

PROPIEDADES ÓPTICAS DE SÓLIDOS

Andrés Cantarero y Ana Cros

1. Efectos de campos eléctricos y magnéticos en las propiedades ópticas.

- 1.1. Efecto de un campo magnético sobre la estructura de bandas.
- 1.2. Transiciones intrabanda e interbanda.
- 1.3. Influencia del campo magnético en sistemas de baja dimensión.
- 1.4. Efecto de un campo eléctrico sobre la estructura de bandas.
- 1.5. Efecto Franz-Keldysh.
- 1.6. Electrorreflectancia.
- 1.7. Efecto Stark.
- 1.8. Efecto de un campo eléctrico en estructuras de baja dimensión.

2. Propiedades ópticas bajo altas presiones.

- 2.1. Efecto de la presión sobre la estructura cristalina.
- 2.2. Efecto de la presión sobre la estructura de bandas.
- 2.3. Procesos de absorción y emisión bajo altas presiones
- 2.4. Dispersión Raman bajo altas presiones.

3. Espectroscopía de resolución temporal.

- 3.1. Técnicas experimentales.
- 3.2. Espectroscopía de picosegundos.
- 3.3. Espectroscopía de femtosegundos.

Bibliografía

- Nasser Peyghambarian, Stephan W. Koch y André Mysyrowicz. *Introduction to semiconductor optics*. Prentice Hall 1993.
 - Peter Y. Yu y Manuel Cardona. *Fundamentals of Semiconductors*. Springer 1996.
 - John H. Davies. *The Physics of Low-Dimensional Semiconductors*. Cambridge 1998.
 - Jacques I. Pankove. *Optical Processes in Semiconductors*. Dover 1971.
 - F. Bassani y M. Altarelli. *Interaction of radiation with condensed matter*. North holland, 1983.
 - F. Bassani, G. Pastori, Parravicini y R. A. Ballinger. *Electronic states and optical transitions in solids*. Pergamon Press, 1975.
 - Heinrich Stolz. *Time-Resolved light scattering from excitons*. Springer 1994.
-

OPTICA NO LINEAL

Eugenio Roldán y Germán J. de Valcárcel

1. Teoría clásica de la óptica no lineal

- 1.1. Modelo de Lorentz. El índice de refracción lineal.
- 1.2. Modelo de Lorentz generalizado.
- 1.3. Procesos de segundo y tercer orden.
- 1.4. Límites de validez.

2. La relación constitutiva

- 2.1. Unidades.
- 2.2. La relación constitutiva.
- 2.3. Propiedades de simetría de la susceptibilidad no lineal.

3. Efectos electroópticos y magnetoópticos

- 3.1. Efectos electroópticos. Formulación.
- 3.2. Coeficientes electroópticos.
- 3.3. Propagación en un medio Pockels.
- 3.4. Propagación en un medio Kerr.
- 3.5. Aplicaciones.
- 3.6. Efectos magnetoópticos.

4. Procesos no lineales de segundo orden

- 4.1. Ecuación de propagación no lineal independiente del tiempo.
- 4.2. Generación de frecuencia suma y de segundo armónico.
- 4.3. Consideraciones sobre el ajuste de fases.
- 4.4. Generación de la frecuencia resta. Amplificación paramétrica.
- 4.5. Oscilación paramétrica.

5. El efecto Kerr

- 5.1. Dependencia del índice de refracción con la intensidad de la luz.
- 5.2. Propagación de la luz en medios Kerr isótropos.
- 5.3. Nolinealidades electrónicas no resonantes.
- 5.4. Nolinealidades debidas a la orientación molecular.
- 5.5. Nolinealidades debidas a electrostricción.

6. Procesos de tercer orden. Difusión de la luz

- 6.1. Procesos de tercer orden.
- 6.2. Características generales de la difusión de la luz.
- 6.3. Difusión Brillouin.
- 6.4. Difusión Raman.

7. Propagación de pulsos en fibras. Solitones ópticos

- 7.1. Ecuación de propagación dependiente del tiempo.
- 7.2. Efecto de la dispersión de la velocidad de grupo.
- 7.3. Automodulación de fase.
- 7.4. Inestabilidad moduladora.
- 7.5. Solitones en fibras. Solitones brillantes y solitones oscuros.

