

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Загальна інформація про навчальну дисципліну

Повна назва навчальної дисципліни	Теоретичні методи дослідження властивостей плівкових матеріалів
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(и)	Шумакова Наталія Іванівна
Рівень вищої освіти	Другий рівень вищої освіти, НРК – 7 рівень, QF-LLL – 7 рівень, FQ-EHEA – другий цикл
Тривалість вивчення навчальної дисципліни	один семестр
Обсяг навчальної дисципліни	Обсяг становить 5 кред. ЄКТС, 150 год. Для денної форми навчання 32 год. становить контактна робота з викладачем (16 год. лекцій, 16 год. практичних занять), 118 год. становить самостійна робота.
Мова викладання	Українська

2. Місце навчальної дисципліни в освітній програмі

Статус дисципліни	Вибіркова навчальна дисципліна для освітньої програми "Електронні інформаційні системи"
Передумови для вивчення дисципліни	Базові знання з технології тонких плівок та приладів і методів дослідження матеріалів електроніки
Додаткові умови	Додаткові умови відсутні
Обмеження	Обмеження відсутні

3. Мета навчальної дисципліни

Формування у здобувачів поглиблених теоретичних та практичних знань, умінь та розуміння в області фізики тонких плівок як матеріалів мікро- і наноелектроніки, що дасть їм можливість формулювати, узагальнювати і розв'язувати дослідницькі та практичні задачі в галузі матеріалознавства електроніки з використанням теоретичних методів (теоретичних моделей).

4. Зміст навчальної дисципліни

<p>Тема 1 Поліморфні переходи і плавлення зразків малих розмірів</p> <p>Зміна умов фазової рівноваги в нанорозмірних та нанокристалічних плівкових матеріалів. Отримання співвідношення для критичної товщини та радіуса наночастини при фазовому переході. Роль міжзеренної поверхневої енергії у загальному енергетичному балансі. Залежність параметра решітки від радіуса наночастинки або ефективної товщини (теорія і експеримент). Вакансійний розмірний ефект. Залежність температури плавлення від радіуса наночастинки або ефективної товщини</p>
<p>Тема 2 Класичні моделі Фукса і Маядаса-Шатцкеса</p> <p>Класична теорія Фукса (врахування поверхневого розсіювання електронів). Методика ро-зрахунків параметрів електроперенесення в рамках моделі Фукса. Класична теорія Маядаса-Шатцкеса (МШ) (врахування поверхневого і зерномежового ро-зсіювання електронів). Методика розрахунків параметрів електроперенесення в рамках моделі МШ.</p>
<p>Тема 3 Теоретичні моделі Тельє, Тоссе та Пішар</p> <p>Класичні теорії Тельє-Тоссе-Пішар (врахування поверхневого і зерномежового розсіювання та зерномежової інжекції електронів): модель ефективної СДВП; лінерізована модель та модель ізотропного розсіювання електронів. Уявлення про тривимірну модель. Методики розрахунків параметрів електроперенесення в рамках вказаних моделей. Узагальнюючі висновки стосовно ефективності моделей. Макроскопічна модель для ТКО багат шарових плівок. Загальна характеристика тензорезистивного ефекту в одно- і багат шарових плівках. Модель ефективної СДВП і лінерізована модель. Напівкласична модель тензоефекту в двошарових плівках, її недоліки. Макроскопічна модель тензоефекту в багат шарових</p>
<p>Тема 4 Тензорезистивний ефект в одношарових плівках</p> <p>Фізична природа і загальна характеристика тензорезистивного ефекту. Модель середньої довжини вільного пробігу електронів (СДВП) і лінерізована модель.</p>

5. Очікувані результати навчання навчальної дисципліни

Після успішного вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти зможе:

РН1	Вибрати кар'єру в науково-дослідницькій галузі та проводити дослідження і пропонувати розробки в галузі електроніки
РН2	Впроваджувати інноваційні технології, розробляти нові конструкції сенсорів, мікроелектронічних компонентів, інтегрованих мікросистем із застосуванням функціональних наноматеріалів для покращення ефективності сучасних електронних пристроїв.
РН3	Працювати в науково-дослідній галузі, використовуючи свої знання та навички для розв'язання складних наукових проблем.

