



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Tecnología de Semiconductores
Clave de la asignatura:	SEE-2316
SATCA¹:	3-1-4
Carrera:	Ingeniería en Semiconductores

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Las tecnologías asociadas a los procesos de fabricación, diseño y caracterización de semiconductores son elementos clave en el avance de la tecnología electrónica. El desarrollo de dispositivos más pequeños y eficientes ha permitido el surgimiento de aplicaciones innovadoras en campos como las comunicaciones, la medicina, la energía renovable y la inteligencia artificial. La asignatura de Tecnologías de Semiconductores es fundamental dentro del programa de Ingeniería en Semiconductores ya que provee conocimientos y desarrolla habilidades asociados a los principios y las técnicas aplicadas en la resolución de problemas prácticos en el campo del diseño y la fabricación de dispositivos electrónicos avanzados. La asignatura es relevante debido a que proporciona los fundamentos necesarios para comprender los desafíos técnicos y las demandas del mercado en la industria de semiconductores.

La asignatura tiene un enfoque particular en la miniaturización y la integración de dispositivos semiconductores, lo cual implica el estudio y la comprensión de los procesos de fabricación y diseño de circuitos electrónicos a nivel micro y nano escala. Se abordan temas como la fotolitografía, el grabado y deposición de materiales, así como las técnicas de caracterización de dispositivos. Los estudiantes obtienen conocimientos sobre las diferentes etapas del proceso de fabricación de semiconductores y cómo influyen en las propiedades y el rendimiento de los dispositivos. Así mismo se abordan los materiales semiconductores avanzados y los problemas de fiabilidad de las tecnologías de semiconductores. Los estudiantes desarrollan competencias en la comprensión de los circuitos integrados, los factores que influyen en la optimización y rendimiento de dispositivos. Además, se fomenta el pensamiento crítico y la capacidad de análisis de los procesos de fabricación y diseño de semiconductores.

Se relaciona con otras asignaturas previas y próximas como: como Diseño Digital, Física de Semiconductores, Introducción a la Manufactura de Semiconductores y Circuitos, Layout del Circuitos Integrado, Diseño Digital con VHDL, MEMs y NEM, Sistemas de Calidad en la Industria Electrónica. En conjunto, estas asignaturas permitirán a los estudiantes adquirir un enfoque integral en el diseño y la fabricación de dispositivos semiconductores, abarcando desde los principios teóricos hasta las técnicas prácticas. La interrelación con otras asignaturas proporciona las bases para la generación de proyectos integradores, donde los estudiantes pueden aplicar sus conocimientos y habilidades en la solución de problemas reales relacionados con la miniaturización y la integración de dispositivos semiconductores.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



Al final de la asignatura, los estudiantes deberán tener una comprensión profunda de las tecnologías de semiconductores, que incluyen las técnicas de fabricación de dispositivos electrónicos avanzados y las técnicas de diseño y modelización de materiales y dispositivos electrónicos. Además, deberían ser capaces de comprender los desafíos tecnológicos en la miniaturización y la integración de componentes y de desarrollar soluciones innovadoras para estos desafíos.

Esta asignatura motiva al estudiante porque existe una alta demanda de profesionales capacitados en el diseño y la fabricación de dispositivos semiconductores debido a la creciente necesidad de productos electrónicos más avanzados y sofisticados.

Intención didáctica

Esta asignatura se orienta a que el estudiante desarrolle un alto dominio conceptual de las tecnologías convencionales y emergentes de los semiconductores, por lo que se hace indispensable que el docente guíe al estudiante para que pueda integrar saberes previos para la adquisición de nuevos conocimientos, habilidades y destrezas. Al abordar los contenidos, el docente debe utilizar ejemplos y casos prácticos para ilustrar los conceptos teóricos y demostrar su aplicación en la industria. Se debe fomentar la participación de los estudiantes a través de discusiones, resolución de problemas y actividades prácticas relacionadas con el diseño y la caracterización de dispositivos semiconductores.

El enfoque debe ser tanto teórico como práctico, brindando a los estudiantes una comprensión integral de los principios y procesos relacionados con la miniaturización y la integración de dispositivos semiconductores. Se debe enfatizar la importancia de la optimización del rendimiento, la eficiencia energética y la confiabilidad en el diseño y la fabricación de dispositivos. Se debe promover la creatividad y la innovación, alentando a los estudiantes a explorar en las nuevas técnicas y enfoques en el diseño y la integración de dispositivos semiconductores.

