

Fundamentos de Electro- Óptica para Ingenieros

Otros títulos de esta serie

- *Fundamentos de Electro-Óptica para Ingenieros*, Glenn D. Boreman, translated by Javier Alda, Vol. TT37
- *Sensor and Data Fusion Concepts and Applications, Second Edition*, L. A. Klein, Vol. TT35
- *Practical Applications of Infrared Thermal Sensing and Imaging Equipment, Second Edition*, Herbert Kaplan, Vol. TT34
- *Fundamentals of Machine Vision*, Harley R. Myler, Vol. TT33
- *Design and Mounting of Prisms and Small Mirrors in Optical Instruments*, Paul R. Yoder, Jr., Vol. TT32
- *Basic Electro-Optics for Electrical Engineers*, Glenn D. Boreman, Vol. TT31
- *Optical Engineering Fundamentals*, Bruce H. Walker, Vol. TT30
- *Introduction to Radiometry*, William L. Wolfe, Vol. TT29
- *Lithography Process Control*, Harry J. Levinson, Vol. TT28
- *An Introduction to Interpretation of Graphic Images*, Sergey Ablameyko, Vol. TT27
- *Thermal Infrared Characterization of Ground Targets and Backgrounds*, P. Jacobs, Vol. TT26
- *Introduction to Imaging Spectrometers*, William L. Wolfe, Vol. TT25
- *Introduction to Infrared System Design*, William L. Wolfe, Vol. TT24
- *Introduction to Computer-based Imaging Systems*, D. Sinha, E. R. Dougherty, Vol. TT23
- *Optical Communication Receiver Design*, Stephen B. Alexander, Vol. TT22
- *Mounting Lenses in Optical Instruments*, Paul R. Yoder, Jr., Vol. TT21
- *Optical Design Fundamentals for Infrared Systems*, Max J. Riedl, Vol. TT20
- *An Introduction to Real-Time Imaging*, Edward R. Dougherty, Phillip A. Laplante, Vol. TT19
- *Introduction to Wavefront Sensors*, Joseph M. Geary, Vol. TT18
- *Integration of Lasers and Fiber Optics into Robotic Systems*, Janusz A. Marszalec, Elzbieta A. Marszalec, Vol. TT17
- *An Introduction to Nonlinear Image Processing*, E. R. Dougherty, J. Astola, Vol. TT16
- *Introduction to Optical Testing*, Joseph M. Geary, Vol. TT15
- *Image Formation in Low-Voltage Scanning Electron Microscopy*, L. Reimer, Vol. TT12
- *Diazonaphthoquinone-based Resists*, Ralph Dammel, Vol. TT11
- *Infrared Window and Dome Materials*, Daniel C. Harris, Vol. TT10
- *An Introduction to Morphological Image Processing*, Edward R. Dougherty, Vol. TT9
- *An Introduction to Optics in Computers*, Henri H. Arsenault, Yunlong Sheng, Vol. TT8
- *Digital Image Compression Techniques*, Majid Rabbani, Paul W. Jones, Vol. TT7
- *Aberration Theory Made Simple*, Virendra N. Mahajan, Vol. TT6
- *Single-Frequency Semiconductor Lasers*, Jens Buus, Vol. TT5
- *An Introduction to Biological and Artificial Neural Networks for Pattern Recognition*, Steven K. Rogers, Matthew Kabrisky, Vol. TT4
- *Laser Beam Propagation in the Atmosphere*, Hugo Weichel, Vol. TT3
- *Infrared Fiber Optics*, Paul Klocek, George H. Sigel, Jr., Vol. TT2
- *Spectrally Selective Surfaces for Heating and Cooling Applications*, C. G. Granqvist, Vol. TT1

Fundamentos de Electro- Óptica para Ingenieros

GLENN D. BOREMAN

Versión en español por
Javier Alda

Tutorial Texts in Optical Engineering
Volume TT37

SPIE PRESS
Bellingham, Washington USA

Datos de catálogo de la Biblioteca del Congreso

Boreman, Glenn D.

Fundamentos de electro-óptica para ingenieros / Glenn D. Boreman; versión en español por Javier Alda.

p. cm.- (Textos de ingeniería óptica ; v. TT37)

Incluye referencias bibliográficas e índice.

ISBN 0-8194-3323-3

1. Óptica integrada. 2. Dispositivos electro-ópticos. 3. Dispositivos opto-electrónicos.

I. Título. II. Serie.

TA1660.B6718 1999

621.36—dc21

99-16710

CIP

Publicado por

SPIE—The International Society for Optical Engineering

P.O. Box 10

Bellingham, Washington 98227-0010

Teléfono: +1.360.676-3290

Fax: +1.360.647-1445

Correo electrónico: spie@spie.org

WWW: <http://www.spie.org/>

Copyright © 1999 The Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers

Todos los derechos reservados. Ninguna parte ni el todo de esta publicación puede ser reproducida o distribuida por ningún medio y por ninguna manera sin el permiso escrito del editor.

Impreso en los Estados Unidos de América.

