

Ekbert Hering · Rolf Martin (Hrsg.)

Photonik

Grundlagen, Technologie und Anwendung

Mit 415 Abbildungen und 50 Tabellen



Springer

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen	1
1.1	Geometrische Optik.....	1
1.1.1	Lichtstrahlen	1
1.1.2	Reflexion des Lichts	2
1.1.3	Brechung des Lichts.....	4
1.1.4	Abbildung durch Linsen	9
1.1.5	Matrixmethoden der paraxialen Optik	16
1.2	Wellenoptik	23
1.2.1	Elektromagnetische Wellen	23
1.2.2	Polarisation	28
1.2.3	Interferenz	36
1.3	Radio- und Fotometrie	56
1.3.1	Strahlungsphysikalische Größen.....	57
1.3.2	Lichttechnische Größen	60
1.4	Quantennatur des Lichts.....	61
1.4.1	Photonen	61
1.4.2	Schwarzer Strahler	63
1.4.3	Laser.....	66
1.5	Halbleiter-Lichtquellen	70
1.5.1	Strahlende Rekombination.....	70
1.5.2	Lumineszenzdioden	73
1.5.3	Halbleiter-Laser	77
1.6	Halbleiter-Detektoren.....	91
1.6.1	Absorption in Halbleitern	91
1.6.2	Fotoleiter	93
1.6.3	Fotodioden	93
1.7	Literatur.....	104
2	Fertigung optischer Komponenten und Systeme.....	105
2.1	Übersicht	105
2.2	Klassische Bearbeitung	107
2.2.1	Übersicht	107
2.2.2	Formen (Trennen, Schleifen, Diamantdrehen).....	108
2.2.3	Glätten.....	111
2.2.4	Messtechnik	115

2.3	Abformen	116
2.3.1	Übersicht.....	116
2.3.2	Glas abformen (Blankpressen).....	117
2.3.3	Kunststoff abformen	119
2.3.4	Messtechnik	120
2.4	Strukturierung	121
2.4.1	Diffraktive Optik.....	121
2.4.2	Lithografie	122
2.4.3	Abformen	123
2.4.4	Messtechnik	123
2.5	Beschichtung	123
2.5.1	Prinzip.....	123
2.5.2	Herstellung optischer Komponenten.....	124
2.5.3	Bedampfen mit PVD-Verfahren	125
2.5.4	Sputter-Technologie.....	126
2.5.5	Abscheiden organometallischer Lösungen	127
2.5.6	Messtechnik	128
3	Optische Nachrichtenübertragung	129
3.1	Einführung.....	129
3.2	Glasfasern.....	131
3.2.1	Dämpfung in Glasfasern	133
3.2.2	Dispersionen in Glasfasern	137
3.2.3	Typenklassen von Glasfasern	146
3.3	Optische Sender und Empfänger.....	148
3.4	Faseroptische Übertragungssysteme	153
3.4.1	Direktübertragungssysteme.....	153
3.4.2	Kohärente Übertragungssysteme	157
3.4.3	Faserverstärker	160
3.4.4	Solitonübertragung	162
3.4.5	Optische Übertragung auf der Fernebene im Ortsnetz und im LAN- bzw. Metrobereich.....	165
3.5	Literatur	173
4	Sensoren.....	175
4.1	Optische Sensoren	175
4.2	Lichtschranken und Lichttaster	175
4.2.1	Einweg-Lichtschranken	176
4.2.2	Lichtgitter.....	177
4.2.3	Reflexions-Lichtschranken	179
4.2.4	Reflexions-Lichttaster.....	183
4.2.5	Lichtleiter-Lichtschranken und -Lichttaster.....	186
4.2.6	Kontrasttaster	188
4.2.7	Lumineszenztaster.....	189
4.2.8	Farbsensoren	190

