



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Фізика твердого тіла

Шифр та назва спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка,
176 – Мікро- та наносистемна техніка

Інститут

ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

Освітня програма

Стала та відновлювана енергетика: електрична та мікроелектронна інженерія

Кафедра

Мікро- та наноелектроніки (167)

Рівень освіти

Магістр

Тип дисципліни

Вибіркова, Вирівнювальна підготовка

Семестр

1

Мова викладання

Українська, англійська

Викладачі, розробники



Зайцев Роман Валентинович

roman.zaitsev@khp.edu.ua

Доктор технічних наук, доцент, старший дослідник, завідувач кафедри

Має більш ніж 300 наукових та навчально-методичних праць, з них 67 у виданнях включених до наукометричних баз Scopus та Web of Science, 2 монографії, 2 підручники, 4 навчальні посібники та 12 патентів України на корисну модель. Керівник та виконавець більш ніж 10 науково-дослідних робіт в сфері сонячної енергетики.

Основні дисципліни:

- «Оптоелектронні прилади та матеріали»;
- «Розробка новітніх конструкційно-технологічних рішень та методи атестації перетворювачів енергії сонячного випромінювання»;
- «Плівкові оптоелектронні приладові структури»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Курс фізики твердого тіла знайомить з фундаментальними поняттями, законами і теоріями та сучасними уявленнями про явища, які відбуваються в твердих тілах і за їхньою участю, основними методами розв'язування задач. Це забезпечить ефективне опанування спеціальних дисциплін і подальшу можливість використання фізичних принципів у галузі відновлюваної енергетики.

Мета та цілі дисципліни

Забезпечити майбутніх інженерів базою теоретичної підготовки з фундаментальних знань властивостей твердих тіл особливо квазічастинок в цих тілах, які є основою їх застосування в мікро- і наноелектроніці; сформувати навички усвідомлення фізичного змісту інженерних проблем; розвинути здатність до практичного застосування фундаментальних знань у галузі відновлюваної енергетики.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, самостійна робота, розрахунково-графічне завдання, консультації.
Підсумковий контроль – залік.

Компетентності

ЗК4. Здатність проводити досліджень на відповідному рівні.

СК3. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові й технічні методи для вирішення науково-технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також мікро- та наносистемної техніки, оцінювати отримані результати.

СК6. Здатність розробляти й реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти у сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також мікро- та наносистемної техніки.

СК7. Здатність проектувати та впроваджувати ефективні, надійні й безпечні, зв'язані з мережею та автономні електрогенеруючі установки й станції, що використовують відновлювані джерела енергії, зокрема фотоелектричні.

Результати навчання

РН1. Формулювати й розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або наукові задачі під час проектування, виготовлення і дослідження електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів і систем, а також мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у бізнес-проектах.

РН3. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері електроенергетики, електротехніки, електромеханіки, а також мікро- та наноелектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності.

РН7. Будувати й досліджувати фізичні, математичні й комп'ютерні моделі об'єктів та процесів електроенергетики, електротехніки, електромеханіки, а також мікро- та наноелектроніки.

РНс2.1. Обирати і застосовувати відповідні методи проектування і дослідження роботи мікро- та наносистемної техніки для систем відновлюваної генерації енергії.

РНс2.3. Визначати напрямки модернізації технологічних аспектів виробництва пристроїв мікро- та наносистемної техніки для систем відновлюваної генерації, зокрема фотоелектричних.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 90 год. (3 кредити ECTS):

лекції – 32 год., практичні заняття - 16 год., самостійна робота – 42 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Без пререквізитів

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. На практичних заняттях використовується проблемне навчання, кейс-метод, метод зворотного зв'язку з боку студентів.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Змістовний модуль 1. Динаміка кристалічної решітки.

Тема 1.1. Види і енергія зв'язку в твердих тілах.

Утворення твердих тіл, енергія зв'язку і температура плавлення, рівноважна відстань між атомами, розрахунок енергії зв'язку.

Тема 1.2. Коливання решітки

Спектр власних частот ланцюжка з атомів одного і двох сортів. Поняття про фонони.

