

Міністерство освіти і науки України
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
Фізико-технічний факультет
Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор _____
“ _____ ” _____ 2022р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ФІЗИКА ЛАЗЕРІВ ТА ЛАЗЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

(шифр і назва навчальної дисципліни)

напрямок підготовки _____ аспіранта (PhD) освітньо-науковою програмою «105,
Прикладна фізика і наноматеріали»
(шифр і назва напряму підготовки)
спеціальність _____ 105, Прикладна фізика і наноматеріали _____
(шифр і назва спеціальності)
спеціалізація _____ Доктор філософії (PhD) _____
(назва спеціалізації)
інститут, факультет _____ фізико-технічний _____
(назва інституту, факультету)

Івано-Франківськ – 2022 рік

Робоча програма «Фізика лазерів та лазерні технології» для аспірантів (PhD) освітньо-науковою програмою «105, Прикладна фізика і наноматеріали»
«___» _____, 20__ р. – 12 с.

Розробники: (вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Будзуляк І. М. – професор кафедри матеріалознавства і новітніх технологій,
доктор фізико-математичних наук, професор

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри матеріалознавства і новітніх технологій

Протокол № 1 від “29” серпня 2022 р.

Завідувач кафедри матеріалознавства і новітніх технологій

“29” серпня 2022 р. _____ Богдан ОСТАФІЙЧУК

Схвалено методичною комісією фізико-технічного факультету.

Протокол від “30” серпня 2022 р. № 1

“30” серпня 2022 р.

Голова _____

(підпис)

Михайло ЯЦУРА

(прізвище та ініціали)

© Прикарпатський національний
університет імені Василя Стефаника,
2022 рік

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань <u>10 Природничі науки</u>	Вибіркова	
Модулів – 1	Спеціальність (професійне спрямування): <u>105, Прикладна фізика і наноматеріали</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		II-й	____-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання – реферат		Семестр	
Загальна кількість годин – 90		3-й	____-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 30 самостійної роботи студента – 60	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <u>Доктор філософії (PhD)</u>	Лекції	
		20 год.	__ год.
		Практичні, семінарські	
		10 год.	__ год.
		Лабораторні	
		__ год.	__ год.
		Самостійна робота	
		60 год.	__ год.
Індивідуальні завдання:			
__ год.			
Вид контролю: <u>екзамен</u>			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:
для денної форми навчання – 0,5

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета. Ознайомити студентів з фізичними основами роботи оптичних квантових генераторів (ОКГ), акцентувати їх увагу на чисто квантовій природі підсилення випромінювання. Пояснити принципи роботи твердо тільних, 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.

Завдання полягають у: набутті студентами 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.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент 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.

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.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Фізика лазерів

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.

Тема 2. Квантові підсилювачі. Резонатори.

Види резонаторів. Оптичні квантові генератори.

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, легованому неодимом, ітрій-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.

Тема 5. Приймачі лазерного випромінювання.

Фотоемісійні приймачі. Фотодіоди. Фоторезистори. Вимірювачі потужності.

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.

Тема 7. Нелінійно оптичні явища. Джерела нелінійності.

Незворотні процеси, що відбуваються у матеріалах при їх опроміненні технологічними лазерами.

Тема 8. Лазерно-стимульовані перетворення у твердих тілах.

Поглинання лазерного випромінювання металами. 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.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Фізика лазерів						
Тема 1. Вступ. Основи квантової електроніки.	13	3	2			8
Тема 2. Квантові підсилювачі. Резонатори	11	2	1			8
Тема 3. Класифікація лазерів за активною речовиною, часовими та енергетичними характеристиками.	12	3	1			8
Тема 4. Прилади управління випромінюванням ОКГ.	11	2	1			8
Тема 5. Приймачі лазерного випромінювання.	11	2	1			8
Разом за змістовим модулем 1	58	12	6			40
Змістовий модуль 2. Лазерні технології						
Тема 6. Вступ. Технологічні лазери – ефективний інструмент для модифікації властивостей матеріалів.	8	2	1			5
Тема 7. Нелінійно оптичні явища. Джерела нелінійності.	8	2	1			5
Тема 8. Лазерно-стимульовані перетворення у металах.	8	2	1			5
Тема 9. Лазерно-стимульовані перетворення у напівпровідниках.	8	2	1			5
Разом за змістовим модулем 2	32	8	4			20
Усього годин	90	20	10			60

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Змістовий модуль 1. Фізика лазерів		
1	Основи квантової електроніки.	2
2	Квантові підсилювачі. Резонатори.	1
3	Класифікація лазерів за активною речовиною, часовими та енергетичними характеристиками.	1
4	Прилади управління випромінюванням ОКГ.	1
5	Фотоемісійні приймачі. Фотодіоди. Фоторезистори. Вимірювачі потужності.	1
Змістовий модуль 2. Лазерні технології		
6	Технологічні лазери – ефективний інструмент для модифікації властивостей матеріалів.	1
7	Нелінійно оптичні явища. Джерела нелінійності.	1
8	Лазерно-стимульовані перетворення у металах.	1
9	Лазерно-стимульовані перетворення у напівпровідниках.	1
	Разом	10

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Змістовий модуль 1. Фізика лазерів		
1	Поведінка квантових систем у сильних електромагнітних полях.	8
2	Квантові підсилювачі. Види резонаторів	8
3	Газові, рідинні і твердо тільні лазери. Будова і принцип дії.	8
4	Модулятори лазерного випромінювання.	8
5	Фотоемісійні приймачі. Фотодіоди. Фоторезистори. Вимірювачі потужності.	8
Змістовий модуль 2. Лазерні технології		
6	Технологічні лазери – ефективний інструмент для модифікації властивостей матеріалів.	5
7	Нелінійно оптичні явища. Джерела нелінійності.	5
8	Лазерне гетерування неконтрольованих домішок у напівпровідниках.	5
9	Вплив лазерного випромінювання на поведінку дислокацій	5
	Разом	60

9. Індивідуальні завдання

10. Методи навчання

Лекції, презентації, семінарські заняття, захист рефератів, індивідуальна робота

11. Методи контролю

Поточний контроль, контрольне тестування, реферат

12. Розподіл балів, які отримують аспіранти

Поточне тестування та самостійна робота				Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1		Змістовий модуль 2		50	100
Поточний контроль	Реферат	Поточний контроль	Реферат		
10	15	10	15		

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
80 – 89	B	добре	
70 – 79	C		
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

13. Методичне забезпечення

1. Рисунки, схеми.

14. 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. Григорук 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.
2. 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.