**Перелік питань з дисциплін, які винесені на атестаційний екзамен**

* 1. **Питання з дисципліни «Фізика твердого тіла»**
     1. Природа хімічного зв’язку. Структура кристалів. Симетрія в кристалах. Дефекти в кристалах.
     2. Енергія електрона у зонному спектрі напівпровідників. Наближення ефективної маси. Фізичні та геометричні властивості ефективної маси.
     3. Динамічні властивості носіїв заряду. Рівняння дрейфового руху, дрейфова швидкість та мобільність у електричному полі.
     4. Дифузійний механізм електропереносу. Дифузія і дрейф. Співвідношення Ейнштейна.
     5. Власний напівпровідник. Залежність концентрації носіїв заряду та рівня Фермі від температури.
     6. Домішкові напівпровідники. Залежність концентрації носіїв заряду та рівня Фермі від температури. Критичні температури. Глибокі домішки.
     7. Компенсовані напівпровідники. Ефективна концентрація домішок. Порівняння з власними напівпровідниками.
     8. Домішкові зони та концентраційне виродження у напівпровідниках.
     9. Електрон – фононна взаємодія. Час фононної релаксації.
     10. Іонне розсіювання. Час іонної релаксації.
     11. Термоелектричний ефект Зеєбека. Коефіцієнт термоерс, його залежність від рівня легування та типу домішок. Порівняння термоерс напівпровідників і металів.
     12. Термоелектричний ефект Пельтьє. Фізична модель процесів. Термоелектричне охолодження. Термоелектрична якість матеріалів.
     13. Рекомбінація. Кількісні характеристики та механізми рекомбінації.
     14. Рекомбінація через центри захвату. Природа центрів захвату. Залежність часу життя від температури, рівня легування основними домішками.
     15. Дифузія, дрейф, генерація, рекомбінація. Дифузійна довжина та час життя.
     16. Електрично активне поглинання світла. Квантовий вихід внутрішнього фотоефекту. Стаціонарна та релаксаційна фотопровідність.
     17. Умови порушення нейтральності освітленого напівпровідника. Ефекти Дембера та фотомагнітний. Фізичні моделі ефектів.
     18. Поглинання світла у напівпровідниках з градієнтом концентрації домішок. Максимальне та граничне значення фотоерс для напівпровідникового матеріалу.
     19. Теплові коливання атомів. Фононні спектри. Особливості оптичних коливань іонних твердих тіл.
     20. Теплоємність, температура Дебая, теплопровідність та термічне розширення твердих тіл.
     21. Діелектрична поляризація твердих тіл. Кількісні характеристики. Класифікація механізмів поляризації.
     22. Пружні механізми поляризації. Частотна дисперсія діелектричної проникності для пружних механізмів поляризації.
     23. Теплова (релаксаційна) поляризація. Частотна дисперсія діелектричної проникності для теплових (релаксаційних) механізмів поляризації.
     24. Спонтанна поляризація. Сегнетоелектрики, піроелектрики, електрети. Температура Кюрі, закон Кюрі - Вейсса.
     25. Прямий та обернений п’єзоефекти. Електрострикція.
     26. Гальваномагнітні ефекти Холла та Гаусса.
     27. Магнітні властивості твердих тіл. Діамагнетизм, парамагнетизм локалізованих електронів.
     28. Сильний магнетизм. Феромагнетики, антиферомагнетики, ферити.
     29. Енергетичний розподіл електронів у металах. Поверхня Фермі. Електропровідність чистих металів та невпорядкованих сплавах.
     30. Фононний спектр металів. Теплоємність та теплопровідність металів. Закон Відемана-Франца-Лоренца.

