

## I СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

<b>1. Загальна інформація про навчальну дисципліну</b>	
Повна назва навчальної дисципліни	Методи дослідження 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	Проценко Іван Юхимович д.ф-м.н., професор
Рівень вищої освіти	Для усього контингенту
Семестр вивчення навчальної дисципліни	5 семестр, 8 тижнів протягом 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 лабораторних робіт), 102 годин становить самостійна робота
Мова(и) викладання	Українською мовою
<b>2. Місце навчальної дисципліни в освітній програмі</b>	
Статус дисципліни	Доступна для всіх здобувачів вищої освіти
Передумови для вивчення дисципліни	Після вивчення курсу фізики
Додаткові умови	Додаткові умови відсутні
Обмеження	Обмеження відсутні
<b>3. Мета навчальної дисципліни</b>	
Метою навчальної дисципліни є формування у студентів теоретичних знань і практичних навичок стосовно вивчення фазового і елементного складу матеріалів електроніки у вигляді плівок різної архітектури: одно- і багат шарові плівки; мультишари; гранульовані сплави; високоентропійні сплави; знайомство студентів із сучасними методами і методиками дослідження кристалічної структури та елементного складу	
<b>4. Зміст навчальної дисципліни</b>	

## **Тема 1. Електронно-мікроскопічні інформаційні методи аналізу фазового складу плівкових матеріалів**

### ***Особливості інформації про фазовий склад, отриманої методом ПЕМ, РЕМ та АСМ***

Загальна характеристика методів електронної мікроскопії як інформаційних методів про кристалічну структуру, дефектність і шорсткість поверхні плівкових матеріалів. Загальноприйняті стандарти

### ***Аналіз дефектності плівкових матеріалів електроніки***

Уявлення про мікроскопічні контрасти в ПЕМі РЕМ. Методика досліджень дефектності плівкових матеріалів (дефекти пакування – ДП, двійники – ДВ, дислокації – Д) та шорсткості поверхні методами ПЕМ і РЕМ. Інтерпретація отриманих результатів, можливість проблеми і затруднення. Зарубіжний досвід у дослідженнях дефектності кристалічної будови плівкових матеріалів. Досягнення ПЕМ і РЕМ

### ***Атомно-силова (АСМ) і тунельна (ТМ) мікроскопія***

Фізичні принципи функціонування АСМ і ТМ, інформація, яка отримується за їх допомогою. Аналізуються проблеми кантелівера в АС мікроскопії та забруднення при інтерпретації результатів досліджень. Зарубіжний досвід проведення досліджень плівкових матеріалів методами АСМ і ТМ

### ***Електронно-дифракційний метод дослідження фазового складу та кристалічної структури***

Фізичні принципи функціонування електроннограма, система рівнянь, які лежать в основі електроннографії. Інформативний характер інформації, отриманої методом дифракції електронів. Зарубіжний досвід проведення досліджень методом електроннографії

## **Тема 2. Спектральні інформаційні методи дослідження елементного складу матеріалів електроніки**

### ***Особливості функціонування спектральних приладів***

Загальна характеристика спектральних приладів і методів дослідження елементного складу. Особливості і проблеми високоточного аналізу елементного складу плівкових матеріалів. Тенденція розвитку і розширення можливостей спектральних методів аналізу

### ***Якісний і кількісний мікроаналіз***

Теоретичні основи якісного і кількісного аналізу. Типи аналізаторів, принцип їх роботи, інформація про елементний склад, методи її обробки та інтерпретації. Інформаційний характер методів. Перехід до кількісних величин: загальна характеристика методу кількісного аналізу

### ***Особливості аналізу різних типів зразків: тонкі плівки, тонкі фольги, малі частинки***

Застосування різновидів методу трьох поправок. Елементний аналіз тонких плівок на підкладці, тонких фольг, малих частинок, дисперсних порошків. Зарубіжний та вітчизняний досвід мікроаналізу. Можливі альтернативні методики

### ***Методика оже-спектроскопії в аналізі елементного складу поверхонь і тонких плівок***

Фізичні основи оже-електронної спектроскопії (ОЕС). Будова і принцип функціонування оже-аналізаторів. Інформаційний характер результатів досліджень методом ОЕС. Перехід до результатів кількісного характеру. Проблема еталонів. Методики кількісного аналізу елементного складу плівок методом ОЕС

## **5. Очікувані результати вивчення навчальної дисципліни**

Після успішного вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти зможе:

PH1.

