|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **PROGRAMA EDUCATIVO:****INGENIERÍA EN NANOTECNOLOGÍA** **EN COMPETENCIAS PROFESIONALES** |  |

**PROGRAMA DE ASIGNATURA: \_\_\_\_SEMICONDUCTORES\_\_\_\_\_\_\_\_\_ CLAVE:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

|  |  |
| --- | --- |
| Propósito de aprendizaje de la Asignatura | **El estudiante adquirirá conocimientos sobre la física de semiconductores y sus propiedades, para la implementación de nanomateriales en la obtención de nuevos materiales semiconductores y su integración en nuevos dispositivos aplicados.** |
| Competencia a la que contribuye la asignatura | **Diseñar procesos de producción de materiales nanoestructurados en laboratorio y a nivel industrial, con base en la planeación, técnicas de síntesis e incorporación y cumpliendo con la normatividadaplicable, para contribuir a la innovación tecnológica, a fin de resolver problemas del sector productivo, comercial, académico, de investigación y social, con principios éticos , inclusivos, de****equidad y con visión sostenible.** |
|  Tipo de competencia | Cuatrimestre | Créditos | Modalidad | Horas por semana | Horas Totales |
|
| **Específica** | **8,9** | **5.625** | **Escolarizada** | **6** | **90** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Unidades de Aprendizaje** | **Horas del Saber** | **Horas del Saber Hacer** | **Horas Totales** |
|  |  |  |
| 1. Física de Semiconductores
 | 16 | 24 | 40 |
| 1. Dispositivos Semiconductores
 | 10 | 15 | 25 |
| 1. Fabricación y Caracterización de Dispositivos Semiconductores
 | 10 | 15 | 25 |
| **Totales** | **36** | **54** | **90** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Funciones** | **Capacidades** | **Criterios de Desempeño** |
| Justificar el diseño de un nanomaterial con base a una necesidad o problemática, desarrollarlo y caracterizarlo con base a los lineamientos correspondientes para asegurar su funcionalidad. | Definir los fenómenos físicos y químicos que correlacionan los cambios estructurales y propiedades ópticas, mecánicas, físicas y químicas desde el punto de vista nanométrico empleando herramientas matemáticas y métodos experimentales para identificar sus aplicaciones | Establecer la correlación entre el tipo de material o sustancia y sus propiedades funcionales, aplicando su conocimiento acerca de las propiedades químicas, físicas y biológicasDesarrolla procedimientos de síntesis o incorporación de materiales para las técnicas seleccionadas, incluyendo los siguientes elementos: - objetivo - alcance - definiciones - políticas - diagrama de proceso -parámetros del proceso - proceso - formatos y registros - insumos, materiales y equipos requeridos - condiciones de seguridad - normas aplicables |
|
| Diseñar procedimientos con base a una selección de técnicas de síntesis para la obtención e incorporación de nanomateriales a producir en un laboratorio, para la solución de un problema o necesidad |
|
|
|
|

