

І СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Загальна інформація про навчальну дисципліну	
Повна назва навчальної дисципліни	Методи мікроаналізу матеріалів електроніки
Повна офіційна назва закладу вищої освіти	Сумський державний університет
Повна назва структурного підрозділу	Факультет електроніки та інформаційних технологій, кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики
Розробник	Шпетний Ігор Олександрович к. ф.-м. н., доцент
Рівень вищої освіти	Перший рівень вищої освіти; НРК України – 7 рівень; QF-LLL – 6 рівень; FQ-EHEA – перший цикл
Семестр вивчення навчальної дисципліни	8 тижнів протягом 3-го – 4-го семестру
Обсяг навчальної дисципліни	Обсяг навчальної дисципліни становить 5 кредитів ЄКТС, 150 годин, з яких 48 години становить контактна робота з викладачем (16 годин лекцій, 32 години практичних робіт), 102 годин становить самостійна робота
Мова(и) викладання	Українською мовою
2. Місце навчальної дисципліни в освітній програмі	
Статус дисципліни	Вибіркова дисципліна для спеціальності «171 Електроніка», освітня програма «Електронні інформаційні системи»
Передумови для вивчення дисципліни	Необхідними для вивчення дисципліни є знання з: фізика, електронно-променеві прилади і пристрої, наноматеріали і нанотехнології в електроніці.
Додаткові умови	Додаткові умови відсутні
Обмеження	Обмеження відсутні
3. Мета навчальної дисципліни	
Мета викладання дисципліни – надання майбутнім фахівцям теоретичних знань і практичних навичок, необхідних для проведення мікроаналізу матеріалів мікроелектроніки, формування у студентів знань, умінь і навичок, необхідних для успішного їх наукової та професійної підготовки відповідно до державних та європейських стандартів з урахуванням потреб суспільства. Предметом вивчення дисципліни є фізичні процеси, що відбуваються при проведенні мікроаналізу матеріалів мікроелектроніки.	

4. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Спектральні методи аналізу.

Вступ. Класифікація методів мікроаналізу матеріалів електроніки. Історія розвитку методів мікроаналізу. Взаємодія елементарних частинок з поверхнею тіла.

Тема 2. Основи мас-спектрометричного аналізу.

Історія розвитку мас-спектрометрії. Кількісний і якісний аналіз. Структурна схема та принцип роботи мас-спектрометра. Класифікація та маркування мас-спектрометричних приладів. Основні характеристики.

Системи введення проби для аналізу та джерела іонізації мас-спектрометрів.

Іонізація електронним ударом. Польова іонізація та польова десорбція.

Мас-аналізатори.

Класифікація мас-аналізаторів та їх основні характеристики. Статичні аналізатори: конструкція та принцип роботи. Основне рівняння статичної магнітної мас-спектрометрії. Динамічні мас-аналізатори: класифікація, переваги та недоліки. Принцип роботи та конструкція квадрупольного та монопольного динамічних мас-аналізаторів.

Системи реєстрації мас-спектрометричних приладів.

Класифікація. Основні характеристики. Конструкція та принцип роботи систем реєстрації.

Застосування методу ВІМС для дослідження кількісного і якісного мікроаналізу матеріалів.

Конструкція, принцип роботи, переваги та недоліки методу. Основні характеристики.

Тема 3. Люмінесцентний аналіз

Закономірності люмінесценції. Сполуки, які використовуються в люмінесцентному аналізі. Якісний і кількісний люмінесцентний аналіз. Хемілюмінесцентний аналіз.

Тема 4. Основи рентгеноспектрального мікроаналізу.

Фізичні основи методу. Якісний та кількісний рентгенівський мікроаналіз. Застосування методу РМА в дослідженні матеріалів. Отримання та розшифрування рентгенівського спектру. Дифракція рентгенівських променів. Співвідношення Вульфа-Брегга. Розрахунок розміру кристалітів за формулою Дебая-Шеррера.

Тема 5. Основи методу резерфордівського оберненого розсіювання (РОР).

Фізичні основи методу РОР. Визначення елементного складу методом РОР. Можливості методу та його технічне оснащення.

