



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Optoelectrónica
Clave de la asignatura:	SEF-2318
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Semiconductores

2. Presentación

<p>Caracterización de la asignatura</p> <p>Esta asignatura proporciona las bases del conocimiento de los dispositivos optoelectrónicos, así como identificar las características de desempeño y los parámetros de funcionamiento de manera tal, que permitan la selección adecuada en la implementación de un circuito optoelectrónico que forme parte de un sistema de mejor u optimización de recursos.</p> <p>Toma como base los saberes, habilidades y destrezas obtenidas previamente de las asignaturas de cálculo, ecuaciones diferenciales, física moderna, física de estado sólido y física de semiconductores, para que el alumno infiera y comprenda los fenómenos que rigen la conversión de luz en electricidad y viceversa.</p> <p>La presente asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Semiconductores los conocimientos necesarios para analizar, evaluar, comparar y construir sistemas optoelectrónicos que pueden ser aplicados en sistemas de suministro de energía, emisión y recepción de información, con enfoque hacia la sustentabilidad.</p> <p>Durante el desarrollo de la asignatura se conduce al alumno a través de las diferentes unidades que conforman el estudio de los dispositivos que funcionan como transductores, emisores y detectores de luz, con aplicación en el diseño de circuitos electrónicos optoelectrónicos.</p>
<p>Intención didáctica</p> <p>El contenido del programa brinda al alumno conocimientos sobre los principios físicos teóricos que rigen el funcionamiento de los dispositivos optoelectrónicos de semiconductores, así como las características, parámetros eléctricos, circuitos equivalentes y operación de dispositivos electrónicos empleados como transductores, detectores y emisores de luz. El alumno desarrolla su capacidad de análisis e interpretación incrementando sus habilidades de comunicación oral y escrita mientras trabaja en equipo.</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



Se recomienda que el alumno tenga el primer contacto con el concepto en forma concreta y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión que de la formalización; para de manera posterior continuar con la solución de problemas, los cuales serán diseñados de manera tal que permitan al alumno la identificación de datos relevantes y elaboración de diseños.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para el diseño de circuitos basados en dispositivos optoelectrónicos. En el tema introductorio se brinda una breve introducción a los semiconductores, la generación de los portadores de carga en la brecha de energía. La interacción de los fotones de la radiación electromagnética con los electrones, la dependencia de la temperatura interna del semiconductor con la energía de vibración de red y como puede ser dividida en fonones, la función de distribución de Fermi para la energía del electrón y la densidad de estados electrónicos.

En los temas 2 y 3, se abordan los principios de funcionamiento de los componentes activos como diodos emisores de luz, amplificadores y moduladores, y su uso en el diseño y construcción de circuitos electrónicos que presentan aislamiento eléctrico, acoplamiento óptico.

En el tema 4 se presentan los conceptos fundamentales para la aplicación de láseres, mientras que en el tema 5 fotodetectores en el área de la electrónica.

Se recomienda que el docente posea amplio conocimiento en operación de dispositivos optoelectrónicos, así como en los conceptos del funcionamiento de circuitos electrónicos y las leyes que los gobiernan.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Tecnológico Nacional de México, del 24 al 28 de abril de 2023.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chihuahua, Irapuato, Mérida, Purísima del Rincón, Querétaro y Tijuana.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería en Semiconductores.
Tecnológico Nacional de México, del 22 al 24 de mayo de 2023.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chihuahua, Irapuato, Mérida, Purísima del Rincón, Querétaro y Tijuana.	Reunión Nacional de Consolidación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería en Semiconductores.



4. Logro formativo a desarrollar en la asignatura

Saberes, habilidades y destrezas de la asignatura

Aplica los conceptos y teorías que explican la operación de los dispositivos optoelectrónicos para el análisis, diseño y síntesis de circuitos electrónicos basados en ese tipo de dispositivos.

5. Saberes, habilidades y destrezas previas

- Posee las habilidades matemáticas necesarias para solución de sistemas de ecuaciones no lineales y ecuaciones diferenciales
- Conoce los fundamentos básicos de óptica y teoría electromagnética
- Aplica la teoría de física de estado sólido y semiconductores para inferir el funcionamiento de dispositivos de unión P-N y entender el proceso de la generación de portadores de carga en la unión.
- Domina las leyes y teorías que explican el comportamiento de diodos y transistores
- Interpreta diagramas de circuitos electrónicos
- Aplica las leyes que rigen los circuitos eléctricos
- Arma circuitos electrónicos básicos, basados en diodos, transistores y amplificadores

