

**FITXA IDENTIFICATIVA****Dades de l'Assignatura**

Codi	36543
Nom	Física i Nanotecnologia de Semiconductors
Cicle	Grau
Crèdits ECTS	6.0
Curs acadèmic	2020 - 2021

Titulació/titulacions

Titulació	Centre	Curs	Període
1105 - Grau en Física	Facultat de Física	4	Segon quadrimestre

Matèries

Titulació	Matèria	Caràcter
1105 - Grau en Física	16 - Complementos de Física	Optativa

Coordinació

Nom	Departament
MARTINEZ PASTOR, JUAN PASCUAL	175 - Física Aplicada i Electromagnetisme
SEGURA GARCIA DEL RIO, ALFREDO	175 - Física Aplicada i Electromagnetisme

RESUM

La «Física i Nanotecnologia de Semiconductors» és una assignatura de caràcter optatiu que s'imparteix en el segon quadrimestre de quart curs dels estudis del Grau en Física i consta de 6 crèdits ECTS, dels quals 4,5 són teòrics i 1,5 són de laboratori.

L'objectiu d'aquesta matèria és proporcionar als estudiants una introducció a les propietats bàsiques dels semiconductors (estructura electrònica, estadística d'electrons i buits, dispersió de portadors, generació i recombinació de portadors fora d'equilibri, propietats òptiques) i mostrar com aquestes propietats es modifiquen en estructures de baixa dimensionalitat (pos, fils i punts quàntics) i determinen les característiques, eficiència i limitacions d'alguns dispositius electrònics i optoelectrònics bàsics.



CONEIXEMENTS PREVIS

Relació amb altres assignatures de la mateixa titulació

No heu especificat les restriccions de matrícula amb altres assignatures del pla d'estudis.

Altres tipus de requisits

Mecànica i Ones, Electromagnetisme, Òptica, Física Quàntica, Mecànica Quàntica, Física de l'Estat Sòlid, Física Estadística.

COMPETÈNCIES

1105 - Grau en Física

- Posseir i comprendre els fonaments de la física en els aspectes teòrics i experimentals, així com el bagatge matemàtic necessari per a la seua formulació.
- Saber aplicar els coneixements adquirits a l'activitat professional, saber resoldre problemes i elaborar i defensar arguments, recolzant-se en els dits coneixements.
- Ser capaç de reunir i interpretar dades rellevants per emetre judicis.
- Resolució de problemes: ser capaç d'avaluar clarament els ordres de magnitud, de desenvolupar una percepció de les situacions que són físicament diferents però que mostren analogies, per permetre, doncs, l'ús de solucions conegudes a problemes nous.
- Modelització i resolució de problemes: ser capaç d'identificar els elements essencials d'un procés/situació i d'establir-ne un model de treball. Ser capaç de realitzar les aproximacions requerides amb l'objecte de reduir un problema fins a un nivell manejable. Pensament crític per construir models físics.
- Cultura general en física: haver-se familiaritzat amb les àrees més importants de la física i amb enfocaments que compreguen i relacionen diferents àrees de la física, així com relacions de la física amb altres ciències.
- Investigació bàsica i aplicada: adquirir una comprensió de la naturalesa de la investigació física, de les formes en què es du a terme, i de com la investigació en física és aplicable a molts camps diferents, per exemple l'enginyeria; habilitat per dissenyar procediments experimentals i/o teòrics per: (i) resoldre els problemes corrents en la investigació acadèmica o industrial; (ii) millorar els resultats existents.
- Destreses generals i específiques en llengües estrangeres: haver millorat el domini de l'anglès (o d'una altra llengua estrangera d'interès) mitjançant: accés a bibliografia fonamental, comunicació oral i escrita (anglès científicotècnic), cursos, estudis a l'estranger, reconeixement de crèdits en universitats estrangeres etc.
- Cerca de bibliografia: ser capaç de buscar i utilitzar bibliografia en física i altra bibliografia tècnica, així com qualsevol font d'informació rellevant per a treballs d'investigació i desenvolupament tècnic de projectes.



- Capacitat d'aprenentatge: ser capaç d'iniciar-se en nous camps de la física i de la ciència i la tecnologia en general, a través de l'estudi independent.
- Comunicació oral i escrita: ser capaç de transmetre informació, idees, problemes i solucions mitjançant l'argumentació i el raonament propis de l'activitat científica, utilitzant els conceptes i les eines bàsiques de la física.
- Que els estudiants hagen demostrat posseir i comprendre coneixements en una àrea d'estudi que parteix de la base de l'educació secundària general, i se sol trobar a un nivell que, si bé descansa en llibres de text avançats, inclou també alguns aspectes que impliquen coneixements procedents de l'avantguarda del seu camp d'estudi.
- Que els estudiants sàpien aplicar els seus coneixements al seu treball o vocació d'una forma professional i posseïsquen les competències que solen demostrar-se per mitjà de l'elaboració i defensa d'arguments i la resolució de problemes dins de la seua àrea d'estudi.
- Que els estudiants tinguen la capacitat d'arreglar i interpretar dades rellevants (normalment dins de la seua àrea d'estudi) per emetre judicis que incloguen una reflexió sobre temes rellevants d'índole social, científica o ètica.
- Que els estudiants puguin transmetre informació, idees, problemes i solucions a un públic tant especialitzat com no especialitzat.
- Que els estudiants hagen desenvolupat aquelles habilitats d'aprenentatge necessàries per a emprendre estudis posteriors amb un alt grau d'autonomia.

