

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
«ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА»**

Факультет фізико-технічний

Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика лазерів і лазерні технології

Освітня програма аспірант (PhD)

Спеціальність 105, Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь знань 10 Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 1 від “29” серпня 2022 р.

м. Івано-Франківськ - 2022

ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Результати навчання (компетентності)
5. Організація навчання курсу
6. Система оцінювання курсу
7. Політика курсу
8. Рекомендована література

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Фізика лазерів і лазерні технології
Викладач (-і)	доктор фізико-математичних наук, професор Будзуляк Іван Михайлович
Контактний телефон викладача	Роб. 0342596185, Моб. 0973704165
Е-mail викладача	ivan-budzulyak@ukr.net
Формат дисципліни	Лекції, практичні заняття, консультації, самостійна робота
Обсяг дисципліни	90 годин (3 кредити)
Посилання на сайт дистанційного навчання	http://www.d-learn.pu.if.ua/
Консультації	щотижня
2. Анотація до курсу	
<p>Курс «Фізика лазерів і лазерні технології» створена для аспірантів (PhD) освітньо-науковою програмою «105, Прикладна фізика та наноматеріали». Курс розроблено таким чином, щоб поглибити знання аспірантів в галузі фізики лазерів і лазерних технологій; поглиблено вивчити фізичні основи функціонування оптичних квантових генераторів та вплив потужного лазерного опромінення на структуру та поведінку домішок і дефектів матеріалів електронної техніки; набуття досвіду використання теоретичних методів опису властивостей матеріалів. Глобальні завдання дисципліни полягають у з'ясуванні фундаментальних понять, законів і теорій, що відносяться до фізики лазерів і лазерних технологій та методів фізичних досліджень фізики лазерів і лазерних технологій.</p>	
3. Мета та цілі курсу	
<p>Мета. Ознайомити аспірантів з фізичними основами роботи оптичних квантових генераторів (ОКГ), акцентувати їх увагу на чисто квантовій природі підсилення випромінювання. Пояснити принципи роботи твердо тілних, рідинних і газових ОКГ, роботу лазерів в режимах вільної генерації, модульованої добротності, синхронізації мод. Ознайомити з основними закономірностями взаємодії потужного лазерного випромінювання з металами, напівпровідниками і діелектриками, теплова і атермічна моделі взаємодії, можливості лазерного випромінювання в плані зміни властивостей матеріалів, створення умов для самоорганізації в опромінюваних системах.</p> <p>Завдання полягають у: набутті аспірантами знань із квантової електроніки, необхідних для розуміння принципу дії оптичних квантових генераторів; ознайомленні з конструктивними особливостями будови лазерів, що працюють на різних активних середовищах; отриманні знань про незворотні процеси, що відбуваються у твердих тілах внаслідок дії потужного лазерного опромінення.</p> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен знати: основні поняття і терміни; фізичні основи підсилення оптичного випромінювання; принципи роботи ОКГ; режими роботи ОКГ; механізми взаємодії лазерного випромінювання з металами, напівпровідниками, діелектриками; стан і поведінку домішок і дефектів в кристалах; лазерний відпал іонно-імплантованих шарів.</p> <p>А також вміти: визначити довжину хвилі випромінювання за енергетичною схемою; вибрати режими і умови опромінення при модифікації властивостей матеріалів; оцінити розподіл температури і тепла в матеріалі, що піддається лазерному опроміненню; застосувати отримані знання при роботі з лазерами.</p>	
4. Результати навчання (компетентності)	
<p>Процес вивчення дисципліни «Фізика лазерів і лазерні технології» спрямований на формування елементів таких універсальних компетенцій аспіранта :</p> <p>1. здатність до критичного аналізу та оцінки сучасних наукових досягнень, генерування нових ідей при вирішенні дослідницьких і практичних завдань, в тому числі в міждисциплінарних областях;</p>	

2. здатність планувати і здійснювати комплексні дослідження, в тому числі міждисциплінарні, на основі цілісного системного наукового світогляду з використанням набутих практичних знань;
 3. готовність брати участь в роботі українських і міжнародних дослідницьких колективів для розв'язку наукових і науково-освітніх завдань;
 4. готовність використовувати сучасні методи і технології наукової комунікації на державній та іноземній мовах;
 5. здатність слідувати етичним нормам у професійній діяльності;
 6. здатність планувати і вирішувати завдання професійного і особистісного розвитку
- Одночасно передбачається розвиток та формування наступних **професійних компетенцій**:

1. здатність до поглибленого вивчення теоретичних і методологічних основ в області фізики лазерів і лазерних технологій;
2. здатність до планування, організації роботи за проектами в області фізики лазерів і лазерних технологій, модернізації сучасних і створення нових методів фізичних досліджень в фізиці лазерів і лазерних технологій;
3. уміння вивчати фізичні основи функціонування оптичних квантових генераторів та впливу потужного лазерного опромінення на структуру та поведінку домішок і дефектів матеріалів електронної техніки;
4. здатність застосовувати отримані знання для вирішення нечітко визначених прикладних матеріалознавчих задач, що стоять перед наукою в області розробки, виготовлення, застосування і тестування нових матеріалів, використовувати творчий підхід для розробки оригінальних ідей і методів проектування при вирішенні конкретних наукових завдань, пов'язаних з використанням передових технологій;
5. планувати і проводити аналітичні, імітаційні та експериментальні дослідження за своєю спеціалізацією з використанням новітніх досягнень науки і техніки, передового вітчизняного та зарубіжного досвіду в галузі знань, що відповідає виконуваний роботі, вміння критично оцінювати отримані теоретичні та експериментальні дані і робити висновки, вирішувати винахідницькі задачі на основі міжнародного права і захисту інтелектуальної власності;
6. інтегрувати знання про розвиток різних видів технологічних процесів в області розробки, виготовлення, застосування і діагностики виробів, а також вирішувати завдання, пов'язані з організацією їх виробництва з використанням сучасного технологічного обладнання.

5. Організація навчання курсу

Обсяг курсу

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	20
семінарські заняття / <u>практичні</u> / лабораторні	10
самостійна робота	60

Ознаки курсу

Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
3-й	105, Прикладна фізика та наноматеріали	II-й	вибірковий

Тематика курсу

Тема, план	Форма заняття	Література	Завдання, год	Вага оцінки	Термін виконання
------------	------------------	------------	------------------	----------------	---------------------

Змістовий модуль 1.

Фізика лазерів

<p>Тема 1. Вступ. Основи квантової електроніки. Поглинання і випромінювання світла квантовими системами. Спонтанне, безвипромінювальне та індуковане випромінювання. Коефіцієнти Ейнштейна. Ширина лінії випромінювання. Природна ширина лінії. Розширення лінії внаслідок зіткнень. Розширення лінії внаслідок ефекту Доплера. Коефіцієнт підсилення і параметр насичення активного середовища. Середовище з інверсною заселеністю. Способи отримання інверсної заселеності середовища.</p>	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 3/2	6	згідно розкладу
<p>Тема 2. Квантові підсилювачі. Резонатори. Види резонаторів. Оптичні квантові генератори.</p>	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/1	6	згідно розкладу
<p>Тема 3. Класифікація лазерів за активною речовиною, часовими та енергетичними характеристиками. Газові, рідинні та твердотільні лазери. Імпульсні і неперервні лазери. Будова та основні елементи оптичних квантових генераторів (ОКГ). Генератори на рубіні, склі, легovanому неодимом, ітрій-</p>	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 3/1	6	згідно розкладу

алюмінієвому гранаті, гелій-неонові лазери, лазери на барвниках. Ексімерні лазери. Вільна генерація. Модульована добротність. Синхронізація мод.					
Тема 4. Прилади управління випромінюванням ОКГ. Модулятори світла. Електрооптичні та акустооптичні модулятори.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/1	6	згідно розкладу
Тема 5. Приймачі лазерного випромінювання. Фотоемісійні приймачі. Фотодіоди. Фоторезистори. Вимірювачі потужності.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/1	6	згідно розкладу
Змістовий модуль 2. Лазерні технології					
Тема 6. Вступ. Технологічні лазери – ефективний інструмент для модифікації властивостей матеріалів. Переваги лазерних технологій при отриманні та модифікації матеріалів для електродної техніки.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/1	5	згідно розкладу
Тема 7. Нелінійно оптичні явища. Джерела нелінійності. Незворотні процеси, що відбуваються у матеріалах при їх опроміненні технологічними лазерами.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/1	5	згідно розкладу
Тема 8. Лазерно-стимульовані	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу,	5	згідно розкладу

