



ОПТИКА і ФОТОНІКА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) / Другий (магістерський) / Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма	Прикладна фізика
Статус дисципліни	Нормативна / Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 (5) курс, осінній / <u>весняний семестр</u>
Обсяг дисципліни	108 годин (34 години лекцій, 17 практичні заняття, 57 СРС)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	МКР, блиц-опитування, активність на практичних заняттях, розрахункова робота тощо
Розклад занять	
Мова викладання	<u>Українська</u> /Англійська/Німецька / Французька
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Лектор: доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, Стронський Олександр Володимирович, 050-95-975-82, e-mail: alexander.stronski@gmail.com , https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=T912ZwMAAAAJ науковий ступінь, вчене звання, ПІБ, контактні дані ¹ Практичні / Семінарські: науковий ступінь, вчене звання, ПІБ, контактні дані Лабораторні: науковий ступінь, вчене звання, ПІБ, контактні дані
Розміщення курсу	http://apd.ipt.kpi.ua/pages/128/optika-ta-fotonika

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Викладач обґрунтовує необхідність вивчення навчальної дисципліни, відповідаючи на питання «Чому майбутньому фахівцю варто вчити саме цю дисципліну?», визначає **мету, предмет дисципліни та програмні результати² навчання** (компетентності, знання, уміння, навички, досвід, послідовність дій в стандартних виробничих ситуаціях тощо), які студент/аспірант набуде після вивчення дисципліни з розподілом на окремі освітні компоненти (якщо дисципліна вивчається декілька семестрів).

Курс є складовою частиною циклу дисциплін магістерської підготовки. Він базується на знаннях, що отримали студенти при вивченні таких курсів, як „Загальна фізика”, „Теорія поля”, Квантова електроніка”, „Лазерна техніка” та „Оптоелектроніка”, „Оптика”.

¹ Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

² Для нормативних дисциплін зазначається згідно матриці відповідності програмних компетентностей та результатів навчання в освітній програмі.

мета, предмет дисципліни

- дати студентам ґрунтовні знання з сучасної оптики, фотоніки, інтегральної та волоконної оптики та продемонструвати їх можливості при розв'язанні практичних задач з тим, щоб студенти-випускники були спроможні до проектування та експлуатації відповідних інтегрально-оптичних, волоконно-оптичних систем та інших систем фотоніки.

програмні результати³ навчання

Студенти повинні знати:

- теоретичні аспекти розповсюдження світла вздовж діелектричних хвильоводів;
- практичні аспекти виготовлення базових елементів;
- фізичні принципи побудови та можливості волоконно- та інтегрально-оптичних вузлів та систем;
- фізику оптичних процесів в діелектричних середовищах та активних матеріалах;
- технології і прийоми виготовлення хвильовід них структур;
- метрологія параметрів волоконно- та інтегрально-оптичних структур;
- функціональні можливості та переваги систем на основі інтегрально-оптичних структур та волоконно-оптичних систем.

Студенти повинні вміти:

- провадити розрахунки волоконно-оптичних та інтегрально-оптичних вузлів та систем;
- застосовувати набуті знання у проектуванні високоефективних та конкурентноздатних волоконно-оптичних систем та ІОС;

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Зазначається перелік дисциплін, або знань та умінь, володіння якими необхідні студенту (вимоги до рівня підготовки) для успішного засвоєння дисципліни (наприклад, «базовий рівень володіння англійською мовою не нижче А2»). Вказується перелік дисциплін які базуються на результатах навчання з даної дисципліни.

Дисципліна „Оптика і фотоніка” використовує знання та вміння, набуті у ході вивчення курсів «Атомна та квантова фізика», «Фізика твердого тіла», „Вища математика”, «Диференціальні рівняння», «Оптика» (фізична оптика, оптична спектроскопія), «Квантова електроніка», „Оптоелектроніка, „Оптична голографія”, „Нелінійна оптика” та ін. і важлива для створення нових систем та технологій в цих напрямках.

3. Зміст навчальної дисципліни

Надається перелік розділів і тем всієї дисципліни.

Тема 1. Сучасний стан оптики та фотоніки.

