

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНИКА**

Фізико-технічний факультет
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Сучасні проблеми розвитку мікро- та наноелектроніки.

Рівень вищої освіти – третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти

Освітньо-наукова програма «Електроніка»

Спеціальність 171 Електроніка

Галузь знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 12 від 30 червня 2023 р.

Івано-Франківськ – 2023 рік

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Сучасні проблеми розвитку мікро- та наноелектроніки.
Викладач (-і)	професор, доктор технічних наук Новосядлий Степан Петрович
Контактний телефон викладача	0671249384
Е-mail викладача	stepan.novosiadlyi@pnu.edu.ua
Формат дисципліни	Очний, дистанційний
Обсяг дисципліни	3 кредитів ЄКТС, 90 год.
Посилання на сайт дистанційного навчання	https://d-learn.pnu.edu.ua/
Консультації	відповідно до графіку індивідуальних консультацій, який розміщений на інформаційному стенді кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки
2. Анотація до навчальної дисципліни	
<p>Дисципліна “ Сучасні проблеми розвитку мікро- та наноелектроніки ” належить до переліку вибіркових навчальних дисциплін циклу професійної підготовки за освітнім рівнем “Доктор філософії”, що пропонуються в рамках циклу професійної підготовки аспірантів за освітньо-науковою програмою “Електроніка”. Вона забезпечує формування у аспірантів науково-дослідницьких та професійно-орієнтованих навичок та компетенцій.</p> <p>Предметом вивчення навчальної дисципліни є базові структурні та схемотехнічні підходи, що стосуються створення елементної бази мікро- і наноелектроніки та формування у аспірантів професійних знань про і фізичні закономірності, які визначають їхню поведінку у різних умовах експлуатації та у взаємозв'язку з конкретними застосуваннями в компонентах і пристроях електроніки.</p> <p>Мікро – і наноелектроніка - один з найбільш перспективних напрямків розвитку світової науки і техніки, тому вивчення дисципліни “ Сучасні проблеми розвитку мікро- та наноелектроніки ” є необхідним для формування високого рівня професійної підготовки аспірантів.</p> <p>Силабус навчальної дисципліни “Сучасні проблеми розвитку мікро- та наноелектроніки” складений відповідно до освітньо-наукової програми “Електроніка” з підготовки докторів філософії спеціальності 171 “Електроніка” галузі знань 17 “Електроніка, автоматизація та електронні комунікації”.</p>	
3. Мета та цілі навчальної дисципліни	
<p>Мета курсу “ Сучасні проблеми розвитку мікро- та наноелектроніки ” є формування у аспірантів практичних навиків комп'ютерного проектування і моделювання елементів ІС, принципи підбору матеріалів і технологій для пристроїв електронної техніки.</p> <p>А також надання теоретичних і практичних знань та вмінь, навичок і всієї повноти компетентностей, необхідних для успішної професійної діяльності, формування студентів базових знань фізичних основ і закономірностей, напрямків розвитку, принципів і методів сучасної мікро – і наноелектроніки, квантово-розмірних ефектів в структурах зі зниженою розмірністю, електронних властивостей двовимірних, одновимірних і нуль-вимірних систем, застосування наноструктур в якості наноелектронної елементної бази, створення і експлуатації приладів та</p>	

інтегральних електронних схем з характерними топологічними розмірами елементів $\leq 100\text{нм}$ для виробів мікро- та наносистемної техніки.

Це є особливістю даного курсу. Ці знання необхідні також для проектування цифрових ІС з використанням зовнішнього програмування та знання фізичної сутності процесів, які мають місце в сучасному розвитку мікро- та наноелектроніки.

Завданням дисципліни “ Сучасні проблеми розвитку мікро- та наноелектроніки ” є сформулювати у аспірантів науково-дослідницькі підходи щодо дослідження і проектування інтегральних елементів мікро- та наноелектроніки.

