

Силабус навчальної дисципліни «ОПТИКА ПОВЕРХНІ НАПІВПРОВІДНИКІВ»



LABORE ET ZELO

Освітня програма: «Прикладна фізика та наноматеріали»
Рівень вищої освіти: Третій (освітньо-науковий) рівень
Обсяг: 6 кредитів ЄКТС
Курс: 1; **Семестр:** 2
Дні, Час, Місце: згідно з розкладом
Кафедра: інформаційних технологій, фізико-математичних та економічних наук
Затверджено: протокол № 2 від 30.08.2024 р.

Інформація про викладача

Ім'я	Мельничук Людмила Юріївна
Контакти	Е-mail: lyu.melnichuk@gmail.com
Робоче місце	Кафедра інформаційних технологій, фізико-математичних та економічних наук (ауд. 326 навчального корпусу № 2)
Години консультацій	Понеділок: 13:30–14:50

Опис навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Оптика поверхні напівпровідників» присвячена вивченню фізико-хімічних властивостей напівпровідникових матеріалів та структур на їх основі за допомогою сучасних оптичних методів аналізу. Ці методи, що є неруйнівними та високочутливими, активно застосовуються у фундаментальних і прикладних дослідженнях у галузях фізики, хімії, матеріалознавства, нанотехнологій та біоінженерії. Зростаючий інтерес до оптичної діагностики поверхні напівпровідників зумовлений її потенціалом у розробці новітніх сенсорних систем, фотонних пристроїв, елементів наноелектроніки та енергетичних технологій.

Ціллю навчальної дисципліни є: розширення наукового світогляду аспірантів у сфері прикладної оптичної фізики; формування системних знань про взаємозв'язок між структурними, електронними та оптичними характеристиками поверхні напівпровідників; поглиблення професійної підготовки здобувачів ступеня доктора філософії до самостійного проведення міждисциплінарних досліджень.

Особлива увага приділяється забезпеченню здобувачів освіти системними теоретичними знаннями та практичними вміннями, необхідними для здійснення професійної діяльності й наукових досліджень у таких інноваційних напрямках, як: поляритона спектроскопія; комбінаційне розсіювання світла; фізика наноструктур і квантових точок; нелінійна оптика та фізика складних систем; фізична хімія поверхні та міжфазних явищ; фізика конденсованого стану.

У результаті опанування дисципліни аспіранти здобудуть здатність: Застосовувати оптичні методи для аналізу поверхневих явищ у напівпровідниках. Інтерпретувати спектроскопічні дані з урахуванням фізико-хімічної природи матеріалів. Інтегрувати отримані знання у контекст сучасних наукових викликів та технологічних розробок.

Компетентності та результати навчання

Компетентності

Здатність до розуміння предметної області і професійної діяльності, проведення досліджень на відповідному рівні на основі системного наукового світогляду, професійної етики та загального культурного світогляду.

Здатність до критичного аналізу і створення нових ідей, теорій з метою досягнення високого наукового результату.

Здатність до швидкого розуміння іншомовної текстової та усної інформації, вільне обговорення, як усно так і письмово, результатів наукових досліджень українською та іноземною мовами.

Здатність до безперервного саморозвитку, прагнення до самовдосконалення своїх знань та вмінь.

Здатність застосовувати сучасні інформаційні та комунікаційні технології у науковій та викладацькій діяльності.

Здатність розуміти і дотримуватися правил академічної доброчесності, рівності можливостей, діяти на основі етичних міркувань (мотивів), проявляти толерантність та повагу до культурної різноманітності.

Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у прикладній фізиці та наноматеріалознавстві, а також дотичних до них міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у фахових наукових виданнях.

Здатність оцінювати та забезпечувати якість проведених наукових досліджень.

Здатність критично аналізувати, рецензувати фахову наукову літературу та формулювати висновки.

Здатність керувати науковою/творчою роботою здобувачів.

Результати навчання

Уміти ефективно презентувати результати власних наукових досліджень для фахової та нефахової аудиторії;

Самостійно формулювати наукову проблему та продукувати нові знання на основі критичного аналізу існуючих підходів;

Планувати та реалізовувати наукове дослідження з дотриманням принципів академічної доброчесності;

Застосовувати сучасні методи математичного та інформаційного аналізу для інтерпретації результатів досліджень;

Використовувати передові методи діагностики матеріалів і фізичних систем;

Здійснювати наукові дослідження у галузі прикладної фізики та презентувати їх результати у фахових публікаціях;

Оприлюднювати результати наукових досліджень у вітчизняних та міжнародних наукових виданнях.