Contenidos

Prólogo a la edición española	vii
Prólogo a la edición inglesa	ix
1 Óptica geométrica	1
1.1 Introducción / 1	
1.2 El espectro electromagnético / 1	
1.3 Rayos / 2	
1.4 Formación de imágenes / 3	
1.5 Diafragma de apertura, rayo marginal y número de diafragma ($F/\#$) / 8	
1.6 Diafragma de campo, rayo principal y campo de visión / 10	
1.7 Lentes gruesas y combinaciones de lentes / 12	
1.8 Calidad de imagen y difracción / 17	
1.9 Calidad de imagen y aberraciones / 19	
1.10 Materiales ópticos / 20	
2 Función de transferencia de modulación	23
2.1 Introducción / 23	
2.2 Función de transferencia / 24	
2.3 Resolución / 27	
2.4 Cálculo de la función de transferencia de modulación / 29	
3 Radiometría	31
3.1 Introducción / 31	
3.2 Ángulo sólido / 32	
3.3 Cálculo de la transferencia de flujo / 33	
4 Fuentes de radiación	47
4.1 Introducción / 47	
4.2 Radiación del cuerpo negro / 48	
4.3 Emisividad / 52	
5 Detectores	55
5.1 Introducción / 55	
5.2 Longitud de onda de corte / 56	
5.3 Refrigeración / 57	
5.4 Responsividad espectral / 58	
5.5 Respuesta en frecuencia y anchura de banda equivalente al ruido / 60	
5.6 Terminología del ruido / 62	
5.7 Ruido de disparo y ruido de generación-recombinación / 65	
5.8 Ruido Johnson y ruido $1/f$ / 68	

5.9	Caracterización del ruido de los detectores: potencia equivalente al ruido / 70	
5.10	Detectividad normalizada D^* / 72	
5.11	Detectores fotovoltaicos / 74	
5.12	Detectores de barrera de tipo Schottky / 77	
5.13	Detectores fotoconductivos / 78	
5.14	Detectores fotoemisivos / 79	
5.15	Detectores bolométricos / 81	
5.16	Detectores piroeléctricos / 82	
6	Láseres	85
6.1	Introducción / 85	
6.2	Direccionalidad, monocromaticidad e intensidad / 85	
6.3	Haces gaussianos / 87	
6.4	Medidas temporales / 92	
6.5	Medidas espaciales / 93	
Índice		97

Prólogo a la edición española

En las últimas décadas la óptica está influyendo decisivamente en el desarrollo tecnológico y científico a lo largo y ancho de todo el globo. Sin embargo, la mayoría de los textos y publicaciones de óptica están dirigidos a aquellos lectores con conocimiento del idioma inglés. Mediante esta edición en español del texto "Basic Electro-Optics for Electrical Engineers" pretendemos ofrecer al mundo hispano-hablante una vía de acceso cómoda y sencilla a aquellos conceptos fundamentales que permiten abordar el análisis y diseño de dispositivos electro-ópticos. Esperamos que esta aportación ayude a que el lector hispano pueda incorporar con certeza y eficacia aquellos sistemas electro-ópticos que precise en la realización de sus proyectos ingenieriles o en la puesta a punto de sus montajes de laboratorio.

Por otro lado, creemos que esta edición, junto con otros textos ya traducidos o escritos en español, amplía modestamente las fuentes bibliográficas que se utilizan para la enseñanza de la óptica en esta lengua. Los estudiantes de ingeniería y de ciencias pueden encontrar en estas páginas una primera aplicación práctica de los conceptos fundamentales de electro-óptica, escritas en su propio idioma y a un nivel adecuado.

Durante el tiempo que hemos empleado para preparar esta traducción hemos contado con el continuo apoyo de Maggie y de Paz. Además de su ayuda, sus acertados consejos gramaticales y de estilo han permitido culminar este trabajo en tiempo y forma.

Glenn D. Boreman
Javier Alda
Orlando, Florida. 1999.

Prólogo a la edición inglesa

Este libro es el producto de un curso corto impartido frecuentemente durante los pasados diez años en la International Society for Optical Engineering (SPIE). En este curso se presentan los conceptos básicos de ingeniería óptica. Éstos son tratados de manera accesible para todos aquellos ingenieros con conocimientos en electrónica y tratamiento de señales. Aquellos estudiantes con formación en ciencias y en ingeniería mecánica, industrial y de organización también han seguido con éxito el desarrollo del curso, y por lo tanto del libro.

Las áreas tratadas son aquellas que son útiles en un primer acercamiento a los problemas prácticos de un laboratorio de electro-óptica. Éstas incluyen la formación de imágenes, fuentes y detectores de luz, y láseres. Se ha hecho especial hincapié en el tratamiento de la transferencia de flujo energético, lo cual es particularmente importante en el desarrollo práctico de una medida. Se ha elegido un nivel básico para la presentación de los conceptos y la evaluación de las magnitudes. Esta aproximación a los temas permite que el estudiante pueda esbozar cálculos sencillos y comenzar el análisis de un sistema electro-óptico rápidamente.

El material contenido en el texto constituye lo que considero que debía haber conocido cuando, a la salida de la Universidad, comencé a trabajar como ingeniero. Durante estos años he ido formándome la opinión de que, aunque son muy importantes para un estudiante avanzado, temas tales como la ecuación eikonal o el método de la fase estacionaria no permiten a un joven ingeniero dar respuesta a preguntas como: ¿dónde se forma la imagen? ¿cuál es su tamaño? ¿cuánta luz llega al detector? o ¿cuál es el objeto más pequeño que puedo ver?

Aprovecho estas líneas para mostrar mi agradecimiento a todos aquellos estudiantes que han seguido este curso en SPIE. Sus preguntas y entusiasmo me han animado a revisar y mejorar el contenido del curso. Especialmente le agradezco a Eric Pepper (SPIE) su inagotable paciencia con mis numerosos retrasos para la publicación de este libro. Su incasable optimismo y simpatía me han ayudado considerablemente.

Finalmente, quiero agradecer a mi editora favorita, Maggie Boreman, el tiempo incontable que ha invertido en este proyecto, transformando mi prosa recargada en un lenguaje estándar.

Glenn D. Boreman
Geneve, Florida. 1998.