- питання взаємозв'язку інтегральних мікро- та наноелектронних структур їх схематопологічних реалізацій;
- конструктивно-технологічні аспекти формування елементів структур мікро- та наноелектронних структур;
- особливості проектування мікро- та наноелектронної елементної бази ІС;
- використання САПР, як інструменту для дослідження властивостей і параметрів елементів ІС з мікро- та нанометровими топологічними розмірами.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен

знати:

- фізичні закономірності і фізичні явища, що визначають електронні властивості нанооб'єктів, наноструктур, наноприладів;
- характеристики та параметри матеріалів пристроїв для мікро- та наносистемної техніки, знати та розуміти основи твердотільної та оптичної електроніки, наноелектроніки, електротехніки, аналогової та цифрової схемотехніки, мікропроцесорної техніки.
- основи вибору матеріалів для виготовлення елементів мікро- і наноелектроніки.
- можливості покращення властивостей існуючих матеріалів мікро- та наноелектроніки.

вміти:

- проектувати та аналізувати базові інтегральні елементи мікро- та наноелектроніки на схемотехнічному рівні;
- досліджувати, моделювати і проводити параметричну оптимізацію схематопологічних рішень у спеціалізованих САПР;
- досліджувати характеристики і параметри інтегральних елементів мікро- та наносистемної техніки, приладів фізичної та біомедичної електроніки з урахуванням цілей дослідження, вимог та специфіки вибраних технічних засобів.
- вміти використовувати отримані знання у проектуванні мікро- і наноелектронних інтегральних приладів.

4. Програмні компетентності та результати навчання

ПК. Здатність продукувати нові ідеї, здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері електроніки, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики.

ЗК2. Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК4. Систематичні знання сучасних методів проведення досліджень в галузі електроніки та комп'ютерного проектування .

СК1. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у електроніці та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і

можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з електроніки та суміжних галузей.

СК1. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у електроніці та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з електроніки та суміжних галузей.

СК3. Здатність оцінювати та підвищувати інноваційну та комерційну привабливість розробки, виробництва та експлуатації електронних компонентів, пристроїв та систем.

СК4. Здатність використовувати технічне обладнання і устаткування, системи прийняття рішень, програмні засоби та інструменти для проведення наукового експерименту та обробки результатів експериментальних досліджень.

СК5. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні та міждисциплінарні проекти в сфері електроніки та дотичних до неї галузях, лідерство під час їх реалізації.

СК9. Здатність до безперервного саморозвитку та самовдосконалення.

СК8. Володіти сучасними експериментальними методами дослідження та комп'ютерного моделювання в галузі електроніки.

ПРН1. Мати передові концептуальні та методологічні знання з електроніки і на межі предметних галузей, а також універсальні дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань, їх використання у власних дослідженнях та викладацькій практиці.

ПРН4. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у електроніці та дотичних міждисциплінарних напрямках, у педагогічній практиці.

ПРН5. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з електроніки та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних теорій, методів, інструментів, інформаційно-комунікаційних технологій, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН6. Планувати, організовувати роботу та керувати проектами в галузі наукових досліджень, розробки, аналізу, розрахунку, моделювання, виробництва та тестування електронних пристроїв та систем.

ПРН10. Здійснювати критичний аналіз та застосовувати знання, вміння і наукові досягнення для розв'язування задач синтезу та аналізу елементів та систем в галузі електроніки та суміжних галузях, знаходити засоби розв'язання проблем і прогнозувати майбутні наслідки прийнятих рішень.

5. Організація навчання

Обсяг навчальної дисципліни

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	20
лабораторні	10
самостійна робота	60

Ознаки курсу

Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
1,2	171 Електроніка	1	Нормативний