La extensión y profundidad de los contenidos de la asignatura se describen a continuación:

En tema 1 la identificación de la historia y el contexto de la miniaturización en la electrónica, desde los primeros transistores hasta los chips actuales. Así mismo los efectos de la miniaturización en la electrónica, mejora de la velocidad, eficiencia energética y la densidad de componentes. Por otro lado, también son abordados los desafíos y las aplicaciones de la miniaturización en la electrónica. En los procesos de integración de semiconductores (Tema 2), se tratan las tecnologías de fabricación de dispositivos semiconductores, que deben incluir los procesos de obtención de las materias primas y su integración para la conformación de los dispositivos semiconductores y circuitos integrados. También se abordan las tendencias y los aspectos económicos y ambientales de la fabricación de circuitos integrados.

En el Tema 3 se abordan los materiales semiconductores avanzados como los materiales semiconductores de banda de energía ancha y alta movilidad electrónica, que se utilizan en dispositivos electrónicos de alta frecuencia y potencia; los materiales semiconductores compuestos, integrados de dos o más elementos semiconductores diferentes, como arseniuro



de galio y fósforo de indio, que se utilizan en dispositivos electrónicos de alta eficiencia. Los materiales semiconductores orgánicos, que se utilizan en dispositivos electrónicos como pantallas OLED y paneles solares. Materiales semiconductores de dos dimensiones (2D): materiales con un grosor de solo unos pocos átomos, como el grafeno y el disulfuro de molibdeno, que se utilizan en dispositivos electrónicos de alta velocidad y sensibilidad. Materiales semiconductores ferroeléctricos, materiales que tienen propiedades eléctricas y magnéticas y se utilizan en dispositivos de memoria no volátil, como las memorias de acceso aleatorio ferroeléctrico (FeRAM). Materiales semiconductores para la electrónica flexible: incluyen materiales que pueden doblarse y estirarse sin perder sus propiedades electrónicas, como polímeros conductores y grafeno, estos materiales se utilizan en dispositivos electrónicos flexibles, como pantallas y sensores. Materiales semiconductores para la fotónica: incluyen materiales que se utilizan en dispositivos ópticos, como diodos emisores de luz (LED) y láseres.

En el Tema 5 se tratan los tópicos relacionados a los problemas de fiabilidad y estabilidad en las tecnologías de semiconductores, mismos que incluyen: La degradación de los materiales y componentes debido a factores ambientales, como la temperatura, la humedad y la exposición a la luz; Influencia del diseño y el proceso de fabricación en la fiabilidad y estabilidad de los dispositivos, así como las estrategias de prueba de estas, los métodos de modelado y simulación para predecirlas, las normas y regulación, así como estudios de caso de fallos en dispositivos electrónicos.

Los estudiantes deben participar en actividades de resolución de problemas que les permitan aplicar los conceptos teóricos a situaciones prácticas. Se deben realizar experimentos de laboratorio para comprender los procesos de fabricación y caracterización de dispositivos semiconductores. Analizando cómo influye el proceso en las propiedades y atributos del crecimiento de semiconductores y su integración en dispositivos electrónicos. Se deben promover proyectos de diseño donde los estudiantes puedan integrar los conocimientos adquiridos y desarrollar soluciones innovadoras.

Finalmente, el docente debe tener un sólido conocimiento de los principios teóricos y prácticos de la miniaturización y la integración de dispositivos semiconductores. Debe ser capaz de relacionar los contenidos con aplicaciones prácticas y ejemplos relevantes en la industria de semiconductores. Debe fomentar un ambiente de aprendizaje participativo, estimulando la participación de los estudiantes a través de discusiones, debates y actividades prácticas. Debe guiar a los estudiantes en la resolución de problemas y en la realización de proyectos integradores, brindando retroalimentación constructiva y apoyando su desarrollo académico. Debe estar actualizado en las últimas tendencias y avances en miniaturización e integración de dispositivos semiconductores, para proporcionar una educación actualizada y relevante. Debe promover el desarrollo de habilidades y destrezas clave, así como fomentar el pensamiento crítico y la creatividad en los estudiantes.



