



# ОПТОЕЛЕКТРОНІКА

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>15 Автоматизація та приладобудування</i>
Спеціальність	<i>153 Мікро- та наносистемна техніка</i>
Освітня програма	<i>Мікро- та наноелектроніка</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити (120 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор/ Практичні: к.ф-м.н. Свечніков Г.С. svgeorge13@gmail.com Лабораторні: к.т.н., доц. Коваль Вікторія Михайлівна, pvlab_kpi@ukr.net, 095 188 23 54
Розміщення курсу	Код курсу fecya7r <a href="https://meet.google.com/lookup/glchiknfpj">https://meet.google.com/lookup/glchiknfpj</a> Код класу (лабораторні роботи): q7geiwv <a href="https://meet.google.com/lookup/abjvzlknu">https://meet.google.com/lookup/abjvzlknu</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Ласкаво просимо до оптоелектроніки, альянсу оптики та електроніки та однієї з найбільш захоплюючих та динамічних галузей інформаційної епохи. Як стратегічно сприяюча технологія, застосування оптоелектроніки поширюється на наше повсякденне життя, включаючи галузі обчислювальної техніки, комунікацій, розваг, освіти, електронної комерції, охорони здоров'я та транспорту. Засоби оборони включають військові функції управління, управління зображеннями, радіолокацію, авіаційні датчики та оптично керовану зброю.

Оптоелектроніка потужна, оскільки дозволяє ефективно працювати багатьом іншим технічним системам. Вона включає будь-яку комбінацію світла або зображень, яка працює з електронікою, і може бути настільки простою, як червоний світлодіод, який показує, що телевизор увімкнено, або настільки складною, як телескоп Хаббла в космосі

Оптоелектроніка - це вивчення та застосування електронних пристроїв та систем, як джерела та детектори світла, системи керування світлом, як правило, вважаються підполем фотоніки. У цьому контексті світло часто включає невидимі форми випромінювання, такі як гамма-промені, рентгенівські промені, ультрафіолет та інфрачервоне світло, крім видимого світла. Оптоелектронні пристрої - це електрично-оптичні або оптико-електричні перетворювачі або інструменти, які використовують такі пристрої у своїй роботі.

Знання, набуті в результаті вивчення даного курсу, використовуються при підготовці дипломних проектів та робіт.

*Мета:* набути знання про елементи і прилади оптоелектроніки, принципів їх побудови, механізмів струмоперенесення, теоретичних і технологічних границь зменшення розмірів, основ проектування елементів наноелектроніки.

Студент, що вивчив курс повинен

*знати:*

- апарат понять (термінологію) дисципліни;
- основні типи приладів оптоелектроніки, принципи їх дії, характеристики і параметри; Залежності характеристик і параметрів від умов експлуатації, області застосування;
- основи аналізу і розрахунку приладів оптоелектроніки
- основні технічні та технологічні рішення в області оптоелектроніки

*вміти:*

- використовувати елементну базу оптоелектроніки для побудови приладів і пристроїв оптоелектроніки
- експериментально визначати основні характеристики і параметри широко використовуваних приладів і пристроїв оптоелектроніки
- працювати з технічною літературою, і технічною документацією
- вирішувати завдання, пов'язані з явищами оптоелектроніки, і застосовувати принципи їх рішення для опису практично важливих ситуацій;

*володіти:*

- методами постановки задачі і методикою проведення експерименту з використанням елементів оптоелектроніки;
- прийомами і алгоритмами вирішення завдань оптоелектроніки;
- методами дослідницької роботи в області оптоелектроніки.

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

Дисципліна " Оптоелектроніка " забезпечується курсами базової вищої освіти напрямку: , "Твердотільна електроніка", "Статистична фізика", "Фізика напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем",.

При вивченні дисципліни використовується апарат математичної фізики, теорії ймовірностей та математичної статистики.

### **Зміст навчальної дисципліни**

*Вступ до курсу*

Тема 1. Оптоелектроніка провідні напрямки на сьогоднішній день

Тема 2. Нові матеріали нітриди і органіка

Тема 3. Квантова теорія випромінювання.Взаємодія електромагнітного випромінювання з атомами.

Тема 4. Електромагнітне випромінювання в середовищі з атомами.

Тема 5. Хвильова теорія поширення випромінювання в світловодах.

