

**1. Nombre de la asignatura:** Física de Semiconductores.

**2. Objetivo:** Asignatura Opcional para la Maestría en Física.

**3. Carga Horaria:** 180 horas repartidas 15 semanas + Trabajo Final: 45 horas.

Exposición de temas: 45 horas, en un total de 15 sesiones de tres horas cada una.

Trabajo domiciliario: Listas de Ejercicios: 45 horas.

Preparación de exposiciones: 90 horas.

**4. Forma de Aprobación:** Entrega de Ejercicios, Trabajo Final y Examen Final.

**5. Objetivo de la asignatura:** El objetivo de la asignatura es introducir al estudiante al área de Física de Semiconductores. Se utilizará para ello una perspectiva moderna, estudiando los fenómenos físicos como aplicación de los conceptos tradicionales de Física de Estado Sólido, pero introduciendo nuevos elementos de forma fenomenológica cuando sea necesario. Se discutirán los aspectos teóricos que gobiernan estos materiales, así como también de las técnicas experimentales utilizadas para estudiarlos. De esta manera se pretende introducir también al estudiante en aspectos asociados a Ciencia de Materiales, haciéndose énfasis en la aplicación a dispositivos semiconductores, tanto ópticos como electrónicos.

**6. Metodología de enseñanza:** El curso en su modalidad 2009/2010 será dictado como lecturas dirigidas. El (Los) estudiante (s) deberán presentar semanalmente los temas que el docente le indique, los que serán expuestos y discutidos con el docente en sesiones abiertas a otros estudiantes interesados en el curso. El (Los) estudiante (s) deberán hacer entregas periódicas de ejercicios. El curso culminará con una monografía individual de algún/os tópico/s que seleccionará el docente en acuerdo con el estudiante y una carpeta de ejercicios. Para el proceso examinador, el estudiante expondrá su monografía y el tribunal podrá además examinar al estudiante en todos los temas tratados durante el curso.

**7. Temario:**

Tema 1: Introducción a los Semiconductores. (1 semana)

Tema 2: Estructura Electrónica de Bandas. (2 semanas)

Tema 3: Propiedades Vibracionales e Interacción Electrón-Fonón. (1 semana)

Tema 4: Propiedades Electrónicas de Defectos. (1 semana)

Tema 5: Propiedades de Transporte de Portadores de Carga. (2 semanas)

Tema 6: Propiedades Ópticas I – Absorción y Reflexión. (2 semanas)

Tema 7: Difusión de Portadores de Carga. (2 semanas)

Tema 8: Propiedades Ópticas II – Emisión Óptica. (2 semanas)

Tema 9: Efectos Cuánticos. (2 semanas)

**8. Bibliografía:**

A. Bibliografía Recomendada:

- B. Sapoal, C. Hermann; Physics of Semiconductors, Springer-Verlag, 1993.
- P. Y. Yu, M. Cardona; Fundamentals of Semiconductors: Physical and Materials Properties, 2<sup>nd</sup> Ed., Springer, 1999.

B. Bibliografía Sustitutiva y/o Complementaria:

- W. Schäfer, M. Wegener; Semiconductor Optics and Transport Phenomena, Springer, 2002.
- K. Seeger, Semiconductor Physics: An Introduction, 6<sup>th</sup> Ed., Springer, 1997.
- K. F. Brennan, The Physics of Semiconductors: with applications to optoelectronics devices, Cambridge, 1999.

**C. Bibliografía Clásica:**

- Mc. Kelvey, Física del Estado Sólido y de Semiconductores, Limusa, 1994.
- W. Shockley, Electrons and Holes in Semiconductors, D. van Nostrand, 1950.

**9. Conocimientos previos exigidos:** Mecánica Cuántica, Mecánica Estadística, Electromagnetismo y Estado Sólido a nivel de Licenciatura.

## ANEXOS

### 1. Temario Detallado Tentativo.

Tema 1: Introducción a los Semiconductores: Definición e Importancia de Semiconductores. Diferentes tipos de Semiconductores: Intrínsecos y Dopados, Directos e Indirectos, Elementales y Aleaciones, Óxidos, Heteroestructuras. Métodos de Fabricación: Czochralski, Bridgman, CVD, MBE, Métodos de Fase Líquida. Medición de Propiedades Volumétricas. Relevancia de los Semiconductores en las Tecnologías Modernas. (Cap. 1 – Yu y Cardona)

Tema 2: Estructura Electrónica de Bandas: Simetría de Translación y el Teorema de Bloch. Espacio Recíproco y Zona Reducida. Aproximaciones del Electrón Libre, Casi Libre. Métodos de Cálculo de Estructura de Bandas: Enlace Firme, Método de los Seudopotenciales y Método  $k^*p$ . Masa Efectiva. Estructura de Bandas de Aleaciones Binarias (III-V, II-VI) y Semiconductores Elementales. Ejemplos: Diamante, Zinblende, Wurtzite. Métodos Experimentales de Determinación de Estructura de Bandas. (Caps. 1 y 2 – Sapoval y Hermann, Cap. 2 – Yu y Cardona)