**UNIDADES DE APRENDIZAJE**

|  |  |
| --- | --- |
| Unidad de Aprendizaje | 1. Física de Semiconductores
 |
| Propósito esperado  | El estudiante comprenderá los principios básicos de los semiconductores y sus propiedades. |
| **Tiempo Asignado** | **Horas del Saber**  | 16 | **Horas del Saber Hacer** | 24 | **Horas Totales** | 40 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Temas** | **Saber****Dimensión Conceptual** | **Saber Hacer****Dimensión Actuacional** | **Ser y Convivir****Dimensión Socioafectiva** |
| Introducción a los semiconductores y sus propiedades. | Definir un material semiconductor con base en sus propiedades eléctricas y describir las diferencias entre éstos y los materiales conductores y dieléctricos.Explicar las propiedades de conductividad eléctrica de conductores, semiconductores y dieléctricos.Identificar los principales materiales semiconductores y sus aplicaciones.  | Determinar la conductividad y resistividad de conductores, semiconductores y dieléctricos. | Desarrollar el pensamiento analítico a través de la descripción de conceptos.Promover el aprendizaje colaborativo mediante la investigación de las características de los diferentes tipos de semiconductores.Promover la observación para reconocer las propiedades de cada tipo de semiconductor.Ser disciplinado y metódico al seguir instrucciones en el desarrollo de las prácticas de laboratorio. Ser responsable al utilizar equipo de medición durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio.Actuar con liderazgo en las prácticas de laboratorio. |
| Estructura de bandas en sólidos. | Definir la teoría de bandas. Explicar la formación de bandas en semiconductores. Explicar qué es un semiconductor de gap directo e indirecto. | Determinar la estructura de bandas en semiconductores.Determinar la diferencia entre un semiconductor de gap directo e indirecto de acuerdo a la teoría de bandas. |
| Semiconductores intrínsecos y extrínsecos. | Describir un semiconductor intrínseco y un extrínseco.Identificar las propiedades y aplicaciones de los semiconductores intrínsecos y extrínsecos.Describir qué es un dopante y tipos de dopantes.Describir qué es un donador y un aceptor. | Identificar las diferencias entre un semiconductor intrínseco y un extrínseco. |
| Portadores de carga y estadísticas de portadores. | Describir qué es un portador de carga.Describir qué es un electrón y un hueco, y las diferencias entre ambos.Explicar qué son los portadores mayoritarios y minoritarios. | Identificar las características de masa, movilidad y carga de los portadores de carga electrón-hueco. |
| Niveles de Fermi y procesos de dopaje. | Describir los niveles de energía en semiconductores.Describir qué es un semiconductor tipo P y un tipo N.Describir los procesos de dopaje para los semiconductores tipo P y tipo N. | Identificar los niveles de Fermi en semiconductores tipo N y tipo P.Identificar los procesos de dopaje usados en la obtención semiconductores tipo P y tipo N. |
| Materiales semiconductores convencionales (Si, Ge, compuestos III-V, II-VI, compuestos ternarios y cuaternarios). | Describir algunos materiales semiconductores convencionales como Si, Ge; compuestos III-V (GaAs, GaSb,, InSb) compuestos II-VI (CdS, CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe), compuestos ternarios y cuaternarios.  | Determinar las propiedades de algunos materiales semiconductores convencionales. |
| Materiales semiconductores nanoestructurados (0D, 1D y 2D). | Identificar los diferentes tipos de nanomateriales para el desarrollo de materiales semiconductores.Identificar las diferentes técnicas de síntesis e incorporación de nanomateriales para el desarrollo de materiales semiconductores. | Determinar las propiedades de los materiales semiconductores obtenidos a partir de la inclusión de nanomateriales.  |
| Confinamiento cuántico y efectos de tamaño en la nanoescala. | Describir el concepto de confinamiento cuántico en semiconductores. | Identificar el efecto de confinamiento cuántico en un semiconductor. |
| Uso de herramientas software para simulación de semiconductores. | Identificar los tipos de software que existen para la simulación de materiales semiconductores.  | Desarrollar una simulación para evaluar las características y propiedades de materiales semiconductores. |  |

|  |
| --- |
| **Proceso Enseñanza-Aprendizaje** |
| Métodos y técnicas de enseñanza | Medios y materiales didácticos | Espacio Formativo |
| **Aula** | X |
| Tareas de investigaciónPráctica de laboratorioPresentaciones en equipo | Equipo audiovisual (cañón)PizarrónAmperímetroVoltímetroDiodos de Si y Ge, y material electrónico necesarioFuente de poder de voltajeOsciloscopio | **Laboratorio / Taller** | X |
|  |  | **Empresa** |  |