Лекція 1. Історія розвитку оптики та фотоніки, волоконної та інтегральної оптики. Причини бурхливого розвитку. Переваги волоконно-оптичних та інтегрально-оптичних систем. Досягнення та проблеми волоконної та інтегральної оптики.

Тема 2. Фізичний принцип розповсюдження світла вздовж ВС та характеристики ВС.

Лекція 2. Ступінчасте волокно: числова апертура та міжмодова дисперсія. Розповсюдження світла і міжмодова дисперсія у градієнтних волокнах Розсіювання. Втрати у оптичних волокнах.

³ Для нормативних дисциплін зазначається згідно матриці відповідності програмних компетентностей та результатів навчання в освітній програмі.

Тема 3. Теорія ВС.

Лекція 3. Рівняння Максвелла. Розв'язок рівнянь Максвелла для електромагнітних хвиль у діелектричних хвильоводах. Скалярне хвильове рівняння. Розв'язок рівнянь для ступінчастих ВС. Нормована частота, дисперсійні криві. Картини полів. Частота відсічки, лінійно-поляризовані моди. Розподіл потужності випромінювання у ВС.

Лекція 4. Матеріальна дисперсія. Показник заломлення об'ємного середовища: теорія та експериментальні дані. Формула Селмейєра.

Тема 4. Теорія ІО-хвильоводів.

Лекція 5. Теорія інтегрально-оптичних хвильоводів. Планарні хвильоводи. ТЕ- ТМ – моди. Смугасті хвильоводи та їх класифікація.

Тема 6. Хвильоводні переходи та з'єднання.

Лекція 6. Хвильоводні переходи та з'єднання. Теорія зв'язаних мод. Направлені відгалужувачі, двох плечові розгалужувачі.

Тема 7. Технологія виготовлення ВС.

Лекція 7. Технологія виготовлення ВС. Метод подвійного тиглю. Метод осевого парофазного осаджування (VAD). Зовнішнє парофазне осаджування (OVD). Хімічне парофазне осаджування (MCVD). Плазмово-хімічне парофазне осаджування (PCVD). Витягання ВС та контроль параметрів.

Тема 8. Технологія виготовлення ІО- хвильоводів.

Лекція 8. Базові технології виготовлення ІО- хвильоводів в склі та ніобаті літію. Метод епітаксialного вирощування напівпровідникових активних матеріалів.

Виготовлення інтегрально-оптичних хвильоводів. Осаджування тонких плівок, термічна дифузія, метод епітаксialного вирощування напівпровідникових активних матеріалів. Виготовлення хвильоводів методом окислення кремнію. Технологічні прийоми створення пристроїв на основі інтегрально-оптичних (ІО) структур.

Тема 9. Характеристики ЛД та методи стабілізації їх параметрів.

Лекція 9. *Характеристики випромінювання напівпровідникових суперлюмінесцентних та лазерних діодів. Методи стабілізації їх параметрів. Температурна залежність довжини хвилі генерації, спектральна ширина випромінювання, модуляційні характеристики, шуми. Схеми стабілізації вихідної потужності та частоти випромінювання (н/п) ЛД.*

Тема 10. Фотоприймачі.

Лекція 10. Фотоприймачі. Загальні вимоги, лавинні та р-і-п фотодіоди, структура та характеристики. Схеми підключення. Чутливість. Теплові та дробові шуми.

Тема 11. З'єднувачі.

Лекція 11. З'єднувачі. З'єднання волоконних світловодів поміж собою, з'єднання джерел світла з ВС, з'єднання волоконних світловодів з інтегрально-оптичними хвильоводами.

Тема 12. Поляризатори та деполаризатори

Лекція 12. ВО- та ІО- поляризаційні пристрої. Поляризатори та деполаризатори. Волоконні поляризатори з поглинаючою плівкою металу і на основі двопротенезаломляючих ВС. Інтегрально-оптичні поляризатори.

Тема 13. Модулятори та перемикачі.

Лекція 13. Модулятори та перемикачі. Електро-оптичний ефект Поккельса. Фазовий модулятор. Мостовий балансний інтерферометр Маха-Цендера. Перемикач на схрещених хвильоводах.