Тема 6. Загальна характеристика джерел світла.

- Тема 7. Принцип дії інжекційних лазерів і світлодіодів.
- Тема 8. Світлодіоди, структури, характеристики, їх переваги і недоліки.
- Тема 9. Індикаторні СВД
- Тема 10. Надпотужні СІД, структури і застосування
- Тема 11. Біле світло і методи його отримання
- Тема 12. Органічні СВД структури і застосування
- Тема 13. Інжекційні лазери, структури, характеристики, їх переваги і недоліки.
- Тема 14. Одномодові та одно частотні лазери
- Тема 15. Лазери на квантових структурах
- Тема 16. Лазери з вертикальним резонатором
- Тема 16. Фотоприймачи випромінювання структури і методи отримання
- Тема 17. Фоторезистори і фотодіоди структури і характеристики
- Тема 18. PIN фотодіоди структури і характеристики
- Тема 19. Лавинні фотодіоди
- Тема 20. Шуми в фотодетекторних структурах
- Тема 21. Елементи інтегральної оптоелектроніки. Інтегрально-оптичні пристрої

## 2. Навчальні матеріали та ресурси

### Базова література:

1. Чадюк, В.О. *Оптоелектроніка: від макро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання: навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю "Електроніка" / В.О. Чадюк; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018-2019. - 2 кн.*
2. Розорінов, Г.М. *Високошвидкісні волоконно-оптичні лінії зв'язку: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальностями "Радіотехніка" та "Електроніка" / Г.М. Розорінов, Д.О. Соловйов; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". - Київ: Кафедра, 2019. - 327 с.*
3. *Оптоелектроніка: Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра, які навчаються за освітньою програмою «Мікро- та наноелектроніка»/ В.М. Коваль; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,85 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 70 с.*  
Зазначену літературу можна знайти в бібліотеці КПІ ім. І.Сікорського (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/28032>), в системі Електронний Кампус ([www.ecampus.kpi.ua](http://www.ecampus.kpi.ua)) або на сайті кафедри мікроелектроніки (<http://me.kpi.ua/index.php?id=61>).

### Додаткові матеріали та ресурси:

1. *Integral Optics: Lecture Notes [Electronic resource] : tutorial for students studying for specialty 153 "Micro- and nanosystem technique" educational program "Micro and nanoelectronics" / Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute ; compilers: G. S. Svechnikov, Yu. V. Didenko. – Electronic text data (1 file: 13,2 Mbyte). – Kyiv : Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2020. – 261 p.*
2. *Handbook of Optoelectronics Applications of Optoelectronics Volume 3 Second Edition Edited by John P. Dakin and Robert G. W. Brown Pages 465*
3. *Bhattacharya Pallab Semiconductor Optoelectronic Devices | Second Edition Pearson Education; 2017, 664 pages*
4. *Photonics Rules of Thumb, Third Edition*  
Author(s): John Lester Miller; Edward J. Friedman; John N. Sanders-Reed; Katie Schwertz; Brian K. McComas SPIE PRESS BOOK 2020 Pages: 740

### 3. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### **Лекційні заняття:**

#### *Лекція №1*

#### *Вступ до курсу*

*Тема 1. Оптоелектроніка- провідні напрямки на сьогоднішній день*

*Тема 2. Нові матеріали нітриди і органіки*

#### *Лекція №2*

*Тема 3. Квантова теорія випромінювання.Взаємодія електромагнітного випромінювання з атомами.*