6. Temario

No	Temas	Subtemas
1	Fundamentos de optoelectrónica	1.1. Bandas de energía electrónicas 1.1.1. Estructuras de bandas electrónicas: método del vector $[k]$ *vector $[p]$ 1.1.2. Pozos cuánticos 1.1.3. Aleaciones de semiconductores 1.1.4. Desplazamiento de bandas en interfases heterogéneas 1.2. Transporte de portadores de carga 1.2.1. Deriva y difusión 1.2.2. Homouniones y heterouniones 1.2.3. Efecto túnel 1.2.4. Movilidad de portadores 1.2.5. Generación y recombinación de portadores 1.2.6. Modelos de transporte avanzados 1.3. Ondas ópticas 1.3.1. Ondas planas en interfases 1.3.2. Ecuaciones de onda de Helmholtz 1.3.3. Guías de onda simétricas planas



		<ul style="list-style-type: none"> 1.3.4. Guías de onda rectangulares 1.3.5. Estructuras periódicas 1.3.6. Haces Gaussianos y campo lejano 1.4. Generación de fotones <ul style="list-style-type: none"> 1.4.1. Ganancia óptica 1.4.2. Emisión espontánea 1.5. Generación y disipación de calor <ul style="list-style-type: none"> 1.5.1. Ecuación de flujo de calor 1.5.2. Generación de calor 1.5.3. Resistencia térmica 1.5.4. Condiciones de frontera
2.	Transductores Optoelectrónicos	<ul style="list-style-type: none"> 2.1. Clasificación de los sensores de luz <ul style="list-style-type: none"> 2.1.1 Materiales 2.1.2 Fotorresistencia 2.1.3 Fotodiodo 2.1.4 Fototransistor 2.1.5 Fototiristores 2.1.6 Celdas fotovoltaicas 2.2. Diodos emisores de Luz <ul style="list-style-type: none"> 2.2.1 Propiedades de los materiales de nitruro 2.2.2 Diodo emisor de luz InGaN/GaN 2.2.3 Diodo láser InGaN/GaN 2.2.4 nuevos materiales para diodos emisores de luz
3	Optoaisladores	<ul style="list-style-type: none"> 3.1. Optoacopladores <ul style="list-style-type: none"> 3.1.1 Clasificación y construcción 3.1.2 Características eléctricas 3.1.3 Aplicaciones 3.2. Relevadores de estado sólido y de potencia (FotoMOS) <ul style="list-style-type: none"> 3.2.1 Clasificación y construcción 3.2.2 Características eléctricas 3.2.3 Aplicaciones 3.3. Relevadores fotovoltaicos <ul style="list-style-type: none"> 3.3.1 Construcción 3.3.2 Características eléctricas
4.	Láseres	<ul style="list-style-type: none"> 4.1. Edge-limiting laser <ul style="list-style-type: none"> 4.1.1 Modelos y parámetros de material



		<p>4.1.2 Efectos de longitud de cavidad en parámetros de pérdida</p> <p>4.1.3 Limitaciones en eficiencia de pendiente</p> <p>4.1.4 Efectos de la temperatura en el desempeño del laser</p> <p>4.2. Laser de cavidad vertical</p> <p>4.2.1 Laser de cavidad vertical de longitud de onda amplia</p> <p>4.2.2 Modelos y parámetros</p> <p>4.2.3 Efectos en el transporte de portadores de carga</p> <p>4.2.4 Análisis térmico</p> <p>4.2.5 Simulación óptica</p> <p>4.2.6 Efectos de la temperatura en la ganancia óptica</p>
5	Fotodetectores	<p>5.1. Introducción a los fotodetectores</p> <p>5.2. Estructura del dispositivo y propiedades de los materiales</p> <p>5.3. Análisis del modo de guía de onda.</p> <p>5.4. Responsividad de detector.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Fundamentos de Optoelectrónica	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Discute cualitativa y cuantitativamente el comportamiento de luz onda-partícula y en interfases entre materiales, incluyendo metales y dieléctricos, distinguiendo entre la física de electrones en átomos, metales, semiconductores y aislantes para calcular las propiedades clave de guías de onda usando los diferentes modelos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Capacidad de integración. ● Capacidad de análisis y síntesis, ● Habilidad para buscar y analizar fuentes diversas. ● Comunicación oral y escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Estructurar un mapa conceptual sobre los principios que rigen a los semiconductores y la optoelectrónica: generación de portadores de carga, los mecanismos clave en los dispositivos optoelectrónicos, las vibraciones de red y la función de distribución de Fermi. ● Resolver ejercicios referentes a las temáticas de transporte de portadores de carga, Ondas ópticas, generación de fotones y transferencia de calor en semiconductores



<ul style="list-style-type: none"> • Sentido ético de la vida, • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender, capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). 	
2. Transductores optoelectrónicos	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Interpreta a partir de datos cuantitativos la operación de los diferentes transductores optoelectrónicos.</p> <p>Integra fotorresistencias, fotodiodos, fototransistores, celdas fotovoltaicas y otros transductores optoelectrónicos en sistemas electrónicos, para el diseño de circuitos optoelectrónicos empleando los diferentes dispositivos transductores optoelectrónicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de integración. • Capacidad de análisis y síntesis, • Habilidad para buscar y analizar fuentes diversas. • Comunicación oral y escrita. • Sentido ético de la vida, • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender, capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener a partir de las hojas de datos, los parámetros característicos de los diferentes transductores optoelectrónicos para su operación adecuada. • Realizar una tabla comparativa de los parámetros de desempeño de los dispositivos optoelectrónicos. • Diseñar y simular circuitos optoelectrónicos integrando fotorresistencias, fotodiodos, fototransistores, celdas fotovoltaicas y otros transductores • Sintetizar circuitos electrónicos basados en transductores optoelectrónicos.
3. Optoaisladores	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Emplea los principios de operación de los dispositivos optoaisladores para integrarlos en sistemas electrónicos, para el diseño de circuitos optoelectrónicos empleando optoacopladores, relevadores de estado sólido, de potencia y fotovoltaicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de integración. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener a partir de hojas de datos, los parámetros característicos de los diferentes dispositivos optoacopladores y relevadores. • Realizar una tabla comparativa de los parámetros de desempeño de los dispositivos optoaisladores de uso más común. • Diseñar y simular circuitos optoelectrónicos integrando optoacopladores y relevadores de estado sólido, de potencia y fotovoltaicos



<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis, • Habilidad para buscar y analizar fuentes diversas. • Comunicación oral y escrita. • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender, capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). 	<ul style="list-style-type: none"> • Sintetiza circuitos electrónicos que hacen uso de optoaisladores.
4. Láseres	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Compara el funcionamiento de los láseres limitadores de borde con los láseres de cavidad vertical para su aplicación en circuitos optoelectrónicos y su integración en sistemas electrónicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener información referente a los diferentes tipos de láseres y comparar las características y parámetros de los dispositivos. • Analizar y sintetizar circuitos electrónicos donde se emplean láseres para aplicación en telecomunicaciones y metrología
5. Fotodetectores	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Explica los principios de operación de los detectores ópticos incluidos los fotodiodos PIN, así como los detectores de avalancha para su integrarlos en los diferentes tipos fotodetectores en sistemas electrónicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener información referente a los diferentes tipos de detectores ópticos y comparar características y parámetros de los dispositivos. • Analizar y sintetizar circuitos electrónicos donde se utilicen detectores ópticos con aplicación en sensores de imagen.

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Construcción y medición de circuitos con fotorresistencias y fototransistores. • Verificación de la intensidad luminosa de diodos emisores de luz de diferentes longitudes de onda • Cálculo y construcción de circuitos para operar transductores optoelectrónicos • Caracterización optoelectrónica de celda fotovoltaica y arreglos de celdas • Empleo de fotoaisladores en circuitos con cargas alimentadas con corriente alterna • Diseño y construcción de un circuito optoelectrónico láser para aplicación en metrología • Construcción de un sensor de imagen basado en fotodiodos PIN y detectores de avalancha



9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance del(los) logro(s) formativo(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de los saberes, habilidades y destrezas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación de saberes, habilidades y destrezas

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

- Solución de problemas
- Tareas y trabajos extra clase
- Resultados de prácticas realizadas y reporte
- Exposición en clase
- Evaluación escrita
- Reporte por equipo de visitas a empresas
- Avances de proyecto y entrega de proyecto final



11. Referencias

- Boylestad, R.L. y Nashelsky, L. (2009), *Electrónica: Teoría de circuitos y Dispositivos electrónicos*, Prentice Hall, décima edición.
- Singh, J. (2003), *Electronic and Optoelectronic Properties of Semiconductor Structures*, Cambridge University Press, United Kingdom.
- Piprek, J. (2003), *Semiconductor Optoelectronic Devices: Introduction to Physics and Simulation*, Academic Press, United States of America.
- Rosencher, E. y Vinter B. (2004), *Optoelectronics*, Cambridge University Press, United Kingdom.
- Tomasi, W. (2003), *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, Pearson, cuarta edición, México.
- Dakin, J.P. y Brown, R.G.W. (2018) *Handbook of Optoelectronics Volume 3: Applied Optical Electronics*, CRC Press, segunda edición.