Тема 14. ВО- кабелі та квантові підсилювачі.

Лекція 14.

Кабелі та волоконно-оптичні підсилювачі. Дві головні конструкції сучасних волоконно-оптичних кабелів. Підсилення світла за допомогою ербієвих ВО-підсилювачів.

Тема.15 Волоконно-оптичні лінії зв'язку.

Лекція 15. Волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ). Попередній вибір компонентів системи. Принцип конструювання. Системи дальнього зв'язку. Служебні оптичні системи зв'язку. Магістральні лінії зв'язку.

Тема 16. ВО- та ІО- датчики фізичних величин.

Лекція 16. ВО- та ІО- датчики фізичних величин. Принципи побудови ВО- та ІО датчиків фізичних величин. Гідрофон. Волоконно-оптичний гіроскоп.

Тема 17. ІО- пристрої обробки сигналів.

Лекція 17. ІО- пристрої обробки сигналів. Спектроаналізатор, оптичні бістабільні елементи, інтегрально-оптичні процесори.

Лекція 18. Метаматеріали. Властивості метаматеріалів. Лінза Веселаго. Суперрозділення. Перспективні області застосувань.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Зазначається: базова (підручники, навчальні посібники) та додаткова (монографії, статті, документи, електронні ресурси) література, яку потрібно прочитати або використовувати для опанування дисципліни.

Можна надати рекомендації та роз'яснення:

- *де можна знайти зазначені матеріали (бібліотека, методичний кабінет, інтернет тощо);*
- *що з цього є обов'язковим для прочитання, а що факультативним;*
- *як саме студент/аспірант має використовувати ці матеріали (читати повністю, ознайомитись тощо);*
- *зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни.*

Бажаємо зазначати не більше п'яти базових джерел, які є вільно доступними, та не більше 20 додаткових.

ЛІТЕРАТУРА

1. Integrated Photonics Fundamentals Gin'es Lifante 2003 John Wiley & Sons Ltd.
2. The handbook of optical communications networks ed. Mohammad Ilyas, Hussein T. Mouftah 2003 by CRC Press LLC
3. Elements of Photonics Volume II For Fiber and Integrated Optics Keigo Iizuka 2002 by John Wiley & Sons, Inc., New York.
4. Fiber Optics Sensors edited by Francis To So Yu, Shizhuo Yin 2002 by Marcel Dekker.
5. Fiber Optics Handbook ed. Michael Bass McGRAW-HILL 2002.
6. Волноводная оптоэлектроника. Под ред. Т.Тамира.- М.: Мир, 1991.-575с.
7. Световодные датчики / Б.А.Красюк. О.Г.Семенов, А.Г.Шереметьев и др.- М.:Машиностроение, 1990.-256с.
8. Т.Окоси, и др. Волоконно-оптические датчики Энергоатомиздат, 1990.-256с.
9. Гауэр Дж. Оптические системы связи.-М.:Радио и связь, 1989.-504.
10. Г.С.Свечников Интегральная оптика.- Киев: Наукова думка.-1988.-166с.
11. П.К.Чео Волоконная оптика: Приборы и системы М.: Энергоатомиздат, 1988.-280с.
12. Г.С.Свечников Элементы интегральной оптики.-М.:«Радио и связь», 1987.-104с.
13. Р.Хансперджер Интегральная оптика. Теория и технология. М.: Мир, 1985.-384с.
14. Волоконно-оптическая связь. Приборы, схемы и системы. Под ред. М.Дж.Хауэса и Д.В.Моргана.-М.: «Радио и связь», 1982.-272с.
15. Х.-Г.Унгер Планарные и волоконные оптические волноводы М.-Мир, 1980.-656с.
16. В.Б.Вейнберг, Д.К.Саттаров Оптика световодов Л.-Машиностроение, 1977.-320с.Т.Мосс, Г.Баррел, Б.Эллис Полупроводниковая оптоэлектроника.- М.: Мир, 1976.-431с.