Застосовувати отримані знання при виконанні лабораторного практикуму та виконанні кваліфікаційних робіт

PH2.	Виявляти теоретичні знання та практичні навички стосовно методів дослідження фазового та елементного складу плівкових матеріалів електроніки
PH3.	Демонструвати навички ефективної взаємодії з іншими студентами при фронтальному чи бригадному методі виконання лабораторних робіт
PH4.	Виявляти здатність до самостійного проведення навчальних експериментальних досліджень за допомогою електронно-променевих та спектральних приладів

## 6. Роль навчальної дисципліни у досягненні програмних результатів

Програмні результати, досягнення яких забезпечує навчальна дисципліна:  
вибіркова дисципліна

## 7. Види навчальних занять та навчальної діяльності

### 7.1 Види навчальних занять

Видами навчальних занять при вивченні дисципліни є лекції (Л) та лабораторні заняття (ЛЗ)

### Тема 1. Електронно-мікроскопічні інформаційні методи аналізу фазового складу плівкових матеріалів

**Л 1.** Особливості інформації про фазовий склад, отриманої методом ПЕМ, РЕМ та АСМ. Загальна характеристика методів електронної мікроскопії як інформаційних методів про кристалічну структуру, дефектність і шорсткість поверхні плівкових матеріалів. Загальноприйняті стандарти

**Л 2.** Аналіз дефектності плівкових матеріалів електроніки. Уявлення про мікроскопічні контрасти в ПЕМі РЕМ. Методика досліджень дефектності плівкових матеріалів (дефекти пакування – ДП, двійники – ДВ, дислокації – Д) та шорсткості поверхні методами ПЕМ і РЕМ. Інтерпретація отриманих результатів, можливість проблеми і затруднення. Зарубіжний досвід у дослідженнях дефектності кристалічної будови плівкових матеріалів. Досягнення ПЕМ і РЕМ

**ЛР 1.** Будова і принцип роботи просвічуючого електронного мікроскопа

**ЛР 2.** Дослідження дефектності кристалічної будови плівкових матеріалів

**Л 3.** Атомно-силова (АСМ) і тунельна (ТМ) мікроскопія. Фізичні принципи функціонування АСМ і ТМ, інформація, яка отримується за їх допомогою. Аналізуються проблеми кантелівера в АС мікроскопії та забруднення при інтерпретації результатів досліджень. Зарубіжний досвід проведення досліджень плівкових матеріалів методами АСМ і ТМ

**ЛР 3.** Будова і принцип роботи растрового електронного мікроскопа

**ЛР 4.** Дослідження топографії поверхні плівкових матеріалів

**Л 4.** Електронно-дифракційний метод дослідження фазового складу та кристалічної структури. Фізичні принципи функціонування електроннограма, система рівнянь, які лежать в основі електроннографії. Інформативний характер інформації, отриманої методом дифракції електронів. Зарубіжний досвід проведення досліджень методом електроннографії

**ЛР 5.** Фазовий аналіз тонких плівок методом електроннографії (кубічна сингонія)

**ЛР 6.** Фазовий аналіз тонких плівок методом електроннографії (гексагональна сингонія)

## **Тема 2. Спектральні інформаційні методи дослідження елементного складу матеріалів електроніки**

**Л 5.** Особливості функціонування спектральних приладів. Загальна характеристика спектральних приладів і методів дослідження елементного складу. Особливості і проблеми високоточного аналізу елементного складу плівкових матеріалів. Тенденція розвитку і розширення можливостей спектральних методів аналізу

**Л 6.** Якісний і кількісний мікроаналіз. Теоретичні основи якісного і кількісного аналізу. Типи аналізаторів, принцип їх роботи, інформація про елементний склад, методи її обробки та інтерпретації. Інформаційний характер методів. Перехід до кількісних величин: загальна характеристика методу кількісного аналізу

**Л 7.** Особливості аналізу різних типів зразків: тонкі плівки, тонкі фольги, малі частинки. Застосування різновидів методу трьох поправок. Елементний аналіз тонких плівок на підкладці, тонких фольг, малих частинок, дисперсних порошків. Зарубіжний та вітчизняний досвід мікроаналізу. Можливі альтернативні методики

**ЛР 7.** Фізичні основи якісного і кількісного мікроаналізу поверхні та тонких плівок

**ЛР 8.** Експериментальне дослідження елементного складу тонких плівок на поверхні  $\text{SiO}_2/\text{Si}$

**Л 8.** Методика оже-спектроскопії в аналізі елементного складу поверхонь і тонких плівок. Фізичні основи оже-електронної спектроскопії (ОЕС). Будова і принцип функціонування оже-аналізаторів. Інформаційний характер результатів досліджень методом ОЕС. Перехід до результатів кількісного характеру. Проблема еталонів. Методики кількісного аналізу елементного складу плівок методом ОЕС

### **7.2 Види навчальної діяльності**

Виконання лабораторних робіт за лекційним матеріалом

Командна робота над підготовкою доповідей з використанням мультимедійної презентації за темою семінару

Практична робота на приладах бригадним методом

### **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. Методи інтерактивного навчання: «мозковий штурм», робота в малих бригадах, дискусія і обговорення результатів.