RESULTATS DE L'APRENTATGE

- Coneixement dels paràmetres bàsics de l'estructura electrònica d'un semiconductor.
- Coneixements de l'estadística d'electrons i buits i el paper de les impureses acceptores i donores.
- Coneixement dels fenòmens bàsics de transport en semiconductors intrínsecs i extrínsecs.
- Comprensió del comportament de portadors fora d'equilibri i del paper que juguen en els dispositius electrònics.
- Comprensió de la relació entre l'estructura electrònica i les propietats òptiques d'un semiconductor.
- Comprensió de la modificació de la estructura electrònica en sistemes de baixa dimensionalitat respecte a la del material massiu.
- Comprensió de la física bàsica de la unió p-n i de la relació entre la seua estructura electrònica i les seues característiques i aplicacions.
- Comprensió dels esquemes de bandes dels diferents tipus de heterounions i de l'ús d'aqueixos esquemes per a determinen les característiques i aplicacions.
- Comprensió bàsica de les bases físiques de la detecció de llum pels dispositius semiconductors.
- Comprensió bàsica de l'emissió de llum per LEDs i làsers semiconductors.



DESCRIPCIÓ DE CONTINGUTS

1. Estructures cristal·lina i estructura electrònica dels semiconductors

Estructura cristal·lina d'alguns semiconductors. Estructures de bandes dels semiconductors IV, III-V i II-VI. Paràmetres bàsics de l'estructura electrònica: banda prohibida i masses efectives. Semiconductors directes i indirectes.

2. Estadística d'electrons i forats i propietats de transport

S'introduirà el concepte de densitat d'estats i, partint de l'estadística de Fermi-Dirac en un semiconductor intrínsec, es veurà com la concentració d'electrons i forats està determinada per la temperatura, el gap i les masses efectives. S'estudiaran les modificacions que aporta el dopat amb impureses donantes i acceptores, que permeten controlar el nivell de Fermi i fan possibles els dispositius electrònics. Partint primer d'un model molt simple, com el model de Drude, s'introduiran els paràmetres de transport per a, en un segon pas, donar una versió senzilla de l'equació de Boltzmann i mostrar com permet abordar problemes de transport més complexos, com la difusió o l'efecte termoelèctric.

3. Dispersió de portadors i portadors fora d'equilibri

S'introdueix el concepte de probabilitat de dispersió i temps de relaxació i s'estudia la dispersió dels portadors per impureses ionitzades i vibracions de la xarxa. Es discuteix la dependència de la mobilitat amb la temperatura. S'introdueixen els conceptes de generació i recombinació de portadors i la diferència entre difusió i arrossegament de portadors, arribant a la relació d'Einstein i l'equació de difusió.

4. Propietats òptiques dels semiconductors

S'introdueixen els paràmetres òptics i la seua relació amb la funció dielèctrica a partir d'un model senzill d'absorció ressonant. S'estudia l'absorció fonamental entorn del gap distingint entre els llindars d'absorció per a semiconductors directes i indirectes. S'introdueix el concepte d'excitació i les relacions d'Einstein entre emissió espontània i estimulada tractant la fotoluminiscència.

5. Sistemes electrònics de baixa dimensionalitat: estructura electrònica

Pous, fils i punts quàntics. Estats electrònics en un sistema 2D. Densitat d'estats en sistemes de baixa dimensionalitat. Nivell de Fermi en un sistema 2D. Pous de potencial triangulars i quadrats. Pous acoblats i superredes. Fils quàntics. Punts quàntics.



6. Tecnologia de semiconductors, dispositius i nanoestructuras

Síntesis i creixement cristal·lí de semiconductors. Creixement epitaxial per feix molecular i metalorgànic. Fabricació de dispositius: epitàxia i fotolitografia. Tècniques de capa prima. Creixement de nanoestructures semiconductores.

7. Unions p-n, heterouniones, díodes Schottky i dispositius MOS

Esquema de bandes. Característiques $I(V)$ i $C(V)$. Unió entre semiconductors degenerats. El díode túnel. Heterouniones: esquemes de bandes. Efecte Schottky. Unions metall semiconductor. Estructura del díode M.O.S.: inversió i acumulació. Característiques $C(V)$.