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
Desarrolla un alto dominio conceptual de las tecnologías para los procesos de fabricación y diseño de dispositivos semiconductores y circuitos electrónicos integrados a nivel micro y nano escala.

5. Saberes, habilidades y destrezas previas

<p>Comprende la importancia de la Ingeniería en Semiconductores en el desarrollo de nuevas tecnologías, así como las normas en el desarrollo de la profesión.</p> <p>Analiza, simula e implementa circuitos eléctricos de corriente directa y alterna con elementos pasivos y activos lineales (fuentes lineales) para su aplicación en sistemas eléctricos y electrónicos.</p> <p>Comprende el principio de operación de los dispositivos semiconductores desde la perspectiva de su construcción y régimen de operación para su aplicación en el diseño de circuitos electrónicos.</p>
--

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Miniaturización de dispositivos electrónicos	1.1 Historia de la miniaturización en la electrónica. 1.2 Tecnologías de fabricación de circuitos electrónicos. 1.2.1 Procesos de litografía 1.2.2 Deposición de capas 1.2.3 Grabado 1.3 Efectos de la miniaturización en la electrónica.



		<p>1.4 Desafíos en la miniaturización de componentes electrónicos.</p> <p>1.4.1 Limitaciones físicas</p> <p>1.4.2 Problemas de disipación de calor</p> <p>1.4.3 Dificultades en la integración de componentes</p> <p>1.5 Aplicaciones de la miniaturización en la electrónica.</p>
2	Procesos de integración de semiconductores	<p>2.1 Tecnologías de fabricación de semiconductores y circuitos integrados.</p> <p>2.2 Diseño de máscaras y patrones de circuitos integrados</p> <p>2.3 Tendencias en la integración de semiconductores: miniaturización, chips multicapa, circuitos integrados en 3D, etc.</p> <p>2.4 Aspectos económicos y ambientales de la fabricación de circuitos integrados.</p>
3	Materiales semiconductores avanzados	<p>3.1 Materiales semiconductores para dispositivos electrónicos de alta frecuencia y potencia.</p> <p>3.2 Materiales semiconductores compuestos.</p> <p>3.3 Materiales semiconductores orgánicos.</p> <p>3.4 Materiales semiconductores de dos dimensiones.</p> <p>3.5 Materiales semiconductores ferroeléctricos.</p> <p>3.6 Materiales semiconductores para la electrónica flexible.</p> <p>3.7 Materiales semiconductores para la fotónica.</p>
4	Problemas de fiabilidad y estabilidad en las tecnologías de semiconductores	<p>4.1 Degradación de los materiales y componentes.</p> <p>4.2 Influencia de las variaciones en el proceso de fabricación.</p> <p>4.3 Diseño de dispositivos electrónicos para mejorar la fiabilidad y estabilidad.</p> <p>4.4 Estrategias de prueba y monitoreo.</p> <p>4.5 Métodos de modelado y simulación.</p> <p>4.6 Normas y regulaciones relacionadas con la fiabilidad y estabilidad de los dispositivos electrónicos.</p>



		4.7 Estudios de caso de fallos en dispositivos electrónicos y análisis de causa raíz para mejorar la fiabilidad y estabilidad en el futuro.
--	--	---

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Miniaturización de dispositivos electrónicos	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Comprende los principios y conceptos de la miniaturización de dispositivos electrónicos, conoce los desafíos y ventajas de la integración de dispositivos electrónicos en circuitos más pequeños, adquirir habilidades en el diseño y fabricación de dispositivos electrónicos miniaturizados.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. ● Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. ● Capacidad de comunicación oral y escrita. ● Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. ● Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. ● Habilidades interpersonales. Capacidad de trabajo en equipo. ● Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Búsqueda de información de los avances en miniaturización de dispositivos electrónicos y las tecnologías utilizadas, como la nanotecnología y los circuitos integrados a escala nanométrica. Luego, solicita que preparen una presentación para compartir sus hallazgos con la clase. ● Búsqueda de información de los requisitos de diseño, seleccionar los componentes adecuados, conocer las herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) para crear el diseño del circuito. ● Promueve una discusión en clase sobre los desafíos asociados con la miniaturización de dispositivos electrónicos, como la disipación de calor, el ruido electromagnético y la confiabilidad. Pedir a los estudiantes que identifiquen los desafíos, y propongan posibles soluciones. También discutan las ventajas de la miniaturización, como el ahorro de espacio, la portabilidad y el consumo de energía.
2. Procesos de integración de semiconductores	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Comprender los diferentes procesos de integración utilizados en la fabricación de semiconductores, conocer los principios y etapas clave de los procesos de integración, adquirir habilidades en la interpretación de diagramas de flujo y la comprensión de los pasos de los procesos de integración.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Conocer un diagrama de flujo que represente los procesos de integración de semiconductores, como la fotolitografía, el depósito de capas, el grabado y la implantación iónica. Pide a los estudiantes que analicen y describan cada etapa del proceso y que identifiquen los materiales y equipos utilizados en cada paso.