Тема 6. Електронна оже-спектроскопія.

Фізичні основи методу. Структура оже-спектрів. Можливості методу: кількісний аналіз в оже-спектроскопії. Приклади застосування методу оже-спектроскопії. Скануюча (растрова оже-спектроскопія).

Тема 7. Методи скануючої зондової мікроскопії

Скануюча тунельна мікроскопія (СТМ), атомно-силова мікроскопія (АСМ), електросилова мікроскопія (ЕСМ), магнітно-силова мікроскопія (МСМ).

Тема 8. Магнітні методи дослідження властивостей, складу та структури речовини

Метод ядерного магнітного резонансу. Метод СКВІД – магнітометрії. Метод вібраційної магнітометрії.

5. Очікувані результати навчання навчальної дисципліни	
Після успішного вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти зможе:	
PH1.	Працювати на сучасному високотехнологічному обладнанні та проводити кількісний та якісний мікроаналіз матеріалів.
PH2.	Знати конструкцію, основні характеристики і параметри сучасного обладнання для мікроаналізу матеріалів електроніки.
PH3.	Проводити дослідження структури та магнітних властивостей матеріалів електроніки.
PH4.	Виявляти здатність до самонавчання та професійного саморозвитку
6. Роль навчальної дисципліни у досягненні програмних результатів	
Програмні результати, досягнення яких забезпечує навчальна дисципліна:	
Уміння і навички практичного застосування знань з фізики та плівкового матеріалознавства	
Уміння проводити підбір і складання задач на задану тему	
Знання окремих понять матеріалознавства, інженерії та окремих об'єктів і природних явищ, які є предметом дослідження інших природничих наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних досліджень	
7. Види навчальних занять та навчальної діяльності	
7.1 Види навчальних занять	
Видами навчальних занять при вивченні дисципліни є лекції (Л), практичні заняття (ПЗ)	
Тема 1. Спектральні методи аналізу	
Л 1. Вступ. Класифікація методів мікроаналізу матеріалів електроніки. Історія розвитку методів мікроаналізу. Взаємодія елементарних частинок з поверхнею тіла.	
ПЗ 1. Фізичні основи взаємодії елементарних частинок з поверхнею тіла.	
ПЗ 2. Класифікація методів мікроаналізу. Метрологічна характеристика та статична обробка результатів аналізів.	
Тема 2. Основи мас-спектрометричного аналізу.	
Л 2. Історія розвитку мас-спектрометрії. Кількісний і якісний аналіз. Структурна схема та принцип роботи мас-спектрометра. Класифікація та маркування мас-спектрометричних приладів. Основні характеристики приладів.	
ПЗ 3. Розшифровка мас-спектрів. Якісний та кількісний аналіз матеріалів.	
ПЗ 4. Розрахунок роздільної здатності приладу.	
Л 3. Системи введення проби для аналізу та джерела іонізації мас-спектрометрів. Мас-аналізатори. Системи реєстрації мас-спектрометричних приладів. Застосування методу ВІМС для дослідження кількісного і якісного мікроаналізу матеріалів.	
ПЗ 5. Конструкція та принцип роботи статичних і динамічних мас-аналізаторів. Застосування основного рівняння статичної магнітної мас-спектрометрії для аналізу матеріалів електроніки.	
ПЗ 6. Якісний і кількісний аналіз матеріалів методом ВІМС. Розрахунок коефіцієнтів дифузії за дифузійними профілями.	
Тема 3-4. Люмінесцентний аналіз. Основи рентгеноспектрального мікроаналізу.	