8. Sistemes electrònics de baixa dimensionalitat: propietats òptiques i de transport

Propietats òptiques de sistemes de baixa dimensionalitat: excitons en pous, fils i punts quàntics. Transport en sistemes de baixa dimensionalitat. Transport balístic. Dispositius d'efecte túnel.

9. Fotodetectores i cèl·lules solars: dispositius 3D i nanoestructures

El díode PN sota il·luminació. Fotodetectores. Espectre fotovoltaic. Cèl·lules solars. Paràmetres de rendiment. Rendiment màxim i valor òptim del gap. Limitacions del rendiment: efecte de la resistència interna i pèrdues de la barrera. Tipus de cèl·lules solars. Fotodetectores i cèl·lules solars nanoestructurades.

10. Dispositius emissors: leds i làsers semiconductors 3D i nanoestructurats

Emissió de llum per un díode. Rendiment d'electroluminescència. Díode electroluminiscent. Bases físiques del làser semiconductor. Inversió de la població, guany i maneres. Làsers d'unió: corrent llindar. Làsers basats en estructures semiconductoras. Emissors quàntics i Qbits basats en nano estructures.

**VOLUM DE TREBALL**

ACTIVITAT	Hores	% Presencial
Classes de teoria	45,00	100
Pràctiques en laboratori	15,00	100
Lectures de material complementari	5,00	0
Preparació d'activitats d'avaluació	15,00	0
Preparació de classes de teoria	30,00	0
Preparació de classes pràctiques i de problemes	25,00	0
Resolució de casos pràctics	15,00	0
TOTAL	150,00	

METODOLOGIA DOCENT**Classes teòriques:**

S'establiran les bases de la Física de Semiconductors, introduint els aspectes fonamentals i derivant les propietats elèctriques i òptiques dels semiconductors de cara a comprendre com determinen el seu ús en dispositius electrònics.

Classes de problemes:

Es realitzen exercicis complementaris orientats fonamentalment a entendre els ordres de magnitud dels diferents paràmetres físics d'un semiconductor i les diferents figures de mèrit dels dispositius electrònics.

Sessions de laboratori:

Les pràctiques de laboratori es realitzaran en grups reduïts. Els estudiants treballen en grup en la presa de dades i discussió dels resultats, en una anàlisi preliminar.

AVALUACIÓ**Part teòric-pràctica:**

- Exàmens escrits: en la part de teoria s'avaluarà fonamentalment la comprensió de les propietats i processos físics en els semiconductors i dispositius.
- Treball bibliogràfic sobre un semiconductor concret, descrivint les seues propietats i com aquestes determinen aplicacions preferents.
- Avaluació contínua: s'avaluarà la realització de problemes proposats durant el curs.

Part experimental:

- Avaluació contínua: Control individual del treball en el laboratori i de l'elaboració de dades, resultats i conclusions de cada pràctica mitjançant un qüestionari.
- Avaluació final: exposició de les bases físiques, metodologia i resultats d'una pràctica.



Almenys el 30% de la nota de l'assignatura correspondrà a una avaluació contínua.

REFERÈNCIES

Bàsiques

- "Fundamentos de electrónica física y microelectrónica", J.M. Albella, J.M. Martínez-Duart, Ed. Addison-Wesley/U.A. Madrid, 1996.
- "Physique des semiconducteurs et des composants électroniques", H. Mathieu, Masson, Paris, 1998.

Complementàries

- "Basic semiconductor Physics", C. Hamaguchi, Springer-Verlag, Berlín 2001
- "Semiconductor physics", K. Seeger, Ed. Springer-Verlag, Berlín, 1982.
- "Física del estado sólido y de semiconductores", J.P. McKelvey, Ed. Limusa, Méjico, 1976.

ADDENDA COVID-19

Aquesta addenda només s'activarà si la situació sanitària ho requereix i previ acord del Consell de Govern

ADDENDA GENÈRICA A la GUIA DOCENT

D'acord amb els nous ajustos de la docència de les titulacions oficials de la UVEG per a l'inici del segon quadrimestre del curs 2020-21, i que es recull en la resolució de la rectora de la Universitat de València, de 28 de gener de 2021, <https://links.uv.es/8kXO6vG> afegim aquesta addenda genèrica a les Guies Docents de les assignatures de segon quadrimestre:

METODOLOGIA DOCENT:

Durant el mes de febrer 2021, la docència de teories i seminaris-treballs tutelats, passen a modalitat de videoconferència síncrona impartida en l'horari fixat per l'assignatura i el grup.

A partir de l'1 de març, se seguirà la modalitat docent indicada en la Guia Docent i a les modalitats docents aprovades en les Comissions Acadèmiques de Títol dels mesos de juliol 2020 i novembre 2020, respectivament, tret que les autoritats sanitàries i Rectorat indiquin una nova reducció de presencialitat, en aquest cas es tornaria a la modalitat de videoconferència síncrona.