<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda de información de un proceso de integración específico. Elaborar una presentación e incluir una descripción detallada de cada etapa del proceso, los materiales involucrados, los equipos utilizados y los desafíos asociados. • Búsqueda de información de procesos de fabricación de semiconductores.
<p>3. Materiales semiconductores avanzados</p>	
<p>Saberes, habilidades y destrezas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades de aprendizaje
<p>Comprender y analizar los conceptos y propiedades de los materiales semiconductores avanzados, conocer las aplicaciones y características específicas de los materiales semiconductores avanzados, adquirir habilidades en la selección y diseño de materiales semiconductores avanzados para aplicaciones específicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. Capacidad de trabajo en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda de información de materiales semiconductores avanzados, como el silicio-germanio (SiGe), nitruro de galio (GaN) o arseniuro de galio (GaAs). Preparación de una presentación sobre las propiedades, estructura cristalina, métodos de fabricación y aplicaciones de cada material. • Análisis de casos de estudio de dispositivos o aplicaciones que utilizan materiales semiconductores avanzados, como transistores de alta frecuencia, LED de alta potencia o celdas solares de película delgada.



<ul style="list-style-type: none"> Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	
4. Problemas de fiabilidad y estabilidad en las tecnologías de semiconductores	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Aplicación de problemas de fiabilidad y estabilidad que pueden surgir en la tecnología de semiconductores, conocer las causas y mecanismos subyacentes de los problemas de fiabilidad y estabilidad, adquirir habilidades en la identificación, análisis y resolución de problemas de fiabilidad y estabilidad en dispositivos semiconductores.</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. Capacidad de comunicación oral y escrita. Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. Habilidades interpersonales. Capacidad de trabajo en equipo. Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<ul style="list-style-type: none"> Estudio de casos de fallas reales en dispositivos semiconductores, como la degradación de la vida útil de un transistor o la inestabilidad de un circuito integrado. Analizar los factores que pueden haber contribuido a la falla, identifiquen los mecanismos subyacentes y propongan soluciones para prevenir o mitigar futuras fallas. Análisis de datos de confiabilidad de conjuntos de datos de pruebas de confiabilidad de dispositivos semiconductores, como datos de envejecimiento acelerado o pruebas de temperatura y humedad. Analizar los datos, identificar patrones o tendencias, y realizar inferencias sobre la fiabilidad y estabilidad de los dispositivos. Búsqueda de información de un problema de fiabilidad o estabilidad específico en la tecnología de semiconductores, como el efecto del estrés térmico en la vida útil de los transistores de potencia o la degradación de la interfaz en los dispositivos de memoria flash. Realizar un informe y organizar un debate en clase para discutir diferentes enfoques y soluciones.

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> Abordar el diseño de circuitos integrados simples utilizando herramientas de diseño y, a continuación, si es posible fabricarlos utilizando un proceso de microfabricación. Las prácticas pueden incluir el diseño de mascarillas, la exposición y el revelado de la placa, la deposición de capas finas, la difusión de impurezas, la fotolitografía y la caracterización de los circuitos integrados pueden utilizar herramientas de diseño asistido por computadora (CAD). Pueden enfocarse en la optimización del rendimiento, la reducción del consumo de energía o la mejora de la fiabilidad.
--



- Análisis de materiales y caracterización, los estudiantes analizarán muestras de materiales semiconductores y equipos de caracterización, como microscopios electrónicos de barrido (SEM) o espectrómetros de emisión óptica (OES).
- Simulaciones por ordenador: Los estudiantes pueden, si es posible, utilizar software de simulación de circuitos integrados, como SPICE, para simular el comportamiento de los circuitos integrados y predecir su rendimiento. Las prácticas pueden incluir el diseño de circuitos integrados complejos y la simulación de su comportamiento en diferentes condiciones de funcionamiento.
- Trabajo en proyectos: Los estudiantes pueden trabajar en proyectos en grupo en los que diseñen y fabriquen dispositivos semiconductores más complejos, como sensores, circuitos integrados para aplicaciones específicas o microsistemas electromecánicos (MEMS). Los proyectos pueden incluir la selección de materiales, el diseño y la simulación, la microfabricación y la caracterización de los dispositivos, hasta donde lo permita la infraestructura del Instituto Tecnológico.