Додаткова література

1. В.Б.Вейнберг. Д.К.Саттаров Оптика световодов «Машиностроение», 1977.- 319с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Надається інформація (за розділами, темами) про всі навчальні заняття (лекції, практичні, семінарські, лабораторні) та надаються рекомендації щодо їх засвоєння (наприклад, у формі календарного плану чи деталізованого опису кожного заняття та запланованої роботи).

РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ ЗА ТЕМАМИ

№	Найменування тем	Розподіл за семестрами та видами занять			
		Всього	Лекції	Лабор.	СРС
		108	34	17	57
1	Вступ. Сучасний стан оптики та фотоніки.	2	2		
2	Фізичний принцип розповсюдження світла вздовж ВС та характеристики ВС.	4	2		2
3	Теорія ВС.	6	2		4
4	Теорія ІО-хвильоводів.	4	2		2
5	Хвильоводні переходи та з'єднання.	8	2		6
6	Технологія виготовлення ВС.	10	2	4	4
7	Технологія виготовлення ІО-хвильоводів.	10	2	4	4
8	Характеристики ЛД та методи стабілізації їх параметрів.	4	2		2
9	Фотоприймачі.	4	2		2
10	З'єднувачі.	11	2	5	4
11	Поляризатори та деполіаризатори	4	2		2
12	Модулятори та перемикачі.	10	2	4	2
13	ВО- кабелі та квантові підсилювачі.	6	2		4
14	Волоконно-оптичні лінії зв'язку.	10	2		6
15	ВО- та ІО- датчики фізичних величин..	6	2		4
16	ІО- пристрої обробки сигналів.	5	2		3
17	Метаматеріали.	6	2		5
	Всього	108	34	17	57

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Зазначаються види самостійної роботи (підготовка до аудиторних занять, проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, розв'язок задач, написання реферату, виконання розрахункової роботи, виконання домашньої контрольної роботи тощо) та терміни часу, які на це відводяться.

Самостійна робота студента включає підготовку до аудиторних занять, розв'язок задач, написання реферату, виконання розрахункової роботи, виконання контрольних робіт тощо, у відповідності з календарним планом (див. п.5).

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:

- *правила відвідування занять (як лекцій, так і практичних/лабораторних);*
- *правила поведінки на заняттях (активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо);*
- *правила захисту лабораторних робіт;*
- *правила захисту індивідуальних завдань;*
- *правила призначення заохочувальних та штрафних балів;*
- *політика дедлайнів та перескладань;*
- *політика щодо академічної доброчесності;*
- *інші вимоги, що не суперечать законодавству України та нормативним документам Університету.*

• **Відвідування занять**

- Відвідування лекцій, практичних та лабораторних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання практичних завдань та успішного написання МКР, а також виконання РР. В разі великої кількості пропусків студент може бути недопущений до заліку, якщо не встигне виконати навчальний план.

• **Пропущені контрольні заходи**

- Результат модульної контрольної роботи для студента(-ки), який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент(-ка) має можливість написати модульну контрольну роботу, але максимальний бал за неї буде дорівнювати 50% від загальної кількості балів. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

•

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю, наприклад:

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР, тест тощо

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: *екзамен / залік / захист курсового проекту (роботи)*

Умови допуску до семестрового контролю: *мінімально позитивна оцінка за індивідуальне завдання / зарахування усіх лабораторних робіт / семестровий рейтинг більше XX балів.*

Система оцінювання

№ з/п	Контрольний захід	Макс. бал	Ваговий коеф.	Кіл-ть	Всього
1.	МКР (ч. 1, ч.2)	10	1	2	20
2.	Реферат	15	1	15	15
3.	Бліц-контроль на лекційних заняттях	15	1	10	15
4.	Активність на практичних заняттях	10	1	5	10
5.	Розрахункова робота (задачі)	10	1	1	10
6.	Залікова КР по практичних заняттях	30	1	1	30
	Всього				100

Семестрова атестація студентів

Обов'язкова умова допуску до екзамену/ <u>заліку</u>		Критерій
	загальний рейтинг	$RD \geq 60$
2	Модульна контрольна робота (ч. 1, ч.2)	Ч. 1 та Ч. 2 написані на позитивну оцінку (3 з 5 кожна)
3	Практичні заняття	Виконані всі роботи на позитивну оцінку (разом 24 з 40)
4	Розрахункова робота	Виконані всі завдання на позитивну оцінку (разом 6 з 10)

