

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету електроніки
(протокол № 04/22 від 25.04.2022 р.)

ПРОГРАМА АТЕСТАЦІЙНОГО ЕКЗАМЕНУ

здобувачів вищої освіти

освітнього ступеня «бакалавр»

за освітньо-професійною програмою «Мікро- та наноелектроніка»
спеціальності 153 Мікро та наносистемна техніка

Розроблено та рекомендовано
кафедрою мікроелектроніки
(протокол № 16 від 28.03.2022 р.)

Київ 2022

ВСТУП

Програма атестаційного екзамену за освітньо-професійною програмою підготовки бакалаврів «Мікро- та наноелектроніка» за спеціальністю 153 Мікро- та наносистемна техніка визначає розділи навчальних дисциплін, які винесені на атестаційний екзамен, перелік питань з кожного розділу, список рекомендованої літератури для самостійної підготовки студентів до екзамену, методичку оцінювання виконання завдань екзамену. Головним завданням програми є забезпечення можливості студентам самостійно підготуватися до складання атестаційного екзамену.

На атестаційний екзамен за освітньою програмою підготовки бакалавра «Мікро- та наноелектроніка» за спеціальністю 153 Мікро- та наносистемна техніка винесено розділи таких навчальних дисциплін навчального плану підготовки бакалаврів:

- «Фізика твердого тіла»;
- «Твердотільна електроніка»;
- «Технологічні основи електроніки»;
- «Фізико-технологічні основи наноелектроніки».

Методика проведення атестаційного екзамену (АЕ)

Для проведення екзамену в on-line режимі голова екзаменаційної комісії створює запрошення у середовищі Google classroom та у наперед зазначений час кожному студенту видає екзаменаційний білет. До початку екзамену голова екзаменаційної комісії надає відповіді на можливі запитання студентів щодо змісту АЕ, вимог до оформлення відповідей і критеріїв оцінювання та фіксує час початку складання АЕ.

АЕ проводиться у письмовій формі. На виконання завдань АЕ надається 120 хвилин.

Робота виконується у рукописному вигляді. Фото- або сканкопії кожного аркуша роботи з підписом на кожному аркуші та з прикладеною копією студентського квитка мають бути надіслані у Google classroom протягом 15-ти хвилин після закінчення часу, відведеного для виконання завдань АЕ.

Голова екзаменаційної комісії фіксує час надсилання виконаної роботи кожним студентом.

Перевірка робіт виконується членами екзаменаційної комісії у день проведення АЕ. Оцінювання робіт відбувається відповідно критеріїв оцінювання, наведеними нижче. Результати оголошуються о 10:00 наступного робочого дня після дня проведення АЕ.

Загальні вимоги до екзаменаційних завдань АЕ

Екзаменаційне завдання АЕ – це перелік рівноцінних завдань теоретичної спрямованості, які орієнтовані на регламент проведення екзамену. Екзаменаційний білет містить чотири запитання (по одному з кожної дисципліни, розділи з яких винесені на АЕ).

Екзаменаційні завдання мають:

- охоплювати весь програмний матеріал навчальної дисципліни;
- мати кількість варіантів на 3-5 більше, ніж кількість здобувачів вищої освіти, які одночасно виконують АЕ (але не менше 25 варіантів);
- мати однакову структуру (за кількістю питань), бути рівнозначної складності, а трудомісткість відповідати відведеному часу контролю (120 хвилин);
- за можливості зводити до мінімуму непродуктивні витрати часу на допоміжні операції, проміжні розрахунки та інше;
- використовувати відомі здобувачам вищої освіти терміни, назви, позначення.

Усі екзаменаційні завдання АЕ повинні мати професійне (фахове) спрямування і потребувати від вступників не тільки відтворення знань окремих тем і розділів навчальних дисциплін, а і їх інтегрованого застосування.

ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

Перелік питань з дисциплін, які винесені на атестаційний екзамен

1. Питання з дисципліни «Фізика твердого тіла»

- 1.1. Природа хімічного зв'язку. Структура кристалів. Симетрія в кристалах. Дефекти в кристалах.
- 1.2. Енергія електрона у зонному спектрі напівпровідників. Наближення ефективної маси. Фізичні та геометричні властивості ефективної маси.
- 1.3. Динамічні властивості носіїв заряду. Рівняння дрейфового руху, дрейфова швидкість та мобільність у електричному полі.
- 1.4. Дифузійний механізм електропереносу. Дифузія і дрейф. Співвідношення Ейнштейна.
- 1.5. Власний напівпровідник. Залежність концентрації носіїв заряду та рівня Фермі від температури.
- 1.6. Домішкові напівпровідники. Залежність концентрації носіїв заряду та рівня Фермі від температури. Критичні температури. Глибокі домішки.
- 1.7. Компенсовані напівпровідники. Ефективна концентрація домішок. Порівняння з власними напівпровідниками.
- 1.8. Домішкові зони та концентраційне виродження у напівпровідниках.
- 1.9. Електрон – фононна взаємодія. Час фононної релаксації.
- 1.10. Іонне розсіювання. Час іонної релаксації.
- 1.11. Термоелектричний ефект Зеєбека. Коефіцієнт термоерс, його залежність від рівня легування та типу домішок. Порівняння термоерс напівпровідників і металів.
- 1.12. Термоелектричний ефект Пельтьє. Фізична модель процесів. Термоелектричне охолодження. Термоелектрична якість матеріалів.
- 1.13. Рекомбінація. Кількісні характеристики та механізми рекомбінації.
- 1.14. Рекомбінація через центри захвату. Природа центрів захвату. Залежність часу життя від температури, рівня легування основними домішками.

- 1.15. Дифузія, дрейф, генерація, рекомбінація. Дифузійна довжина та час життя.
- 1.16. Електрично активне поглинання світла. Квантовий вихід внутрішнього фотоефекту. Стаціонарна та релаксаційна фотопровідність.
- 1.17. Умови порушення нейтральності освітленого напівпровідника. Ефекти Дембера та фотомагнітний. Фізичні моделі ефектів.
- 1.18. Поглинання світла у напівпровідниках з градієнтом концентрації домішок. Максимальне та граничне значення фотоерс для напівпровідникового матеріалу.
- 1.19. Теплові коливання атомів. Фононні спектри. Особливості оптичних коливань іонних твердих тіл.
- 1.20. Теплоємність, температура Дебая, теплопровідність та термічне розширення твердих тіл.
- 1.21. Діелектрична поляризація твердих тіл. Кількісні характеристики. Класифікація механізмів поляризації.
- 1.22. Пружні механізми поляризації. Частотна дисперсія діелектричної проникності для пружних механізмів поляризації.
- 1.23. Теплова (релаксаційна) поляризація. Частотна дисперсія діелектричної проникності для теплових (релаксаційних) механізмів поляризації.
- 1.24. Спонтанна поляризація. Сегнетоелектрики, піроелектрики, електрети. Температура Кюрі, закон Кюрі - Вейсса.
- 1.25. Прямий та обернений п'єзоефекти. Електрострикція.
- 1.26. Гальваномагнітні ефекти Холла та Гаусса.
- 1.27. Магнітні властивості твердих тіл. Діамагнетизм, парамагнетизм локалізованих електронів.
- 1.28. Сильний магнетизм. Феромагнетики, антиферомагнетики, ферити.
- 1.29. Енергетичний розподіл електронів у металах. Поверхня Фермі. Електропровідність чистих металів та неупорядкованих сплавів.
- 1.30. Фононний спектр металів. Теплоємність та теплопровідність металів. Закон Відемана-Франца-Лоренца.

2. Питання з дисципліни «Твердотільна електроніка»