7. Роль освітнього компонента у формуванні соціальних навичок

Компетентності та соціальні навички, формування яких забезпечує навчальна дисципліна:

СН1	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
СН4	Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.

СН5	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
СН6	Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

8. Види навчальних занять

Тема 1. Поліморфні переходи і плавлення зразків малих розмірів	
Лк1 "Зміна умов фазової рівноваги в нанорозмірних та нанокристалічних плівкових матеріалів." (денна)	Отримати співвідношення для критичної товщини та радіуса наночастинки при фазовому переході. Роль міжзеренної поверхневої енергії у загальному енергетичному балансію
Лк2 "Залежність параметра решітки, температури поліморфного переходу та температури плавлення від радіуса наночастинки або ефективної товщини (теорія і експеримент)." (денна)	Залежність параметра решітки і температури плавлення від радіуса наночастинки або ефективної товщини. Вакансійний розмірний ефект.
Пр1 "Зміна умов фазової рівноваги в нанорозмірних та нанокристалічних плівкових матеріалів." (денна)	Розв'язування задач з теми: Зміна умов фазової рівноваги в нанорозмірних та нанокристалічних плівкових матеріалів.
Пр2 "Залежність параметра решітки від радіуса наночастинки або ефективної товщини" (денна)	Розв'язування задач з теми: Залежність параметра решітки від радіуса наночастинки або ефективної товщини
Тема 2. Класичні моделі Фукса і Маядаса-Шатцкеса	
Лк3 "Класична теорія Фукса (врахування поверхневого розсіювання електронів)." (денна)	Класична теорія Фукса (врахування поверхневого розсіювання електронів). Методика ро-зрахунків параметрів електроперенесення в рамках моделі Фукса.
Лк4 "Класична теорія Маядаса-Шатцкеса (МШ) (врахування поверхневого і зерномежового розсіювання електронів)." (денна)	Класична теорія Маядаса-Шатцкеса (МШ) (врахування поверхневого і зерномежового ро-зсіювання електронів). Методика розрахунків параметрів електроперенесення в рамках моделі МШ.
Пр3 "Класична теорія Фукса (врахування поверхневого розсіювання електронів)." (денна)	Розв'язування задач з теми: Класична теорія Фукса (врахування поверхневого розсіювання електронів)
Тема 3. Теоретичні моделі Тельє, Тоссе та Пішар	

<p>Лк5 "Класичні теорії Тельє-Тоссе-Пішар" (денна) Класичні теорії Тельє-Тоссе-Пішар (врахування поверхневого і зерномежового розсіювання та зерномежової інжекції електронів): модель ефективної СДВП;</p>
<p>Лк6 "Лінерізована модель та модель ізотропного розсіювання електронів." (денна) Лінерізована модель та модель ізотропного розсіювання електронів.</p>
<p>Лк7 "Методики розрахунків параметра електроперенесення в рамках вказаних моделей." (денна) Методики розрахунків параметра електроперенесення в рамках вказаних моделей. Узагальнюючі висновки стосовно ефективності моделей.</p>
<p>Пр4 "Макроскопічна модель для ТКО багат шарових плівок." (денна) Розв'язування задач з теми</p>
<p>Пр5 ""Визначення коефіцієнта зерномежового розсіювання електронів у тонкоплівковому резисторі"" (денна) Отримати розмірну залежність термічного коефіцієнту опору для тонкоплівкового резистора.</p>
<p>Пр6 ""Визначення коефіцієнта зерномежового розсіювання електронів у тонкоплівковому резисторі"" (денна) В рамках лінеаризованого співвідношення ТТП розрахувати коефіцієнт розсіювання електронів на межах кристалітів резистора. Використовуючи модель ізотропного розсіювання електронів ТТП розрахувати величину коефіцієнта проходження межі кристалітів електроном.</p>
<p>Тема 4. Тензорезистивний ефект в одношарових плівках</p>
<p>Лк8 "Теоретичні моделі тензорезистивного ефекту в одношарових плівках" (денна) Загальна характеристика тензорезистивного ефекту в одношарових плівках. Модель ефективної СДВП і лінерізована модель</p>
<p>Пр7 "Визначення коефіцієнта тензочутливості плівкового елемента тензодатчика. Частина 1" (денна) Отримання практичних навичок формування тонкоплівкових металевих (Cr, Fe тощо) тензорезистивних елементів, загальна товщина яких не перевищує 10 нм.</p>
<p>Пр8 "Визначення коефіцієнта тензочутливості плівкового елемента Частина 2" (денна) На основі деформаційних залежностей зробити розрахунок коефіцієнтів тензочутливості</p>