# Питання з дисципліни «Твердотільна електроніка»

* + 1. Вольт-амперна характеристика p-n-переходу. Струми носіїв заряду у p-n-переході. Інжекція та екстракція неосновних носіїв заряду. Коефіцієнт інжекції.
    2. Генерація та рекомбінація носіїв у p-n-переході. Бар’єрна та дифузійна ємність. Пробій p-n-переходу: тепловий, лавинний, тунельний.
    3. Гетеропереходи. Контакт метал-напівпровідник. Бар’єр Шотткі. Омічний контакт.
    4. Поверхневі стани. Структура метал-діелектрик-напівпровідник (МДН). Польовий ефект в МДН - структурах. Ємність МДН - структур.
    5. Випрямні та імпульсні діоди. Принцип дії. Основні параметри.
    6. Напівпровідникові стабілітрони. Варикапи. Принцип дії. Основні параметри.
    7. Тунельні діоди. Лавино-пролітні діоди. Діоди Ганна. Принцип дії. Основні параметри.
    8. Біполярні транзистори. Структура та принцип дії. Розподіл носіїв по структурі транзистора. Ефект Ерлі.
    9. Основні параметри та характеристики біполярних транзисторів, їх залежність від температури та режиму роботи.
    10. Імпульсні та частотні властивості транзисторів. Робота транзистора при високому рівні інжекції. Пробій транзисторів та змикання переходів.
    11. Особливості структури інтегрального біполярного транзистора. Способи ізоляції елементів в інтегральних схемах. Транзистор з комбінованою ізоляцією
    12. Конструкції інтегральних біполярних транзисторів. Багатоемітерний транзистор. Транзистор з діодом Шотткі. Транзистори типу p-n-p.
    13. Модель інтегрального біполярного транзистора. Паразитні зв’язки. Діодне включення біполярного транзистора. Основні параметри різних схем включення.
    14. Параметри МДН-транзисторів, важливі в процесі розробки інтегральних схем. Еквівалентна схема всіх ємностей МДН- транзистора.
    15. МДН-транзистори с n - каналами та самосумісним заслоном. Параметри та характеристики МДН-транзисторів з коротким каналом.
    16. Різновиди МДН-транзисторів. Комплементарні структури. Структури

«кремній на діелектрики». Вертикальний МДН-транзистор.

* + 1. Польові транзистори з керованим переходом метал-напівпровідник. Структура МЕП-транзистора. Основні параметри. Порівняння з іншими МДН-транзисторами.
    2. Напівпровідникові резистори. Плівкові резистори. Основні параметри та структури.
    3. Дифузійні, МДН та плівкові конденсатори. Індуктивні елементи. Основні параметри та структури.
    4. Класифікація інтегральних мікросхем по конструктивно- технологічній та функціональній ознакам. Цифрові та аналогові інтегральні мікросхеми.
    5. Основні логічні функції. Основні характеристики та параметри логічних елементів.
    6. Транзисторна-транзисторна логіка. Базовий логічний елемент ТТЛ. Принцип дії у статичному режимі.
    7. Емітерно-зв’язана логіка. Схема перемикача струму. Елемент малосигнальної емітерно-зв’язаної логіки. Основні параметри.
    8. Інтегральна інжекційна логіка. Структура логічного елементу. Еквівалента схема. Принцип дії. Основні параметри та характеристики.
    9. Інвертор на n – канальних МДН – транзисторах. Перехідні процеси в інверторі. Основні параметри та характеристики.
    10. Інвертор на комплементарних МДН – транзисторах. Порівняння з n – канальним інвертором.
    11. Логічні елементи на МДН – транзисторах. Схема, принцип дії та топологія логічного елемента І-НЕ. Схема та принцип дії логічного елемента АБО-НЕ.
    12. Елементи пам’яті статичного типу на МДН-транзисторах. Базовий елемент пам’яті. Основні параметри.
    13. Елементи пам’яті дінамічного типу на МДН-транзисторах. Принцип дії. Різновиди.
    14. Прилади із зарядовим зв’язком. Принцип дії та основні параметри, Різновиди.