- 2.1. Вольт-амперна характеристика р-n-переходу. Струми носіїв заряду у р-n-переході. Інжекція та екстракція неосновних носіїв заряду. Коефіцієнт інжекції.
- 2.2. Генерація та рекомбінація носіїв у р-n-переході. Бар'єрна та дифузійна ємність. Пробій р-n-переходу: тепловий, лавинний, тунельний.
- 2.3. Гетеропереходи. Контакт метал-напівпровідник. Бар'єр Шотткі. Омичний контакт.
- 2.4. Поверхневі стани. Структура метал-діелектрик-напівпровідник (МДН). Польовий ефект в МДН - структурах. Ємність МДН - структур.
- 2.5. Випрямні та імпульсні діоди. Принцип дії. Основні параметри.
- 2.6. Напівпровідникові стабілітрони. Варикапи. Принцип дії. Основні параметри.
- 2.7. Тунельні діоди. Лавино-пролітні діоди. Діоди Ганна. Принцип дії. Основні параметри.
- 2.8. Біполярні транзистори. Структура та принцип дії. Розподіл носіїв по структурі транзистора. Ефект Ерлі.
- 2.9. Основні параметри та характеристики біполярних транзисторів, їх залежність від температури та режиму роботи.
- 2.10. Імпульсні та частотні властивості транзисторів. Робота транзистора при високому рівні інжекції. Пробій транзисторів та змикання переходів.
- 2.11. Особливості структури інтегрального біполярного транзистора. Способи ізоляції елементів в інтегральних схемах. Транзистор з комбінованою ізоляцією
- 2.12. Конструкції інтегральних біполярних транзисторів. Багатоємітерний транзистор. Транзистор з діодом Шотткі. Транзистори типу р-n-р.
- 2.13. Модель інтегрального біполярного транзистора. Паразитні зв'язки. Діодне включення біполярного транзистора. Основні параметри різних схем включення.

- 2.14. Параметри МДН-транзисторів, важливі в процесі розробки інтегральних схем. Еквівалентна схема всіх ємностей МДН- транзистора.
- 2.15. МДН-транзистори с n - каналами та самосумісним заслоном. Параметри та характеристики МДН-транзисторів з коротким каналом.
- 2.16. Різновиди МДН-транзисторів. Комплементарні структури. Структури «кремній на діелектрики». Вертикальний МДН-транзистор.
- 2.17. Польові транзистори з керованим переходом метал-напівпровідник. Структура МЕР-транзистора. Основні параметри. Порівняння з іншими МДН-транзисторами.
- 2.18. Напівпровідникові резистори. Плівкові резистори. Основні параметри та структури.
- 2.19. Дифузійні, МДН та плівкові конденсатори. Індуктивні елементи. Основні параметри та структури.
- 2.20. Класифікація інтегральних мікросхем по конструктивно- технологічній та функціональній ознакам. Цифрові та аналогові інтегральні мікросхеми.
- 2.21. Основні логічні функції. Основні характеристики та параметри логічних елементів.
- 2.22. Транзисторна-транзисторна логіка. Базовий логічний елемент ТТЛ. Принцип дії у статичному режимі.
- 2.23. Емітерно-зв'язана логіка. Схема перемикача струму. Елемент малосигнальної емітерно-зв'язаної логіки. Основні параметри.
- 2.24. Інтегральна інжекційна логіка. Структура логічного елементу. Еквівалента схема. Принцип дії. Основні параметри та характеристики.
- 2.25. Інвертор на n – канальних МДН – транзисторах. Перехідні процеси в інверторі. Основні параметри та характеристики.
- 2.26. Інвертор на комплементарних МДН – транзисторах. Порівняння з n – канальним інвертором.

- 2.27. Логічні елементи на МДН – транзисторах. Схема, принцип дії та топологія логічного елемента І-НЕ. Схема та принцип дії логічного елемента АБО-НЕ.
- 2.28. Елементи пам'яті статичного типу на МДН-транзисторах. Базовий елемент пам'яті. Основні параметри.
- 2.29. Елементи пам'яті динамічного типу на МДН-транзисторах. Принцип дії. Різновиди.
- 2.30. Прилади із зарядовим зв'язком. Принцип дії та основні параметри, Різновиди.

3. Питання з дисципліни «Технологічні основи електроніки»

- 3.1. Вимоги, що пред'являються до напівпровідникових матеріалів та мікроелектронної технології. Класифікація напівпровідникових матеріалів.
- 3.2. Загальні характеристики напівпровідникових інтегральних мікросхем. Структура комплексів технологічних процесів.
- 3.3. Мікроклімат та виробнича гігієна. Чиста кімната. Технологічні середовища.
- 3.4. Епітаксійно-планарна структура з прихованим n^+ шаром та послідовність технологічних процесів її виготовлення.
- 3.5. Ізопланарна структура і послідовність технологічних процесів її формування.
- 3.6. Комплементарні структури на МДН-транзисторах і послідовність технологічних процесів їх формування.
- 3.7. Структури кремній на сапфірі, їх різновиди та послідовність технологічних операцій формування.
- 3.8. Типові технологічні маршрути виготовлення біполярних і МОН напівпровідникових мікросхем.