|  |
| --- |
| **Proceso de Evaluación** |
| Resultado de Aprendizaje | Evidencia de Aprendizaje | Instrumentos de evaluación |
| Reconocer los diferentes materiales semiconductores y semiconductores nanoestructurados; sus características y propiedades.  | Elaborará un reporte de práctica sobre la demostración de las propiedades de los diferentes materiales semiconductores y semiconductores nanoestructurados.* Clasificación del tipo de semiconductor.
* Propiedades eléctricas.
* Estructura de bandas.
* Identificación si es intrínseco o extrínseco.
 | RúbricasListas de cotejoListas de registro |
| Identificar y usar algún software como herramienta para la simulación de semiconductores. | Elaborará un reporte de práctica haciendo uso de un software para la simulación de un material semiconductor ya sea convencional o nanoestructurado, identificando:* El tipo de semiconductor.
* Propiedades eléctricas.
* Estructura de bandas.
* Identificación si es intrínseco o extrínseco.
 | RúbricasListas de cotejoListas de registro |

|  |  |
| --- | --- |
| Unidad de Aprendizaje | 1. Dispositivos Semiconductores
 |
| Propósito esperado  | El estudiante identificará y diferenciará los tipos de dispositivos electrónicos que se forman a partir de las uniones P-N de semiconductores, así como su funcionamiento. |
| **Tiempo Asignado** | **Horas del Saber**  | 10 | **Horas del Saber Hacer** | 15 | **Horas Totales** | 25 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Temas** | **Saber****Dimensión Conceptual** | **Saber Hacer****Dimensión Actuacional** | **Ser y Convivir****Dimensión Socioafectiva** |
| Uniones p-n y diodos | Describir las características de la unión P-N.Describir las condiciones y propiedades de la polarización directa e inversa y el efecto que tienen sobre la barrera de potencial. Describir los diferentes tipos de diodos y sus curvas de operación I-V: Rectificador, Zener, Schottky, Túnel.  | Explicar las características de la unión P-N. Identificar mediante símbolos los diferentes tipos de diodos que existen.Demostrar experimentalmente los efectos de la polarización directa e inversa sobre los diodos Rectificadores, Zener, Schottky y Túnel.Describir las aplicaciones prácticas que tiene cada tipo de diodo.   | Desarrollar el pensamiento analítico a través de la descripción de conceptos.Promover la observación para reconocer las diferencias entre cada tipo de diodo.Ser disciplinado y metódico al seguir instrucciones en el desarrollo de la práctica de laboratorio sobre la polarización de cada tipo de diodo.Ser responsable al utilizar equipo de medición durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio. |
| Transistores bipolares (BJT) y transistores de efecto de campo (FET y MOSFET) | Explicar las características de los transistores bipolares BJT y su configuración NPN y PNP.Describir las condiciones de polarización de los transistores bipolares BJT para su configuración como base, emisor y colector común.Describir las curvas de operación I-V para cada tipo de configuración; base, emisor y colector común.Explicar las características de los transistores de efecto de campo FET y MOSFET en su configuración canal N y canal P.Describir las condiciones de polarización de los transistores de efecto de campo FET y MOSFET.Describir las curvas de operación I-V para los transistores de efecto de campo FET y MOSFET. | Identificar los tipos de transistores bipolares BJT y sus terminales mediante hojas de datos y con instrumentos de medición.Demostrar experimentalmente los efectos de la polarización base, emisor y colector común en los transistores bipolares BJT.Describir las aplicaciones prácticas de los transistores bipolares BJT.Identificar los tipos de transistores efecto de campo FET y MOSFET y sus terminales, mediante hojas de datos y con instrumentos de medición.Demostrar experimentalmente los efectos la polarización de los transistores de efecto de campo FET y MOSFET.Describir las aplicaciones prácticas de los transistores de efecto de campo FET y MOSFET. | Promover el aprendizaje colaborativo mediante la investigación de las características de las aplicaciones prácticas de transistores bipolares BJT y los transistores de efecto de campo FET y MOSFET.Actuar con liderazgo en la práctica de laboratorio para la polarización de de los transistores bipolares BJT y los transistores de efecto de campo FET y MOSFET.Promover la observación y el pensamiento analítico al interpretar las curvas de operación I-V de cada tipo de transistor. |