# Питання з дисципліни «Технологічні основи електроніки»

* + 1. Вимоги, що пред'являються до напівпровідникових матеріалів та мікроелектронної технології. Класифікація напівпровідникових матеріалів.
    2. Загальні характеристики напівпровідникових інтегральних мікросхем. Структура комплексів технологічних процесів.
    3. Мікроклімат та виробнича гігієна. Чиста кімната. Технологічні середовища.
    4. Епітаксійно-планарна структура з прихованим n+ шаром та послідовність технологічних процесів її виготовлення.
    5. Ізопланарна структура і послідовність технологічних процесів її формування.
    6. Комплементарні структури на МДН-транзисторах і послідовність технологічних процесів їх формування.
    7. Структури кремній на сапфірі, їх різновиди та послідовність технологічних операцій формування.
    8. Типові технологічні маршрути виготовлення біполярних і МОН напівпровідникових мікросхем.
    9. Підготовка напівпровідникових підкладок інтегральних мікросхем. Методи сухої та рідинної обробки пластин. Системи плазмохімічної обробки.
    10. Методи формування електронно-діркових переходів. Метод вплавлення, дифузії, іонної імплантації, епітаксії.
    11. Технологічні процеси нанесення речовини на підкладку. Вакуумне технологічне обладнання для нанесення тонких плівок. Термовакуумний метод осадження тонких плівок.
    12. Технологічні процеси нанесення речовини на підкладку. Осадження тонких плівок методами іонного розпилення. Катодне розпилення. Іонно-плазмове розпилення.
    13. Технологічні процеси нанесення речовини на підкладку. Магнетронне розпилення. Фізичне та реактивне розпилення. Високочастотне розпилення.
    14. Технологія одержання діелектричних шарів. Термічне окислення кремнію. Хімічні й електрохімічні методи нанесення діелектричних плівок з розчинів і газової фази.
    15. Епітаксія. Особливості і різновиди епітаксійних процесів. Осадження епітаксіїних шарів з парогазової фази. Особливості молекулярно-променевої епітаксії.
    16. Рідинна епітаксія. Епітаксія з твердої фази. Лазерна епітаксія. Одержання і властивості приладів на епітаксіальних шарах арсеніду галію.
    17. Літографічні процеси в технології мікроелектронних пристроїв. Основні фотохімічні процеси. Світлочутливі полімери і композиції.
    18. Фоторизисти. Негативні фоторизисти. Позитивні фоторизисти. Особливості оптичної літографії, методи експонування.
    19. Електронно-променева літографія. Рентгенівська літографія. Особливості іонно-променевої літографії.
    20. Технологія тонкоплiвкових інтегральних мікросхем. Загальна характеристика технологічного процесу. Методи нанесення тонких плівок металів.
    21. Особливості технології тонкоплівкових гібридних інтегральних мікросхем. Контроль параметрів тонких плівок.
    22. Механізм електропровідності плівок. Конструктивно-технологічні особливості створення мікроелектронних пристроїв на основі товстих плівок.
    23. Особливості технології товстоплівкових мікросхем. Матеріали товстоплівкових мікросхем. Підкладки. Провідникові, резистивні пасти та діелектричні пасти.
    24. Технологія формування малюнка товстоплівкових гібридних інтегральних мікросхем. Трафарети. Трафаретний друк.
    25. Методи збирання і герметизації. Виготовлення корпусів. Особливості виготовлення корпусів. Теплові характеристики корпусів.
    26. Розділення пластин на модулі. Методи з'єднання кристалу з виводами корпусу (з'єднання проволокою, бездротовий монтаж, з'єднання на смужковому носії).
    27. Методи монтажу кристалу та електронних компонентів. Методи мікрозварювання (термокомпресія,точкове-контактне, ультразвукове, зварювання). З'єднання полімерними клеями.
    28. Технологія поверхневого монтажу. Елементна база для поверхневого монтажу електронних компонентів. Комутаційні плати. Адитивна та субтрактивна технологія виготовлення комутаційних плат.
    29. Технологія виготовлення плат друкованого монтажу. Технологічний процес збирання виробів на друкованих платах. Механізація і автоматизація процесів монтажу електронних компонентів.
    30. Сучасні аспекти розвитку напівпровідникової мікроелектроніки. Основні тенденції та обмеження.

