

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра микро- и нанoeлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Могильная Е.П.

« 04 »

2025 года



ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине (практике)

Лазеры в микро- и нанoeлектронике

(наименование учебной дисциплины, практики)

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Электронные микроволновые и квантовые приборы и устройства

(наименование профиля подготовки (специальности, магистерской программы); при отсутствии ставится прочерк)

Разработчик (разработчики):

зав. кафедрой

(должность)

Войтенко В.А.

(подпись)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры микро- и нанoeлектроники
от « 03 » 03 2025 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой

Войтенко В.А.

(подпись)

(ФИО)

Луганск 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Лазеры в микро- и наноэлектронике»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

1. Выберите один правильный ответ

Лазер, или оптический квантовый генератор — это:

А) рубиновый стержень

Б) устройство, которое предназначено для преобразования электрической, тепловой и других видов энергии в узконаправленное излучение, характеризующееся когерентностью, монохроматичностью и поляризованностью

В) стержень из неодимового стекла

Г) полупроводниковый кристалл

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

2. Выберите один правильный ответ

Спонтанное излучение – это:

А) электромагнитная волна

Б) самопроизвольное излучение электромагнитных волн

В) спорадическое излучение электромагнитных волн

Г) излучение, испускаемое при самопроизвольном переходе атома из возбужденного состояния в основное

Правильный ответ: Г

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

3. Выберите один правильный ответ

Первый лазер был создан:

А) инженером Гариным в 1919 году

Б) физиками Артуром Шавловым и Теодором Мейманом в 1960 году

В) Артуром Кларком в 1959 году в 1960 году

Г) академиком Павловым

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

4. Выберите один правильный ответ

Активная среда лазера – это:

А) твердое тело

Б) газ

В) вещество или материал, способный подвергаться стимулированной эмиссии и создавать фотоны

Г) жидкость

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.3)

5. Выберите один правильный ответ

Внешний источник возбуждения – это:

А) устройство для того чтобы активировать активную среду, ей необходимо подать энергию

Б) внешний источник возбуждения

В) лампа, другой лазер или электрический разряд

Г) любой источник света

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.1)

6. Выберите один правильный ответ

Полупроводниковые лазеры используют в качестве активной среды:

А) полупроводниковые материалы, такие как галлий-арсенид (GaAs) или германий (Ge)

Б) рубин

В) сапфир

Г) неодимовое стекло

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.1)

7. Выберите один правильный ответ

Твердотельные лазеры используют кристаллические или стеклянные материалы в качестве активной среды, такие как:

А) монокристаллический сапфир

Б) монокристаллический кремний

В) Nd:YAG (неодимий-иттриево-алюминиевый гранат), Nd:glass (неодимий-стекло) и Ruby (рубин)

Г) монокристаллический германий

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.2)

8. Выберите один правильный ответ

Газовые лазеры используют в качестве активной среды:

А) дистиллированную воду

Б) метан

В) этанол

Г) углекислый газ (CO₂), гелий-неон (He-Ne) и гелий-кадмий (He-Cd)

Правильный ответ: Г

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.3)

Задания закрытого типа на установление соответствия

1. Установите соответствие между типом лазера и его рабочей средой. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

Тип лазера	Рабочая среда лазера
1) газовые лазеры	А) полупроводниковые материалы (галлий-арсенид, германий)
2) твердотельные лазеры	Б) рубин
3) полупроводниковые лазеры	В) газ
4) рубиновый лазер	Г) кристаллические или стеклянные материалы

Правильный ответ:

1	2	3	4
В	Г	А	Б

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

2. Установите соответствие между основными компонентами лазера и их определениями. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

Компонент лазера	Характеристика
1) активная среда	А) вещество или материал, способный подвергаться стимулированной эмиссии и создавать фотоны
2) внешний источник возбуждения	Б) предназначен для усиления и удержания световых волн внутри активной среды
3) резонатор	В) может быть лампой, другим лазером или электрическим разрядом

Правильный ответ:

1	2	3
А	В	Б

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

3. Установите соответствие между этапами процесса генерации излучения лазером и их содержанием. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

Этап процесса генерации излучения	Содержание этапа
1) выход излучения через зеркала резонатора	А) внешний источник возбуждения подает энергию в активную среду, вызывая переход ее атомов на более высокие энергетические уровни
2) распространение фотонов	Б) активированные атомы возвращаются на более низкие энергетические уровни и при

- этом испускают фотоны, которые сталкиваются с другими возбужденными атомами, вызывая их стимулированную эмиссию и создавая цепную реакцию
- 3) насыщение активной среды В) фотоны, распространяющиеся внутри резонатора, размножаются при прохождении через активную среду и отражаются между зеркалами. При достижении определенного порогового значения интенсивности часть фотонов проходит через полупрозрачное зеркало, образуя лазерный луч

Правильный ответ:

1	2	3
В	Б	А

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

4. Установите соответствие между областями применения лазеров и выполняемыми ими функциями. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

- | Область применения лазеров | Выполняемые функции |
|----------------------------|---|
| 1) медицина | А) спектроскопия, ядерные исследования, эксперименты в физике высоких энергий |
| 2) промышленность | Б) обработка материалов, измерения и контроль |
| 3) научные исследования | В) хирургические и косметологические операции, диагностика и терапия |

Правильный ответ:

1	2	3
В	Б	А

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.3)

5. Установите соответствие между типом лазера и его описанием. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

- | Тип лазеров | Описание |
|----------------------|---|
| 1) эксимерные лазеры | А) очень слабые, генерируют красный луч света с длиной волны от 630 нм до 680 нм |
| 2) газовые лазеры | Б) тип твердотельного лазера, в котором усиливающей средой является оптическое волокно |
| 3) диодные лазеры | В) используют реактивные газы, такие как хлор и фтор, смешанные с инертными газами, такими как аргон, криптон или ксенон, которые при электрической |

- 4) волоконные лазеры Г) стимуляции образуют псевдомолекулу (димер), которая излучает свет в ультрафиолетовом диапазоне гелиевые и гелий-неоновые (He-Ne) - излучают в основном видимый красный свет

Правильный ответ:

1	2	3	4
В	Г	А	Б

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.1)

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

1. Расположите в порядке увеличения длины волны различные типы лазеров:

- А) фторид криптона (УФ)
- Б) фторид аргона (УФ)
- В) хлорид ксенона (УФ)
- Г) азот (УФ)

Правильный ответ: Б, А, В, Г

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

2. Расположите в порядке увеличения длины волны различные типы лазеров:

- А) аргон (зеленый)
- Б) гелий неоновый (красный)
- В) гелий неоновый (зеленый)
- Г) аргон (синий)

Правильный ответ: Г, А, В, Б

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

3. Расположите в порядке увеличения длины волны различные типы лазеров:

- А) краситель родамин 6G (перестраиваемый)
- Б) рубин (CrAlO_3) (красный)
- В) Nd:Yag (NIR)
- Г) диоксид углерода (инфракрасный)

Правильный ответ: А, Б, В, Г

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

4. Расположите в правильной последовательности классификационные признаки лазерной опасности:

- А) мощность излучения не превышает 1 мВт

Б) лазеры не могут испускать лазерное излучение с известными уровнями опасности

В) лазеры 1–5 мВт, которые опасны только для внутрилучевого наблюдения
Г) лазеры постоянные 500 мВт или импульсные 10 Дж/см², опасны для наблюдения при любых условиях

Правильный ответ: Б, А, В, Г

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.3)

5. Расположите в правильной последовательности принцип работы полупроводникового лазера и его реализацию:

А) стимулированное когерентное излучение - реализуется путем высокого уровня инжекции (ток выше порогового значения)

Б) инверсная заселенность - реализуется путем инжекции неравновесных носителей

В) узконаправленное излучение – реализуется путем использования резонатора

Г) когерентное излучение – реализуется путем использования резонатора

Правильный ответ: Б, А, В, Г

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.1)

6. Расположите в правильной последовательности стадии формирования лавинообразного процесса вынужденного излучения лазера

А) их число лавинообразно увеличивается, из-за чего в кристалле быстро нарастает излучение, направленное вдоль его оси.

Б). отражаясь от отражающих поверхностей, фотоны многократно проходят через рубин

В) чтобы выпустить часть излучения наружу, одно из зеркальных покрытий на торце рубина сделано отражающим лишь частично

Г) выходящее из этого торца излучение представляет собой луч лазера

Правильный ответ: Б, А, В, Г

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.2)

7. Расположите в правильной последовательности типы лазеров согласно классификации:

А) твердотельные

Б) газовые

В) газодинамические, химические и эксимерные

Г) жидкостные, полупроводниковые

Правильный ответ: А, Б, В, Г

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.2)

8. Расположите в порядке убывания разные типы оптических резонаторов по частоте их применения в лазерной технике:

А) кольцевой

Б) линейный

В) полусферический

Г) с распределенной обратной связью
Правильный ответ: Б, А, В, Г
Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.3)

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

1. Напишите пропущенное слово (словосочетание).
Ключевым условием для возникновения лазерной генерации является достижение _____ заселенности активной среды.

Правильный ответ: инверсной
Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

2. Напишите пропущенное слово (словосочетание).
В рубиновых лазерах применяется _____ оптическая накачка атомов хрома, легирующих кристалл рубина.

Правильный ответ: трехуровневая
Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

3. Напишите пропущенное слово (словосочетание).
В газовых лазерах инверсная населенность часто достигается за счет быстрого понижения _____ предварительно нагретого газа.

Правильный ответ: температуры
Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.3)

4. Напишите пропущенное слово (словосочетание).
В полупроводниковых лазерных диодах протекание электрического тока через р-п переход приводит к _____ носителей заряда.