8. Óptica no lineal en cavidades

- 8.1. Evolución de los campos en una cavidad óptica.
- 8.2. Medio Kerr en una cavidad óptica.
- 8.3. Biestabilidad.
- 8.4. Inestabilidad de polarización.
- 8.5. Formación de estructuras espaciales, Solitones Espaciales.

Bibliografía

- P.N. Butcher y D. Cotter, *The Elements of Nonlinear Optics* (Cambridge University Press, 1990)
 - R.W. Boyd, *Nonlinear Optics*, (Academic Press, 1992)
 - G.P. Agrawal, *Nonlinear Fiber Optics* (Academic Press, 1995)
-

ÓPTICA DIFRACTIVA.

Pedro Andrés, Manuel Martínez y Genaro Saavedra.

1. Luz difractada a lo largo del eje óptico.

- 1.1. Distribución de intensidad a lo largo del eje óptico para una abertura cualquiera. Abertura circular.
- 1.2. Extensión a cualquier eje perpendicular al plano objeto.
- 1.3. Aplicación a una corona circular.
- 1.4. Extensión a N coronas circulares.

2. Lentes difractivas.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Definición.
- 2.3. Comportamiento axial para objetos periódicos en la coordenada radial al cuadrado. Existencia de múltiples focos.
- 2.4. Aberración cromática.
- 2.5. Redes unidimensionales y placas zonales: equivalencia.
- 2.6. Lente kinoform: analogías y diferencias con una lente esférica.

3. Desplazamiento de foco.

- 3.1. Introducción.
- 3.2. Desplazamiento de foco para una onda esférica limitada.
- 3.3. Distribución axial de irradiancia para haces focalizados.
- 3.4. Desplazamiento de foco. Influencia del número de Fresnel del haz.
- 3.5. Ejemplos.
- 3.6. Desplazamiento de foco para otras rectas focales.

4. Propagación de haces gaussianos.

- 4.1. Introducción.
- 4.2. Los patrones de Fresnel de una distribución de amplitud gaussiana.
- 4.3. Descripción general de un haz gaussiano: cintura, divergencia y curvatura.
- 4.4. Desplazamiento de foco.
- 4.5. Efecto de los sistemas ópticos en la propagación de un haz gaussiano.
- 4.6. Desplazamiento de foco en haces gaussianos truncados.
- 4.7. Haces gaussianos de orden superior.

5. Bases de la teoría de la coherencia óptica.

- 5.1. Introducción.
- 5.2. Representación compleja de campos policromáticos. Señal analítica.

- 5.3. Campos estacionarios.
- 5.4. Interferencia de dos haces de luz parcialmente coherentes: función de coherencia mutua y grado complejo de coherencia.
- 5.5. Luz cuasimonocromática.
- 5.6. Intensidad mutua.
- 5.7. Grado de coherencia espacial.
- 5.8. Área de coherencia.
- 5.9. Coherencia espacial y visibilidad de las franjas de Young: casos límites coherente e incoherente.

6. Propagación de luces cuasimonocromáticas parcialmente coherentes.

- 6.1. Grado de coherencia de la luz procedente de una fuente extensa de luz cuasimonocromática: Teorema de Van Cittert-Zernike.
- 6.2. Interferómetro estelar de Michelson.
- 6.3. Fórmula de Hopkins.
- 6.4. Transmisión a través de un componente óptico delgado.
- 6.5. Propagación de la intensidad mutua en un sistema lineal.
- 6.6. Distribución de intensidad en el plano de salida: casos límite coherente e incoherente

7. Coherencia temporal.

- 7.1. Función de coherencia temporal y grado de coherencia temporal.
- 7.2. Tiempo y longitud de coherencia.
- 7.3. Representación espectral de la coherencia temporal Teorema de Wiener-Khintchin.
- 7.4. Anchura espectral.
- 7.5. Interferencia de dos ondas y coherencia temporal.
- 7.6. Interferograma.
- 7.7. Espectroscopía de Fourier.
- 7.8. Coherencia mutua de la luz procedente de un fuente extensa policromática. Generalización del Teorema de Van Cittert-Zernike.
- 7.9. Propagación de la coherencia mutua.

8. Óptica temporal.

