

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра квантової радіофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної
роботи

« _____ » _____ 2017 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Твердотільні лазери

спеціальність (напрямок) - 105 Прикладна фізика наноматеріали (радіофізика, біофізика)
(шифр, назва спеціальності)

спеціалізація – квантова радіофізика та фотоніка

факультет – радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

2017 / 2018 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Протокол від “ 21 ” червня 2017 року № 6

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ – Коваленко Назар Олегович, к.ф.-м.н., доцент кафедри квантової радіофізики

Програму схвалено на засіданні кафедри квантової радіофізики

Протокол від “21” червня 2017 року № 10

Завідувач кафедри квантової радіофізики _____

_____ проф. Маслов В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією
факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Протокол від “ 16 ” червня 2017 року № 6

Голова методичної комісії факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

_____ (проф. Черногор Л. Ф.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “ **Твердотільні лазери** ” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки
бакалавра

Напряму _____105 Прикладна фізика та наноматеріали (радіофізика, біофізика)

Спеціальності - радіофізика та електроніка

Спеціалізації - квантова радіофізика та фотоніка

1. Опис навчальної дисципліни

Предметом вивчення навчальної дисципліни є

Основи функціонування лазерних систем з конденсованим лазерним активним середовищем

Програма навчальної дисципліни складається з таких розділів:

- Фізичні основи взаємодії RE та ТМ іонів з електромагнітним полем.
- Фізичні властивості конденсованих матеріалів для активних середовищ.
- Генерація та перетворення лазерного випромінювання в конденсованих лазерних середовищах.

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Знайомство студентів, що спеціалізуються у галузі квантової радіофізики з фундаментальними явищами, що лежать в основі генерації та перетворення оптичного випромінювання в конденсованих лазерних середовищах.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Засвоїти основи фізики взаємодії рідкісноземельних іонів та іонів перехідних металів з електромагнітним полем. Ознайомитися з основними характеристиками конденсованих активних середовищ. Орієнтуватися в фізичних механізмах генерації та практичних експлуатаційних характеристиках лазерних випромінювачів.

1.3. Кількість кредитів – 4

1.4. Загальна кількість годин – 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна	
Денна форма навчання	
Рік підготовки	
2018-й	-й
Семестр	
10-й	-й
Лекції	

32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
8 год.	год.
Лабораторні заняття	
8 год.	год.
Самостійна робота	
72 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

Розуміти фізичні принципи генерації та перетворення оптичного випромінювання в кристалічних та аморфних активних середовищах, усвідомлювати різноманітність експлуатаційних властивостей та набути базових навичок розрахунків режимів роботи твердотільних лазерів.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Фізичні основи взаємодії RE та ТМ іонів з електромагнітним полем.

Тема 1. Введення. Історія розвитку твердотільних лазерів. Від рубінового лазера до сучасних систем. Історія створення лазерів: пристрій перших твердотільних лазерів, подальший розвиток лазерів і лазерної техніки. Розвиток матеріалознавства. Розвиток лазерного приладобудування в Україні.

Тема 2. Енергетичний спектр іонів-активаторів. Поширені іони-активатори. Взаємодії, що визначають енергетичний спектр. Штарківська структура спектрів. Вплив оточення на енергетичну структуру. Визначення енергетичних спектрів.

Тема 3. Трансформація енергії в активованих матеріалах. Динаміка населеностей енергетичних рівнів. Безвипромінювальні переходи в активних центрах. Гасіння люмінесценції. Фотосенсибілізація. Практичні схеми фотосенсибілізації. Ур-конверсія.

Тема 4. Розширення спектральних ліній іонів-активаторів в твердому тілі. Природне розширення. Спонтанне випромінювання. Розширення спектральних ліній через скінченність часу взаємодії з полем. Неоднорідне розширення ліній через ефект Доплера. Повне розширення лінії, контур Фойгта. Розширення за рахунок впливу внутрішніх (внутрішньокристалічних) і зовнішніх електричного й магнітного полів. Розширення ліній через неоднорідність полів у середовищах.

Тема 5. Енергетичні схеми для лазерної генерації. Три- та чотирирівнева схема генерації: недоліки та переваги. Квазітрирівневі системи. Вплив температури. Приклади активних центрів.

Розділ 2. Фізичні властивості конденсованих матеріалів для активних середовищ.

Тема 6. Структура та оптичні властивості активних середовищ. Спектральні діапазони оптичної прозорості. Типи кристалічної структури. Симетрія оточення активних іонів. Анізотропія фізичних властивостей кристалічних середовищ та її використання. Термооптичні ефекти. Нелінійно-оптичні ефекти. Електро- та магнітооптичні ефекти.

Тема 7. Основні типи конденсованих лазерних середовищ. Активні середовища на основі оксидів: гранати, борати, ванадати, сапфір, прості оксиди. Халькогенідні

активні середовища. Аморфні кристалічні матриці: силікатні та фосфатні стекла. Кераміка: переваги та недоліки. Метаматеріали.

Тема 8. Способи виготовлення активних середовищ та технологічні обмеження. Лабораторні та промислові методи вирощування. Розплавні методи та розчин-розплавні. Виготовлення керамічних матеріалів. Вирощування водорозчинних кристалічних матеріалів. Вхідження та розподіл активаторів. Контроль зарядового стану активних домішок.

Розділ 3. Генерація та перетворення лазерного випромінювання в конденсованих лазерних середовищах.

Тема 9. Пряма генерація в твердотільних лазерах. Спектральні діапазони генерації твердотільних активних середовищ. Енергетичні характеристики лазерного випромінювання. Тривалості імпульсів та методи скорочення тривалості. Проблеми лазерної міцності.