9. Стратегія викладання та навчання

9.1 Методи викладання та навчання

Дисципліна передбачає навчання через:

МН1	Лекційне навчання
-----	-------------------

МН2	Практикоорієнтоване навчання
МН3	Електронне навчання
МН4	Навчання на основі досліджень (RBL)

Лекції з використанням презентацій та відеоматеріалів

Лекції надають здобувачам матеріали з теоретичних основ і сучасних досягнень в галузі матеріалознавства мікро- і наноелектроніки, що є базовою основою для їх самостійної роботи (РН 1. РН 2). Лекції доповнюються практичними заняттями для можливості застосовувати теоретичні знання на практиці та проводити навчання через дослідження (РН 1, РН 2, РН 3). Самостійному навчанню сприятиме підготовка до лекцій, практичних , що дозволить здобувачам освіти досягти навичок критичного мислення спостереження, аналізу та синтезу, вміння працювати в команді.

9.2 Види навчальної діяльності

НД1	Пошуково-дослідне завдання
НД2	Оцінка та інтерпретація даних дослідження
НД3	Виконання групового практичного завдання
НД4	Проблемні лекції

10. Методи та критерії оцінювання

10.1. Критерії оцінювання

Визначення	Чотирибальна національна шкала оцінювання	Рейтингова бальна шкала оцінювання
Відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	5 (відмінно)	$90 \leq RD \leq 100$
Вище середнього рівня з кількома помилками	4 (добре)	$82 \leq RD < 89$
Загалом правильна робота з певною кількістю помилок	4 (добре)	$74 \leq RD < 81$
Непогано, але зі значною кількістю недоліків	3 (задовільно)	$64 \leq RD < 73$
Виконання задовольняє мінімальним критеріям	3 (задовільно)	$60 \leq RD < 63$
Можливе повторне складання	2 (незадовільно)	$21 \leq RD < 59$
Можливе одноразове повторне складання	2 (незадовільно)	$0 \leq RD < 20$

10.2 Методи поточного формативного оцінювання

	Характеристика	Дедлайн, тижні	Зворотний зв'язок

МФО1 Настанови викладача в процесі виконання практичних завдань	Призначене для визначення здобувачами вищої освіти своїх проміжних досягнень та їх покращення надалі, та, як правило, не впливає на підсумкову оцінку за дисципліною.	протягом аудиторного заняття	Google Meet
МФО2 Експрес-тестування	Тестові питання направлені на перевірку отриманих знань протягом вивчення курсу дисципліни.	До атестаційного тижня	Google Meet
МФО3 Перевірка та оцінювання письмових завдань	Призначене для підвищення рівня відповідальності та розвитку навичок критичного аналізу в учасників навчального процесу.	До атестаційного тижня	Google Meet
МФО4 Самостійне виконання студентами ситуаційних вправ на практичних заняттях та їх обговорення.	Розв'язування теоретичних проблемних завдань	7-8	передбачається перевірка і обговорення завдань з оцінюванням

10.3 Методи підсумкового сумативного оцінювання

	Характеристика	Дедлайн, тижні	Зворотний зв'язок
МСО1 Звіт за результатами виконання практичних робіт	Для зарахування практичної роботи необхідно виконати мінімальний обсяг завдання відповідно методичним вказівкам.	До атестаційного тижня	Google Meet
МСО3 Проміжний модульний контроль у формі ...	Тестові питання направлені на перевірку отриманих знань протягом вивчення курсу дисципліни.	згідно графіку навчального процесу	В кінці першого семестру
МСО4 Виконання індивідуальних розрахунково-аналітичних завдань	Провести відповідні розрахунки за вказівкою викладача	9-10 тиждень	результат перевіряється і обговорюється