Тематика навчальної дисципліни			
Тема	Кількість год		
	Лекції	Лаб. заняття	Сам. роб.
Тема 1. Вступ. Квантово-розмірні ефекти і об'єкти наноелектроніки. Особливості енергетичного спектру частинок зі зниженою розмірністю.	2		4
Тема 2. Електронний газ в низькорозмірних структурах наноелектроніки.	2		4
Тема 3. Особливості кінетичних властивостей систем зі зниженою розмірністю.	2		4
Тема 4. Фізичні одноелектронні процеси і прилади на їх основі.	2		4
Тема 5. Квантово-розмірні ефекти і об'єкти наноелектроніки.	2		4
Тема 6. Об'ємні наноструктуровані матеріали. Класифікація композитних матеріалів. Кераміка в сучасній техніці.	2		4
Тема 7. Скануюча зондова мікроскопія і наноструктури. Фізико-хімічні ефекти в зондовій нанотехнології. Технологічне використання зондів STM і AFM. Контактне формування нанорель'єфу поверхні підкладок.	2		4
Тема 8. Вуглецева наноелектроніка. Електропровідність, адсорбційні та емісійні властивості вуглецевих нанотрубок. Механічні властивості ВНТ.	2		4
Тема 9. Нанотехнології плівок та епітаксійних шарів. Методи вакуумного осадження тонких плівок, метод МПЕ. Вплив технологічних умов і матеріалу підкладки на структуру і властивості плівок.	2		4
Тема 10. Напівпровідникові гетероструктурні нанoelementи і наноприлади.	2		4
Лабораторна робота №1. Вивчення оболонки і правил редагування схем електричних компонентів мікроелектроніки в пакеті LT Spice.		2	4

Лабораторна робота №2. Проектування нанорельєфних топологічних поверхонь за допомогою САПР MicroWind		2	4
Лабораторна робота №3. Еліпсометричні дослідження плівкових елементів для оптоелектронних лінз		2	4
Лабораторна робота №4. Дослідження локальних електроіних мікрополів в гетеропереходах методом потенціального контрасту.		2	4
Лабораторна робота №5. Вивчення наноелектромеханічних систем на основі п'єзоефекту.		2	4
ЗАГ:	20	10	60

6. Система оцінювання навчальної дисципліни

Загальна система оцінювання курсу	<p><i>Поточний контроль</i> здійснюється під час проведення лекційних, лабораторних, індивідуальних занять і має на меті перевірку знань аспірантів з окремих тем навчальної дисципліни та рівня їх підготовленості до виконання конкретної роботи. Оцінки у національній шкалі («відмінно» - 5, «добре» - 4, «задовільно» - 3, «незадовільно» - 2), отримані аспірантами, виставляються у журналах обліку відвідування та успішності курсу аспірантів зі спеціальності 171 Електроніка.</p> <p>Завданням поточного контролю є перевірка розуміння та засвоєння певного матеріалу (теми), вироблення навичок проведення дослідницьких робіт з розвитку мікро- та наноелектроніки з використанням САПР, вміння вирішувати конкретні ситуативні завдання, приймати рішення щодо подальших досліджень на основі отриманих результатів. <i>Семестровий (поточний контроль)</i> у першому семестрі проводиться у формі заліку. <i>Семестровий (підсумковий контроль)</i> у другому семестрі проводиться у формі заліку.</p> <p><i>Екзамен</i> – форма підсумкового контролю, яка передбачає перевірку розуміння аспірантом теоретичного та практичного програмного матеріалу з предмету “Сучасні проблеми розвитку мікро- та наноелектроніки.”, здатності творчо використовувати здобуті знання та вміння, формувати власне ставлення до певної проблеми тощо.</p>			
	Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
			Для екзамену	Для заліку
			відмінно	зараховано
80 – 89	добре			
70 – 79	С			