Л 4. Люмінесцентний аналіз. Основи рентгеноспектрального мікроаналізу.
ПЗ 7. Якісний і кількісний люмінесцентний аналіз. Хемілюмінесцентний аналіз.
ПЗ 8. Застосування методу РМА в дослідженні матеріалів. Отримання та розшифрування рентгенівського спектру.
Тема 5. Основи методу резерфордівського оберненого розсіювання.
Л 5. Фізичні основи методу резерфордівського оберненого розсіювання.
ПЗ 9. Визначення елементного складу методом РОР.
ПЗ 10. Застосування формули Дебая-Шеррера для розрахунку розміру кристалітів.
Тема 6. Електронна оже-спектроскопія.
Л 6. Електронна оже-спектроскопія. Фізичні основи методу. Структура оже-спектрів. Приклади застосування методу оже-спектроскопії. Скануюча (растрова оже-спектроскопія).
ПЗ 11. Кількісний аналіз в оже-спектроскопії.
ПЗ 12. Розшифровка та аналіз оже-спектрів.
Тема 7. Методи скануючої зондової мікроскопії.
Л 7. Фізичні основи та конструкція приладів для скануючої зондової мікроскопії.
ПЗ 13. Застосування тунельної та атомно-силової мікроскопії для дослідження структури матеріалів електроніки.
ПЗ 14. Застосування магнітосилової мікроскопії для дослідження магнітної структури матеріалів.
Тема 8. Магнітні методи дослідження властивостей, складу та структури речовини
Л 8. Магнітні методи дослідження властивостей, складу та структури речовини.
ПЗ 15. Визначення критичного розміру переходу частинки у суперпарамагнітний стан. Температура блокування.
ПЗ 16. Застосування методів СКВІД-магнетометрії та вібраційної магнітометрії для дослідження магнітної структури та намагніченості феромагнітних матеріалів.

7.2 Види навчальної діяльності

Індивідуальна робота над підготовкою доповідей з використанням мультимедійної презентації за темами семінарів відповідно до варіантів
 Розв'язання задач за лекційним матеріалом

8. Методи викладання, навчання

Дисципліна передбачає навчання через:

- МН 1. Лекції-візуалізації із використанням мультимедійних засобів навчання
- МН 2. Практичні заняття у вигляді семінарів з мультимедійними презентаціями студентів.
- МН 3. Розв'язування задач.
- МН 4. Самостійна робота з вивчення електронних матеріалів з можливістю консультацій очних та електронних.

9. Методи та критерії оцінювання

9.1. Критерії оцінювання

Оцінювання знань студентів здійснюється за 100- бальною шкалою, яка переводиться відповідно у національну шкалу («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалу європейської кредитно-трансферної системи (ECTS – А, В, С, D, E, FX, F) відповідно до таблиці:

Сума балів	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	Визначення
90-100	A	відмінно	Вимоги виконано у повному обсязі
82-89	B	добре	Неповне виконання вимог / виконання з незначною кількістю помилок
74-81	C		Неповне виконання вимог з певною кількістю помилок
64-73	D	задовільно	Часткове виконання вимог
60-63	E		Виконання задовольняє мінімальні критерії
35-59	FX	незадовільно	Можливе повторне складання
0-34	F	неприйнятно	Необхідний повторний курс з навчальної дисципліни

1. Якщо студент під час виконання передбачених навчальним планом видів робіт до залікового тижня набрав загальний рейтинговий бал, що відповідає позитивній оцінці (60 балів і більше), цей результат заноситься в залікову екзаменаційну відомість без можливості його покращення. Якщо студент не набрав загальний рейтинговий бал, який відповідає позитивній оцінці (60 балів і більше), вважається, що він має заборгованість з дисципліни з процедурою її ліквідації, описаною у п. 2.

2. **Умови ліквідації заборгованостей з поточної роботи.**

а) Протягом семестру, до залікового тижня, за рішенням викладача студенту може надаватися можливість доопрацювання завдань та контрольних робіт, що передбачені планом роботи, з метою підвищення оцінки.

Даний пункт не розповсюджується на випадок п.3 стосовно порушень принципів академічної доброчесності.

б) При отриманні за наслідками роботи за семестр загального рейтингового балу, що відповідає незадовільній оцінці FX (не менше 35 балів), студентові надається право на складання заходу підсумкового семестрового контролю (ПСК) за правилами, що визначені у п.п. в-є;

в) Складання заходу ПСК відбувається після завершення екзаменаційної сесії за додатковою відомістю семестрової атестації. Студент має право на два складання заходу ПСК: викладачеві та комісії. У разі незадовільного складання заходу ПСК комісії студент отримує оцінку «незадовільно».