| Dispositivos optoelectrónicos. | Describir el principio de funcionamiento de los diodos emisores de luz LED.Describir el principio de funcionamiento de los fotodiodos.Describir el principio de funcionamiento de los fototransistores. | Identificar los tipos de dispositivos optoelectrónicos basados en semiconductores.Demostrar experimentalmente la aplicación de dispositivos emisores y receptores de luz basados en semiconductores.  | Promover el aprendizaje colaborativo mediante la investigación de las características de los dispositivos optoelectrónicos.Ser responsable al utilizar equipo de medición durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio. |
| Integración de dispositivos semiconductores en aplicaciones de electrónica sensores, energía y otras áreas. | Identificar los parámetros de funcionamiento (voltaje, corriente, banda de energía y vacantes de electrones) que describen a un sistema integrado de semiconductores.Determinar el uso de dispositivos semiconductores en la fabricación de sensores para medir variables físicas, químicas y biológicas.Identificar el uso de dispositivos semiconductores en sistemas de control industrial.Describir las aplicaciones de los dispositivos semiconductores en electrónica de potencia, electrónica digital y comunicaciones.Determinar aplicaciones de dispositivos semiconductores en sistemas de alimentación, inversores y convertidores de frecuencia.Identificar las aplicaciones de dispositivos semiconductores en la generación, almacenamiento y distribución de energías renovables.Identificar los problemas ambientales asociados con la producción y desecho de dispositivos semiconductores.  | Identificar conceptos asociados a los principios de operación de los dispositivos semiconductores.Demostrar experimentalmente las aplicaciones de los dispositivos semiconductores.Clasificar las diversas aplicaciones de los dispositivos semiconductores. | Desarrollar el pensamiento analítico a través de la explicación de la diferencia entre semiconductores intrínsecos y extrínsecos.Ejercer liderazgo en la práctica de laboratorio, coordinando las actividades en la demostración experimental de aplicaciones en materiales semiconductores.Ser responsable al utilizar equipo de protección personal en el laboratorio.Desarrollar el pensamiento crítico con respecto a los problemas asociados con la producción y desecho de dispositivos semiconductores. |
| Nanodispositivos (transistores de un solo electrón, dispositivos moleculares, entre otros.) | Describir los principios de operación de los transistores de un solo electrón (SET).Determinar las características y ventajas de los SET en comparación con los transistores convencionales.Identificar el concepto de dispositivos basados en moléculas individuales.Explicar los diferentes tipos de dispositivos moleculares: interruptores, diodos, cables moleculares, entre otros.Identificar la Integración de nanodispositivos en sistemas electrónicos y fotónicos. | Demostrar de manera práctica el principio de operación de los transistores de un solo electrón.Clasificar las características y ventajas de los SET.Demostrar de manera práctica el funcionamiento de los diferentes tipos de dispositivos moleculares. | Desarrollar el pensamiento analítico a través de la descripción de los principios de operación de los transistores de un solo electrón.Ejercer liderazgo en la práctica de laboratorio, coordinando las actividades en la demostración experimental de propiedades de los nanodispositivos.Ser responsable al utilizar equipo de protección personal en el laboratorio. |
| Simulación de dispositivos | Identificar la importancia de la simulación en el diseño y análisis de los dispositivos semiconductores.Identificar los modelos utilizados para representar los dispositivos semiconductores.Explicar las capacidades del programa de simulación para la integración de diferentes dispositivos semiconductores.  | Desarrollar o usar programas de simulación para el diseño y análisis de dispositivos semiconductores integrados.  | Desarrollar el pensamiento analítico a través de la explicación de la simulación de dispositivos semiconductores.Promover el aprendizaje colaborativo mediante el desarrollo de modelos utilizados para representar los dispositivos semiconductores. |

|  |
| --- |
| **Proceso Enseñanza-Aprendizaje** |
| Métodos y técnicas de enseñanza | Medios y materiales didácticos | Espacio Formativo |
| **Aula** | X |
| Tareas de investigaciónPráctica de laboratorioPresentaciones en equipo | Equipo audiovisual (cañón).Pizarrón.Amperímetro.Voltímetro.Diodos de Si y Ge, y material electrónico necesario.Fuente de poder de voltaje.Osciloscopio. | **Laboratorio / Taller** | X |

