



Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



Рентгено-флюоресцентний аналіз

Шифр та назва спеціальності

105 - Прикладна фізика та наноматеріали

Інститут

ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

Освітня програма

Прикладна фізика та наноматеріали для енергетики, медицини, радіоелектроніки та телекомунікацій

Кафедра

фізики металів та напівпровідників (165)

Рівень освіти

Бакалавр

Тип дисципліни

Вибіркова

Семестр

8

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Зубарев Євгеній Миколайович

enzubarev@gmail.com

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

Досвід роботи – 42 роки. Автор понад 180 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Атомна дифузія в твердих тілах», «Фізичні властивості матеріалів», «Електронографія», «Радіаційна стійкість матеріалів», «Рентгено-флюоресцентний аналіз». Сфера наукових інтересів електронна мікроскопія, рентгено-структурний аналіз, рентгенівська оптика, дифузія та фазові перетворення в нанорозмірних плівкових системах.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

В даному курсі студенти вивчають основи фізики рентгенівських променів: електромагнітні хвилі, рентгенівське випромінювання, процеси, що ведуть до виникнення рентгенівських променів, суцільний рентгенівський спектр, характеристичний рентгенівський спектр, взаємодію рентгенівського випромінювання з речовиною, методи реєстрації рентгенівського випромінювання, основні принципи рентгенівського аналізу. Основну увагу приділено фізичним принципам побудови двох методів рентгено-флюоресцентного аналізу - хвиледисперсійного рентгено-флюоресцентного аналізу та енергодисперсійного рентгено-флюоресцентного аналізу. Курс є базовим для задач прикладної фізики для отримання необхідної інформації про хімічну структуру твердотільних об'єктів при створенні нових сучасних матеріалів із наперед заданими

фізичними властивостями. Призначений для студентів фізичних, інженерно – технічних спеціальностей 10 галузі знань – «природничі науки».

Мета та цілі дисципліни

Мета вивчення та засвоєння матеріалу з навчальної дисципліни полягає в формуванні у студентів основних понять про природу рентгенівських променів та їх взаємодію з речовинами, яка призводить до виникнення характеристичного рентгенівського спектру. Спектральні лінії характеристичного рентгенівського спектру використовуються в якості аналітичних ліній при якісному і кількісному рентгено-флюоресцентному аналізі. Вивчаються два основних методи рентгено-флюоресцентного аналізу: хвиледисперсійного рентгено-флюоресцентного та енергодисперсійного рентгено-флюоресцентного аналізу, обговорюються їх переваги і недоліки. Отримуються знання для вирішення важливої задачі прикладної фізики по створенню нових матеріалів з особливими фізичними властивостями.

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.
5. СК3. Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження.
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

- P01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.
- P03. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.
- P04. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.
- P05. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.
- P11. Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні.
- P12. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 90 год. (3 кредити ECTS): лекції – 20 год., лабораторні роботи – 20 год., самостійна робота – 50 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

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

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. На лабораторних роботах використовується обладнання кафедри.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Електромагнітні хвилі, рентгенівське випромінювання

Вступ. Електромагнітні хвилі їх властивості. Діапазони електромагнітного випромінювання. Рентгенівське випромінювання. Показник заломлення рентгенівських променів. Основні властивості рентгенівських променів.

Тема 2. Процеси, що ведуть до виникнення рентгенівських променів

Тепловий рух, синхротронний ефект, гальмування заряджених частинок, збудження електронної структури атомів. Рентгенівська трубка. Рентгенівські трубки для рентгено-структурного аналізу (РСА) та рентгено-флюоресцентного аналізу (РФА).

Тема 3. Суцільний рентгенівський спектр

Суцільний спектр, його природа і інтенсивність. Розподіл інтенсивності суцільного спектру в просторі. Одиниці виміру доз опромінення.

Тема 4. Характеристичний рентгенівський спектр

Модель Бора атома водню. Характеристичний спектр атома водню.