- 3.9. Підготовка напівпровідникових підкладок інтегральних мікросхем. Методи сухої та рідинної обробки пластин. Системи плазмохімічної обробки.
- 3.10. Методи формування електронно-діркових переходів. Метод вплавлення, дифузії, іонної імплантації, епітаксії.
- 3.11. Технологічні процеси нанесення речовини на підкладку. Вакуумне технологічне обладнання для нанесення тонких плівок. Термовакuumний метод осадження тонких плівок.
- 3.12. Технологічні процеси нанесення речовини на підкладку. Осадження тонких плівок методами іонного розпилення. Катодне розпилення. Іонно-плазмове розпилення.
- 3.13. Технологічні процеси нанесення речовини на підкладку. Магнетронне розпилення. Фізичне та реактивне розпилення. Високочастотне розпилення.
- 3.14. Технологія одержання діелектричних шарів. Термічне окислення кремнію. Хімічні й електрохімічні методи нанесення діелектричних плівок з розчинів і газової фази.
- 3.15. Епітаксія. Особливості і різновиди епітаксійних процесів. Осадження епітаксійних шарів з парогазової фази. Особливості молекулярно-променевої епітаксії.
- 3.16. Рідинна епітаксія. Епітаксія з твердої фази. Лазерна епітаксія. Одержання і властивості приладів на епітаксціальних шарах арсеніду галію.
- 3.17. Літографічні процеси в технології мікроелектронних пристроїв. Основні фотохімічні процеси. Світлочутливі полімери і композиції.
- 3.18. Фоторизисти. Негативні фоторизисти. Позитивні фоторизисти. Особливості оптичної літографії, методи експонування.
- 3.19. Електронно-променева літографія. Рентгенівська літографія. Особливості іонно-променевої літографії.

- 3.20. Технологія тонкоплівкових інтегральних мікросхем. Загальна характеристика технологічного процесу. Методи нанесення тонких плівок металів.
- 3.21. Особливості технології тонкоплівкових гібридних інтегральних мікросхем. Контроль параметрів тонких плівок.
- 3.22. Механізм електропровідності плівок. Конструктивно-технологічні особливості створення мікроелектронних пристроїв на основі товстих плівок.
- 3.23. Особливості технології товстоплівкових мікросхем. Матеріали товстоплівкових мікросхем. Підкладки. Провідникові, резистивні пасти та діелектричні пасти.
- 3.24. Технологія формування малюнка товстоплівкових гібридних інтегральних мікросхем. Трафарети. Трафаретний друк.
- 3.25. Методи збирання і герметизації. Виготовлення корпусів. Особливості виготовлення корпусів. Теплові характеристики корпусів.
- 3.26. Розділення пластин на модулі. Методи з'єднання кристалу з виводами корпусу (з'єднання проволокою, бездротовий монтаж, з'єднання на смужковому носії).
- 3.27. Методи монтажу кристалу та електронних компонентів. Методи мікрозварювання (термокомпресія, точкове-контактне, ультразвукове, зварювання). З'єднання полімерними клеями.
- 3.28. Технологія поверхневого монтажу. Елементна база для поверхневого монтажу електронних компонентів. Комутаційні плати. Адитивна та субтрактивна технологія виготовлення комутаційних плат.
- 3.29. Технологія виготовлення плат друкованого монтажу. Технологічний процес збирання виробів на друкованих платах. Механізація і автоматизація процесів монтажу електронних компонентів.
- 3.30. Сучасні аспекти розвитку напівпровідникової мікроелектроніки. Основні тенденції та обмеження.

4. Питання з дисципліни «Фізико-технологічні основи наноелектроніки»