- 8.1. Descripción matemática de un impulso temporal de luz.
- 8.2. Propagación de un impulso luminoso en un medio dispersivo.
- 8.3. Función de transferencia para la envolvente del impulso. Aproximación cuadrática.
- 8.4. Velocidad de grupo y tiempo propio.
- 8.5. Analogía con los patrones de difracción de una abertura unidimensional.
- 8.6. Ejemplos: impulso rectangular e impulso gaussiano.
- 8.7. Autoimágenes temporales.
- 8.8. Formación de imágenes temporal.
- 8.9. Transformadores de Fourier temporales.
- 8.10. Óptica espacio-temporal.
- 8.11. Efecto de las lentes refractivas y difractivas sobre un impulso luminoso uniforme.

9. Microóptica.

- 9.1. Aspectos generales.
- 9.2. Técnicas de fabricación.

- 9.3. Replicado.
- 9.4. Óptica integrada planar.
- 9.5. Interconectores ópticos.

10. Formación de imágenes tridimensional.

- 10.1. Difracción con objetos planos versus difracción con objetos tridimensionales.
- 10.2. Función de transferencia asociada a la propagación libre.
- 10.3. Formación de imágenes con objetos tridimensionales.
- 10.4. Sistemas afocales.
- 10.5. Función de transferencia tridimensional en sistemas afocales.
- 10.6. Sistemas de microscopía confocal de barrido electrónico.
- 10.7. Superresolución en microscopía confocal.

Bibliografía

- J.W. Goodman, *Introduction to Fourier Optics* (McGraw-Hill, 1996).
 - J.D. Gaskill, *Linear Systems, Fourier Transforms, and Optics* (Wiley, 1978).
 - J.J. Stamnes, *Waves in focal regions* (Adam Hilger, 1986).
 - A.E. Siegman, *Lasers* (University Science Books, 1986).
 - P.W. Milonni y J.H. Eberly, *Lasers* (Wiley, 1988).
 - B.E.A. Saleh y M.C. Teich, *Fundamentals of Photonics* (Wiley, 1991).
 - M. Born y E. Wolf, *Principles of Optics* (Pergamon, 1980).
 - J.W. Goodman, *Statistical Optics* (Wiley, 1985).
 - L. Mandel y E. Wolf, *Optical Coherence and Quantum Optics* (Cambridge University, 1995).
 - H.P. Herzig (ed.), *Micro-optics* (Taylor & Francis, 1997).
 - M. Gu, *Principles of Three-Dimensional Imaging in Confocal Microscopes* (World Scientific, 1996).
-

GUÍAS DE ONDAS Y FIBRAS

Albert Ferrando, Enrique Silvestre y Miguel V. Andrés

1. Introducción.

- 1.1. Descripción de las guías de ondas y su clasificación.
- 1.2. Concepto de modo de una guía de onda.
- 1.3. Clasificación del espectro de modos: ondas TEM, TE, TM e híbridas.

2. Teoría general de los sistemas guías de ondas electromagnéticas.

- 2.1. Ecuaciones en valores propios: el operador evolución.
- 2.2. Diagrama de dispersión: el espectro de modos de una guía de ondas superficiales.
- 2.3. Propiedades de ortogonalidad.

3. Estudio de guías complejas.

- 3.1. Métodos modales.
- 3.2. Métodos perturbativos.
- 3.3. Otros métodos.

4. Fibras ópticas.

- 4.1. Métodos de fabricación y tipos de fibras ópticas.
- 4.2. El espectro de modos de una fibra de salto de índice.
- 4.3. Aproximación LP y aproximación gaussiana.
- 4.3. Fibras ópticas de interés tecnológico: parámetros característicos.

5. Guías ópticas integradas.

- 5.1. Métodos de fabricación y tipos.
- 5.2. El espectro de modos de una lámina dieléctrica.
- 5.3. Guías ópticas de interés tecnológico.

6. Métodos de caracterización.

- 6.1. Medida de los parámetros característicos de una fibra óptica.
- 6.2. Caracterización de las guías ópticas integradas.

Bibliografía

- R.E. Collin. *Field theory of guided waves*. IEEE Press 1991.
 - A.W. Snyder y J.D. Love. *Optical waveguide theory*. Chapman and Hall, 1983.
-

TECNOLOGÍA DE MATERIALES Y DISPOSITIVOS

Alfredo Segura y Vicente Muñoz.

1. Fabricación de materiales masivos

- 1.1. Técnicas de síntesis.
- 1.2. Métodos de crecimiento cristalino.
- 1.3. Método Bridgman.
- 1.4. Método Czochralski.
- 1.5. Método THM.
- 1.6. Método de transporte en fase gaseosa.