Тема 1.3. Теплоємність

Моделі теплоємності, залежність від температури для різної розмірності решітки. Спектральна щільність фононів. Взаємодія фононів, теплове розширення і теплопровідність.

Змістовний модуль 2. Електрони в твердому тілі.

Тема 2.1. Особливості поведінки електронів в металі

Поняття про поверхню Фермі. Вплив кристалічної решітки на рух електрона, рівняння Шреденгера в кристалі, функція Блоха, поняття квазіімпульсу. Зони Бриллюена.

Тема 2.2. Динаміка електрона в кристалічній решітці

Поняття і фізичний сенс ефективної маси. Електрони і дірки. Закон дисперсії електронів в кристалі, енергетичні зони.

Тема 2.3. Побудова зон Бриллюена і поверхонь Фермі

Метод побудови зон Бриллюена, послідовність, заповнення зон. Метод Харисона побудови поверхні Фермі, утворення ізоенергетичних електронних і діркових поверхонь. Щільність електронних станів.

Змістовний модуль 3. Електропровідність металів.

Тема 3.1. Формула електропровідності

Зміщення поверхні Фермі в електричному полі, формула Ліфшица. Температурна залежність електропровідності (електроопору). Теплоємність електронного газу і теплопровідність металів.

Тема 3.2. Рух квазічастинок в постійному магнітному полі

Траєкторії руху, їхні характеристики, зв'язок з поверхнею Фермі, циклотронна маса, зв'язок траєкторій в імпульсному і реальному просторах.

Тема 3.3. Електропровідність в магнітному полі

Слабкі поля, ефект Холла. Сильні поля. Залежність електропровідності від магнітного поля.

Тема 3.4. Квантування енергії електрона в магнітному полі

Система енергетичних рівнів в квантуючому магнітному полі. Розподіл електронів в р-просторі і модифікація поверхні Фермі в квантуючому магнітному полі. Щільність станів в квантуючому магнітному полі. Двзонний метал, перехід метал - напівпровідник, метал - діелектрик.

Тема 3.5. Експериментальні методи дослідження енергетичного спектру електронів

Гальваномангнітні методи. Циклотронний резонанс Азбеля-Канера. Радіочастотний розмірний ефект Гантмахера. Магнетоакустичний резонанс Піпарда. Осциляційні квантові ефекти.

Змістовний модуль 4. Напівпровідники.

Тема 4.1. Статистика рівноважних носіїв заряду в напівпровідниках

Загальна характеристика напівпровідників, поняття зонних діаграм, основні позначення. Концентрації носіїв заряду у власних та домішкових напівпровідниках, їхній зв'язок з хімічним потенціалом, температурна залежність концентрації.

Тема 4.2. Неоднорідні напівпровідники. Викривлення зон

Причини залежності хімічного потенціалу від координати. Дифузія електронів і дірок, рівняння для парціальних струмів електронів і дірок, співвідношення Ейнштейна для рухливості і коефіцієнта дифузії. Вбудоване електричне поле, радіус екранування.

Тема 4.3. Нерівноважні носії заряду в напівпровідниках

Час життя, генерація і рекомбінація носіїв заряду, рівняння неперервності. Фотопровідність. Квазірівні Фермі. Амбіполярна дифузія і дрейф носіїв заряду, довжина дифузії і дрейфу. Термоелектричні ефекти в напівпровідниках.

Змістовний модуль 5. Діелектрики.

Тема 5.1. Взаємодія діелектриків з електричним полем

Диполь у зовнішньому електричному полі. Полярні та неполярні молекули. Зв'язок мікро і макроскопічних властивостей діелектриків. Діелектрична проникність та діелектрична сприйнятливність. Теорема Гаусса для поля в діелектриках.

Тема 5.2. Поляризація діелектриків в електричному полі.

Механізми поляризації, залежність діелектричної проникності від частоти електромагнітного поля. Діелектрична релаксація і діелектричні втрати.