9. Proyecto de asignatura

Proyecto: Se sugiere el desarrollo de un Sensor de Temperatura de Alta Precisión para Aplicaciones Industriales

Fundamentación: En muchas industrias, la medición precisa de la temperatura es crucial para garantizar la calidad del producto, el control de procesos y la seguridad. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sensor de temperatura de alta precisión que sea adecuado para aplicaciones industriales. Los estudiantes aplicarán los conocimientos adquiridos en la materia de Miniaturización e Integración de Dispositivos Semiconductores para diseñar y fabricar un sensor que cumpla con los requisitos de precisión, estabilidad y robustez necesarios en entornos industriales.

Planeación: Definición del problema: Identificar los desafíos y necesidades relacionados con la medición de temperatura en entornos industriales. Considerar factores como la precisión requerida, la resistencia a condiciones ambientales adversas y la interfaz con sistemas de control y monitoreo.

1. Definición del problema: Identificar los desafíos y necesidades relacionados con la medición de temperatura en entornos industriales. Considerar factores como la precisión requerida, la resistencia a condiciones ambientales adversas y la interfaz con sistemas de control y monitoreo.
2. Investigación y análisis: Realizar una investigación exhaustiva sobre tecnologías de sensores de temperatura, métodos de medición y técnicas de compensación de errores. Analizar las especificaciones y estándares relevantes en el campo de las aplicaciones industriales.



3. Diseño del sensor: Utilizar herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) para desarrollar el diseño del sensor de temperatura. Considerar aspectos como la selección de materiales, la geometría del sensor, la interfaz de salida y la compensación de errores.
4. Simulación y verificación: Utilizar software de simulación para evaluar el rendimiento del sensor de temperatura diseñado. Realizar análisis de sensibilidad, estudios de estabilidad y pruebas de respuesta térmica. Verificar que el diseño cumpla con las especificaciones y los requisitos.

Ejecución:

1. Fabricación del sensor: Utilizar técnicas de fabricación de semiconductores o técnicas de microfabricación para producir el sensor de temperatura diseñado. Esto puede incluir el depósito de capas, la litografía y el grabado.
2. Pruebas y calibración: Realizar pruebas exhaustivas en el sensor de temperatura fabricado para evaluar su rendimiento y precisión. Calibrar el sensor utilizando referencias de temperatura conocidas y realizar ajustes si es necesario.
3. Evaluación y análisis de rendimiento: Comparar los resultados de las pruebas con las especificaciones y requisitos establecidos. Evaluar la precisión, la estabilidad, la respuesta térmica y la robustez del sensor en condiciones industriales simuladas o reales.

Evaluación del proyecto:

Presentación y documentación: Preparar una presentación del proyecto que incluya la fundamentación, los pasos de planeación, ejecución y evaluación, así como los resultados obtenidos. Elaborar un informe técnico detallado que documente el diseño, la fabricación y las pruebas realizadas.

Este proyecto permite a los estudiantes abordar un aspecto innovador y relevante al diseñar y fabricar un sensor de temperatura de alta precisión para aplicaciones industriales. A través de la fundamentación, la planeación, la ejecución y la evaluación, los estudiantes desarrollarán habilidades en diseño de sensores, fabricación de dispositivos y evaluación de rendimiento en condiciones industriales. Además, el proyecto promoverá el trabajo en equipo, la resolución de problemas y la aplicación de conocimientos teóricos.

10. Evaluación de saberes, habilidades y destrezas

Evaluación del conocimiento teórico:

Exámenes escritos: Realizar pruebas escritas que evalúen el conocimiento teórico de los estudiantes sobre los conceptos fundamentales de la miniaturización e integración de dispositivos semiconductores.

Trabajos de investigación: Solicitar a los estudiantes que realicen investigaciones sobre temas específicos relacionados con la asignatura y presenten informes escritos que demuestren su comprensión del tema.