*Тема 4. Взаємодія електромагнітного випромінювання з атомами.*

#### *Лекція №3*

*Тема 4. Хвильова теорія поширення випромінювання в волоконних световодах.*

#### *Лекція №4*

*Тема 5. Хвильова теорія поширення випромінювання в світловодах.*

#### *Лекція №5*

*Тема 6. Загальна характеристика джерел світла.*

*Тема 7. Принцип дії інжекційних лазерів і світлодіодів.*

#### *Лекція №6*

*Тема 8. Світлодіоди, структури, характеристики,їх переваги і недоліки.*

#### *Лекція №7*

*Тема 8. Світлодіоди, структури, характеристики,їх переваги і недоліки.*

*Тема 9. Індикаторні СВД*

#### *Лекція №8*

*Тема 10. Надпотужні СІД, структури і застосування*

*Тема 11. Біле світло і методи його отримання*

#### *Лекція №9*

*Тема 12. Органічні СВД структури і застосування*

#### *Лекція №10*

*Тема 13. Інкєкційні лазери, структури, характеристики,їх переваги і недоліки.*

#### *Лекція №11*

*Тема 14. Одномодові та одно частотні лазери*

#### *Лекція №12*

*Тема 15. Лазери на квантових структурах*

#### *Лекція №13*

*Тема 16. Фотоприймачи випромінювання структури і методи отримання*

#### *Лекція №14*

*Тема 17. Фоторезистори і фотодіоди структури і характеристики*

#### *Лекція №15*

Тема 18. PIN фотодіоди структури і характеристики

Лекція №16

Тема 19. Лавинні фотодіоди

Лекція №17

Тема 20. Шуми в фотодетекторних структурах

Лекція №18

Тема 21. Елементи інтегральної оптоелектроніки. Інтегрально-оптичні пристрої

### **Практичні заняття:**

Основне завдання практичних занять – поглиблене вивчення окремих розділів курсу з метою свідомого сприйняття основного матеріалу даного курсу та розвитку уміння самостійно знаходити необхідну інформацію, а так же напрацювати вміння і навички представлення отриманих результатів. Кожен студент отримує оригінальний матеріал (стаття, доповідь на конференції, розділ книги) мовою оригіналу (англійський), який стосується якоїсь окремої проблеми в розділі курсу, що читається.

Необхідно зробити якісний переклад, розібратися в питанні і якщо необхідно використовувати додатковий матеріал, який студент повинен знайти сам. Відпрацьований матеріал представляється у вигляді доповіді презентації на занятті.

Студент повинен бути готовим відповісти на всі питання аудиторії з даної доповіді.

Приклади тем доповідей (семестр 2\*):

1. Violet QW Laser Diode
2. Quantum Cascade Lasers: Origins and Development
3. DFB and Wavelength Tuneable Lasers
4. Graphene-based-THz-detectors

\* Темі доповідей оновлюються кожного семестру

Темі лабораторних занять:

1. Дослідження характеристик фотоприймачів.
2. Дослідження характеристик фотоелектричних перетворювачів.
3. Дослідження характеристик світлодіодів.
4. Дослідження характеристик фотоварікапів.
5. Дослідження оптичних характеристик тонких плівок.

### **4. Самостійна робота студента/аспіранта**

Для стимуляції самостійної роботи студентів, заохочення їх до самовдосконалення та знайомства з новітніми інформаційними технологіями в кредитному модулі передбачено в якості індивідуального завдання на самостійну роботу додатково винесено вивчення наступного теоретичного матеріалу:

Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання    Кількість годин СРС

- 1    Методи прийому оптичного випромінювання. Пряме детектування, гетеродинний прийом    10 годин
- 2    Фотонні кристали    18

- 3 *Каскадні сонячні елементи* 20 годин
- 4 *OLED мікро дисплеї* 15 годин
5. *Транзистори на основі графена як прості фотодетектори для широкого діапазону довжин хвиль.* 15 годин

*Контроль якості засвоєння програми дисципліни передбачається за допомогою усного індивідуального та фронтального опитування студентів по тематиці змістових модулів. До курсу введені модульні тематичні опитування під час захисту докладів практичних занять.*

*Самостійна робота студентів в межах лабораторних занять – підготовка протоколу лабораторної роботи, проведення розрахунків за первинними даними, отриманими під час виконання роботи, а також підготовка до захисту теоретичної частини лабораторної роботи.*

## **Політика та контроль**

### **5. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Відвідування всіх видів занять є обов'язковим.

Виконання всіх завдань є обов'язковою умовою допуску до заліку.

Практичний проект повинен бути захищен. На захист повинна бути пред'явлена виконана робота в електронному та друкованому варіантах. Друкований варіант повинен бути оформлений згідно вимог університету і повинен містити титульний аркуш. Процедура захисту складається з відповідей на запитання викладача та студентів за темою роботи. За неправильні відповіді або неправильне оформлення роботи оцінка знижується згідно вимог РСО. За умови неправильної відповіді більш ніж на третину запитань захист не зараховується.

