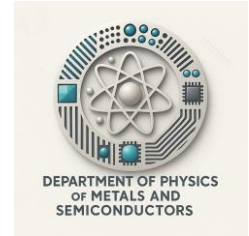




Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



Фізика взаємодії прискорених частинок з твердим тілом

Шифр та назва спеціальності

Е6 - Прикладна фізика та наноматеріали

Інститут

ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

Освітня програма

Прикладна фізика наноматеріалів і радіотехнологій

Кафедра

фізики металів та напівпровідників (165)

Рівень освіти

Магістр

Тип дисципліни

Вибіркова, професійної підготовки

Семестр

2

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Зубарєв Євгеній Миколайович

enzubarev@gmail.com

Доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри фізики металів та напівпровідників НТУ «ХПІ».

Досвід роботи – 44 роки. Автор понад 180 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Атомна дифузія в твердих тілах», «Фізичні властивості матеріалів», «Електроннографія», «Електронно-оптичний аналіз», «Рентгено-флюоресцентний аналіз». Сфера наукових інтересів: електронна мікроскопія, рентгено-структурний аналіз, рентгенівська оптика, дифузія та фазові перетворення в нанорозмірних плівкових системах, взаємодія прискорених частинок з твердим тілом.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

В даному курсі студенти вивчають основи фізики взаємодії прискорених частинок з твердим тілом, а саме: кінематику парного зіткнення, розсіяння частинок в центральному полі сил, наближені методи рішення задачі розсіяння, потенціали атом-атомної взаємодії, аналітичне розв'язання задачі розсіяння частинок у випадку кулонівського потенціалу та квадратичного потенціалу Нільсена в загальному випадку та в імпульсному наближенні, втрати енергії прискорених частинок в твердому тілі в пружних та непружних зіткненнях, пробіги іонів та профілі розподілу енергії, виділеної по глибині мішені, каскади атомних зіткнень, первинні та вторинні радіаційні дефекти, механізми розпилення твердих тіл. Особливу увагу приділено закономірностям формування дефектної структури матеріалів уздовж траєкторії прискореної частинки у твердому тілі. Курс є базовим для задач прикладної фізики для отримання необхідних

властивостей та параметрів фізичними об'єктами, для створення нових сучасних матеріалів із заданими властивостями та радіаційно стійких матеріалів..

Мета та цілі дисципліни

Мета вивчення та засвоєння матеріалу з навчальної дисципліни полягає в формуванні у студентів основних понять про взаємодію прискорених частинок з атомами твердого тіла і фізичних процесів, які виникають у твердому тілі під час їх гальмування і подальшому відпалі. Вивчаються методи комп'ютерного моделювання розподілу в твердому тілі імплантованих частинок, радіаційних вакансій, власних міжвузловинних атомів і іонізацій, енергетичних та кутових характеристик розпиленних частинок. Отримуються знання для вирішення задач прикладної фізики по створенню перспективних твердотільних матеріалів для роботи в умовах реакторного опромінення.

Формат занять

Лекції, лабораторні роботи, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – залік.

Компетентності

1. ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
2. ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
3. ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
4. СК2. Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів.
6. СК7. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.
7. СК8. Здатність працювати в колективах виконавців, у тому числі в міждисциплінарних проектах.

Результати навчання

Результати навчання передбачають отримання знань щодо закономірностей радіаційних порушень поверхневої та об'ємної структури твердих тіл під час опромінення їх прискореними частинками, а також для створення моделей цілеспрямованої зміни хімічного складу, структури, напруженого стану, фізичних властивостей матеріалів, морфології поверхонь, а також стабілізації їх поведінки в різних умовах зовнішнього опромінення.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредити ECTS): лекції – 32 год., лабораторні роботи – 16 год., самостійна робота – 72 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно знати основні поняття з курсів: вища математика, загальна фізика, кристалографія, методи рентгено-структурного аналізу, електронної мікроскопії.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

В рамках даної дисципліни студенти виконують індивідуальне домашнє завдання (ІДЗ).

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Кінематика парного зіткнення частинок

Основні визначення і фізичні припущення. Парні зіткнення частинок в лабораторній системі координат і в системі центра мас. Умова застосування класичної механіки.

Тема 2. Розсіяння частинок в центральному полі сил

Зведення задачі про розсіяння двох частинок до задачі руху однієї частинки в центральному полі сил. Рішення задачі про рух частинки в центральному полі. Переріз розсіяння. Алгоритм обчислення середньої енергії первинно вибитих атомів при зіткненні зі сторонньою частинкою.

Тема 3. Наближені методи рішення задачі розсіяння

Імпульсне наближення. Наближення твердих сфер.

Тема 4. Потенціали атом-атомної взаємодії

Міжатомні сили. Наближені потенціали атом-атомної взаємодії. Функції екранування кулонівського потенціалу. Класифікація іонів в ядерному реакторі.

