- bzw. Impuls-Holographie	247

9.1.6	Mathematische Beschreibung	250
9.1.7	Beschreibung mit Kugelwellen	254
9.1.8	Räumliche Zuordnung holographischer Bilder	255
9.1.9	Orthoskopie-Pseudoskopie	259
9.2	Anwendungen der holographischen Messtechnik	260
9.2.1	Auswertemöglichkeiten von Hologrammen	261
9.2.2	Räumlicher Aspekt, diffuse Ausleuchtung	266
9.2.3	Holographische Interferometrie	267
9.2.4	Zweiwellenlängen-Interferoholographie	279
9.2.5	Klassifizierung nach Aufnahmeanordnungen	282
9.2.6	Fourier-Holographie	283
9.2.7	Fresnel-Transformation, numerische Rekonstruktion	288
9.2.8	Holographische Erfassung von Konturen	291
9.2.9	Transmission- bzw. Reflexions-Hologramme	292
9.2.10	Weißlichtholographie-Lippmann Hologramme	294
9.2.11	Holographische Darstellung „displays“	296
9.2.12	Regenbogen-Hologramme	298
9.2.13	Holographische Stereogramme	301
9.2.14	Farbholographie	303
9.2.15	Time of flight-Holographie	303
9.2.16	Abschließende Anmerkung zur Holographie	304
10	Absorptions- und Streulicht-Verfahren	305
10.1	LIDAR, grundlegende Betrachtung	305
10.2	Absorptionsverfahren	307
10.2.1	Messungen mit Hilfe der Resonanzabsorption	309
10.2.2	Fotoakustische Detektionsverfahren	310
10.3	Streuprozesse in der Laserdiagnostik	311
10.3.1	Grundlegende Betrachtungen	312
10.3.2	Streulichtspektren aufgrund unterschiedlicher Prozesse	313
10.4	Verfahren, basierend auf spontaner Streuung	316
10.4.1	Mie-Streuverfahren	317
10.4.2	Rayleigh-Streuverfahren	317
10.4.3	Raman-Streuverfahren	318
10.5	Spezifische spektroskopische Verfahren	320
10.5.1	Laserinduzierte Incandescenz (Glühetechnik)	320
10.5.2	Laserinduzierte Fluoreszenz	320
10.6	Übergang zu stimulierter Streuung	322
10.7	Grundlagen der „Nichtlinearen Optik“	323
10.7.1	Beispiel: Drei-Wellen Wechselwirkung	325
10.7.2	Beispiel: Wechselwirkung Strahlungsfeld-Elektron	329
10.8	Optisch nichtlineare Streulichtmessverfahren	331
10.8.1	Gasdichtemessung durch CARS	331

11 Ultrakurzpuls-Messtechnik	339
11.1 Theoretische Grundlagen	340
11.2 Mathematische Formulierung	341
11.3 Experimentelle Realisierungsmöglichkeiten	347
11.3.1 Passiv gekoppelte Puls laser	349
11.3.2 Technik kollidierender Pulse mit sättigbaren Absorbern	350
11.3.3 Neuere modengekoppelter Festkörperlaser	351
11.3.4 Verfahren zur Pulsverkürzung und Leistungssteigerung	354
11.4 Messung ultrakurzer Laserimpulse	358
11.4.1 Einsatz der Zweiphotonen-Fluoreszenz	358
11.4.2 Einsatz von Streak-Kameras	359
11.4.3 Lineare und nichtlineare Korrelationsverfahren	360
11.4.4 Einsatz von ps-Kerrverschlüssen	364
11.4.5 Frequenz-aufgelöstes optisches Takten, FROG	366
11.5 Pico- und Subpicosekunden Spektroskopie	367
11.6 Ultrakurzzeit-Fotografie	370
11.6.1 Stroboskopische Aufnahmeverfahren	370
11.6.2 Kurzzeitfotografie mit ps- bzw. sub-ps-Einzelpulsen	372
11.7 Attosekunden-Pulstechnik	376
11.7.1 Femtosekundenlaser erzeugt Attosekunden Pulse	377
11.8 Abschließende Anmerkungen	381
Sachverzeichnis	405