г) Завдання ПСК являють собою набір тестових питань та виконання практичного завдання. Успішне складання передбачає правильні відповіді на 60 % та більше від загальної кількості питань ПСК та успішне виконання практичного завдання.

д) За умови успішного складання заходу ПСК студент отримує оцінку «задовільно, 60 балів, «Е» за шкалою ECTS, яка засвідчує виконання студентом мінімальних вимог без урахування накопичених балів за підсумком роботи за семестр та реальної кількості наданих правильних відповідей на тестові завдання ПСК.

- е) У разі незадовільного складання заходу ПСК комісії студент отримує оцінку «незадовільно» з сумою балів, яка відповідає результату, набраному на заході ПСК.

3. Дотримання принципів академічної доброчесності

У випадку порушення норм академічної доброчесності під час виконання завдання, зокрема академічного плагіату, студент отримує 0 (нуль) балів за завдання. При цьому викладач повинен надати докази факту порушення.

9.2 Методи поточного формативного оцінювання

За дисципліною передбачені такі методи поточного формативного оцінювання: тести з теорії на лекціях (ТТ), оцінювання виконаних практичних завдань (ОВПЗ).

9.3 Методи підсумкового сумативного оцінювання

1. Шкала оцінювання з навчальної дисципліни: R = 100 балів.

2. Розподіл рейтингових балів за видами навчальної роботи:

а) **Робота на аудиторних заняттях** – за роботу на заняттях студентів нараховуються рейтингові бали (максимально 24 бали):

– лекції: 8 лк. × 1 бал/лк. = 8 балів;

– практичні заняття: 16 п.з. × 1 бал/пр. = 16 балів.

б) **Виконання семінарських та практичних робіт (16 робіт)** – максимально 32 бали (призначаються рейтингові бали за кожну роботу рівномірно, при позитивному оцінюванні кожної роботи від 0,5 до 2,0 балів);

в) **Виконання завдань для самостійної підготовки** – максимально 24 бали (призначаються рейтингові бали за кожну роботу рівномірно, при позитивному оцінюванні кожної роботи від 1,0 до 8,0 балів);

в) **Складання комплексного письмового модульного контролю*** – 20 балів.

* –перескладання заходів поточного контролю при отриманні позитивної оцінки **не здійснюється**, при незадовільній оцінці надається одна спроба для її ліквідації

3. Підсумок рейтингових балів за мод. циклами (при позитивному оцінюванні):

1-2 модульний цикл: 60...100 балів.

4. Позитивні оцінки з модульного циклу вцілому та його складових не підвищуються.

10. Ресурсне забезпечення навчальної дисципліни

10.1 Засоби навчання

Мультимедійний проектор для проведення Л. та ПЗ (МП)

10.2 Інформаційне та навчально-методичне забезпечення

Основна література:

1. Проценко І.Ю., Черноус А.М., Проценко С.І. Прилади і методи дослідження плівкових матеріалів. Електронне видання / За ред. І.Ю. Проценка. – Суми: Вид-во СумДУ, 2020. – 270с.
2. Данильченко С. М. Рентгенодифракційні методи дослідження кристалічних матеріалів: навчальний посібник / С.М. Данильченко, В.М. Кузнецов, І.Ю. Проценка. – Суми: Сумський державний університет, 2019. –135 с.
3. Кшнякін, В.С. Основи фізичного

матеріалознавства [Текст]: навч. посіб.: у 2-х ч. Ч.1 / В.С. Кшнякін, А.С. Опанасюк, К.О. Дядюра. - Суми: СумДУ, 2015. - 329 с.

Додаткова література:

1. Сучасні методи дослідження структури речовини. Спеціальний фізичний практикум: навч. Посібник / Лобода В.Б., Іваній В.С., Шкурдода Ю.О. та ін. – Суми: Університетська книга, 2010. – 259 с.

2. Рентгенівські методи аналізу складу матеріалів: монографія / І.Ф. Михайлов, А.А. Батурін, А.І. Михайлов. – Х.: Підручник НТУ «ХП», 2015. – 204 с.

Інформаційні ресурси в

Інтернеті: [GoogleClassroom](#)