Тема 5. Розв'язання задач розсіяння частинок у випадку ступеневих потенціалів атом-атомної взаємодії

Аналітичне розв'язання задачі розсіяння частинок у випадку кулонівського потенціалу (загальний випадок). Аналітичне розв'язання задачі розсіяння частинок у випадку кулонівського потенціалу (імпульсне наближення). Умови застосування кулонівського потенціалу іон-атомної взаємодії. Аналітичне розв'язання задачі розсіяння частинок у випадку квадратичного потенціалу взаємодії Нільсена (загальний випадок). Аналітичне розв'язання задачі розсіяння частинок у випадку квадратичного потенціалу взаємодії Нільсена (імпульсне наближення).

Тема 6. Втрати енергії прискорених частинок в твердому тілі

Пружні (ядерні) втрати енергії. Непружні (електронні) втрати енергії.

Співвідношення ядерних (пружних) і електронних (непружних) втрат енергії в залежності від швидкості іонів. Втрати енергії на збудження фонових.

Тема 7. Пробіги іонів, профілі розподілу іонів і виділеної енергії по глибині мішені

Типи пробігів прискорених іонів у твердому тілі. Функції пробігів, ядерних та електронних втрат енергії. Рівняння для траєкторного пробігу іонів. Метод моментів функцій розподілу. Рішення рівняння для траєкторного пробігу іонів. Апроксимація профілів розподілу пробігів функціями Пірсона. Метод Монте-Карло побудови профілів розподілу імпантованих іонів і виділеної енергії.

Тема 8. Каскад атомних зіткнень

Каскадна функція. Модель Кінчина-Піза. Каскад при великих енергіях первинно вибитого атома. Ефект каналірування. Вплив каналірування на розподіл імпантованих атомів по глибині мішені. Каскад при низьких енергіях. Фокусування співударів. Теплові піки.

Тема 9. Точкові дефекти в опромінених металах

Пари Френкеля. Точкові дефекти в ГЦК-, ОЦК- та ГЦП- металах. Енергетичні характеристики точкових дефектів та методи їх визначення. Відпал точкових дефектів в опромінених металах.

Тема 10. Вторинні радіаційні дефекти

Дислокаційні петлі проникнення і віднімання в металах. Вплив механічних напружень на зародження та зростання дислокаційних петель. Теорії радіаційної плинності. Домішково-вакансійні комплекси в опромінених металах. Радіаційні пори.

Тема 11. Розпилення твердих тіл іонним бомбардуванням

Механізми розпилення твердих тіл. Коефіцієнт розпилення, порогова енергія розпилення. Залежність коефіцієнта розпилення від енергії прискорених атомів, співвідношення атомних мас, кута падіння та температури мішені. Характеристика розпилених частинок.

Теми практичних занять

Практичні заняття в рамках дисципліни не передбачені.

Теми лабораторних робіт

Робота 1. Побудова профілів розподілу імпантованих частинок і виділеної енергії у твердих тілах методом функцій Пірсона.

Робота 2. Комп'ютерне моделювання процесів взаємодії прискорених частинок з однокомпонентною мішенню.

Робота 3. Комп'ютерне моделювання процесів взаємодії прискорених частинок з багатокомпонентною мішенню.

Робота 4. Комп'ютерне моделювання процесів взаємодії прискорених частинок з шаруватою мішенню.

Робота 5. Комп'ютерне моделювання процесу розпилення твердих тіл під впливом прискорених частинок

Самостійна робота

Студенти самостійно опрацьовують лекційний матеріал і вивчають теми та питання, які не викладаються на лекційних заняттях. Студенти готуються до контрольних робіт, самостійно оформлюють лабораторні роботи і готуються до їх здавання викладачу. Виконують індивідуальне завдання по комп'ютерному моделюванню процесів іонної імпантації і розпилення поверхні

твердих тіл та побудові профілей розподілу імплантованих частинок та радіаційних дефектів в твердому тілі

Література та навчальні матеріали

Основна:

1. M.W. Thomson Defects and radiation damage in metals. – Cambridge: University Press , 1969. - 356 p.
2. Chr. Lehmann. Interaction radiation with solids and elementary defect production. – Amsterdam: Elsevier, 1977. – 341 p.
3. J.K. Hirvonen. Ion implantation. – New York : Academic Press, 1985. – 392 p.
4. Субмікронні та нанорозмірні структури електроніки: Підручник / З.Ю. Готра, Б.А. Лукіянець, В.П. Махній, С.В. Павлов, Л.Ф. Політанський, Е. Потенські.- Черновці: Видавництво “Технологічний центр”, 2014. – 839 с.
5. Sputtering by particle bombardment. I. Physical sputtering of single element solids. Topics in applied physics. vol. 47/ edited by R. Behrish. – Berlin: Springer, 1983. – 335 p.

Додаткова:

6. Зелев С.П, Рабоча Л.С., Шпетний І.О.. Оптика електронно-променевиx приладів – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 208 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) та усна доповідь.

Поточне оцінювання: 2 онлайн тести (по 10%), лабораторні роботи (20%), ІДЗ (20%),

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/>