

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет електроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра оптоелектроніки та інформаційних технологій

Затверджено

На засіданні кафедри оптоелектроніки та
інформаційних технологій
факультету електроніки та комп'ютерних
технологій
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 8 від 21.06.2022 р.)

Завідувач кафедри _____

Силабус з навчальної дисципліни
«Оптоелектроніка / Optoelectronics»,
що викладається в межах ОПП «Сенсорні та діагностичні
електронні системи» першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти для здобувачів з спеціальності
153 «Мікро- та наносистемна техніка»

Назва дисципліни	Оптоелектроніка / Optoelectronics
Адреса викладання дисципліни	м. Львів, вул. Ген. Тарнавського, 107
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра оптоелектроніки та інформаційних технологій
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	15 Автоматизація та приладобудування, 153 Мікро- та наносистемна техніка
Викладачі дисципліни	Корчак Юрій Михайлович, канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент
Контактна інформація викладачів	yuriy.korchak@lnu.edu.ua, https://electronics.lnu.edu.ua/employee/korchak-yu-m
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекційних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через MS Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка дисципліни	https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=3949
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Оптоелектроніка» є нормативною дисципліною з спеціальності 153 Мікро- та наносистемна техніка для освітньої програми «Сенсорні та діагностичні електронні системи», яка викладається в 7 семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Навчальну дисципліну розроблено таким чином, щоб навчити студента користуватися сучасною базою напівпровідникових випромінювачів та приймачів оптичного випромінювання, а також оптичними середовищами для його поширення. Курс повинен забезпечити знайомство студента із конструкцією та роботою багатоеlementних приймачів випромінювання та різного типу індикаторних пристроїв відображення інформації. Розглядаються також системи технічного зору та базові принципи цифрової оптичної обробки інформації.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення нормативної дисципліни «Оптоелектроніка» є одержання студентами знань, формування у них умінь та навичок, необхідних за розв'язування теоретичних і практичних задач у галузі оптоелектроніки.
Література для вивчення дисципліни	Основна література: 1. Корчак Ю. Оптоелектронна інформатика. Том 1. Основні принципи та прилади: навчальний посібник / Ю. Корчак, Ю. Фургала, С. Рихлюк. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2016. – 312 с. 2. Корчак Ю. М. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з курсу «Оптоелектроніка» / Ю. М. Корчак, Ю. М. Фургала. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2021. – 95 с. 3. Чадюк В. О. Оптоелектроніка: від макро до нано. Генерація оптичного випромінювання: навч. посіб. У 2 кн. / В. О. Чадюк. – К.: НТУУ, 2012. – Кн. 1. – 376 с. – Кн. 2. – 436 с. 4. Чадюк В. О. Оптоелектроніка: від макро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання: навч. посіб. У 2 кн. / В. О. Чадюк. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – Кн. 1. – 376 с. 5. Кожем'яко В. П. Оптоелектронна схемотехніка / В. П. Кожем'яко, С. В. Павлов, М. Г. Тарновський. – Вінниця: Універсум, 2008. – 189 с. 6. Черняков Е. І. Оптоелектроніка. Частина 2. Прилади та пристрої / Е. І. Черняков, Ю. П. Мачехін, М. П. Кухтін, С. М. Кухтін. – Х.: ХНУРЕ, 2016. – 292 с.

	<p>7. Dakin J. P. Handbook of Optoelectronics. Second edition. Volume 3. Applied Optical Electronics / Edited by J. P. Dakin, R. G. W. Brown. – London: New York – London: Boca Raton – CRC Press, 2018. – 445 p.</p> <p>8. Фечан А. В. Елементи оптоелектроніки на основі рідкокристалічних матеріалів / за ред. А. В. Фечана. – Львів: Львівська політехніка, 2010. – 216 с.</p>
Обсяг курсу	64 години аудиторних занять, з них 32 години лекцій, 32 години лабораторних робіт, а також 26 годин самостійної роботи
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Знати конструкцію, основні характеристики та особливості роботи напівпровідникових випромінювачів світла; конструкцію, основні характеристики, схеми ввімкнення та особливості роботи дискретних напівпровідникових фотоприймачів; будову та принципи роботи координатних аналогових та багатоелементних приймачів випромінювання; можливості використання підсилювачів сигналів фотоприймачів з високим і низьким вхідним опором; фізичні принципи в індикаторній техніці та різновидності систем відображення інформації; апаратні засоби систем технічного зору та алгоритми формування зображень; переваги та недоліки волоконно-оптичних ліній зв'язку; особливості електрооптичної модуляції світла; базові принципи цифрової оптичної обробки інформації. - Вміти вести пошук, обробку, аналіз інформації з різних джерел щодо характеристик та можливостей оптоелектронних пристроїв; пояснювати принципи і особливості роботи елементів оптоелектроніки. - Розв'язувати практичні задачі, пов'язані з розробкою пристроїв оптоелектроніки.
Ключові слова	Світлодіод, лазерний діод, фоторезистор, фотодіод, фототранзистор, фототиристор, оптопара, прилад із зарядовим зв'язком, КМОН-приймач, рідкокристалічний дисплей, оптичне волокно, ЕО модулятор, система технічного зору, оптоелектронний сенсор.
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Див. СХЕМА КУРСУ
Підсумковий контроль, форма	Екзамен у кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін «Фізичні основи сенсоріки», «Фізичні основи медичної діагностики», «Квантова електроніка», «Актуальні питання сенсорної електроніки».
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентація, лекції, лабораторні роботи, обговорення, дискусія.
Необхідне обладнання	Мультимедіа, платформа Moodle, комп'ютерне програмне забезпечення
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться як упродовж семестру (50 балів), так і на екзамені (50 балів). Сумарна оцінка виставляється за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт у такому співвідношенні:</p> <ul style="list-style-type: none"> - лабораторні роботи: 32% сумарної оцінки; максимальна кількість балів 32; - контрольні заміри (2 модулі): 18% сумарної оцінки; максимальна кількість балів 18; - екзамен: 50% сумарної оцінки; максимальна кількість балів 50.

	<p>Загалом упродовж семестру та на підсумковому екзамені 100 балів.</p> <p>Контрольні заміри проводяться у формі тестових завдань.</p> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що лабораторні та контрольні роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Студенти зобов'язані дотримуватися усіх термінів, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p>Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані на контрольних замірах (модулях), при виконанні лабораторних робіт та бали підсумкового екзамену. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття з метою, не пов'язаною з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
Питання до контрольних робіт	Перелік питань та завдань для проведення підсумкової оцінки знань певних тем до контрольних замірів та перелік питань на екзамен розміщені на веб-сторінці.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

СХЕМА КУРСУ

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в Інтернеті	Завдання (лабораторна робота), год	Термін виконання
1	Вступ. Фізичні принципи роботи елементів оптоелектроніки. Оптоелектроніка як галузь науки і техніки. Виникнення ОЕ. Розширення границь ОЕ. Складові частини ОЕ. Елементна база. Темпи розвитку. Вимоги до сучасної ОЕ. Фізичні принципи роботи елементів ОЕ.	Лекція	1, 6, 7	Елементна база оптоелектроніки. Основні ефекти і явища, які використовуються в оптоелектроніці.	1 тиж. семестру
2	Некогерентні напівпровідникові джерела світла. Інжекційна люмінесценція. Вимоги до напівпровідників для джерел світла. Світлодіоди (СД) на основі сполук $A^{III}B^V$. Випромінювальні переходи. Довжина	Лекція	1, 2, 3, 5	Інжекційна люмінесценція. Конструкції світлодіодів різного призначення. Квантова ефективність світлодіода. (лабораторна робота: Вимірювання	2 тиж. семестру

	хвилі та півширина спектру випромінювання СД. Внутрішня і зовнішня квантові ефективності. Переваги гетероструктур для побудови СД. Конструкції СД різного призначення. Модуляція випромінювання СД високо частотним та імпульсним збудженням. Термічне насичення.			та аналіз основних характеристик джерел світла для оптоелектроніки).	
3	Когерентні напівпровідникові джерела світла. Особливості напівпровідникових лазерів (НПЛ) як джерел світла для ОЕ. Умови підсилення. Характеристики лазерів: вольт-амперні, ватт-амперні. Лазерні моди. Спектральні і частотні характеристики. Джерела довгохвильового випромінювання. Надійність СД і НПЛ. Механізми деградації.	Лекція	1, 2, 3, 5, 6	Характеристики світлодіодів. Напівпровідникові лазери, їх параметри. Надійність роботи напівпровідникових випромінювачів.	3 тиж. семестру
4	Дискретні напівпровідникові фотоприймачі: фоторезистори, фотодіоди. Класифікація приймачів оптичного випромінювання. Фоторезистори: плівкові, монокристалічні, леговані. Ефективність напівпровідникових фотоприймачів. Поглинання світла різними структурами. Режими роботи фотодіодів (ФД): фотовольтаїчний і фотодіодний. Вольт-амперна характеристика ФД. <i>p-i-n</i> -фотодіоди, їх переваги. ФД з бар'єром Шоттки.	Лекція	1, 2, 4, 5	Фоторезистори, їх характеристики. Режими роботи фотодіодів, схеми увімкнення та параметри. Різновиди фотодіодів. (<i>лабораторна робота</i> : Напівпровідникові приймачі оптичного випромінювання).	4 тиж. семестру
5	Дискретні напівпровідникові фотоприймачі: лавинні фотодіоди, фототранзистори, фототиристри. Гетероструктурні ФД. Лавинні ФД. Коефіцієнт помноження. Ширина смуги пропускання. Фототранзистори та фототиристри. Схеми увімкнення фотодіодів та фототранзисторів. Імпульсні та частотні характеристики. Шуми ФД. Еквівалентна потужність шуму. Виявляюча здатність.	Лекція	1, 2, 4, 5, 6	Гетероструктурні та лавинні фотодіоди. Фототранзистори та фототиристри. Часові параметри фотоприймачів. Їх шуми (<i>лабораторна робота</i> : Часові характеристики фотоприймачів).	5 тиж. семестру
6	Координатні аналогові та багатоелементні приймачі випромінювання. Координатні аналогові приймачі випромінювання. Відикони. Сканістори. Багатоелементні приймачі випромінювання. Прилади із зарядовим зв'язком (ПЗЗ). МДН-конденсатор. Трифазні та двофазні схеми керування ПЗЗ. Лінійні і матричні ПЗЗ. Фотоприймальні матриці КМОН. Структура комірки чорно-білого та кольорового фотоприймача КМОН. Архітектура КМОН.	Лекція	1, 2, 4, 5, 6, 7	Конструкція та особливості роботи багатоелементних приймачів ПЗЗ та КМОН, їх порівняння (<i>лабораторна робота</i> : Керування роботою приладів із зарядовим зв'язком).	6 тиж. семестру

	Порівняння матричних фотоприймачів ПЗЗ і КМОН.				
7	Оптрони, їх переваги як елементів зв'язку. Оптимальні оптопари. Оптичне середовище. Функція передачі оптрона. Спектральне узгодження. Розрахунок коефіцієнтів передачі. Класифікація оптронів. Оптронні інтегральні схеми. Спеціальні типи оптронів, їх конструкція. Оптрони з відкритим оптичним та з керованим оптичним каналами. Активні оптрони. Інтегральне виконання оптопари. Області використання оптронів. Проблеми і задачі оптронної техніки.	Лекція	1, 2, 4, 5, 6	Оптопари із внутрішнім оптичним, електрооптичним та електричним зв'язком, їх характеристики та особливості роботи. Інтегральне виконання оптопари (<i>лабораторна робота</i> : вивчення роботи оптронів).	7 тиж. семестру
8	Підсилювачі сигналів приймачів оптичного випромінювання. Амплітудно-частотна характеристика та її корекція. Відношення сигнал/шум. Квантова межа чутливості фотоприймача. Джерела шумів фотоприймача і підсилювача. Еквівалентна шумова схема. Підсилювач з високим і низьким вхідним опором. Ідеальний фотодетектор.	Лекція	1, 4, 5	Амплітудно-частотна характеристики. Види шумів у фотоприймачах та відношення сигнал/шум. Ідеальний фотодетектор. Підсилювач із високим і низьким вхідним опором.	8 тиж. семестру
9	Фізичні принципи в індикаторній техніці. Системи відображення інформації. Індикатори. Покоління індикаторних приладів. Фізіологічні основи індикаторної техніки. Функція видності ока. Закон Вебера-Фехнера. Роздільна здатність. Діаграма МКО. Фізичні принципи роботи індикаторів.	Лекція	1, 2, 7, 8	Індикатори як системи відображення інформації. Покоління індикаторних пристроїв. Фізіологічні основи індикаторної техніки. Фізичні принципи роботи індикаторів.	9 тиж. семестру
10	Напівпровідникові, плазмові та рідкокристалічні індикатори. Напівпровідникові і плазмові індикатори. Електрооптичні ефекти в рідких кристалах (РК). Будова РК-комірок. Дисплеї на основі РК. Пасивні і активні матриці. Кольорові зображення на РК-дисплеях. Методи отримання високого контрасту і градацій яскравості. Альтернативні технології: емісійні дисплеї, активні електролюмінесцентні дисплеї.	Лекція	1, 2, 7, 8	Напівпровідникові та плазмові індикатори. Рідкокристалічні індикатори, їх різновиди. Емісійні та електролюмінесцентні індикатори. Органічні дисплеї.	10 тиж. семестру
11	Системи технічного зору та їх апаратні засоби. Системи технічного зору (СТЗ). Сфери використання систем реєстрації і обробки зображень. Відеосенсори і їх формати. Апаратні засоби СТЗ. Цифрові фото- і відеокамери на основі ПЗЗ, їх характеристики. Формула камери.	Лекція	5, 6, 7, 8	Системи технічного зору, їх різновиди та сфери використання. Відеосенсори та їх формати. Апаратні засоби СТЗ. Формула камери (<i>лабораторна робота</i> : Система вводу і обробки оптичних зображень в ЕОМ).	11 тиж. семестру
12	Формування зображень в СТЗ.	Лекція	5, 6, 7	Алгоритми формування	12 тиж.

	Алгоритми формування зображень. Напівтонові і бінарні зображення. Попередня обробка зображень. Перетворення Фур'є і Адамара. Усереднення зображень. Матриці усереднення. Ланцюжкові коди. Сегментація зображень.			зображень. Формати файлів растрової графіки. Перетворення Фур'є і Адамара, усереднення при попередній обробці зображень. Методи стиску зображень (<i>лабораторна робота</i> : Формування кольорового растрового зображення).	семестру
13	Оптоелектронні системи зв'язку. Оптичне волокно. Пропускна здатність оптичного каналу. Формула Шеннона. Часове об'єднання каналів зв'язку. Структура оптичного волокна (ОВ). Загасання сигналу в ОВ. Числова апертура. Моді волокон. Міжмодова дисперсія.	Лекція	1, 4, 7	Пропускна здатність оптичного каналу. Оптичне волокно, його різновиди та характеристики.	13 тиж. семестру
14	Типи оптичних волокон та їх властивості. Гradientні волокна. Добуток смуга пропускання×віддаль. Одно-модові волокна. Хроматична дисперсія в одномодовому волокні, матеріальна і хвилеводна складові. Довжина ретрансляційної ділянки. Підсилювачі світла на легованих ОВ. Класифікація волоконно-оптичних ліній зв'язку. Сучасний стан.	Лекція	4, 7	Хроматична дисперсія в одномодовому волокні. Підсилювачі світла на легованих оптичних волокнах. Класифікація ВОЛЗ.	14 тиж. семестру
15	Електрооптична модуляція світла. Оптоелектронні давачі. Рівняння оптичної індикатрис в електричному полі. Електрооптичні коефіцієнти. Індуковане двоприменезаломлення. Поперечна і поздовжня схеми модуляторів. Півхвильова напруга. Еквівалентна електрична схема модулятора. ОЕ давачі для реєстрації фізичних величин: тиску, температури, електричного і магнітного полів, струму і напруги, кутових і лінійних переміщень.	Лекція	2, 4, 5, 6, 7	Електрооптична модуляція, її практичне використання. Оптоелектронні давачі фізичних величин (<i>лабораторна робота</i> : Електрооптична модуляція світла).	15 тиж. семестру
16	Елементи інтегральної оптики. Оптоелектронні вичислювальні системи. Поширення хвиль у хвилеводах. Зв'язок з хвилеводом. Модулятори електрооптичні, магнітооптичні, мультиплексори, дефлектори. Логічні оптоелектронні інтегральні схеми. Аналогові оптичні процесори для обробки радіосигналів. Оптична голографічна пам'ять. Оптичні дискові запам'ятовуючі пристрої. Цифрова оптична обробка інформації.	Лекція	5, 6, 7	Оптоелектронні модулятори, мультиплексори, дефлектори. Логічні оптоелектронні інтегральні схеми. Оптична голографічна пам'ять..	16 тиж. семестру