4.3	Distanzsensoren.....	191
4.3.1	Triangulations-Sensoren	192
4.3.2	Pulslaufzeit-Sensoren.....	193
4.3.3	Phasenkorrelations-Sensoren	194
4.4	Laserscanner.....	197
4.4.1	Funktionsprinzip des Laserscanners	197
4.4.2	Barcode-Scanner	204
4.4.3	Laser-Radar.....	209
4.5	Kamerasensoren	214
4.5.1	1-D-Sensoren	216
4.5.2	2-D-Sensoren	218
4.5.3	3-D-Sensoren	219
4.6	Optische Sensoren für spezielle Anwendungen	223
4.6.1	Staubkonzentrationsmessung.....	224
4.6.2	Gaskonzentrationsmessung.....	229
4.7	Literatur.....	231
5	Optische Messtechnik.....	233
5.1	Abstandsmessung	233
5.1.1	Triangulation.....	234
5.1.2	Inkrementalgeber	236
5.1.3	Interferometer	238
5.2	Formmessung	239
5.2.1	Schattenwurfverfahren	239
5.2.2	Streifenprojektion	241
5.2.3	Weißlichtinterferometrie.....	243
5.3	Verformungsmessung mit der Holografischen Interferometrie.....	245
5.4	Spannungs-, Dehnungs-, Kraftmessung	248
5.4.1	Spannungsoptische Verfahren.....	248
5.4.2	Speckle-Pattern-Interferometrie (ESPI).....	249
5.4.3	Faseroptische Sensorik (FOS) zur Spannungs- und Dehnungsmessung	249
5.5	Schwingungsmessung	252
5.5.1	Laser-Doppler-Vibrometer	252
5.5.2	Holografische Interferometrie und Speckle-Pattern-Interferometrie.....	255
5.6	Temperaturmessung	256
5.7	Feuchtemessung	260
5.8	Farbmessung.....	260
5.9	Interferometrische Submikrometer-Messtechnik in der Automobilindustrie	263
5.9.1	Stand und Entwicklung der Messtechnik.....	263
5.9.2	Weißlichtinterferometrie (WLI).....	264

5.9.3	Weißlichtinterferometrie mit Sonderoptiken	266
5.9.4	Weißlicht-Heterodyn-Interferometer (WHI).....	272
5.9.5	Rückführung der Weißlichtinterferometrie auf amtliche Normale.....	278
5.10	Zusammenfassung und Ausblick	280
5.11	Literatur.....	281
6	Produktionstechnik	283
6.1	Übersicht	283
6.1.1	Laserstrahlquellen	283
6.1.2	Strahlqualität.....	287
6.1.3	Fertigungsverfahren und Materialien.....	290
6.2	Urformen	291
6.2.1	Selektives Laser-Sintern (SLS).....	291
6.2.2	Selektives Laser-Schmelzen (SLM: Selective Laser Melting)	292
6.3	Umformen	293
6.4	Trennen	294
6.4.1	Schneiden	294
6.4.2	Bohren und Abtragen	298
6.5	Fügen.....	298
6.5.1	Schweißen	298
6.5.2	Löten	304
6.6	Beschichten	305
6.7	Stoffeigenschaften ändern	307
6.7.1	Härt(en).....	307
6.7.2	Umschmelzen	308
6.7.3	Polieren	309
6.8	Markieren und Beschriften	309
6.9	Strukturieren und Mikrobearbeiten	311
6.10	Produktentwicklung mit Laser	313
6.11	Literatur	316
7	Beleuchtungstechnik.....	317
7.1	Einleitung	317
7.2	Lichttechnische Größen.....	318
7.3	Optische Systeme zur Beleuchtung	320
7.3.1	Beleuchtungssystem aus Lichtquellen und Reflektor	320
7.3.2	Beleuchtungssystem aus Lichtquelle und Linse	322
7.3.3	Arbeitsplatzleuchte	322
7.3.4	Kraftfahrzeug-Frontbeleuchtung.....	326
7.3.5	Operationsleuchten (OP-Leuchten)	328
7.3.6	Lichtleiter für Beleuchtung	331

7.4	Optische Systeme zur Signalisation	333
7.4.1	Straßenverkehrssignal (Ampel)	333
7.4.2	Fahrzeug-Signalleuchten.....	335
7.5	Optische Systeme für Informationsträger.....	336
7.5.1	Beleuchtetes Bedienelement	336
7.5.2	Lichtleiter zur Hinterleuchtung von Displays	338
7.5.3	Lichtleiter zur Hinterleuchtung von Statusanzeigen.....	339
7.6	Simulation in der Beleuchtungstechnik.....	340
7.6.1	Simulationsprogramme für Entwicklung optischer Systeme	340
7.6.2	Modellbildung für die optische Simulation	342
7.6.3	Auswertungen der optischen Simulation	348
7.7	Literatur	349
8	Fotovoltaik.....	351
8.1	Wirkungsweise der Solarzelle	351
8.2	Wirkungsgrad	355
8.3	Technologie	357
8.4	Literatur	359
9	Optische Technologien in Medizin und Life Sciences	361
9.1	Spektroskopie	361
9.1.1	Absorptionsspektroskopie.....	363
9.1.2	Fluoreszenzspektroskopie	364
9.1.3	Molekülschwingungsspektroskopie	368
9.1.4	Beispiele weiterer spektroskopischer Methoden....	370
9.2	Streuung von Licht	371
9.2.1	Remissionsfotometrie zur Bestimmung von Glucose	372
9.2.2	Durchflusszytometrie	373
9.2.3	Optische Kohärenztomographie.....	374
9.3	Optische Mikroskopie	375
9.3.1	Übersicht	375
9.3.2	Auflösung, Schärfentiefe und förderliche Vergrößerung	376
9.3.3	Köhler'sche Beleuchtung und Kontrastverstärkung.....	377
9.3.4	Fluoreszenzmikroskopie	379
9.3.5	Laser-Scanning-Mikroskopie.....	380
9.3.6	Laserpinzette und Laser-Mikromanipulation.....	382
9.3.7	Operationsmikroskopie	384
9.4	Endoskopie	384
9.4.1	Einführung	384
9.4.2	Endoskopie-System.....	385