Тема 5.3. Сегнетоелектричний фазовий перехід

Елементи теорії Ландау для фазових переходів, термодинамічний потенціал і параметр порядку, типи фазових переходів. Умови стійкості фаз, температура Кюрі-Вейса, спонтанна поляризація, діелектричний гістерезис.

Змістовний модуль 6. Магнітні властивості речовин.

Тема 6.1. Діамагнетизм і парамагнетизм

Магнітне поле в речовині. Намагніченість. Магнітна проникність та магнітна сприйнятливність. Типи магнетиків: парамагнетики, діамагнетики, феромагнетики.

Тема 6.2. Квантова теорія парамагнетизму

Молекулярні струми. Магнітні моменти атомів. Правила заповнення електронних оболонок. Парамагнетизм електронного газу. Отримання низьких температур методом розмагнічування.

Тема 6.3. Феромагнетизм і антиферомагнетизм

Точка Кюрі і обмінний інтеграл. Температурна залежність намагніченості, спінові хвилі, квантування спінових хвиль - магнони, теплове збудження магнонів. Магнітна структура ферромагнетиків і антиферомагнетиків. Феромагнітні домени, магнітний гістерезис, енергія магнітної анізотропії.

Змістовний модуль 7. Надпровідність.

Тема 7.1. Властивості надпровідного стану.

Обернення опору на нуль. Ефект Мейснера. Квантування магнітного потоку. Критичне поле. Два типи надпровідників. Енергетична щільність. Високотемпературна надпровідність.

Тема 7.2. Мікроскопічна теорія надпровідності Бардіна-Купера-Шриффера

Куперовські пари, основний стан надпровідника та одночастинкові збудження. Критична температура надпровідного переходу.

Тема 7.3. Ефект Джозефсона

Стаціонарний і нестаціонарний ефект. Ефект перемикання. Джозефсонівський контакт в магнітному полі, квантовий інтерферометр.

Теми практичних занять

Тема 1. Енергія зв'язку в твердих тілах.

Тема 2. Коливання решітки і теплопровідність.

Тема 3. Електропровідність.

Тема 4. Напівпровідники.

Теми лабораторних робіт

Не передбачені

Самостійна робота

Самостійна робота студентів складається з опрацювання лекційного матеріалу, підготовки до практичних занять, виконання реферату. Студентам також рекомендовано додаткові матеріали (посібники, методичні вказівки) для самостійної роботи.

Реферат на загальну тему "Властивості металів та напівпровідників"

Обсяг: 10-15 с.

Термін подачі: 16-й тиждень.

Реферат має містити вступ, огляд сучасних джерел інформації, узагальнення інформації і висновки.

Робота оформлюється відповідно вимогам СТЗВО-ХПІ-2.01-2021, СТЗВО-ХПІ-3.01-2021, готується її мультимедійна презентація та проводиться захист.

Література та навчальні матеріали

Базова література

1. Introduction to Solid State Physics / Charles Kittel. New York – London – Sydney – Toronto: John Wiley and Sons, Inc. 2005.

2. Physics of solids / Charles A. Wert, Robb M. Thomson. New York – San Francisco – Toronto – London: McGraw-Hill Book Company 1970.
3. Solid State Physics / J.S. Blakemore. London New York New Rochelle Melbourne Sydney: Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
4. Фізика твердого тіла : підручник. В 2-х томах. / Ю. М. Поплавко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – Том 1: Структура, квазічастинки, метали, магнетики. – 415 с.
5. Фізика твердого тіла: навч. посіб./ В.В. Бібик, Т.М. Гричановська, Л.В.Однодворець, Н.І.Шумакова.- Суми: Вид-во СумДУ, 2010.- 200 с.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді заліку (40%) та поточного оцінювання (60%).
 Залік: письмове завдання (3 запитання з теорії + розв'язання задачі) та усна відповідь.
 Поточне оцінювання: усні відповіді під час практичних занять, домашні письмові роботи, реферат.

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

28.08.23



Завідувач кафедри
Роман ЗАЙЦЕВ

28.08.23



Гарант ОП
Костянтин МАХОТІЛО