|  |
| --- |
| **Proceso de Evaluación** |
| Resultado de Aprendizaje | Evidencia de Aprendizaje | Instrumentos de evaluación |
| Reconocer los diferentes tipos de dispositivos semiconductores que surgen como resultado de la unión de materiales P-N, así como sus polarizaciones y aplicaciones. | Elaborará un reporte de práctica sobre la demostración de los efectos de la polarización de diodos rectificadores, Zener, Schottky y túnel, que incluya:• Diagrama de conexión de la polarización directa e inversa de los diferentes tipos de diodos.• Las curvas de operación I-V de cada uno de los diodos.• Las aplicaciones comunes de los diodos basados en sus características.Elaborará un reporte de práctica sobre la demostración de los efectos de la polarización de los transistores bipolares BJT y los transistores de efecto de campo FET y MOSFET, que incluya:• Diferencia entre los transistores bipolares NPN y PNP• Diferencia entre los transistores de efecto de campo de canal N y de canal P.• Diagrama de conexión de la polarización de transistores bipolares y transistores de efecto de campo.• Las curvas de operación I-V de cada uno de los transistores.• Las aplicaciones comunes de los transistores bipolares y de efecto de campo. | RúbricasListas de cotejoListas de registro |

|  |  |
| --- | --- |
| Unidad de Aprendizaje | 1. Fabricación y Caracterización de Dispositivos Semiconductores
 |
| Propósito esperado  | El estudiante se familiarizará con los diferentes procesos de fabricación de los dispositivos semiconductores y las técnicas de caracterización más usadas.  |
| **Tiempo Asignado** | **Horas del Saber**  | 8 | **Horas del Saber Hacer** | 12 | **Horas Totales** | 20 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Temas** | **Saber****Dimensión Conceptual** | **Saber Hacer****Dimensión Actuacional** | **Ser y Convivir****Dimensión Socioafectiva** |
| Procesos de fabricación de dispositivos semiconductores. | Identificar las principales técnicas y procesos utilizados en la fabricación de dispositivos semiconductores.Reconocer los parámetros críticos que afectan la calidad y rendimiento de los dispositivos semiconductores durante el proceso de fabricación. | Explicar las principales técnicas y procesos utilizados en la fabricación de dispositivos semiconductores.Identificar los parámetros críticos que afectan la calidad y rendimiento de los dispositivos semiconductores durante el proceso de fabricación. | Desarrollar el pensamiento analítico a través de la descripción de conceptos.Promover el aprendizaje colaborativo mediante la investigación de los diferentes procesos de fabricación de dispositivos semiconductores. Promover la observación para reconocer las características, diferencias y aplicaciones entre los diferentes procesos de fabricación de materiales semiconductores.. |
| Técnicas de litografía y nanofabricación de materiales. | Comprender los principios fundamentales, ventajas, limitaciones y aplicaciones de las diferentes técnicas de litografía en la nanofabricación de materiales.Identificar los desafíos y consideraciones específicas en la fabricación de estructuras y dispositivos a escala nanométrica. | Explicar los principios fundamentales, ventajas, limitaciones y aplicaciones de las diferentes técnicas de litografía en la nanofabricación de materiales. |
| Depósito y crecimiento de materiales semiconductores. | Comprender los principios físicos y químicos involucrados en las diferentes técnicas de depósito y crecimiento de materiales semiconductores.Identificar las características, propiedades y aplicaciones de los materiales semiconductores obtenidos por estas técnicas.  | Explicar los principios físicos y químicos involucrados en las diferentes técnicas de depósito y crecimiento de materiales semiconductores.Describir las características, propiedades y aplicaciones de los materiales semiconductores obtenidos por estas técnicas.  |
| Técnicas de caracterización eléctrica, óptica y estructural de los dispositivos semiconductores integrados. | Identificar las principales técnicas de caracterización usadas para los dispositivos semiconductores integrados. * Caracterizaciones eléctricas: mediciones I-V, C-V, espectroscopia de impedancia.
* Caracterizaciones ópticas: espectroscopia óptica, fotoluminiscencia, microscopía óptica
* Caracterizaciones estructurales: microscopía electrónica, difracción de rayos X, espectroscopia Auger.
 | Desarrollar experimentos para la caracterización de dispositivos semiconductores integrados. |
| Simulación y modelado de dispositivos semiconductores integrados y nanodispositivos. | Comprender los fundamentos teóricos y matemáticos involucrados en la simulación y modelado de semiconductores y nanodispositivos, incluyendo métodos numéricos, modelos físicos y aproximaciones.Conocer las diferentes herramientas y software de simulación disponibles, sus capacidades, limitaciones y aplicaciones específicas, para semiconductores integrados y nanodispositivos. | Desarrollar modelos y simulaciones para dispositivos semiconductores integrados y nanodispositivos.  |  |