	60 – 69	D	задовільно	
	50 – 59	E		
	26 – 49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
	0-25	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни
Вимоги до письмової роботи	Підсумкова робота може виконуватися за необхідності згідно розкладу контролю самостійної роботи (КСР) у формі тестових завдань з вибором правильної відповіді з застосуванням технічних засобів навчання. Кількість тестових завдань – 20. Вартість кожного запитання складає 1 бал. Максимальна оцінка 20 балів.			
Практичні/лабораторні заняття	Після узагальнення (вступного слова) викладач дає відповіді на окремі теоретичні запитання, які виникли у аспірантів у процесі підготовки до заняття. До початку лабораторної роботи аспірант має отримати допуск за результатами усної співбесіди. На лабораторній роботі кожен аспірант отримує інструкцію до виконання. Після завершення роботи аспірант оформляє і захищає звіт з результатами роботи. Кожна лабораторна робота оцінюється за національною шкалою (відмінно добре задовільно незадовільно), середня оцінка за всі лабораторні роботи приводиться до 100 бальної шкали. Максимальний бал за лабораторні роботи 30 балів.			
Умови допуску до підсумкового контролю	<p>Аспірант допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він набрав сумарно 25 балів і вище.</p> <p>Аспірант не допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він набрав менше 25 балів. У цьому випадку аспіранту у відомості робиться запис "не допущений" і виставляється набрана кількість балів. Допускається, як виняток, з дозволу завідувача аспірантури за заявою, погодженою з відповідною кафедрою, одноразове виконання аспірантом додаткових видів робіт з навчальної дисципліни (відпрацювання пропущених занять, виконання індивідуальних завдань тощо) для підвищення оцінок.</p> <p>Напередодні екзамену викладач подає доповідну завідувачу аспірантури про недопуск аспірантів курсу спеціальності 171 "Електроніка". Відмітка про недопуск у відомості робиться при наявності розпорядження завідувача аспірантури.</p>			
Підсумковий контроль	Форму контролю – залік; форму здачі – комбінована (письмова з усною співбесідою), можливе також проведення екзамену в тестовій формі з використанням технічних засобів навчання;			

Білет складається з трьох теоретичних питань і одного короткого завдання. Розподіл балів за питаннями і завданнями рівномірний. Максимальний бал за екзамен 50 балів.

7. Політика навчальної дисципліни

Аспірант зобов'язаний відвідувати заняття відповідно до встановленого розкладу, не запізнюватися, мати відповідний зовнішній вигляд. У разі відсутності через хворобу надається відповідна довідка.

Пропущена лекція відпрацьовується аспірантом самостійно, як короткий конспект за темою заняття.

Пропущена лабораторна робота виконується аспірантом самостійно вдома або в комп'ютерній лабораторії кафедри, результати оцінюються викладачем.

У випадку, коли аспірант приймав участь у програмі мобільності, можливе врахування отриманих оцінок в іншому навчальному закладі за умови відповідності навчальних планів або наявних сертифікатів.

Політика академічної поведінки і етики

Студент повинен бути толерантним і поважати думку інших.

Заперечення повинні формулюватися тільки в коректній формі.

Плагіат та академічна недоброчесність несумісні з принципами діяльності ЗВО.

Не допускається підказування та списування під час здачі будь-яких робіт поточного, рубіжного чи підсумкового контролю.

Не допускається користування телефонами та будь-якими іншими допоміжними засобами під час здачі будь-яких робіт поточного, рубіжного, чи підсумкового контролю.

Також є можливість перезарахування результатів навчання в інших закладах вищої освіти чи результатів неформальної освіти згідно Положення про визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної освіти, в Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника (затверджено вченою радою університету 01 листопада 2022 р. протокол № 9 та введено в дію наказом ректора № 672 від 24 листопада 2022 р.).

8. Рекомендована література

1. Пахолюк А. П. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали : навч. посібник / А. П. Пахолюк. – Львів : Світ, 2005. – 172 с.
2. Василенко І. І. Конструкційні та електротехнічні матеріали: навч. посібник / І.І. Василенко, В.В. Широков, Ю.І. Василенко. – Львів : Магнолія. – 2006, 2008. – 242 с.
3. Швець Є.Я., Червоний І.Ф., Головка О.П. Матеріали електронної техніки. – Запоріжжя: Вид-во Запорізької державної інженерної академії, 2008. – 308 с.
4. Прокопів В. В. Матеріали електронної техніки : навчальний посібник / В. В. Прокопів. – Івано-Франківськ: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2009. – 288 с.
5. Фізика твердого тіла: навч. посіб. / В.В. Бібик, Т.М. Гричановська, Л.В. Одноворець, Н.І. Шумакова. – Суми: Вид-во СумДУ, 2010. – 200 с.
6. В.М.Рябенський, В.Я.Жуйков, В.Д.Гулий “Цифрова схемотехніка” - Львів, Видавництво “Новий світ”- 2009. 735 с.

Викладач – професор Новосядлий С.П.