Контрольні заходи:

	Максимальна кількість балів	Можливість перескладання з метою підвищення оцінки
Перший семестр вивчення	100 балів	
МСО1. Звіт за результатами виконання практичних робіт	44	

	4x11	44	Так
МСО3. Проміжний модульний контроль у формі ...		48	
	2x24	48	Ні
МСО4. Виконання індивідуальних розрахунково-аналітичних завдань		8	
		8	Так

1. Шкала оцінювання з навчальної дисципліни: R = 100 балів. 2. Розподіл балів за дисципліною: звіти за результатами виконання практичних робіт та їх захист - до 44 балів. . Виконання індивідуальних розрахунково-аналітичних завдань 8 балів. Написання двох атестаційних контролів -2x24. 3. Умови ліквідації заборгованостей з поточної роботи: перескладання атестаційного контролю студентами, які отримали рейтинговий бал за модульний цикл, що відповідає незадовільній оцінці (менше 40%), проводиться не пізніше двох тижнів після атестаційного. Позитивні оцінки з модульного циклу в цілому та його складових не підвищуються.

11. Ресурсне забезпечення навчальної дисципліни

11.1 Засоби навчання

ЗН1	Бібліотечні фонди
ЗН2	Інформаційно-комунікаційні системи (освітні платформи, презентації, відеоматеріали, візуалізації, моделі

11.2 Інформаційне та навчально-методичне забезпечення

Основна література	
1	Солован М.М., Мостовий А.І. Тонкоплівкова електроніка.- Навчальний посібник, Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2021.-128 с.
2	Проценко І.Ю., Однодворець Л.В. Технологія одержання і фізичні властивості плівкових матеріалів та основи мікроелектроніки (практикуми): навчальний посібник . – Суми: Сумський державний університет, 2020. – 231 с.
Допоміжна література	
1	Пазуха, І. М. Фізичні властивості плівкових матеріалів мікро- і наноелектроніки [Текст] : навч. посіб.: у 2-х ч. Ч.1 / І. М. Пазуха, І. Ю. Проценко, І. В. Чешко ; за заг. ред. І.Ю. Проценка. – Суми : СумДУ, 2014. – 230 с.
2	Pazukha, I. M., Protsenko I.Yu. Theoretical methods of investigation of thin film materials properties : study guide. – Sumy : Sumy State University, 2017. – 102 p.
3	Солован М.М., Мостовий А.І. Тонкоплівкова електроніка.- Навчальний посібник, Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2021.-128 с.
4	Tianji Zhou, Atharv Jog Firs-principles prediction of electron grain boundary scattering in fcc metals.- Appl. Phys. Lett. 120, 241603 (2022)

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п	Програма навчальної дисципліни	Усього годин	Навчальна робота, аудиторних годин				Самостійна робота здобувача вищої освіти за видами, годин					
			Усього, ауд. год.	Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	Усього, год.	Самостійне опрацювання матеріалу	Підготовка до практичних занять	Підготовка до лабораторних робіт	Підготовка до контрольних заходів	Виконання самостійних позааудиторних завдань
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
денна форма навчання												
1	Поліморфні переходи і плавлення зразків малих розмірів	10	8	4	4	0	2	1	1	0	0	0
2	Класичні моделі Фукса і Маядаса-Шатцкеса	7.5	6	4	2	0	1.5	1	0.5	0	0	0
3	Теоретичні моделі Тельє, Тоссе та Пішар	15	12	6	6	0	3	1.5	1.5	0	0	0
4	Тензорезистивний ефект в одношарових плівках	7.5	6	2	4	0	1.5	0.5	1	0	0	0
Контрольні заходи												
1	залік	6	0	0	0	0	6	0	0	0	6	0
Індивідуальні завдання												
1	інші індивідуальні завдання	104	0	0	0	0	104	0	0	0	0	104
<i>Всього з навчальної дисципліни (денна форма навчання)</i>		<i>150</i>	<i>32</i>	<i>16</i>	<i>16</i>	<i>0</i>	<i>118</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>0</i>	<i>6</i>	<i>104</i>