Evaluación de habilidades técnicas:

Proyectos prácticos: Asignar proyectos prácticos en los que los estudiantes deban aplicar los conceptos aprendidos para diseñar, fabricar o analizar dispositivos semiconductores.



Evaluar el resultado final del proyecto, así como los informes y presentaciones que los estudiantes entreguen.

Laboratorios y prácticas: Realizar evaluaciones prácticas en el laboratorio donde los estudiantes deban realizar tareas específicas, como la fabricación de dispositivos o la caracterización de materiales. Observar su desempeño y evaluar su habilidad para utilizar los equipos y seguir los procedimientos correctamente.

Evaluación de habilidades de resolución de proyectos basados en problemas reales:

Estudios de casos: Presentar a los estudiantes estudios de casos que involucren desafíos reales relacionados con la miniaturización e integración de dispositivos semiconductores. Se pedirá que analicen el problema, propongan soluciones y justifiquen sus decisiones.

Resolución de problemas prácticos: Plantear problemas prácticos relacionados con la asignatura y solicitar a los estudiantes que los resuelvan utilizando los conocimientos y habilidades adquiridos. Evaluar su capacidad para identificar y analizar el problema, así como para proponer soluciones efectivas.

Evaluación de habilidades de trabajo en equipo:

Proyectos grupales: Asignar proyectos en equipos donde los estudiantes deban colaborar y trabajar en conjunto para lograr los objetivos del proyecto. Evaluar su capacidad para comunicarse, colaborar y distribuir tareas de manera efectiva.

Evaluación de pares: Implementar evaluaciones de pares donde los estudiantes evalúen el desempeño y la contribución de sus compañeros de equipo. Esto puede ayudar a identificar la participación individual y fomentar la responsabilidad compartida.

Es importante diseñar una variedad de métodos de evaluación que permitan evaluar diferentes aspectos de los saberes, habilidades y destrezas adquiridos por los estudiantes. Además, se debe brindar retroalimentación constructiva para ayudar a los estudiantes a identificar áreas de mejora y seguir desarrollando sus habilidades en las tecnologías de dispositivos semiconductores.

11. Referencias

1. Sze, S. M., & Ng, K. K. (2007). Physics of semiconductor devices. Wiley-Interscience.
2. Bhattacharya, P. (2011). Semiconductor optoelectronic devices: introduction to physics and simulation. Academic Press.
3. Streetman, B. G., & Banerjee, S. K. (2016). Solid state electronic devices. Pearson.
4. Colinge, J. P., & Greer, J. C. (Eds.). (2016). Nanowire transistors: physics of devices and materials in one dimension. Cambridge University Press.
5. Chen, J. (Ed.). (2016). Micro and nano manipulation of atoms and clusters. Springer.
6. C. C. Hu, "Modern Semiconductor Devices for Integrated Circuits," Prentice Hall, 2010
7. Liu, Y., & Zhang, G. (2019). Introduction to microfabrication. John Wiley & Sons.



8. Hsu, C. W., Liu, C. T., & Huang, C. T. (2016). Micro/nano manufacturing. World Scientific.
9. Ranganathan, M., & Jog, S. (2019). Advanced semiconductor processing and characterization technologies: A low-cost route to semiconductor technologies. CRC Press.
10. Chen, W. J., & Chang, E. Y. (2013). Handbook of RF and microwave power amplifiers. Cambridge University Press.
11. Schubert, E. F., & Kim, J. K. (2017). Science and technology of organic light-emitting devices. CRC Press.
12. Blaabjerg, F., Chen, Z., & Kjaer, S. B. (2006). Power electronics as efficient interface in dispersed power generation systems. IEEE Transactions on Power Electronics, 21(2), 493-499.
13. Chen, S., Xu, J., & Wong, C. P. (Eds.). (2015). Advanced MEMS packaging. Springer.
14. Zhang, L., Sun, Y., & Lee, K. C. (2018). Photonic microresonator research and applications. Springer.
15. Pierret, R. F. (2012). Semiconductor device fundamentals. Addison-Wesley.
16. Fischetti, M. V., & Laux, S. E. (2001). Band structure, deformation potentials, and carrier mobility in strained Si, Ge, and SiGe alloys. Journal of Applied Physics, 89(11), 5815-5875.