- 4.1. Квантові основи наноелектроніки, ефекти розмірного квантування. Характерні модельні задачі квантової механіки: бар'єри (тунелювання, інтерференційні ефекти).
- 4.2. Характерні модельні задачі квантової механіки: ями (квантування), періодичні структури (зонний спектр).
- 4.3. Твердотільні структури зниженої розмірності. Розподіл густини k - і E -станів у три-, дво-, одно- і нуль-вимірних квантових структурах.
- 4.4. Квантова точка як нульвимірний (0D) об'єкт. Технології створення. Області застосування.
- 4.5. Напівпровідникові надградки. Класифікація надградек (композиційні, леговані, композиційні леговані).
- 4.6. Енергетична структура, енергетичний спектр, вольт-амперна характеристика напівпровідникової надградки.
- 4.7. Електрооптичні ефекти у надградках. Драбина Штарка.
- 4.8. Поперечний транспорт у квантових шарах. Ефект резонансного тунелювання.
- 4.9. Тунелювання квантово-механічної частинки крізь потенціальний бар'єр. Коефіцієнти прозорості бар'єру.
- 4.10. Інтерференційні явища: на магніто- та електростатичному ефекті Ааронова-Бома.
- 4.11. Енергетичний спектр електрона в магнітному полі. Рівні Ландау. Квант опору.
- 4.12. Цілочисельний квантовий ефект Холла. Дробовий квантовий ефект Холла. Експеримент та теоретичні аспекти.
- 4.13. Кулонівська блокада. Одноелектронний транзистор. Кулонівські сходи.
- 4.14. Балістична провідність нанорозмірних провідників. Квант провідності.
- 4.15. Спін-залежний транспорт носіїв заряду. Гігантський магнетоопір.

- 4.16. Методи нанесення наноплівок: хімічне осадження з парової фази (CVD), молекулярно-променева епітаксія, лазерне нанесення (абляція), використання іонних променів.
- 4.17. Фізичні основи скануючої зондової мікроскопії. Скануючий тунельний мікроскоп. Атомний силовий мікроскоп.
- 4.18. Методи дослідження нанооб'єктів і наноструктур: оптична і нелінійно-оптична мікроскопія, використання електронних і іонних пучків.
- 4.19. Атомна інженерія. Локальне окислення металів і напівпровідників. Локальне хімічне осадження з газової фази.
- 4.20. Сучасна УФ літографія. Екстремальна УФ літографія. Електронно- та іонно-променева літографія. Нанодрук (наноімпрінт).
- 4.21. Нанокристаліти в неорганічних і органічних матеріалах. Золь-гель технологія. Самоорганізація при епітаксії.
- 4.22. Методи молекулярного напластовування. Осадження плівок Ленгмюра-Блоджетт.
- 4.23. Критерії визначення наноматеріалів: розмір, розмірність і функціональні властивості.
- 4.24. Класифікація наноматеріалів і наноструктур: нанокристали, нанокластери, нульвимірні, лінійні, двовимірні і тривимірні наноструктури.
- 4.25. Властивості та приклади наноструктурованих матеріалів. Фрактальні наноструктури. Аерогелі.
- 4.26. Пористий кремній: отримання, енергетична діаграма, властивості, використання.
- 4.27. Пористий оксид алюмінію, отримання і наноструктури на його основі. Використання нанопористих оксидів.
- 4.28. Графен. Технологія отримання. Основні властивості. Области можливого використання.
- 4.29. Фулерени. Структура. Технологія отримання. Основні властивості.
- 4.30. Вуглецеві нанотрубки. Хіральність. Провідні і надпровідні властивості нанотрубок.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

При виконанні завдань АЕ заборонено використовувати будь-які допоміжні матеріали та електронні засоби (мобільні телефони, ноутбуки, планшети тощо).

Критерії оцінювання виконання завдань АЕ

Номер завдання	Максимальний бал	Типові помилки	Знижка балів, до
1	25	1. Вірна та вичерпна відповідь з усіма необхідними рисунками, формулами тощо.	1
		2. Відповідь вірна але містить кілька незначних помилок (неточність у виконанні рисунків, формулювання основних понять тощо).	4
		3. Відповідь вірна, але неповна (відсутні необхідні рисунки, формули тощо) або містить декілька несуттєвих помилок.	8
		4. Відповідь неповна, містить суттєві, але не принципові помилки.	12
		5. Відповідь містить принципові помилки.	16
		6. Відповідь відсутня	25
2	25	1. Вірна та вичерпна відповідь з усіма необхідними рисунками, формулами тощо.	1
		2. Відповідь вірна але містить кілька незначних помилок (неточність у виконанні рисунків, формулювання основних понять тощо).	4
		3. Відповідь вірна, але неповна (відсутні необхідні рисунки, формули тощо) або містить декілька несуттєвих помилок.	8
		4. Відповідь неповна, містить суттєві, але не принципові помилки.	12
		5. Відповідь містить принципові помилки.	16
		6. Відповідь відсутня	25