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (наприклад, як додаток до силабусу);*
- *можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;*

- *інша інформація для студентів/аспірантів щодо особливостей опанування навчальної дисципліни.*

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПИТАНЬ ДО ЗАЛІКУ З КУРСУ „ІНТЕГРАЛЬНА ТА ВОЛОКОННА ОПТИКА”

1. Які причини бурхливого розвитку волоконної та інтегральної оптики за останні роки?
2. Яка типова структура волоконного хвилевода та яке фізичне явище покладено в основу розповсюдження вздовж нього?
3. Ступінчасті та градієнтні ВС. Що це за хвилеводи?
4. Що називається числовою апертурою ВС? Від яких оптичних параметрів вона залежить та що вона визначає?
5. Як виміряти числову апертуру ВС?
6. Які механізми затухання світла у ВС та яке фізичне явище визначає нижню фундаментальну границю затухання?
7. Що таке хвилеводна мода?
8. Що називається модовою та матеріальною дисперсією світла у ВС? (визначення, формули, одиниці вимірювання).
9. В чому суть теорії зигзагоподібних променів стосовно ВС?
10. Що називається нормованою частотою ВС та якою вона повинна бути для реалізації одномодового режиму розповсюдження світла вздовж ВС?
11. Який розподіл потужності світла у ВС та від значення якої величини він залежить?
12. Що таке планарний хвилевід? Яка його геометрична структура та оптичні параметри?
13. TE- та TM- моди. Що це за моди та чим вони відрізняються?
14. Смогасті хвилеводи. Які є конструкції хвилеводів цього типу?
15. Як влаштований направлений відгалужувач, виконаний на канальних хвилеводах, та який принцип його дії?
16. В чому суть методу подвійного тиглю?
17. Які основні етапи виготовлення ВС по методу паро фазного осадження, наприклад, по методу MCVD?
18. Які є базові технології виготовлення інтегрально-оптичних хвилеводів?
19. Як влаштований напівпровідниковий лазерний діод першого та другого спектральних діапазонів?
20. Яке схемне подання ЛД першого та другого спектральних діапазонів?
21. В чому специфіка напівпровідникових ЛД з квантовими ямами?
22. Як здійснюється модуляція випромінювання н/п лазерних діодів?
23. Лавинні та р-і-п фотодіоди. Які їх влаштування та характеристики?
24. Як здійснюється з'єднання н/п лазерних діодів та суперлюмінесцентних діодів з ВС та OVD?
25. Що це за “Flip-chip” – технологія?
26. Як з'єднати два ВС між собою?
27. Яка будова та принципи дії металізованих ВО- та ІО- поляризаторів?
28. Яка будова та принципи волоконних поляризаторів, що виконані на основі двопротинезаломляючих ВС?
29. Що таке коефіцієнт екстинкції?
30. В чому суть лінійного електрооптичного ефекту Поккельса?
31. Як влаштований ІО- фазовий модулятор на основі п'єзокераміки?
32. Як влаштований ІО- фазовий модулятор на основі кристалу ніобата літію?
33. Яка будова та принципи абсорбційного ІО- модулятора інтенсивності світла?
34. Яка будова та принципи ІО- комутатора?
35. Яка типова конструкція ВО- кабелю?
36. Як можна підсилювати у ВС?
37. Яке схематичне подання ВОЛЗ?
38. На яких принципах будується ВО- та ІО- датчики фізичних величин?
39. Яка схема та принцип дії ВОГ з мінімальною архітектурою?
40. Як влаштований та як діє ІО- спектроаналізатор?

41. Метаматеріали. Лінза Веселаго.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено

Професор кафедри прикладної фізики, доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник

Стронський Олександр Володимирович

посада, науковий ступінь, вчене звання, ПІБ

Ухвалено кафедрою _____ (протокол № ____ від _____)

Погоджено Методичною комісією факультету⁴ (протокол № ____ від _____)

⁴ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.