Форми, методи та засоби навчання

Курс буде викладений у формі лекцій (30/10¹ год.) та практичних занять (30/8¹ год.), організації самостійної роботи аспірантів у бібліотеках та комп'ютерних мережах (120/162 год.).

Освітній процес побудований на компетентнісному та студентоцентричному підходах, що передбачають активну участь здобувачів у формуванні власної освітньої траєкторії. Викладач застосовує сучасні проблемні, інтерактивні та дослідницькі методи навчання, зокрема:

Лекційні форми: традиційна лекція, проблемна лекція, лекція-презентація з елементами дискусії. Практичні заняття: аналіз джерел та наукових публікацій, розв'язування задач і кейсів, моделювання проблемних ситуацій, мозковий штурм та групова робота.

Самостійна та індивідуальна робота: опрацювання наукової літератури, виконання завдань дослідницького характеру, історико-наукові розвідки, робота з електронними ресурсами та базами даних.

¹ – денна/заочна форма здобуття вищої освіти.

Організація навчання

Теми лекцій

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Експериментальна техніка	4	2
2	Оптичні константи твердого тіла	4	2
3	Міжзонні оптичні переходи в чистих кристалах	2	
4	Вплив домішок на спектр основного поглинання	4	2
5	Взаємодія світла з кристалічною ґраткою	2	
6	Взаємодія світла із вільними носіями зарядів	2	
7	Поглинання світла вільними носіями заряду	2	
8	Випромінювальні переходи в напівпровідниках	4	2
9	Світло випромінюючі прилади	2	
10	Плазмон-фононна взаємодія в напівпровідниках	4	2
Разом		30	10

Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Ознайомлення з методами оптичної спектроскопії: рефлектиметрія, фотолюмінесценція, спектроскопія поглинання. Побудова оптичної схеми експерименту.	4	2
2	Розрахунок показника заломлення та коефіцієнта поглинання з експериментальних спектрів. Побудова спектральних залежностей $n(\lambda)$, $k(\lambda)$.	4	2
3	Визначення ширини забороненої зони з використанням методу Танга та аналізу спектрів поглинання.	2	
4	Аналіз змін у спектрах поглинання при легуванні напівпровідників. Побудова енергетичних діаграм з урахуванням домішкових рівнів.	4	2
5	Дослідження інфрачервоної спектроскопії: ідентифікація фононних мод. Побудова спектрів поглинання в ІЧ-діапазоні.	2	
6	Розрахунок плазмового краю та аналіз спектрів відбивання. Визначення концентрації носіїв заряду з оптичних даних.	2	
7	Побудова спектрів поглинання в області далекого ІЧ. Аналіз ефекту Берстайна–Мосса.	2	
8	Дослідження спектрів фотолюмінесценції. Визначення типу	4	2

	переходів (прямі/непрямі), положення максимумів, ширини зон.		
9	Аналіз спектральних характеристик світлодіодів. Визначення ефективності випромінювання та енергетичних параметрів.	2	
10	Інтерпретація спектрів комбінаційного розсіювання світла. Визначення частот плазмон-фононних мод.	4	
Разом		30	8

Самостійна робота

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Принципи побудови спектроскопічних установок. Порівняння контактних і безконтактних методів дослідження. Огляд сучасних оптичних приладів для аналізу напівпровідників.	15	20
2	Методи визначення показника заломлення та коефіцієнта поглинання. Залежність оптичних констант від температури та домішок. Еліпсометрія як метод дослідження тонких плівок.	10	10
3	Теорія зонної структури напівпровідників. Прямі та непрямі міжзонні переходи. Вплив симетрії кристалу на спектр поглинання.	10	10
4	Домішкові рівні та їх роль у спектроскопії. Механізми легування напівпровідників. Енергетичні діаграми з урахуванням домішок.	15	10
5	Фононні моди в кристалах ІЧ-спектроскопія як інструмент дослідження ґратки. Анізотропія оптичних властивостей.	10	20
6	Плазмонні резонанси в напівпровідниках. Вплив концентрації носіїв на спектри. Ефект Берстайна–Мосса.	10	20
7	Механізми поглинання в ІЧ-діапазоні. Роль температури та домішок. Визначення концентрації носіїв з оптичних даних	15	20
8	Фотолюмінесценція: механізми та типи переходів. Квантова ефективність випромінювання. Рекомбінаційні процеси.	10	20
9	Принципи роботи світлодіодів та лазерів. Спектральні характеристики випромінювання. Матеріали для оптоелектроніки.	15	20
10	Комбінаційне розсіювання світла. Гібридні моди: плазмон-фононні зв'язки. Застосування в сенсорних технологіях.	10	12
Разом		120	162

Оцінка

Критерії поточного (формуального) оцінювання

Форми роботи	Зміст роботи	Розподіл оцінок
<i>Практичне заняття</i>	Знання й розуміння теоретичного матеріалу (повнота розкриття питання; логіка викладення, культура мовлення; упевненість, аргументованість; використання основної та додаткової	0-3

(за тему)	літератури (підручників, навчальних посібників, журналів, інших періодичних видань тощо). Презентація. Участь у дискусії	
	Разом за практичні заняття	0-30

Критерії проміжного та підсумкового оцінювання

Форми роботи	Зміст роботи	Розподіл балів
<i>Лекційні заняття (за тему)</i>	аспірант бездоганно засвоїв теоретичний матеріал теми заняття; самостійно, грамотно і послідовно з вичерпною повнотою відповів на запитання; демонструє глибокі і всебічні знання, логічно будує відповідь, висловлює своє ставлення до тих чи інших проблем; вміє встановлювати причинно-наслідкові зв'язки, логічно та обґрунтовано будувати висновки; безпомилково відповідає на питання, використовуючи матеріали, що виносяться на самостійну роботу	3
	аспірант добре засвоїв теоретичний матеріал теми заняття, аргументовано викладає його; розкриває основний зміст навчального матеріалу, дає неповні визначення понять, допускає незначні порушення в послідовності викладення матеріалу та неточності при використанні наукових термінів, нечітко формулює висновки, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних похибок у логіці викладу теоретичного змісту	2
	аспірант в основному засвоїв теоретичний матеріал теми заняття, фрагментарно розкриває зміст навчального матеріалу, показує початкову уяву про предмет вивчення, при відтворенні основного навчального матеріалу допускає суттєві помилки, наводить прості приклади, непереконливо відповідає, плутає поняття	1
	аспірант не засвоїв навчальний матеріал теми, проте знає основні визначення, поняття; дає поверхову відповідь на запитання	0
	Разом за лекційні заняття	0-30
ІНДЗ <i>(презентація, відповідна їй супровідна доповідь, виступ на занятті)</i>	обґрунтування актуальності обраної теми	0-1
	відповідність темі, логічність і послідовність викладу	0-1
	повнота розкриття теми	0-1
	структура (зміст, вступ, основна частина, висновки), обсяг до 12 ст.	0-1
	відповідність вимогам щодо оформлення, яскравість, зрозумілість	0-1
	захист роботи (чіткість, логіка викладу, представлення; володіння навичками ораторського мистецтва; наявність самостійних висновків)	0-5
Разом	0-10	
Залік	Відповіді на заліку	0-30
Разом		100

Політика курсу

Безпека – понад усе.

У разі включення сигналу «Повітряна тривога» під час очного навчання ви під керівництвом викладача повинні перейти до споруд цивільного захисту і перебувати в них до скасування сигналу.

У разі включення сигналу «Повітряна тривога» під час дистанційного навчання за вашим місцем перебування, ви маєте перейти до безпечного місця та повідомити про це викладача.

Відвідування та участь. Відвідування лекційних та практичних та лабораторних занять з курсу є обов'язковими (за виключенням аспірантів індивідуальної форми навчання). Для аспірантів індивідуальної форми навчання необхідно на початку семестру узгодити з викладачем графік індивідуальної роботи та консультацій. Ефективність відвідування занять аспірантами позначається в журналі.

Дедлайн. Терміни виконання всіх видів робіт доводяться до аспірантів на початку семестру. Конспекти, завдання, презентації, дидактичні матеріали перевіряються на поточному занятті. Якщо аспірант пропустив заняття з поважної причини, то дозволяється здати роботу до останнього заняття за розкладом.

Перекладання письмової підсумкової роботи або усної відповіді аспіранта відбувається відповідно до графіку та умов ліквідації академзаборгованості.

Академічна доброчесність та плагіат. Кожен здобувач вищої освіти повинен ознайомитися і слідувати нормам Положення НДУ імені Миколи Гоголя «Про академічну доброчесність»

(http://www.ndu.edu.ua/storage/norm_baza/polozenia_pro_akademichny_dobrochesnist.pdf).

Будь-яке копіювання або відтворення результатів чужої праці, якщо тільки робота не має груповий формат, використання завантажених з Інтернету матеріалів кваліфікується як порушення норм і правил академічної доброчесності та передбачає притягнення винного до відповідальності за чинними нормативними документами.

Якщо буде виявлено плагіат у завданні, воно не буде зараховане і потребуватиме доопрацювання. У разі виконання спільних завдань, потрібно зазначити внесок кожного учасника зокрема.

Порушенням академічної доброчесності вважається: академічний плагіат – оприлюднення (частково або повністю) наукових результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження, та/або відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства; самоплагіат – оприлюднення (частково або повністю) власних раніше опублікованих наукових результатів, як нових наукових результатів; фабрикація – вигадання даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі або наукових дослідженнях; фальсифікація – свідомо зміна чи модифікація вже наявних даних, що стосуються освітнього процесу чи наукових досліджень; списування – використання письмових робіт із зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання, зокрема під час оцінювання результатів навчання; обман – надання неправдивих даних; використання гаджетів і девайсів, коли це не дозволено.

Дотримання правил академічної доброчесності є обов'язковим для всіх здобувачів освіти.

Мобільні пристрої як на лекційних, так і на практичних заняттях використовуються з навчальною метою. Мобільні пристрої можуть бути застосовані як засоби і джерело навчання,

особливо у випадках коли аспірант створив презентацію або електронні портфоліо конспектів підготовки до практичних занять та конспекту тем для самостійного опрацювання; якщо потрібно виконати тест або завдання.

Поведінка в аудиторії. Поведінка здобувачів освіти визначається правилами техніки безпеки та загальноприйнятими нормами поведінки, які визначаються відповідно «Правилами внутрішнього розпорядку» (<http://surl.li/xqfaud>), «Положенням про організацію освітнього процесу» (<https://surl.li/yiohxf>) та «Етичним кодексом» (<http://surl.li/gdkiiil>) ЗВО.

Вітається активність здобувача із планування освітнього процесу та участь у формальній та неформальній освіті.

Основні джерела інформації для вивчення навчальної дисципліни

1. Мельничук О.В., Корсунська Н.О., Мельничук Л.Ю., Маркевич І.В., Борковська Л.В., Хоменкова Л.Ю., Венгер Є.Ф. Структурні перетворення та нерівноважні електронні процеси в широкозонних оксидах та їх твердих розчинах: **Монографія**. Ніжин: Видавництво НДУ ім. М. Гоголя, 2024. 274 с.
2. Венгер І.В., Венгер Є.Ф., Мельничук Л.Ю., Мельничук О.В. Анізотропія поверхневих плазмон-фононних поляритонів у монокристалах ZnO і 6H-SiC: моногр. / Київ: Вид-во «Наукова думка», 2020. 192 с.
3. Корсунська Н.О., Маркевич І.В., Мельничук О.В. Структурні, оптичні та електрон-фононні властивості легованих широкозонних оксидів: [моногр.] Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2018. 160 с.
4. Корсунська Н.О., Маркевич І.В., Мельничук О.В. Вплив термічно та радіаційно стимульованих процесів дифузії на властивості матеріалів мікроелектроніки та приладів на їх основі: моногр. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2019. 212 с.
5. Стронський О.В., Венгер Є.Ф., Олексенко П.Ф., Мельничук О.В. Халькогенідні склоподібні напівпровідники: власивості та практичні застосування: моног. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2016. 236 с.
6. Наноструктури напівпровідникових сполук A_2B_6 : моногр. / Д. В. Корбутяк, О. В. Коваленко, С. І. Будзуляк, О. В. Мельничук. Ніжин: Вид-во НДУ ім. М. Гоголя. 2020. 183 с.
7. Melnichuk O., Melnichuk L., Venger E. Phonon and Plasmon–Phonon Interactions in ZnO Single Crystals and Thin Films // Taylor & Francis Group.: CRC Press. Chapter 7 in «Oxide-Based Materials and Structures: Fundamentals and Applications». 2020. P. 163–200. DOI:[10.1201/9780429286728-7](https://doi.org/10.1201/9780429286728-7)
8. Agranovich V. M. Surface Polaritons.- 1st Edition, Volume 1. December 2, 2016. Imprint: North Holland. Paperback ISBN: 9780444568199. eBook ISBN: 9780444598691.
9. Pierre Berini. Advances in Optics and Photonics. Long-range surface plasmon polaritons. 2015. Vol. 1, [Issue 3](https://doi.org/10.1364/AOP.1.000484), pp. 484–588. <https://doi.org/10.1364/AOP.1.000484>
10. Venger E.F., Gryban V.M., Melnichuk O.V. Fundamentals of theoretical physics. К.: Akadempriodyka, 2016. 491 p. (Гриф МОН У, лист № 1/11-8966 від 27.09.2010 р.).
11. Венгер Є.Ф., Венгер І.В., Мельничук Л.Ю., Мельничук О.В. **Оптичні методи дослідження та їх практичне застосування: Лабораторний практикум**. К.: Наук. думка, 2019. 454 с.