9.4.3	Endoskopische Bildgebung.....	388
9.4.4	Ausführungsformen medizinischer Endoskope	391
9.5	Laseranwendungen in der Medizin	394
9.5.1	Einführung	394
9.5.2	Wirkungsmechanismen.....	395
9.5.3	Laseranwendungen	397
9.6	Literatur	403
10	Gebrauchsgüter	405
10.1	Bildaufnahme	406
10.1.1	Analoge Fotokamera.....	406
10.1.2	Digitale Fotokamera	407
10.1.3	Handycam und Webcam	407
10.1.4	Camcorder.....	409
10.1.5	Flachbettscanner, Fotokopierer, Fax	410
10.2	Vergrößerungsgeräte	412
10.2.1	Mikroskop	412
10.2.2	Lupe	413
10.2.3	Teleskop.....	415
10.3	Bildwiedergabe	417
10.3.1	Analoge Projektoren	417
10.3.2	Digitale Projektoren	418
10.3.3	Head Mounted Devices (HMD) und Head Up Displays (HUD).....	421
10.3.4	Zusammenfassung	422
11	Bildaufnahme und -wiedergabe.....	423
11.1	Halbleiterbildsensoren und digitale Kameras.....	423
11.1.1	Geometrische Eigenschaften eines Bildsensors	423
11.1.2	CCD-Sensor	427
11.1.3	Architektur eines CCD.....	434
11.1.4	Eigenschaften eines CCD-Imagers	438
11.2	Kamera-User-Interface	447
11.3	Bildverarbeitung	448
11.3.1	Elementare Eigenschaften digitaler Bilder	449
11.3.2	Punktoperationen	450
11.3.3	Nachbarschaftsoperation.....	453
11.3.4	Diskrete Fourier-Transformation	457
11.4	Bildwiedergabe – Displays.....	463
11.4.1	Flüssigkristall-Displays.....	464
11.4.2	OLED-Displays	474
11.5	Literatur	478

12 Augenschutz und Augensicherheit.....	479
12.1 Notwenigkeit für Augenschutz.....	480
12.1.1 Aufbau des Auges	480
12.1.2 Optische Strahlung - Begriffsbestimmung.....	482
12.1.3 Expositionsgrenzwerte.....	483
12.1.4 Lichttransmission und Grenzwerte bei der Prüfung von Augenschutzprodukten.....	484
12.2 Varianten im Augenschutz	485
12.2.1 Schutz vor mechanischer Gefährdungen.....	486
12.2.2 Chemische Gefährdungen.....	487
12.2.3 Thermische Gefährdungen.....	487
12.2.4 Biologische Gefährdungen.....	487
12.2.5 Elektrische Gefährdungen.....	488
12.2.6 Arten von Augen- und Gesichtsschutz.....	488
12.2.7 Komponenten eines Augenschutzgerätes und Einsatzfelder	488
12.2.8 Schutz vor optischer Strahlung	489
12.3 Zwei besondere Arten von Augen- und Gesichtsschutz.....	490
12.3.1 Automatische Schweißerschutzfilter.....	490
12.3.2 Laserschutzfilter.....	492
12.4 Das Regelwerk - Konformität und Normung im Augenschutz.....	496
12.4.1 Gesetzesgrundlage Richtlinie und GPSG	496
12.4.2 CE-Zeichen	498
12.4.3 GS-Zeichen / DIN-Qualitätszeichen	499
12.5 Normung Augenschutz.....	500
12.5.1 Europäisch harmonisierte Normen.....	500
12.5.2 BGI Informationen und Regeln	501
12.5.3 Kennzeichnung von Augenschutzgeräten.....	502
12.5.4 Kennzeichnung von Sichtscheiben und Filterscheiben	502
12.5.5 Schutzstufen.....	502
12.5.6 Optische Klasse.....	503
12.5.7 Mechanische Festigkeit.....	503
12.5.8 Andere Anforderungen	504
12.5.9 Kennzeichnung von Tragkörpern.....	504
12.5.10 Kennzeichnung von vollständigen Augenschutzgeräten	508
12.5.11 Benutzung von Augenschutzgeräten.....	508
12.6 Literatur	508
Index	511