# Питання з дисципліни «Фізико-технологічні основи наноелектроніки»

* + 1. Квантові основи наноелектроніки, ефекти розмірного квантування. Характерні модельні задачі квантової механіки: бар'єри (тунелювання, інтерференційні ефекти).
    2. Характерні модельні задачі квантової механіки: ями (квантування), періодичні структури (зонний спектр).
    3. Твердотільні структури зниженої розмірності. Розподіл густини k- і Е-станів у три-, дво-, одно- і нуль-вимірних квантових структурах.
    4. Квантова точка як нульвимірний (0D) об’єкт. Технології створення. Області застосування.
    5. Напівпровідникові надґрадки. Класифікація надґрадок (композиційні, леговані, композиційні леговані).
    6. Енергетична структура, енергетичний спектр, вольт-амперна характеристика напівпровідникової надґрадки.
    7. Електрооптичні ефекти у надґратках. Драбина Штарка.
    8. Поперечний транспорт у квантових шарах. Ефект резонансного тунелювання.
    9. Тунелювання квантово-механічної частинки крізь потенціальний бар’єр. Коефіцієнти прозорості бар’єру.
    10. Інтерференційні явища: на магніто- та електростатичному ефекті Ааронова-Бома.
    11. Енергетический спектр електрона в магнітному полі. Рівні Ландау. Квант опору.
    12. Цілочисельний квантовий ефект Холла. Дробовий квантовий ефект Холла. Експеримент та теоретичні аспекти.
    13. Кулонівська блокада. Одноелектронний транзистор. Кулонівські сходинки.
    14. Балістична провідність нанорозмірних провідників. Квант провідності.
    15. Спін-залежний транспорт носіїв заряду. Гігантський магнетоопір.
    16. Методи нанесення наноплівок: хімічне осадження з парової фази (CVD), молекулярно-променева епітаксія, лазерне нанесення (абляція), використання іонних променів.
    17. Фізичні основи скануючої зондової мікроскопії. Скануючий тунельний мікроскоп. Атомний силовий мікроскоп.
    18. Методи дослідження нанооб'єктів і наноструктур: оптична і нелінійно-оптична мікроскопія, використання електронних і іонних пучків.
    19. Атомна інженерія. Локальне окислення металів і напівпровідників. Локальне хімічне осадження з газової фази.
    20. Сучасна УФ літографія. Екстремальна УФ літографія. Електронно- та іонно-променева літографія. Нанодрук (наноимпрінт).
    21. Нанокристаліти в неорганічних і органічних матеріалах. Золь-гель технологія. Самоорганізація при епітаксії.
    22. Методи молекулярного напластовування. Осадження плівок Ленгмюра-Блоджетт.
    23. Критерії визначення наноматеріалів: розмір, розмірність і функціональні властивості.
    24. Класифікація наноматеріалів і наноструктур: нанокристали, нанокластери, нульвимірні, лінійні, двовимірні і тривимірні наностуктури.
    25. Властивості та приклади наноструктурованих матеріалів. Фрактальні наностуктури. Аерогелі.
    26. Пористий кремній: отримання, енергетична діаграма, властивості, використання.
    27. Пористий оксид алюмінію, отримання і наностуктури на його основі. Використання нанопористих оксидів.
    28. Графен. Технологія отримання. Основні властивості. Області можливого використання.
    29. Фулерени. Структура. Технологія отримання. Основні властивості.
    30. Вуглецеві нанотрубки. Хіральність. Провідні і надпровідні властивості нанотрубок.