МН 4. Виконання творчих домашніх завдань у відповідності до методичних вказівок із завантаженням файлу (посилання) для перевірки у Google Classroom.

### **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 –A, B, C, 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 мінімальним критеріям
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. Підвищення оцінки на заході ПСК не передбачене. 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 дворазове складання (викладачеві та комісії) заходу підсумкового семестрового контролю (ПСК), за правилами, що визначені уп.п. в-з;

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 тестів. Успішне складання передбачає правильні відповіді на 60 % та більше від загальної кількості питань ПСК.

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

е) Під час складання заходу ПСК оцінювання здійснюється з урахуванням рейтингових балів, отриманих за підсумком роботи за семестр, але без урахування модульних атестацій. 1 (один) рейтинговий бал прирівнюється до 1(одного) відсотка отриманих за захід ПСК.

ж) Студенту надається право на виправлення оцінки за домашні (творчі) завдання.

Отримані у такий спосіб бали будуть враховані у оцінці за ПСК у спосіб, описаний у п.п. е). Прийом виконаних або виправлених завдань припиняється не пізніше, ніж за три доби до заходу ПСК.

з) У разі незадовільного складання заходу ПСК комісії студент отримує оцінку «незадовільно» з сумою балів, яка відповідає результату, набраному за підсумком роботи за семестр з урахуванням усіх доопрацювань, але без урахування результатів відповідей на питання тестових завдань ПСК. Тобто, набрані на заході ПСК тести у разі незадовільного складання не зараховуються як підсумкові за роботу протягом семестру.

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: тестове опитування під час лекцій за допомогою сервісу Google Forms (ТЛ), оцінювання виконаних практичних завдань (ОВПЗ), оцінювання виконаних творчих завдань (ОВТЗ)

## 9.3 Методи підсумкового сумативного оцінювання

У відповідності до регламенту студент має можливість отримати максимальну кількість балів у відповідності до видів завдань за таким переліком

- а) Експрес-тести на лекційних заняттях (ТЛ) – до 8 балів за всі лекції (усього 8 лекцій);
- б) Виконання та захист лабораторних робіт (ЛР) – до 42 балів;
- в) Виконання одного творчого завдання – до 10 балів;
- г) Складання письмових модульних контролів: у I-му модульному циклі – до 20 балів; у II-му модульному циклі – до 20 балів

## 10. Ресурсне забезпечення навчальної дисципліни

### 10.1 Засоби навчання

Мультимедійний проектор для проведення Л. та лабораторне обладнання для проведення ЛР

### 10.2 Інформаційне та навчально-методичне забезпечення

#### Основна література:

1. Локальні методи досліджень [Електронний ресурс]: підручник для студентів / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. В.В. Загородній. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 323 с.
2. Прилади і методи дослідження плівкових матеріалів / І.Ю. Проценко, А.М. Чорноус, С.І. Проценко.- Суми: СумДУ, 2008.- 264с.
3. Фізичні основи спінтроніки / О.І. Товстолиткін, М.О. Боровий, В.В. Курилюк, Ю.А. Куницький: навч. посіб. – Вінниця: Нілан-ЛТД.- 2014.- 500 с.
4. Фізика твердого тіла. Частина 1. Структурна кристалографія: навч. посіб. / Н.В. Маслєва.- Одеса : Фенікс, 2016.- 118 с.
5. Рентгенодифракційні методи дослідження кристалічних матеріалів [Електронний ресурс]: навч. посіб. / Сумський державний університет; уклад.

С.М. Данильченко, В.М. Кузнецов, І.Ю. Проценко. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 135 с.

**Додаткова література:**

1. Бадіян Є.Ю. Практична кристалографія : навч. посіб. для студ. ВНЗ освіти.- Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010.- 144 с.
2. Зиман З.З. Основи структурної кристалографії: навч. посіб. для студ. ВНЗ освіти.- Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2008.- 212 с.
3. Рентгеновские методы анализа состава материалов: монография / И.Ф. Михайлов, А.А. Батурин, А.И. Михайлов.- Харьков: Підручник НТУ «ХП», 2015.- 204 с.