Tema 3: Propiedades Vibracionales e Interacción Electrón-Fonón: Relaciones de Dispersión de Fonones. Interacción Electrón-Fonón: Potenciales de Deformación, Interacción con Fonones Acústicos y Ópticos, Interacción Piezoeléctrica, Interacción de Fröhlich. Polarones. Cola de Urbach. (Cap. 3 – Yu y Cardona)

Tema 4: Propiedades Electrónicas de Defectos: Concepto de Hueco. Clasificación de Defectos. Impurezas Hidrogenoides: Aproximación de Masa Efectiva, Impurezas Dadoras y Aceptoras. Energías de Ionización. Estadística de Semiconductores Intrínsecos y con Impurezas. Centros Profundos. Bandas de Impurezas. Semiconductores Amorfos. (Caps. 3 y 4 – Sapoval y Hermann, Cap. 4 – Yu y Cardona)

Tema 5: Propiedades de Transporte de Portadores de Carga: La aproximación Cuasi-Clásica. La Ecuación de Boltzmann y los Tiempos de Relajación. Movilidad y Conductividad Eléctricas. Procesos de Dispersión: por Fonones Acústicos, Fonones Ópticos, Entre Valles, por Impurezas, etc. Dependencia con la Temperatura. Transporte debido a Campos Grandes y Portadores Calientes. Efecto Hall. Magnetoresistencia. Efectos Seebeck, Thomson, Peltier. (Cap. 5 – Sapoval y Hermann, Cap. 5 – Yu y Cardona)

Tema 6: Propiedades Ópticas I – Absorción y Reflexión: Electrodinámica Macroscópica. Constante Dieléctrica. Relaciones de Kramers-Krönig. Densidad de Estados Conjunta y Singularidades de Van-Hove. Bordes Directos e Indirectos. Reglas de Selección. Procesos de Recombinación. Efectos de las Impurezas y el Exceso de Portadores. Métodos Experimentales de Medición: Transmitancia, Reflectancia, Espectroscopia de Modulación (Termoreflectancia, Efecto Franz-Keldysh, Fotoreflectancia). (Cap. 6 – Sapoval y Hermann, Cap. 6 – Yu y Cardona)

Tema 7: Difusión de Portadores de Carga: Exceso y Recombinación de Portadores. Difusión. Semiconductores inhomogéneos: Juntura p-n; Transistor bipolar. Quasi-Niveles de Fermi. Capacidad de las junturas. Contactos Metal Semiconductor y Semiconductor Aislante. Efectos de Superficie. Efecto Fotovoltaico. Otros Dispositivos Semiconductores: Tecnología de Dispositivos Semiconductores Bipolares y Heterojunturas. Ruido. Características técnicas. Dispositivos Unipolares: FETs, CCD, MOSFETs. Diodo Túnel. Dispositivos Fotónicos: Emisores, Fotodetectores y Celdas Solares. (Caps. 7 a 10 – Sapoval y Hermann)

Tema 8: Propiedades Ópticas II – Emisión Óptica: Espectroscopias de Emisión. Transiciones Banda-Banda y Banda a/desde estados ligados. Emisión Excitónica. Métodos Experimentales: Fotoluminiscencia y Fotoluminiscencia de Excitación,

Espectroscopia Raman. Diodos Emisores de Luz y Láseres Semiconductores. (Cap. 7 – Yu y Cardona)

Tema 9: Efectos Cuánticos: Confinamiento Cuántico de Electrones y Huecos. Pozos Cuánticos, Superredes, Puntos Cuánticos e Hilos Cuánticos. Excitones. Método de la Función Envelope y su aplicación en Heteroestructuras. Confinamiento Cuántico de Fonones. Efectos Cuánticos en Propiedades de Transporte. Efecto Hall Cuántico. (Cap. 9 – Yu y Cardona)

## **2. Bibliografía Temas Específicos:**

- J. T. Verdeyen, Laser Electronics, Prentice Hall, 1989.
- J. L. Pankove, Optical Processes in Semiconductors, Dover, 1971.
- S. M. Sze, Semiconductor Devices: Physics and Technology, John Wiley & Sons, 1981.
- R. H. Bube, Photoelectronic Properties of Semiconductors, Cambridge, 1992.
- H. Huang and S. W. Koch, Quantum Theory and Optical and Electronic Properties of Semiconductors, World Scientific, 1990.
- Claude Weisbuch and Borge Vinter, Quantum Semiconductor Structures: Fundamentals and Applications, Academic Press, 1991.
- L. Banyái y S. W. Koch, Semiconductor Quantum Dots, World Scientific, 1993.
- G. Bastard, Wave Mechanics Applied to Semiconductor Heterostructures, Halsted Press, 1988.
- J. H. Davies, The Physics of Low-Dimensional Semiconductors: An Introduction, Cambridge, 1998.
- D. K. Ferry, S. M. Goodnick, Transport in Nanostructures, Cambridge, 1997.