2. Fabricación de capas delgadas

- 2.1. Evaporación en vacío.
- 2.2. Pulverización catódica.
- 2.3. Ablación láser.
- 2.4. Epitaxia en fase líquida.
- 2.5. Epitaxia por haz molecular.
- 2.6. Deposición química en fase gaseosa mediante organometálicos.

3. Técnicas de caracterización

- 3.1. Difracción de rayos X.
- 3.2. Microscopía electrónica.
- 3.3. Microanálisis.
- 3.4. Microscopía óptica.

4. Detectores de luz

- 4.1. Detectores fototérmicos.
- 4.2. Detectores de fotones.
- 4.3. Fotoconductores.
- 4.4. Fotodiodos.
- 4.5. Detectores de radiación.

5. Ruido en detectores de luz

- 5.1. Limitaciones debidas al ruido.
- 5.2. Definiciones básicas.
- 5.3. Densidad espectral de ruido.
- 5.4. Fuentes de ruido.
- 5.5. Ruido de disparo.
- 5.6. Ruido de Johnson.
- 5.7. Parámetros de mérito.
- 5.8. Ganancia.
- 5.9. Relación señal-ruido.
- 5.10. Detectividad

6. Dispositivos de conmutación óptica

- 6.1. Efectos no lineales en el frente de absorción de un semiconductor: efecto Moss-Burnstein, efectos de apantallamiento.
 - 6.2. Biestabilidad óptica.
 - 6.3. Dispositivos de amplificación y conmutación.
-

FIBRAS ÓPTICAS: COMPONENTES Y APLICACIONES

Miguel V. Andrés y José L. Cruz.

1. Introducción.

- 1.1. Descripción de los tipos de componentes y sus aplicaciones.
- 1.2. Teoría de modos acoplados.

2. Acopladores N × N de fibra óptica.

- 2.1. Técnicas de fabricación: dispositivos de fibra pulida y dispositivos de fibra fundida
- 2.2. Matriz característica: medida de los parámetros del acoplador.
- 2.3. Aplicaciones: divisores de potencia, separadores de longitud de onda, separadores de polarización.
- 2.4. Interferómetros y líneas de retardo.

3. Dispositivos acusto-ópticos.

- 3.1. Modelo teórico.
- 3.2. Aplicaciones: conmutación, desplazadores de frecuencia.

4. Redes de fase grabadas en fibra óptica.

- 4.1. Modelos teóricos.
- 4.2. Técnicas de fabricación y tipos de redes.
- 4.3. Aplicaciones: filtros de longitud de onda, extracción/inserción de una portadora, sensores, líneas de retardo de microondas sintonizables

5. Fibras ópticas activas.

- 5.1. Tipos de fibra óptica: amplificación y emisión.
- 5.2. Amplificadores de fibra óptica: características y diseño.
- 5.3. Láseres de fibra óptica.

Bibliografía

- N. Kashima. *Passive optical componentes for optical fiber transmission*. Artech House 1995.
 - H.A. Haus. *Waves and fields in optoelectronics*. Prentice-Hall 1984.
 - *Rare earth doped fiber lasers and amplifiers*. Edited by M.J.F. Digonnet. Marcel Dekker 1993.
 - R. Kashyap. *Fibre Bragg grating*. Academic Press 1999.
-

HOLOGRAFÍA E INTERFEROMETRÍA

Carlos Ferreira y Pascuala García.

1. El problema de la reconstrucción del frente de ondas

- 1.1. El concepto de imagen holográfica.
- 1.2. Holograma en eje.
- 1.3. Holograma fuera de eje.
- 1.4. Reconstrucción: imágenes ortoscópicas y seudoscópicas.
- 1.5. Importancia del ángulo de referencia.
- 1.6 Localización y aumentos de las imágenes.

2. Tipos de hologramas

- 2.1. Hologramas planos y de volumen.
- 2.2. Hologramas de amplitud y fase.
- 2.3. Clasificación de hologramas según el frente de ondas registrado.
- 2.4. Estereogramas holográficos.
- 2.5 Hologramas arco iris.
- 2.6. Hologramas multiplexados.

3. Hologramas de volumen

- 3.1. Registro de una red holográfica de volumen.
- 3.2. Difracción por una red de volumen.
- 3.3. Redes de tamaño finito.
- 3.4. Hologramas de múltiples exposiciones: registros coherente e incoherente.