<p>перетворення у металах. Поглинання лазерного випромінювання металами.</p>			2/1		
<p>Тема9. Лазерно-стимульовані перетворення у напівпровідниках. Поглинання лазерного випромінювання напівпровідниками і діелектриками. Лазерний відпал іонно-імплантованих шарів. Просторовий перерозподіл іонно-імплантованих домішок. Вплив лазерного опромінення на перерозподіл домішок в монокристалах. Структурні перетворення в лазерно опромінених кристалах. Лазерне гетерування неконтрольованих домішок. Стимуляція інтеркаляційних процесів лазерним випромінюванням. Використання лазерів для самоорганізації речовини.</p>	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/1	5	згідно розкладу
Підсумковий контроль (екзамен)				50	
6. Система оцінювання курсу					
Загальна система оцінювання курсу	<p>Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних, практичних, лабораторних, індивідуальних занять і має на меті перевірку знань студентів 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 академічної групи.</p> <p>Модульний контроль (сума балів за окремих змістовий модуль) проводиться (виставляється) на підставі оцінювання результатів знань аспірантів після вивчення матеріалу з логічно завершеної частини дисципліни – змістового модуля.</p> <p>Завданням модульного контролю є перевірка розуміння та засвоєння певного матеріалу (теми), вироблення навичок</p>				

	<p>проведення розрахункових робіт, вміння вирішувати конкретні ситуативні задачі, самостійно опрацьовувати тексти, здатності осмислювати зміст даної частини дисципліни, уміння публічно чи письмово подати певний матеріал.</p> <p>Семестровий (підсумковий) контроль проводиться у формі екзамену.</p> <p>Екзамен – форма підсумкового контролю, яка передбачає перевірку розуміння аспірантом теоретичного та практичного програмного матеріалу з усієї дисципліни, здатності творчо використовувати здобуті знання та вміння, формувати власне ставлення до певної проблеми тощо.</p>
Вимоги до письмової роботи	Підсумкова письмова робота виконується у формі тестових завдань з вибором правильної відповіді. Кількість тестових завдань – 100.
Семинарські заняття	Перевірка набутих знань, навичок і умінь здійснюється за допомогою опитування аспірантів на практичних заняттях, захисті індивідуальних завдань, дистанційне навчання.
Умови допуску до підсумкового контролю	<p>Позитивні оцінки з поточного контролю знань за змістовними модулями (оцінювання роботи студента під час практичних занять; поточне тестування після вивчення розділу; реферат)</p> <p>Аспірант допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав сумарно 25 балів і вище.</p> <p>Аспірант не допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав менше 25 балів.</p>

7. Політика курсу

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на практичних заняттях, поточному тестуванні, самостійній роботі (реферати, презентації). При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність аспіранта під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.

Вимоги викладача. Кожен викладач ставить аспірантам систему вимог та правил поведінки аспірантів на заняттях, доводить до їх відома методичні рекомендації щодо виконання контрольних робіт, тестових завдань. Все це гарантує високу ефективність навчального процесу і є обов'язковою для аспірантів.

8. Рекомендована література

Базова

1. Основи фізики лазерів : навч. посіб. / В. П. Гаращук.– К. : Унів. вид-во Пульсари, 2012.– 344 с.
2. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электрике. – М.: Наука, 1983. – 320 с.
3. Тарасов Л.В. Физические основы квантовой электроники. – М.: Совет. Радио, 1976. – 368 с.
4. У. Дьюли. Лазерная технология и анализ материалов. – М.: Мир, 1986. – 503 с.
5. Арутюнян Р.В., Баранов В.Ю., Большов Л.А. и др. Воздействие лазерного излучения на материалы. – М.: Наука, 1989.

6. Прохоров А.М, Конов В.И., Урсу И., Михайлеску И.Н. Взаимодействие лазерного излучения с металлами. – М.: Наука, 1988.
7. Свирежев Ю.М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. – М.: Наука, 1987.
8. Двуреченский А.В., Г.А. Качурин. Импульсный отжиг полупроводниковых материалов. – М.: Наука, 1982. – 208 с.
9. Григоруку В. І., Коротков П. А. Експериментальна лазерна фізика. – Віпол, 2004. – 300с.
10. Н.Н.Рыкалин, А.А.Углов, И.В.Зуев, А.Н.Кокора. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов. – М.:Машиностроение, 1985. – 496 с.
11. А.Г.Григорьянц. Основы лазерной обработки материалов. – М.:Машиностроение, 1989.

Допоміжна

1. А. Байдулаева, А.И. Власенко, П.Е. Мозоль, А.Б. Смирнов. Состояние поверхности поликристаллических слоев CdTe, облученных импульсным лазерным излучением // ФТП. – 2001. – Т. 35, Вып. 6. – С. 745–749.
1. М.Ф. Колдунов, А.А. Маненков, И.Л. Покотыло. Взаимосвязь характеристик лазерного разрушения и статистической теории //Кванты. Электроника. – 2000. – Т. 30, № 7. – С. 592–597.

Викладач _____ Будзуляк І.М.