3	25	1. Вірна та вичерпна відповідь з усіма необхідними рисунками, формулами тощо.	1
		2. Відповідь вірна але містить кілька незначних помилок (неточність у виконанні рисунків, формулювання основних понять тощо).	4
		3. Відповідь вірна, але неповна (відсутні необхідні рисунки, формули тощо) або містить декілька несуттєвих помилок.	8
		4. Відповідь неповна, містить суттєві, але не принципові помилки.	12
		5. Відповідь містить принципові помилки.	16
		6. Відповідь відсутня	25
4	25	1. Вірна та вичерпна відповідь з усіма необхідними рисунками, формулами тощо.	1
		2. Відповідь вірна але містить кілька незначних помилок (неточність у виконанні рисунків, формулювання основних понять тощо).	4
		3. Відповідь вірна, але неповна (відсутні необхідні рисунки, формули тощо) або містить декілька несуттєвих помилок.	8
		4. Відповідь неповна, містить суттєві, але не принципові помилки.	12
		5. Відповідь містить принципові помилки.	16
		6. Відповідь відсутня	25
Сума	100		

Максимальна кількість балів – 100, відповідно шкала оцінювання загальних результатів буде такою:

Сумарна кількість балів	Університетська шкала оцінок рівня здобутих компетентностей
95 – 100 балів	Відмінно
85 – 94 балів	Дуже добре
75 – 84 балів	Добре
65 – 74 балів	Задовільно
60 – 64 балів	Достатньо
0 – 59 балів	Незадовільно

Приклад типового завдання АЕ

Питання 1. Фізика твердого тіла

Природа хімічного зв'язку. Структура кристалів. Симетрія в кристалах.
Дефекти в кристалах.

Питання 2. Твердотільна електроніка

Імпульсні та частотні властивості транзисторів. Робота транзистора при високому рівні інжекції. Пробій транзисторів та змикання переходів.

Питання 3. Технологічні основи електроніки

Технологія тонкоплівкових інтегральних мікросхем. Загальна характеристика технологічного процесу. Методи нанесення тонких плівок металів.

Питання 4. Фізико-технологічні основи наноелектроніки

Вуглецеві нанотрубки. Хіральність. Провідні і надпровідні властивості нанотрубок.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

З дисципліни «Фізика твердого тіла»:

1. Фізичне матеріалознавство: навч. посіб. / Ю.М. Поплавко, Л.П. Переверзева, В.І. Ільченко, О.С. Воронов, Ю.І. Якименко. – К.:НТУУ «КПІ», 2011: Частина 1. Перспективні напрями матеріалознавства – 302 с.; Частина 2. Діелектрики – 392 с.; Частина 3. Провідники і магнетики - 372 с.; Частина 4. Напівпровідники – 336 с.
2. Поплавко Ю.М. Структура і симетрія твердих тіл: Навчальний посібник – Київ: Аверс, 2012 – 226с.
3. Поплавко Ю. М. Основи фізики магнітних явищ у кристалах: Навчальний посібник. – Київ: НТУУ «КПІ», 2007. - 216 с.
4. Поплавко Ю. М, Якименко Ю. І. Фізичні механізми п'єзоелектрики. – Київ: Аверс, 1997. – 152 с.

5. Москалюк В.А., Синекон Ю.С., Кассинг Р. Физика электронных процессов, часть I: Учеб. пособ. – Киев, УкрИНТЭИ, 2001.– 148 с.
6. Москалюк В.А. Физика электронных процессов, часть II: Учеб. пособ. – Киев, Аверс, 2004.– 186 с.
7. Болеста І.М. Фізика твердого тіла: Навчальний посібник. – Львів: Видавн. Центр ЛНУ ім. І.Франка, 2003. – 480 с.
8. Шалимова К. В. Физика полупроводников. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 390 с.
9. Ридли Б. Квантовые процессы в полупроводниках. – М.: Мир. – 1986. – 304 с.

З дисципліни «Твердотільна електроніка»:

1. Твердотільна електроніка : підручник / О. В. Борисов, Ю. І. Якименко ; за заг. ред. Ю. І. Якименка. – К. : НТУУ «КП», 2015. – 484 с.
2. Борисов О. В. Основи твердотільної електроніки: навч. посіб. / О. В. Борисов; за ред. Ю. І. Якименка. – К.: Освіта України, 2011. – 462 с.
3. Прохоров Е. Д. Твердотільна електроніка: Навч. посібник. — Х.: ХНУ ім. Каразіна, 2007. — 544 с.
4. Дружинін А. О. Твердотільна електроніка. Фізичні основи і властивості напівпровідникових приладів: Навч. посібник. — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. — 332 с.
5. Прищепа М.М., Погребняк В.П. Мікроелектроніка. Частина 1. Елементи мікроелектроніки. – Київ: Вища школа, 2004. – 431с.
6. Васильєва Л.Д., Медведенко Б.І., Якименко Ю.І. Напівпровідникові прилади. – Київ: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2003. – 388с.
7. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. - М.: Лаборатория базовых знаний, 2004.- 488 с.

8. Гусев В. А. Основы твердотельной электроники. — Севастополь: Изд-во Сев.НТУ, 2004 — 635 с.
9. Пасынков В. В. Полупроводниковые приборы / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин — СПб.: Лань, 2002. — 480 с.

З дисципліни «Технологічні основи електроніки»:

1. Свечников Г.С. Интегральная микроэлектроника. Ограничения и перспективы. – Одесса: Астропринт, 2010. – 474с.
2. Мачулянський О.В., Татарчук Д.Д. Методичний посібник – електронне видання з курсу „Моделювання технології та ІМС ” : – К.: НТУУ „КПІ”, 2009. – 32 с.
3. Вербицкий В. Г. Ионные нанотехнологии в электронике. К., МП Леся, 2002. – 376 с.
4. Готра З.Ю. Технологія електронної техніки. Навч. посібник у 2 т. — Львів: Видавництво Національного університету Львівська політехніка, 2010. — Т. 1. — 888 с.
5. Готра З.Ю. Технологія електронної техніки. Навч. посібник у 2 т. — Львів: Видавництво Національного університету Львівська політехніка, 2010. — Т. 2. — 884 с.
6. Коледов Л. А.Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2007.— 400 с.
7. Ефимов И. Е., Козырь И. Я.Основы микроэлектроники: Учебник. 3-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2008. — 384 с.
8. Новосядлий С.П. Фізико-технологічні основи субмікронної технології великих інтегральних схем. — І.Франківськ: Сімик, 2003. — 351 с.

З дисципліни «Фізико-технологічні основи наноелектроніки»:

1. Поплавко Ю.М., Борисов О.В., Якименко Ю.І. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка: навчальний посібник. - К. : НТУУ «КПІ», 2012. -299 с.
2. Нанoeлектроника: монография в двух книгах. Ю.И. Якименко, А.Н. Шмырева, Г.М. Младенов, В.М. Спивак, Е.Г. Колева, А.В. Богдан. Наноструктурированные материалы и функциональные устройства /Под ред. Якименко Ю.И. -Киев-София: Аверс, 2011. - 388 с.
3. Мікроелектроніка і наноелектроніка. Вступ до спеціальності: навч. посіб./ Ю.М.Поплавко, О.В.Борисов, В.І.Ільченко, Ю.І.Якименко. - К.:НТУУ «КПІ», 2010.-160 с.
4. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури: Навчальний посібник. Львів: Видавництво ЛьвівськоУ політехніки, 2009. -580 с.
5. Свечников Г.С., А.Н. Морозовская. Нанотрубки и графен - материалы электроники будущего. - К.:Логос, 2009. -164 с.
6. Борисенко В. Е., Воробьева А. И., Уткина Е. А. Нанoeлектроника: Учеб. пособие Изд-во: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. -223 с.
7. Щука А.А. Нанoeлектроника. - М.: Физматлит, 2007. - 464 с.
8. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники: Учеб. Пособие, Изд-во ЛОГОС, 2006. - 496 с.
9. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии/А.И. Гусев. - М.: Физматлит, 2005. -410 с.
- 10.Неволин В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике/ В. К. Неволин. - М. : Техносфера, 2005. - 148 с.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ

В. о. завідувача кафедри мікроелектроніки,

професор кафедри мікроелектроніки, к.т.н., доц.

Анатолій ОРЛОВ

Професор кафедри мікроелектроніки, д.т.н., доц.

Дмитро ТАТАРЧУК

Доцент кафедри мікроелектроніки, к.т.н., доц.

Юрій ДІДЕНКО