

Jürgen Eichler · Gerhard Ackermann

Holographie

Mit 109 Abbildungen

Springer-Verlag

Berlin Heidelberg New York

London Paris Tokyo

Hong Kong Barcelona Budapest

Prof. Dr. rer.nat. Jürgen Eichler
Prof. Dr. rer.nat. Gerhard Ackermann
Technische Fachhochschule Berlin
FB2
Seestraße 64
13347 Berlin

ISBN 3-540-56633-3 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1993
Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Satz: Reproduktionsfertige Vorlage der Autoren
Umschlaggestaltung: H. Struve & Partner, Heidelberg
Druck: B. Band, Berlin; Bindearbeiten: Lüderitz & Bauer, Berlin
68/3020 - 5 4 3 2 1 0 - Gedruckt auf säurefreiem Papier

Inhaltsverzeichnis

A Grundlagen der Holographie	1
1 Einleitung	3
1.1 Photographie und Holographie	3
1.2 Interferenz und Beugung	7
1.3 Historische Anfänge	8
2 Grundlagen der Holographie	9
2.1 Holographische Aufnahme und Wiedergabe	9
2.2 Mathematische Formulierung	12
2.3 Konjugiertes Bild	16
2.4 Raumfrequenzen im Hologramm	19
2.5 Beugungsgitter und Fresnel-Linse	21
2.6 Interferenz von Lichtwellen	25
3 Direkte Verfahren der Holographie	31
3.1 In-line-Hologramm (Gabor)	32
3.2 Off-axis-Hologramm (Leith-Upatnieks)	34
3.3 Fourier-Hologramm (linsenlos)	36
3.4 Fraunhofer-Hologramm	36
3.5 Reflexionshologramm (Denisjuk)	38
4 Hologramme von Bildern	41
4.1 Image-plane-Hologramm	41
4.2 Zweistufiges Transmissions- und Reflexionshologramm ...	42

4.3	Regenbogenhologramm	44
4.4	Doppelseitiges Hologramm	46
4.5	Fourier-Hologramm	48
5	Abbildungseigenschaften von Hologrammen	51
5.1	Hologramm eines Punktes	51
5.2	Eigenschaften der Lichtquelle	55
5.3	Leuchtdichte des Bildes	57
5.4	Speckles im Bild	60
5.5	Auflösungsvermögen	62
6	Typen von Hologrammen	63
6.1	Übersicht	63
6.2	Dünne Hologramme	64
6.3	Volumenhologramme	68
B	Technik der Holographie	79
7	Bauelemente und Laser zur Holographie	81
7.1	Kohärenz und Interferometer	81
7.2	Moden und Kohärenz	84
7.3	Gaslaser für die Holographie	89
7.4	Festkörperlaser für die Holographie	92
7.5	Linsen und Raumfilter	95
7.6	Polarisatoren und Strahlteiler	100
7.7	Isolierung von Schwingungen	106
7.8	Halbleiterlaser und Fasern	111
8	Grundlagenversuche im holographischen Praktikum	115
8.1	Polarisation und Brewsterwinkel	115
8.2	Versuche mit Linsen	118
8.3	Beugungs- und Interferenzversuche	121
8.4	Messungen zur Holographie mit Interferometern	128
8.5	Herstellung von Gittern und einfachen Hologrammen	130
8.6	Experimentieren in der Dunkelkammer	134

9 Experimentelle Anordnungen zur Einstrahl- Holographie	137
9.1 Aufbau für Reflexionshologramme	137
9.2 Aufbau für Transmissionshologramme	142
9.3 Versuche zur Rekonstruktion	144
10 Anordnungen zur Zweistrahl-Holographie	149
10.1 Aufbau für Transmissionshologramme	149
10.2 Aufbau für Reflexionshologramme	154
11 Zweistufige Verfahren - Hologramme von Bildern	157
11.1 Herstellung eines Masterhologramms (H1)	157
11.2 Weißlicht-Reflexionshologramme (H2)	160
11.3 Weißlicht-Transmissionshologramme	163
12 Weitere Verfahren der Holographie	171
12.1 Schattenwurfhologramm	171
12.2 Einstufiges Regenbogenhologramm	172
12.3 Mehrfachbelichtungen	173
12.4 Multiplex-Hologramme	174
12.5 360 ⁰ -Holographie	175
12.6 Farbholographie	176
13 Eigenschaften holographischer Schichten	181
13.1 Transmissions- und Phasenkurven	181
13.2 Auflösung und Beugungswirkungsgrad	185
13.3 Rauschen von Schichten	187
13.4 Nichtlineare Effekte	189
14 Aufzeichnungsmedien für Hologramme	191
14.1 Silberhalogenidschichten	192
14.2 Belichtung, Entwicklung und Bleichung	197

14.3	Dichromatgelatine	207
14.4	Thermoplastische Filme	211
14.5	Photolack	214
14.6	Andere Speichermedien	215
C	Anwendungen der Holographie	219
15	Holographische Interferometrie	221
15.1	Doppelbelichtungsinterferometrie	221
15.2	Echtzeitinterferometrie	225
15.3	Grundgleichung der Hologramminterferometrie	229
15.4	Das Holodiagramm	231
15.5	Zeitmittelinterferometrie	233
15.6	Speckle-Interferometrie	236
16	Holographisch-optische Elemente	239
16.1	Linsen, Spiegel, Gitter	239
16.2	Computerhologramme	245
17	Holographie und Informatik	247
17.1	Zeichenerkennung	247
17.2	Neurocomputer	249
17.3	Digitale holographische Speicher	250
18	Holographie und Kommunikation	253
18.1	Holographie in Kunst und Graphik	253
18.2	Holographischer Film	256
18.3	Holographisches Fernsehen	258
18.4	Holographisches Display	260
18.5	Prägehologramme	262
	Literaturverzeichnis	265