4. Hologramas generados por ordenador

- 4.1. El problema del muestreo.
- 4.2. El holograma de desvío de fase.
- 4.3. Distribución aleatoria de fase y métodos de difusión de error.
- 4.4. El Kinoform y el ROACH.

5. Interferómetros de polarización

- 5.1. Sistemas de doble refracción con desplazamiento lineal: polariscopios de Savart, Françon, Steel y Tsuruta.
- 5.2. Sistemas de doble refracción con desplazamiento angular: Prismas de Wollanston y Nomarski.
- 5.3. Principio de los interferómetros de polarización. Localización y contraste de las franjas.
- 5.4. Descripción de los principales interferómetros de polarización.

6. Interferencias y coherencia parcial

- 6.1. Interferencia en luz casi monocromática.
- 6.2. Grado de coherencia de dos puntos iluminados por una fuente extensa. Casos particulares.
- 6.3. Método de Michelson para la medida del diámetro angular de las estrellas.

7. Interferómetro de intensidad

- 7.1. El interferómetro de Hanbury-Brown y Twiss.

- 7.2. Relación entre las fluctuaciones de intensidad y el grado de coherencia parcial.
- 7.3. Relación entre las señales de los fotomultiplicadores y el grado de coherencia parcial.

8. Estudio interferencial de frentes de onda

- 8.1. Interferómetro de Twyman-Green.- Interferómetro de Martin-Watt-Weinstein.
- 8.2. Método de Michelson.
- 8.3. Aplicación de los interferómetros de polarización al estudio de aberraciones.
- 8.4. Interferómetro de Bates.
- 8.5. Método de Ronchi.
- 8.6. Interferómetro de Burch.

9. Diversas aplicaciones de las interferencias

- 9.1. Medida de espesores y longitudes.
- 9.2. Medida del índice de refracción.
- 9.3. Estudio de planeidad de superficies.
- 9.4. Estudio de superficies esféricas. Microscopio interferencial.

10. Interferometría holográfica

- 10.1. Interferometría de simple exposición.
- 10.2. Interferometría de doble exposición.
- 10.3. Generación de contornos.
- 10.4. Interferometría de media temporal: Análisis de vibraciones.
- 10.5. Interferometría Speckle.
- 10.6. Holografía "Light-in-Flight".

Bibliografía

- M. Françon. *Optical Interferometry*. Ac. Press. 1966
- P. Hariharan. *Optical Holography. Principles, Techniques and Applications*. Cambridge University Press. 1996.
- J.W. Goodman. *Introduction to Fourier Optics*. McGraw-Hill. 1996.
- M. Born, E. Wolf. *Principles of Optics*. 7th Ed. Cambridge. 1999.

LÁSERES

Fernando Silva y Juan Martínez.

1. Fundamentos

- 1.1. Introducción. Estructura general del láser
- 1.2. Estudio particular de algunos tipos de láseres
- 1.3. Pulsaciones láser y competición modal
- 1.4. Q-switching (conmutación Q)
- 1.5. Acoplamiento de modos láser

2. Láseres de estado sólido

- 2.1. Introducción: clasificación y generalidades. Rangos de potencias y longitudes de onda. Presente y futuro de los láseres de Estado sólido.

- 2.2. Láseres de cristal: rubí, Nd:YAG. Funcionamiento CW y pulsado. Excitación con lámpara. Bombeo con diodos láser.
- 2.3. Láseres sintonizables de colorante. Funcionamiento CW y pulsado. Bombeo y rangos de sintonización.
- 2.4. Láser de Ti:zafiro. Funcionamiento CW y pulsado (mode-locked activo y pasivo).
- 2.5. Láseres de diodo. Del láser de homo-unión al láser de doble heteroestructura: ingeniería de materiales. Reducción de tamaños: confinamiento cuántico de portadores. Cavidades ópticas: emisión lateral y vertical

Bibliografía

- E. Siegman. *Lasers*. University Science Books 1986.
- O. Svelto. *Principles of Lasers*. Plenum Press 1998
- W. T. Silfvast. *Laser Fundamentals*. Cambridge University Press, 1996.
- W. Koechner. *Solid-State Laser Engineering*. Springer 1996.
- *Quantum Well Lasers*. Editor: P. S. Zory. Academic Press 1993.