|  |
| --- |
| **Proceso Enseñanza-Aprendizaje** |
| Métodos y técnicas de enseñanza | Medios y materiales didácticos | Espacio Formativo |
| **Aula** | X |
| Tareas de investigaciónPráctica de laboratorioPresentaciones en equipo | Equipo audiovisual (cañón).Pizarrón.Amperímetro.Voltímetro.Diodos de Si y Ge, y material electrónico necesario.Fuente de poder de voltaje.Osciloscopio. | **Laboratorio / Taller** | X |

|  |
| --- |
| **Proceso de Evaluación** |
| Resultado de Aprendizaje | Evidencia de Aprendizaje | Instrumentos de evaluación |
| Reconocer los diferentes procesos de fabricación de los dispositivos semiconductores y las técnicas de caracterización más usadas.  | Elaborará un reporte sobre los diferentes procesos de fabricación de los principales dispositivos semiconductores convencionales y nanoestructuradosAnalizará un estudio de caso determinado, de un semiconductor convencional o nanoestructurado y elaborará un reporte sobre las técnicas de caracterización requeridas para conocer sus propiedades.  | RúbricasListas de cotejoListas de registro |
|  |  |  |

|  |
| --- |
| **Perfil idóneo del docente** |
| **Formación académica** | **Formación Pedagógica** | **Experiencia Profesional** |
| **Licenciatura, ingeniería o posgrado en: Física, Electrónica, Química, Ciencias de Materiales, Nanotecnología o áreas afines.** | **Cursos relacionados con pedagogía, didáctica, educación, habilidades docentes, habilidades socioemocionales y de comunicación, ambientes virtuales de aprendizaje y afines.** | **Experiencia docente preferentemente en educación superior. Dos años de experiencia de acuerdo a su formación académica.** |

|  |
| --- |
| **Referencias bibliográficas** |
| Autor | Año | Título del documento | Lugar de publicación | Editorial | ISBN |
| **John P. McKelvey** | **(1996)** | **Física del estado sólido y de semiconductores** | **Nueva York** | **Limusa Noriega Editores** | **9681804317** |
| **Neil W. Ashcroft, N. David Mermin** | **(1976)** | **Solid State Physics** |  | **Brooks Cole** | **0030839939,****978-0030839931** |
| **Charles Kittel** | **(2018)** | **Introduction to Solid State Physics** |  | **Wiley** | **978-1119454168** |
| **P. A. Cox** | **(1987)** | **The Electronic Structure and Chemistry of Solids** |  | **Clarendon Pr** | **0198552041,****978-0198552048** |
| **M. Ali. Omar** | **(1975)** | **Elementary Solid State Physics: Principles and Applications** |  | **Addison-Wesley** | **0201607336, 978-0201607338** |
| **Nano-Semiconductors:Devices and Technology** | **(2017)** | **Krzysztof Iniewski** |  | **CRC Press;** **Taylor & Francis Group** | **1138072664****978-1138072664** |

| **Referencias digitales** |
| --- |
|  |  |  |  |
| **Dr. Paschotta, RP Photonics Encyclopedia** |  |  | **https://www.rp-photonics.com/encyclopedia\_s.html** |
| **Myscope Microscopy Training** |  |  | **https://myscope.training/** |