Тема 10. Нелінійно-оптичні перетворення лазерного випромінювання в твердому тілі. Умови трихвильової взаємодії, генерація другої гармоніки в активних середовищах. Параметрична генерація. Раманівські лазери. σ -р-конверсія в твердотільних активних середовищах. Модуляція добротності.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Фізичні основи взаємодії RE та TM іонів з електромагнітним полем.						
Тема 1. Введення. Історія розвитку твердотільних лазерів.	7	2				5
Тема 2. Енергетичний спектр іонів-активаторів.	17	4	2	2		9
Тема 3. Трансформація енергії в активованих матеріалах.	13	4				9
Тема 4. Розширення спектральних ліній іонів-активаторів в твердому тілі.	7	2				5
Тема 5. Енергетичні схеми для лазерної генерації.	13	4	2			7
Разом за розділом 1	57	16	4	2		35
Розділ 2. Фізичні властивості конденсованих матеріалів для активних середовищ.						
Тема 6. Структура та оптичні властивості активних середовищ.	14	4	2			8
Тема 7. Основні типи	14	4		2		8

конденсованих лазерних середовищ.						
Тема 8. Способи виготовлення активних середовищ та технологічні обмеження.	15	4		2		9
Разом за розділом 2	43	12	2	4		25
Розділ 3. Генерація та перетворення лазерного випромінювання в конденсованих лазерних середовищах.						
Тема 9. Пряма генерація в твердотільних лазерах.	8	2				6
Тема 10. Нелінійно-оптичні перетворення лазерного випромінювання в твердому тілі.	12	2	2	2		6
Разом за розділом 3	20	4	2	2		12
Усього годин	120	32	8	8		72

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Er,Yb:YAG - лазер	4
2	Up-конверсія випромінювання в твердому тілі	4
	Разом	8

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
1	Тема 1. Введення. Історія розвитку твердотільних лазерів.	5	підсумковий семестровий контроль
2	Тема 2. Енергетичний спектр іонів-активаторів.	10	
3	Тема 3. Трансформація енергії в активованих матеріалах.	8	
4	Тема 4. Розширення спектральних ліній іонів-активаторів в твердому тілі.	8	
5	Тема 5. Енергетичні схеми для лазерної генерації.	6	
6	Тема 6. Структура та оптичні властивості активних середовищ.	10	
7	Тема 7. Основні типи конденсованих лазерних середовищ.	6	
8	Тема 8. Способи виготовлення активних середовищ та технологічні обмеження.	6	
9	Тема 9. Пряма генерація в твердотільних лазерах.	5	
10	Тема 10. Нелінійно-оптичні перетворення лазерного	8	

	випромінювання в твердому тілі.		
	Разом	72	

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не заплановано.

7. Методи контролю

По кожному розділу проводиться письмова контрольна робота, яка оцінюється в відповідних балах.

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота										Сума
Розділ 1					Розділ 2			Розділ 3		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

11. Рекомендована література

Основна література

1. Ярив А. Введение в оптическую электронику: пер. с англ. М.: Высшая школа, 1983. 398 с.
2. Квантовая электроника. Маленькая энциклопедия/отв. ред. М.Е. Жаботинский. М.:«Сов. Энциклопедия», 1969. 432 с.
3. Пихтин А.Н. Физические основы квантовой электроники и оптоэлектроники. М.: Вышш. шк., 1983. 304 с.
4. О.Звелто. Принципы лазеров. М.: Мир, 1990, 560 с.
5. Ю.Айхлер, Г.И.Айхлер. Лазеры. Исполнение, управление, применение. М.: Техносфера, 2008, 438 с.
6. В.А.Малышев Основы квантовой электроники и лазерной техники. М.: Высшая Школа, 2005, 543 с.
7. Ю.В.Байбородин. Основы лазерной техники. К.: Вища школа, 1988,

- 383 с.
8. А.С.Борейшо. Лазеры: Устройство и действие. СПб: Мех. ин-т, 1992, 215 с.
 9. А.Н.Пихтин. Оптическая и квантовая электроника. М.: Высшая школа, 2001, 573 с.
 10. Н.В.Карлов. Лекции по квантовой электронике. М.: Наука, 1988, 322 с.

Допоміжна література

1. И.М.Дунская. Возникновение квантовой электроники. М.: Наука, 1974, 160 с
2. Ч.Таунс. Получение когерентного излучения с помощью атомов и молекул. УФН, 1966, т.88, №3, с.461-483.
3. А. М.Прохоров. Квантовая электроника. УФН, 1965, т.85, №4, с.599-604.
4. М.А.Ельяшевич. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: Наука, 1962, 286 с.
5. Э.В.Шпольский. Атомная физика. т.1 М.: Наука, 1974. 575 с.
6. И.И.Кондиленко, П.А.Коротков. Введение в атомную спектроскопию. К.: Вища школа, 1976, 304 с.
7. С.Ф.Ахманов, С.Ю.Никитин. Физическая оптика. М.: Наука, 2004, 656 с.
8. В.С.Летохов, В.П.Чеботаев. Нелинейная лазерная спектроскопия сверхвысокого разрешения. М.: Наука, 1990, 512 с.
9. Е.В.Бакланов, П.В.Покасов. Оптические стандарты частоты и фемтосекундные лазеры. Квантовая электроника, т.33, №5, 2003, с. 383-398.
10. А.В.Беликов, А.В.Скринник. Лазерные биомедицинские технологии. ч.1, СПб: СПбГУ, 2008, 116 с.
11. Кристаллические материалы для оптики и электроники / Под ред. В.М. Пузикова–Харьков: НТК «Институт монокристаллов» НАН Украины, 2012. –544 стр.

10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення