

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інженерного навчально-наукового
інституту ім. Ю. М. Потебні ЗНУ

Н. Г. Метеленко

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« »

2024 р.

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ПОВЕРХНЕВІ ТА КОНТАКТНІ ЯВИЩА
НАПІВПРОВІДНИКОВИХ СТРУКТУР

(назва навчальної дисципліни)

підготовки магістра

(назва освітнього ступеня)

денної форми здобуття освіти

освітньо-професійна програма Мікроелектронні інформаційні системи

(назва)

спеціальності 176 Мікро- та наносистемна техніка

(шифр, назва спеціальності)

галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

(шифр і назва)

ВИКЛАДАЧ: Світанько М.В., к. ф-м. н., доцент, доцент кафедри електроніки,
інформаційних систем та програмного забезпечення

(ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада)

Обговорено та ухвалено

на засіданні

кафедри ЕІСПЗ

Протокол № 1 від "26" 2024 р

Завідувач кафедри

(підпис)

Тетяна Критська

(ініціали, прізвище)

Погоджено

Гарант освітньо-професійної програми

(підпис)

Оксана Небеснюк

(ініціали, прізвище)

2024 рік



Зв'язок з викладачем: кандидат фізико-математичних наук, доцент Світанько Микола Вікторович

E-mail: svitnik_1973@ukr.net

Сезн ЗНУ повідомлення: <https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=9764>

Телефон: + 38(067) 7790563

Інші засоби зв'язку: Viber, Moodle (форум курсу, приватні повідомлення), Zoom

Кафедра: електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення, Х корпус ЗНУ, ауд. 204

1. Опис навчальної дисципліни

Дисципліна «Поверхневі та контактні явища напівпровідникових структур» є важливою для вирішення проблем поверхневих станів на ідеальній поверхні кристалу, області просторового заряду, ефекту поля, поверхневої адсорбції, рухливості носіїв заряду на поверхні. Особливу увагу приділено фізичним основам формування атомарно чистих поверхонь, а також моделюванню гомо- та гетеро переходів, випрямлення в контактах, ВАХ р-п- переходу, ВАХ гетеро-переходів, пробійних явищ, створенню омічних контактів.

Курс призначений для підготовки фахівців в області розробки апаратних засобів сучасних інформаційних технологій.

Метою вивчення навчальної дисципліни «Поверхневі та контактні явища напівпровідникових структур» є засвоєння здобувачами освіти чітких уявлень про теоретичні основи процесів, які протікають на поверхні напівпровідникових структур та при формуванні оптимальних за технологією контактних систем.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Поверхневі та контактні явища напівпровідникових структур» є:

- ознайомити здобувачів із основними методами формування поверхні напівпровідникових кристалів та сполук;
- ознайомити здобувачів із існуючими методами дослідження поверхні напівпровідника та методами практичних розрахунків;
- сформувати у здобувачів навички наукових розрахункових завдань по моделюванню нових з'єднань напівпровідників та впливу поверхневих явищ на їх властивості;
- надати здобувачам знань в області проектування експериментальних методів дослідження поверхневих та контактних явищ на поверхні напівпровідників.

Особливістю курсу є те, що знання, отримані з курсу «Поверхневі та контактні явища напівпровідникових структур» є основою для моделювання надсучасних інформаційних систем промислового, комерційного та військового призначення.

Набуті студентами знання та навички з дисципліни «Поверхневі та контактні явища напівпровідникових структур» будуть необхідні студентам при виконанні експериментальних досліджень під час виробничих, переддипломних практик, при написанні випускних кваліфікаційних (дипломних, магістерських) робіт, у подальшій професійній діяльності.



Паспорт навчальної дисципліни

Нормативні показники	денна форма здобуття освіти	
1	2	3
Статус дисципліни	Вибіркова	
Семестр	3 -й	
Кількість кредитів ECTS	3	
Кількість годин	90	
Лекційні заняття	12 год.	
Практичні заняття	10 год.	
Самостійна робота	68 год.	
Консультації	<i>Адреса розміщення розкладу проведення консультацій, https://www.znu.edu.ua/ukr/university/11929/12619 Формат проведення - /дистанційно, Zoom)</i>	
Вид підсумкового семестрового контролю:	залік	
Посилання на електронний курс у СЕЗН ЗНУ (платформа Moodle)	https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=9764	



2. Методи досягнення запланованих освітньою програмою компетентностей і результатів навчання

Компетентності/ результати навчання	Методи навчання	Форми і методи оцінювання
1	2	3
Інтегральні компетентності: ІК1. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі професійної діяльності з мікро- та наносистемної техніки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.	Методи: Наочні методи (схеми, моделі, алгоритми). Словесні методи (лекція, пояснення, робота з підручником). Практичні методи (практичні лабораторні завдання, контрольні заходи, складання схем). Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації). Проблемно-пошукові методи (репродуктивні). Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, моделювання ситуацій практичного характеру).	Методи контролю і самоконтролю: письмовий або програмований (комп'ютерне тестування, письмове тестування). Контрольні заходи: теоретичне тестування за змістовим модулем; надання звіту із виконання практичної роботи; підсумкове розрахункове завдання; підсумкове тестування
Загальні компетентності: ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ЗК4. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні. ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.	Методи: Наочні методи (схеми, моделі, алгоритми). Словесні методи (лекція, пояснення, робота з підручником). Практичні методи (практичні лабораторні завдання, контрольні заходи, складання схем). Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації). Проблемно-пошукові методи (репродуктивні). Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, моделювання ситуацій практичного характеру).	Методи контролю і самоконтролю: письмовий або програмований (комп'ютерне тестування, письмове тестування). Контрольні заходи: теоретичне тестування за змістовим модулем; надання звіту із виконання практичної роботи; підсумкове розрахункове завдання; підсумкове тестування
Спеціальні (фахові,	Методи:	Методи контролю і

предметні) компетентності: СК1. Здатність ефективно використовувати складне контрольно-вимірвальне, технологічне та дослідницьке обладнання при дослідженнях та виробництві матеріалів, компонентів, приладів і пристроїв мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення. СК2. Здатність здійснювати тестування та діагностику приладів та обладнання, а також оброблення і аналіз отриманих результатів. СК3. Здатність аналізувати та синтезувати мікро- та наноелектронні системи різного призначення. СК 9. Здатність до розроблення вузлів, приладів і систем мікро- та наносистемної техніки нового функціонального призначення.	Дослідницький (самостійна робота, проекти). Наочні методи (схеми, моделі, алгоритми). Проблемно-пошукові методи (репродуктивні). Практичні методи (практичні роботи, складання схем і алгоритмів). Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації). Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, моделювання ситуацій практичного характеру).	самоконтролю: письмовий або програмований (комп'ютерне тестування, письмове тестування). Контрольні заходи: теоретичне тестування за змістовим модулем; надання звіту із виконання практичної роботи; підсумкове розрахункове завдання; підсумкове тестування
Програмні результати навчання: Р1. Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або наукові задачі під час проектування, виготовлення і дослідження мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у бізнес-проектах. Р3. Оптимізувати конструкції систем, пристроїв та компонентів мікро- та наносистемної техніки, а також технології їх виготовлення. Р6. Розробляти вироби та компоненти мікро- та наносистемної техніки, враховуючі вимоги до їх	.	Методи контролю і самоконтролю: письмовий або програмований (комп'ютерне тестування). Контрольні заходи: теоретичне тестування за змістовим модулем; надання звіту із виконання практичної роботи; підсумкове розрахункове завдання; підсумкове тестування

характеристик, технологічні та ресурсні обмеження; використовувати сучасні інструменти автоматизації проектування. P7. Розв'язувати задачі синтезу та аналізу приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки. P9. Забезпечувати якість виробництва; обирати технології, що гарантують отримання необхідних характеристик твердотільних пристроїв; застосовувати сучасні методи контролю мікро- та наносистемної техніки. P17. Проводити випробування, експериментальні та теоретичні дослідження властивостей матеріалів, наноструктур та технологій, компонентів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки.		
--	--	--

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Поверхневі явища у напівпровідниках

Теми лекцій: Електронні стани на поверхні напівпровідникових кристалів. Теорія області просторового заряду (ОПЗ). Рухливість носіїв заряду в ОПЗ. Експериментальне дослідження рухливості носіїв у приповерхневій області. Ефект поля. Визначення параметрів поверхневих рівнів із вимірювання ефекту поля. Кінетика ефекту поля. Експериментальні методи дослідження ефекту поля.

Змістовий модуль 2. Фізичні основи формування наноповерхонь

Теми лекцій: Фізична та хімічна адсорбція. Сучасна теорія хемосорбції. Реальна та атомарно-чиста поверхня напівпровідника. Фізичні властивості атомарно-чистих поверхонь. Визначення вигинів енергетичних зон контактними методами. Дослідження вигинів енергетичних зон безконтактними методами. Формування поверхні зондовими методами.

Змістовий модуль 3. Контактні явища: контакт Me – напівпровідник, p – n - перехід

Теми лекцій: Властивості омичних контактів. Виготовлення і дослідження омичних контактів. Хід потенціалу в ОПЗ напівпровідника. ВАХ p-n – переходів. Випрямлення в контакті метал-напівпровідник. Види пробою. Експериментальні методи дослідження пробою.

Змістовий модуль 4. Контактні явища: гетероструктури

Теми лекцій: Аналіз моделей гетеро- та гомопереходів, до яких прикладено напругу. Випрямні властивості гетеропереходів. ВАХ гетеро переходів.



4. Структура навчальної дисципліни

Вид заняття /роботи	Назва теми	Кількість годин	Згідно з розкладом
		о/д.ф.	
1	2	3	4
Змістовий модуль 1			
Лекція 1	Тема. Електронні стани на поверхні напівпровідникових кристалів. Теорія області просторового заряду (ОПЗ). Рухливість носіїв заряду в ОПЗ. Експериментальне дослідження рухливості носіїв у приповерхневій області.	2	1 раз на 2 тижні
Практичне заняття 1	Розрахунок потенціалу в області просторового заряду	2	1 раз на 2 тижні
Самостійна робота	Тема. Кінетика ефекту поля	10	
Лекція 2	Ефект поля. Визначення параметрів поверхневих рівнів із вимірювання ефекту поля.	2	1 раз на 2 тижні
Практичне заняття 2	Енергетичні спектри атомарно-чистих поверхонь	2	1 раз на 2 тижні
Самостійна робота	Експериментальні методи дослідження ефекту поля	10	
Змістовий модуль 2			
Лекція 3	Фізична та хімічна адсорбція. Сучасна теорія хемосорбції. Реальна та атомарно-чиста поверхня напівпровідника. Фізичні властивості атомарно-чистих поверхонь. Визначення вигинів енергетичних зон контактними методами. Дослідження вигинів енергетичних зон безконтактними методами. Формування поверхні зондовими методами.	2	1 раз на 2 тижні
Практичне заняття 3	Фотоелектричні та оптичні явища на поверхні напівпровідників	1	1 раз на 2 тижні
Самостійна робота	Дослідження канал-ефекту	10	
Змістовий модуль 3			
Лекція 4	Властивості омичних контактів. Виготовлення і дослідження омичних контактів. Хід потенціалу в ОПЗ напівпровідника.	2	1 раз на 2 тижні
Практичне заняття 4	Дослідження ВАХ контакту Me – напівпровідник	1	1 раз на 2 тижні
Самостійна робота	Методи очищення поверхонь	10	
Лекція 5	ВАХ p-n – переходів. Випрямлення в контакті метал-напівпровідник. Види пробою. Експериментальні методи дослідження	2	1 раз на 2 тижні

	пробою.		
Змістовий модуль 4			
Практичне заняття 5	Дослідження ВАХ гетероструктур	4	<i>1 раз на 2 тижні</i>
Самостійна робота	Лавинний пробій. Тунельний пробій. Тепловий пробій Мікроплазма	14	
Лекція 6	Аналіз моделей гетеро- та гомопереходів, до яких прикладено напругу. Випрямні властивості гетеропереходів. ВАХ гетеро переходів.	2	<i>1 раз на 2 тижні</i>
Самостійна робота	Утворення гетеро- та гомопереходів. Експериментальні методи дослідження ВАХ гетеро переходів	14	

5. Види і зміст поточних контрольних заходів

Вид заняття/ роботи	Вид контрольного заходу	Зміст контрольного заходу	Критерії оцінювання та термін виконання	Усьо го балів
1	2	3	4	5
Проміжний контроль	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів (<i>тест в Moodle</i>)	Питання для підготовки: Електронні стани на поверхні напівпровідникових кристалів. Теорія області просторового заряду (ОПЗ). Рухливість носіїв заряду в ОПЗ. Експериментальне дослідження рухливості носіїв у приповерхневій області. Ефект поля. Визначення параметрів поверхневих рівнів із вимірювання ефекту поля. Кінетика ефекту поля. Експериментальні методи дослідження ефекту поля.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 2 бали.	10
Практичне заняття	Практична робота 1 «Розрахунок потенціалу в області просторового заряду»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати практичну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему <i>Moodle</i> ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 2 бали; 2) оформлення звіту відповідає стандартам – 2 бали; 3) завдання виконано, оформлення не відповідає стандартам – 1 бал; 4) завдання не виконане - 0 балів	4
Усього за ЗМ 1	2			14
2	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів	Питання для підготовки: Фізична та хімічна адсорбція. Сучасна теорія хемосорбції.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5.	10

Проміжний контроль	(тест в Moodle)	Реальна та атомарно-чиста поверхня напівпровідника. Фізичні властивості атомарно-чистих поверхонь. Дослідження канал-ефекту. Визначення вигинів енергетичних зон контактними методами. Дослідження вигинів енергетичних зон безконтактними методами. Методи очищення поверхонь. Формування поверхні зондовими методами.	Правильна відповідь оцінюється у 2 бали.	
Практичне заняття	Практична робота 2 Виконання та оформлення практичної роботи «Енергетичні спектри атомарно-чистих поверхонь»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати практичну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 2 бали; 2) оформлення звіту відповідає стандартам – 2 бали; 3) завдання виконано, оформлення не відповідає стандартам – 1 бал; 4) завдання не виконане - 0 балів	4
	Практична робота 3 Виконання та оформлення практичної роботи «Фотоелектричні та оптичні явища на поверхні напівпровідників»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати лабораторну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 2 бали; 2) оформлення звіту відповідає стандартам – 2 бали; 3) завдання виконано, оформлення не відповідає стандартам – 1 бал; 4) завдання не виконане - 0 балів	4
Усього за ЗМ 2	3			18
3	Теоретичне завдання - контрольне	Питання для підготовки:	Тестові питання оцінюються:	10

	тестування за результатами вивчення матеріалів (<i>тест в Moodle</i>)	Властивості омічних контактів. Виготовлення і дослідження омічних контактів. Хід потенціалу в ОПЗ напівпровідника. ВАХ р-п – переходів. Випрямлення в контакті метал-напівпровідник. Види пробою. Лавинний пробій. Тунельний пробій. Тепловий пробій. Мікроплазма. Експериментальні методи дослідження пробою.	правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 2 бали.	
	Практична робота 4 Практичне завдання - Виконання та оформлення практичної роботи «Дослідження ВАХ контакту Me – напівпровідник»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати практичну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему <i>Moodle</i> ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 2 бали; 2) оформлення звіту відповідає стандартам – 2 бали; 3) завдання виконано, оформлення не відповідає стандартам – 1 бал; 4) завдання не виконане - 0 балів	4
	Усього за ЗМ 3	2		14
4	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів	Питання для підготовки: Утворення гетеро- та гомопереходів. Аналіз моделей гетеро- та гомопереходів, до яких прикладено напругу. Випрямні властивості гетеропереходів. ВАХ гетеро переходів. Експериментальні методи дослідження ВАХ гетеро переходів.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 2 бали.	10

	Практична робота 5 Практичне завдання - Виконання та оформлення практичної роботи «Дослідження ВАХ гетероструктур»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати практичну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему <i>Moodle</i> ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 2 бали; 2) оформлення звіту відповідає стандартам – 2 бали; 3) завдання виконано, оформлення не відповідає стандартам – 1 бал; 4) завдання не виконане - 0 балів	4
Усього за ЗМ 4	2			14
Усього за змістові модулі	9			60

Підсумковий семестровий контроль

Таблиця 5.2

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
Залік	Теоретичне завдання: контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів (<i>тест в Moodle</i>)	Питання для підготовки у вигляді файлу PDF завантажено на сайт системи Moodle ЗНУ. У разі дистанційної форми навчання залік проходить у тестовій формі через платформу Moodle.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 10. Правильна відповідь оцінюється у 2 бали	20
	Практичне завдання: Розрахункова задача за матеріалом вивчення курсу	Розрахункова задача, яка передбачає розрахунок квантової діагностичної системи згідно обраної теми, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему <i>Moodle</i> ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1 – постановка проблеми (6 балів); 2 – аналітичний розв'язок (8 балів); 3 – оформлення звіту згідно стандартів – 6 балів	20
Усього за підсумковий семестровий контроль	2			40

За шкалою ECTS	За шкалою університету	За національною шкалою	
		Екзамен	Залік
A	90 – 100 (відмінно)	5 (відмінно)	Зараховано
B	85 – 89 (дуже добре)	4 (добре)	
C	75 – 84 (добре)		
D	70 – 74 (задовільно)	3 (задовільно)	
E	60 – 69 (достатньо)		
FX	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)	Не зараховано
F	1 – 34 (незадовільно – з обов’язковим повторним курсом)		

6. Основні навчальні ресурси

Рекомендована література

Основна:

1. Фізика напівпровідників: Конспект лекцій (Частина I) [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», освітньої програми «Мікро-та наноелектроніка» / В. І. Ільченко, Т. Ю. Обухова.; КІП ім. Ігоря Сікорського Електронні текстові дані (1 файл: 2,97 Мбайт). Київ : КІП ім. Ігоря Сікорського, 2020. 26 с.
2. Горват А. А., Козутіч А. А. Основи інформаційно-вимірювальної техніки. Навчальний посібник. Ужгород, в-во УжНУ "Говерла" 2016 176 ст.
3. Готра З. Ю. Субмікронні та нанорозмірні структури наноелектроніки. Підручник / З. Ю. Готра, І. І. Григорак, Б. А. Лукіянець, В. П. Махній, С. В. Павлов, Л. Ф. Політанський, Ежи Потенські. Чернівці : Видавництво та друкарня «Технологічний центр». 2014. 839 с.

Додаткова:

1. Alford T.L., Feldman L.C., Mayer J.W. Fundamentals of Nanoscale Film Analysis. New York: Springer, 2007. 336 p.
2. Горячко А. М., Кулик С. П., Прокопенко О. В. Основи скануючої зондової мікроскопії та спектроскопії : Навчальний посібник / за ред. С. П. Кулика та О. В. Прокопенка. Київ : Радіофізичний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2012. 170 с.
3. Болеста І. М. Фізика твердого тіла: Навчальний посібник. – Львів : Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. 480 с.
4. Вакарчук І. О. Квантова механіка Підручник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2004. 784 с.
5. Висоцький В. І. Атомна та ядерна фізика у прикладах і запитаннях: навчальний посібник / В. І. Висоцький, С. А. Дяченко, Г. Ю. Карлаш, В. С. Овечко, О. В. Прокопенко, Н. П. Харченко; за ред. В. І. Висоцького, В. С. Овечка. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2011. 511 с.
6. Юхновський І. Р. Основи квантової механіки: Навч. посібник. – 2-ге вид., перероб. і доп. Київ : Либідь, 2002. 392 с.
7. Мелков Г. А. Кріогенна електроніка: Навчальний посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 87 с.
8. Бібик В. В., Гричановська Т. М., Однорець Л. В. Фізика твердого тіла : навч. посіб. Суми : СумДУ, 2010. 200 с.
URL: <http://ebooks.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi20/0013635.doc>.



9. Ільченко В. І., Обухова Т. Ю. Фізика напівпровідників. Конспект лекцій : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 26 с. URL: <http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi74/0055053.pdf>.
10. Попик Ю. В. Фізика напівпровідників : підручник Ужгород : ІВА, 2014. 820 с.
11. Поплавко Ю. М. Фізика твердого тіла : підручник : в 2 т. Т. 1 : Структура, квазічастинки, метали, магнетики. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського ; Політехніка, 2017. 415 с. URL: <http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0053962.pdf>.
12. Поплавко Ю. М. Фізика твердого тіла : підручник : в 2 т. Т. 2 : Діелектрики, напівпровідники, фазові переходи. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського ; Політехніка, 2017. 380 с. URL: <http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0053951.pdf>.
13. Строїтельова Н. І., Кісельов Є. М. Фізика твердого тіла : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 145 с. URL: <http://ebooks.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/2018/0045370.pdf>.
14. Юхновський І. Р. Основи квантової механіки : навч. посіб. 2-е вид., перероб. й допов. Київ : Либідь, 2002. 392 с.
15. Binnig G., Rohrer H. Scanning tunneling microscopy – from birth to adolescence // Reviews of Modern Physics. 1987. Vol. 59, № 3. P. 615-625.
16. Binnig G., Rohrer H., Gerber Ch., Weibel E. Surface studies by scanning tunneling microscopy // Physical Review Letters. 1982. Vol. 49, № 1. P. 57-61.
17. Ibach H. Physics of Surfaces and Interfaces. Berlin : Springer-Verlag, 2006. 646 p.
18. Пека Г. П., Стріха В. І. Поверхневі та контактні явища у напівпровідниках. Київ : Либідь, 1992. 240 с.
19. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури. Навч. посібник. Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2009. 580с.
20. Заячук Д. М. Низькорозмірні структури і надгратки. Навч. посібник. Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2006. 220с.
21. Фодчук І. М., Баловсяк С. В. Діагностика поверхні твердого тіла. Загальний стан проблеми та Хроменеві методи. Навч. посібник. Чернівці : Рута, 2007. 288с.
22. Surface characterization methods: principles, techniques, and applications. // Ed. by A.J. Milling. Basel : Marcel Dekker, Inc., 1999. 429 p.

Інформаційні ресурси

1. Наукова бібліотека Запорізького національного університету. URL: <http://library.znu.edu.ua/> (дата звернення: 01.08.2024)
2. Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Серія: Радіотехніка URL : https://kpi.ua/web_radap (дата звернення: 01.08.2024)
3. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології URL <https://www.imp.kiev.ua/nanosys/ua/index.html> (дата звернення: 01.08.2024)
4. AEÜ – International Journal of Electronics and Communications URL : <https://is.gd/etxIXh> (дата звернення: 01.08.2024).
5. Fundamentals and Properties of Multifunctional Nanomaterials Cambridge : Elsevier, 2021. 622 p. URL : <https://is.gd/FtRDQ8> (дата звернення: 01.08.2024)
6. Composites Part B: Engineering URL : <https://is.gd/tBNNMx> (дата звернення: 01.08.2024)
7. International Journal of Solids and Structures URL : <https://bit.ly/3BJDS3O> (дата звернення: 01.08.2024)
8. Optics & Laser Technology URL: <https://bit.ly/3DHwyGt> (дата звернення: 01.08.2024)
9. Physical Communication URL : <https://bit.ly/3oZH4Vg> (дата звернення: 01.08.2024)
10. Proteus <http://www.labcenter.com> (дата звернення: 01.08.2024)

7. Регуляції і політики курсу

**Організація навчання на курсі здійснюється згідно наступних положень
Запорізького національного університету:**

1. Положення про організацію освітнього процесу в ЗНУ (<https://tinyurl.com/ymn4ca8d>)
2. Порядок реалізації здобувачами освіти права на вільний вибір навчальних дисциплін в ЗНУ (<https://is.gd/fvOTBX>)
3. Положення про організацію освітнього процесу з використанням технологій дистанційного навчання (<https://is.gd/lBfy0l>)
4. Положення про організацію та методiku проведення поточного та підсумкового семестрового контролю навчання студентів ЗНУ (<https://is.gd/gKXVnR>)
5. Положення про порядок повторного вивчення навчальних дисциплін та повторного навчання у ЗНУ (<https://is.gd/en6oSv>)

Відвідування занять. Регуляція пропусків.

Вивчення курсу передбачає обов'язкове відвідування практичних та лабораторних занять. Студенти, які за певних обставин не можуть відвідувати заняття регулярно, мусять впродовж тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущенні завдання мають бути відпрацьовані на найближчій консультації впродовж тижня після пропуску. Відпрацювання занять здійснюється аудиторно з відпрацюванням на лабораторному обладнанні, або за допомогою виконання завдань через систему електронного навчання Moodle. Студенти, які станом на початок екзаменаційної сесії мають понад 70% невідпрацьованих пропущених занять, до відпрацювання не допускаються.

Політика академічної доброчесності

Дотримання норм академічної доброчесності на курсі здійснюється згідно Кодексу академічної доброчесності ЗНУ (<https://is.gd/BWBwP0>)

Індивідуальні завдання, що виконуються студентами під час проходження курсу, перевіряються на наявність плагіату. Відповідно до чинних правових норм, плагіатом вважатиметься: копіювання чужої наукової роботи чи декількох робіт та оприлюднення результату під своїм іменем; створення суміші власного та запозиченого тексту без належного цитування джерел; рерайт (перефразування чужої праці без згадування оригінального автора). Будь-яка ідея, думка чи речення, ілюстрація чи фото, яке ви запозичуєте, має супроводжуватися посиланням на першоджерело.

Наприклад:

Найбільшого використання знаходять тригери з роздільним запуском, які називаються RS – тригерами [1]. Їх умовне графічне позначення приведене на рисунку 4.3 [2].

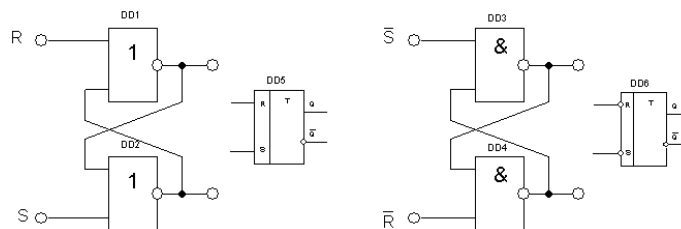


Рисунок 4.3 – RS – тригери та їх умовне графічне позначення (УГП)

Відповідно до таблиці істинності [3]:

$$Q^{n+1} = \overline{S}RQ^n + \overline{S}\overline{R}Q^n + S\overline{R}Q^n$$

1. Гельжінський І.І., Голяка Р.Л., Готра З.Ю., Марусенкова Т.А. Мікросхемотехніка: підручник. Львів : Ліга-Прес, 2015. 492 с.
2. Верьовкін Л. Л., Світанько М. В., Кісельов Є. М., Хрипко С. Л. Цифрова схемотехніка : підручник. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 214 с.
3. Бойко В.І., Гуржій А.М., Жуйков В.Я. Основи схемотехніки електронних систем: підручник. Київ. : Вища школа, 2004. 527 с

Роботи, у яких виявлено ознаки плагіату, до розгляду не приймаються і відхиляються без права перескладання. Якщо ви не впевнені, чи підпадають зроблені вами запозичення під визначення плагіату, будь ласка, проконсультуйтеся з викладачем.

Висока академічна культура та європейські стандарти якості освіти, яких дотримуються у ЗНУ, вимагають від дослідників відповідального ставлення до вибору джерел. Посилання на такі ресурси, як Wikipedia, бази даних рефератів та письмових робіт (Studopedia.org та подібні) є неупущимим. Рекомендовані бази даних для пошуку джерел:

Електронні ресурси Національної бібліотеки ім. Вернадського: <http://www.nbuv.gov.ua>

Цифрова повнотекстова база даних англomовної наукової періодики JSTOR: <https://www.jstor.org/>

Використання комп'ютерів/телефонів на занятті

Використання мобільних телефонів, планшетів та інших гаджетів під час лекційних занять забороняється. Будь ласка, не забувайте активувати режим «без звуку» на мобільних телефонах до початку заняття.

При виконанні практичних та лабораторних робіт дозволяється використовувати техніку у навчальних цілях (для виконання розрахунків, побудови графіків, моделювання, тощо).

Під час виконання заходів контролю (письмових контрольних робіт, іспиту) використання гаджетів заборонено. У разі порушення цієї заборони роботу буде анульовано без права перескладання.

Комунікація

Базовою платформою для комунікації викладача зі студентами є Moodle.

Важливі повідомлення загального характеру – зокрема, оголошення про терміни проведення контрольних робіт, коди доступу до сесій у Zoom та ін. –регулярно розміщуються викладачем на форумі курсу та в групах Viber, Telegram. Для персональних запитів використовується сервіс приватних повідомлень та електронна пошта 0811oksana@gmail.com. У листі обов'язково вкажіть ваше прізвище та ім'я, курс та шифр академічної групи. Відповіді на запити студентів подаються викладачем впродовж трьох робочих днів.

Для оперативного отримання повідомлень про оцінки та нову інформацію, розміщену на сторінці курсу у Moodle, будь ласка, переконайтеся, що адреса електронної пошти, зазначена у вашому профайлі на Moodle, є актуальною, та регулярно перевіряйте папку «Спам».

Неформальна та інформальна освіта.

Право на визнання результатів навчання у неформальній та/або інформальній освіті поширюється на здобувачів вищої освіти усіх рівнів вищої освіти Університету і реалізується відповідно до Положення ЗНУ про порядок визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та/ або інформальної освіти

https://sites.znu.edu.ua/navchalnyj_viddil/normatyvna_basa/polozhennya_znu_pro_poryadok_viznannya_rezul_tat_v_navchannya.pdf

ДОДАТКОВА ІНФОРМАЦІЯ

ГРАФІК ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ 2024-2025 н. р. доступний за адресою: <https://tinyurl.com/yckze4jd>.

НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ. Перевірка набутих студентами знань, навичок та вмінь (атестації, заліки, іспити та інші форми контролю) є невід'ємною складовою системи забезпечення якості освіти і проводиться відповідно до Положення про організацію та методику проведення поточного та підсумкового семестрового контролю навчання студентів ЗНУ: <https://tinyurl.com/y9tve4lk>.

ПОВТОРНЕ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІН, ВІДРАХУВАННЯ. Наявність академічної заборгованості до 6 навчальних дисциплін (в тому числі проходження практики чи виконання курсової роботи) за результатами однієї екзаменаційної сесії є підставою для надання студенту права на повторне вивчення зазначених навчальних дисциплін. Порядок повторного вивчення визначається Положенням про порядок повторного вивчення навчальних дисциплін та повторного навчання у ЗНУ: <https://tinyurl.com/y9pkmmmp5>. Підстави та процедури відрахування студентів, у тому числі за невиконання навчального плану, регламентуються Положенням про порядок переведення, відрахування та поновлення студентів у ЗНУ: <https://tinyurl.com/ycds57la>.

ВИРІШЕННЯ КОНФЛІКТІВ. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, регламентуються Положенням про порядок і процедури вирішення конфліктних ситуацій у ЗНУ: <https://tinyurl.com/57wha734>. Конфліктні ситуації, що виникають у сфері стипендіального забезпечення здобувачів вищої освіти, вирішуються стипендіальними комісіями факультетів, коледжів та університету в межах їх повноважень, відповідно до: Положення про порядок призначення і виплати академічних стипендій у ЗНУ: <https://tinyurl.com/yd6bq6p9>; Положення про призначення та виплату соціальних стипендій у ЗНУ: <https://tinyurl.com/y9r5dpwh>.

ПСИХОЛОГІЧНА ДОПОМОГА. Телефон довіри практичного психолога **Марті Ірини Вадимівни** (061) 228-15-84, (099) 253-78-73 (щоденно з 9 до 21).

УПОВНОВАЖЕНА ОСОБА З ПИТАНЬ ЗАПОБІГАННЯ ТА ВИЯВЛЕННЯ КОРУПЦІЇ Запорізького національного університету: **Банах Віктор Аркадійович**

Електронна адреса: v_banakh@znu.edu.ua

Гаряча лінія: тел. (061) 227-12-76, факс 227-12-88

РІВНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ІНКЛЮЗИВНЕ ОСВІТНЄ СЕРЕДОВИЩЕ. Центральні входи усіх навчальних корпусів ЗНУ обладнані пандусами для забезпечення доступу осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення. Допомога для здійснення входу у разі потреби надається черговими охоронцями навчальних корпусів. Якщо вам потрібна спеціалізована допомога, будь ласка, зателефонуйте (061) 228-75-11 (начальник охорони). Порядок супроводу (надання допомоги) осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення у ЗНУ: <https://tinyurl.com/ydhcsagx>.

РЕСУРСИ ДЛЯ НАВЧАННЯ

НАУКОВА БІБЛІОТЕКА: <http://library.znu.edu.ua>. Графік роботи абонементів: понеділок-п'ятниця з 08.00 до 16.00; вихідні дні: субота і неділя.

СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАННЯ (MOODLE):
<https://moodle.znu.edu.ua>

Якщо забули пароль/логін, направте листа з темою «Забув пароль/логін» за адресою:
moodle.znu@znu.edu.ua.

У листі вкажіть: прізвище, ім'я, по-батькові українською мовою; шифр групи; електронну адресу.

Якщо ви вказували електронну адресу в профілі системи Moodle ЗНУ, то використовуйте посилання для відновлення паролю <https://moodle.znu.edu.ua/mod/page/view.php?id=133015>.

ЦЕНТР ІНТЕНСИВНОГО ВИВЧЕННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ: <http://sites.znu.edu.ua/child-advance/>

ЦЕНТР НІМЕЦЬКОЇ МОВИ, ПАРТНЕР ГЕТЕ-ІНСТИТУТУ:
<https://www.znu.edu.ua/ukr/edu/ocznu/nim>

ШКОЛА КОНФУЦІЯ (ВИВЧЕННЯ КИТАЙСЬКОЇ МОВИ):
<http://sites.znu.edu.ua/confucius>