Квантові числа багатоелектронних атомів та їх будова. Спектральні рентгенівські лінії. Правила відбору. Характеристичний рентгенівський спектр. Закон Мозлі. Напруга збудження. Змішаний рентгенівський спектр.

Тема 5. Взаємодія рентгенівського випромінювання з речовиною

Когерентне розсіювання рентгенівських променів. Некогерентне розсіювання рентгенівських променів. Ефект Комптона. Поглинання рентгенівських променів. Закони ослаблення рентгенівських променів речовиною. Селективні фільтри поглинання.

Тема 6. Взаємодія електронного пучка із зразком

Розсіяння електронів у твердих тілах. Довжина пробігу електронів та просторовий розподіл електронів первинного пучка. Відбиті електрони. Емітовані електрони з малою енергією (вторинні електрони). Рентгенівське випромінювання. Оже-електрони.

Тема 7. Методи реєстрації рентгенівського випромінювання

Фотореєстрація рентгенівських променів. Іонізаційні детектори. Сцинтиляційні детектори. Твердотільні детектори.

Тема 8. Основні принципи рентгено-флюоресцентного аналізу.

Хвильове диспергування. Диспергування по енергіям квантів.

Тема 9. Хвиледисперсійний рентгено-флюоресцентний аналіз.

Оптична схема спектрометра. Енергетичне розділення та ефективність. Основні характеристики традиційних кристалів - аналізаторів (монохроматорів). Критерій вибору матеріалів для створення нових кристалів – аналізаторів. Монохроматори на основі епітаксійних плівок фулериту С60. Багатошарові рентгенівські дзеркала.

Тема 10. Енергодисперсійний рентгено-флюоресцентний аналіз

Перша підтема. Оптична схема спектрометра.

Енергетичне розділення та ефективність. Підвищення чутливості схеми за допомогою вторинної мішені.

Тема 11. Електронний мікрозондовий рентгено-флюоресцентний аналіз.

Поправки на поглинання, атомний номер та флюоресценцію за рахунок характеристичного та суцільного рентгенівських спектрів. Обговорення метода трьох поправок.

Теми практичних занять

немає

Теми лабораторних робіт

Робота 1. Хвиледисперсійний рентгено-флюоресцентний аналіз. Конструкція і робота спектрометра. Визначення концентрації хімічних елементів в зразках.

Робота 2. Енергодисперсійний рентгено-флюоресцентний аналіз. Конструкція і робота спектрометра. Визначення концентрації хімічних елементів в зразках.

Робота 3. Електронний мікрозондовий рентгено-флюоресцентний аналіз. Конструкція і робота растрового електронного мікроскопа в режимі мікроаналізу. Визначення концентрації хімічних елементів в зразках.

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 розрахунку характеристичних рентгенівських спектрів елементів.

Література та навчальні матеріали

Основна:

1. R. W. James. The optical principles of the diffraction of X-rays. - Ithaca: Cornel University Press, 1967. - 530 p.
2. I.F. Mikhailov, A.A. Baturin, A.I. Mikhailov. Analyzing materials using joint X-ray fluorescence and diffraction spectra.-Cambridge: Cambridge Scholar Publishing, 2020. - 204 p.
3. Practical scanning electron microscopy / Edited by Goldstein J.I. and Yakowitz H. - New York and London: Plenum Press, 1975.-656 p.
4. J. Goldstain. Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis. – U.S: Springer, 2023. – 689 p.
5. D.B. Williams, C.B. Carter. Transmission electron microscopy. A textbook for material science. – New York: Springer science-business media, 2009. – 776 p.

Додаткова:

6. E. Spiller. Soft X-Ray Optics.-Washington: SPIE Press, 1994.-278 p.
7. С.М. Данильченко, В. М. Кузнецов, І. Ю. Проценко. Рентгенодифракційні методи дослідження кристалічних матеріалів: навчальний посібник /.- Суми: Сумський державний університет, 2019.- 135 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/>

Погодження

Силабус погоджено



Завідувач кафедри
Сергій МАЛИХІН



Гарант ОП
Сергій КОЗЛОВ