*Максимальна оцінка проекту становить 45 балів*

*Лабораторні заняття проводяться в системі GoogleClassroom (Код класу: q7geiwv, <https://meet.google.com/lookup/abjvszlknu>). Відвідування занять є обов'язковим.*

*Робота на лабораторному занятті передбачає виконання або захист лабораторної роботи кожним студентом окремо. Виконання лабораторної роботи здійснюється наступним чином: перегляд відео-файлу лабораторної роботи, запис результатів вимірювань, відправлення скану (фото) результатів вимірювань викладачу, проходження он-лайн тесту щодо структури лабораторного стенду та методики проведення вимірювань. Кожний студент виконує 3 лабораторних роботи. Оцінювання виконання лабораторної роботи здійснюється на основі результатів тестування. Кожний тест містить 5 запитань, правильні відповіді на які дають змогу одержати 5 балів. Захист лабораторної роботи відбувається за наявності протоколу лабораторної роботи, що містить розрахунки на основі вимірюваних даних, в письмовій формі у вигляді відповідей на 2 теоретичних запитання, скан (фото) яких надсилається викладачу. Оцінювання захисту лабораторної роботи здійснюється на основі результатів перевірки протоколу лабораторної роботи та відповідей на теоретичні запитання. Максимальну кількість балів, які студенти можуть отримати за захист лабораторної роботи – 10 балів (по 5 балів за протокол та відповіді на запитання). Умова допуску до заліку/іспиту – виконання та захист 3 лабораторних робіт кожним студентом окремо.*

### **6. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)**

*Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для успішного проходження першого календарного контролю: студент повинен набрати не менше 20% балів від максимального сумарного рейтингу протягом семестру. Для успішного*

проходження другого календарного контролю студент повинен набрати не менше 40% балів від максимального рейтингу.

Семестровий контроль здійснюється у вигляді екзамену.

Студенти, які набрали протягом семестру необхідну для позитивної оцінки кількість балів мають можливість:

- не складати екзамену, а отримати оцінку „автоматом” відповідно до набраного рейтингу з дисципліни;

- складати екзамен з метою підвищення оцінки.

У разі отримання на екзамені оцінки нижчої, ніж за рейтингом, за студентом не зберігається оцінка отримана „автоматом”.

Студенти, семестровий рейтинг яких відповідає оцінці „незадовільно”, зобов'язані складати екзамену.

Студенти, які за семестровим рейтингом не допущені до екзамену з цієї дисципліни, зобов'язані підвищити його до рівня не менше 60%.

Оцінка визначається за сумою набраних рейтингових балів відповідно до системи розрахунку шкали рейтингу.

Рейтинговий бал студента нараховується за наступними правилами;

1. практичний прект -45
2. лабораторної роботи-45

Поточний контроль: експрес-опитування (тест) наприкінці виконання кожної лабораторної роботи, перевірка розрахунків в протоколі та відповідей на контрольні запитання до кожної лабораторної роботи.

Умови допуску до семестрового контролю: виконання та захист 3 лабораторних робіт кожним студентом окремо.

№ п/п	Заняття, що підлягають рейтинговій оцінці	Загальна кількість завдань	Максимальний бал за 1 завдання	Кількість балів на "відмінно"
1.	Лабораторні заняття: -експрес-опитування (тест)	3 теста по 5 запитань	1 бал за правильну відповідь на 1 питання	15 балів
	- підготовка протоколу з розрахунками	3 роботи	5 балів	15 балів
	- відповіді на контрольні запитання	3 роботи	5 балів	15 балів
Семестрові бали				45 балів

Семестровий контроль: екзамен / залік

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 60 балів.

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

## 7. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Приклади запитань для семестрового контролю.

1. . Два види органічних світлодіодів (розмір молекул.) - Основні відмінності

2. Біле світло і методи його отримання в СВД
3. Як здійснюється селекція мод в лазерах
4. Що таке якість випромінювання
5. Порівняльна характеристика ріп і лавинних фотодіодів
6. Принцип дії суперлюмінесцентного СВД
7. Чому вирощування монокристалів GaN завдання непросте
8. Поясніть принцип повного внутрішнього відбиття світла
9. Квантова точка що це і характеристики
10. Основні переваги потужних світлодіодів в порівнянні з традиційними джерелами світла

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** доцентом кафедри мікроелектроніки , к.ф-м.н. Свечніковим Г.С

**Ухвалено** кафедрою мікроелектроніки (протокол №22 від 23.06.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 06/23 від 29.06.2023 р.)