Правильный ответ: инверсии
Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.3)

5. Напишите пропущенное слово (словосочетание).
В импульсном лазере активная среда периодически _____ мощными импульсами накачки от вспышек газоразрядных ламп.

Правильный ответ: возбуждается
Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.1)

6. Напишите пропущенное слово (словосочетание).
Если длительность импульса накачки намного превышает время жизни возбужденного состояния атомов в активной среде, то один импульс накачки порождает серию коротких _____ лазерного излучения.

Правильный ответ: импульсов
Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.2)

7. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

В режиме модуляции добротности оптический резонатор перекрывается с помощью _____ на время импульса накачки.

Правильный ответ: затвора

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.2)

8. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Для работы в непрерывном режиме лазер должен иметь источник непрерывной накачки, например, _____ в газах.

Правильный ответ: разряд

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.3)

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

1. Дайте ответ на вопрос.

Что в непрерывном режиме работы лазера является основным ограничением мощности?

Правильный ответ: тепловой эффект

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

2. Дайте ответ на вопрос.

Что требуется для возникновения лавинообразного эффекта усиления излучения с помощью оптического резонатора?

Правильный ответ: положительная обратная связь

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

3. Дайте ответ на вопрос.

Что необходимо для создания инверсной населенности активной среды лазера?

Правильный ответ: источник накачки

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

4. Дайте ответ на вопрос.

Чем должна обладать активная среда лазера для возникновения вынужденного излучения?

Правильный ответ: подходящими энергетическими уровнями атомов или молекул

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.3)

5. Дайте ответ на вопрос.

К чему приводит изменение длины резонатора лазера?

Правильный ответ: к переходу с одной продольной моды на другую

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.1)

6. Дайте ответ на вопрос.

Для чего применяют защитные очки, экраны, блокирующие излучение, заземление установки, предупредительные знаки?

Правильный ответ: безопасности

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.1)

7. Дайте ответ на вопрос.

С помощью чего можно осуществлять селекцию определенных мод лазера и подавлять нежелательные?

Правильный ответ: диафрагм, дифракционных решеток и других элементов, помещенных в резонатор

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.2)

8. Дайте ответ на вопрос.

В каком лазере атомы гелия сначала возбуждаются электрическим разрядом на короткоживущий уровень, а затем безызлучательно переходят на долгоживущий верхний лазерный уровень?

Правильный ответ: в гелий-неоновом лазере

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.3)

Задания открытого типа с развернутым ответом

1. Опишите механизм возникновения вынужденного излучения лазера.

Время выполнения – 10 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению:

Вынужденное или стимулированное излучение возникает, когда фотон определенной частоты попадает на возбужденный атом и стимулирует его излучить еще один фотон той же частоты, направления и фазы. Это происходит без поглощения первого фотона. Чтобы такой процесс был возможен, необходимо инвертировать заселенность уровней атома, то есть перевести больше атомов на возбужденный уровень, чем в основное состояние. Это называется инверсной населенностью и достигается специальными системами накачки активной среды лазера.

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

2. Опишите роль оптической обратной связи при возникновении излучения лазера.

Время выполнения – 10 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению:

Для того, чтобы фотоны многократно проходили через активную среду и вызывали лавинообразное нарастание вынужденного излучения, лазер

использует оптический резонатор. Он представляет собой два параллельно расположенных зеркала, между которыми помещена активная среда. Одно зеркало полупрозрачное, через него выходит часть излучения наружу в виде лазерного луча. А остальная часть отражается обратно в резонатор, провоцируя еще большее усиление. Таким образом, благодаря положительной обратной связи в резонаторе создается самоподдерживающийся мощный поток фотонов одинаковой частоты, направления и фазы - лазерное излучение.

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

3. Опишите типовое устройство любого лазера.

Время выполнения – 5 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению:

Любой лазер состоит из трех основных компонентов: активная среда; источник накачки; оптический резонатор.

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.3)

4. Опишите какие бывают активные среды лазеров и как часто они используются.

Время выполнения – 10 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению:

Активная среда — это вещество, атомы или молекулы которого при возбуждении излучают фотоны. В качестве активной среды в лазерах используются: твердые тела (кристаллы, стекла); жидкости и растворы красителей; газы и их смеси (CO_2 , He-Ne); полупроводники (лазерные диоды). Наиболее распространены твердотельные и полупроводниковые лазеры.

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

5. Опишите какими бывают системы накачки лазеров и что они определяют.

Время выполнения – 10 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению:

Система накачки обеспечивает инверсную населенность активной среды. Для этого используются: оптическая накачка мощными лампами или другими лазерами; электрическая накачка с помощью разряда в газах или тока в полупроводниках; химическая реакция в газовых лазерах. Система накачки определяет характеристики питания лазера и режим работы: непрерывный или импульсный.

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.1)

6. Опишите устройство и назначение оптического резонатора лазера и на что он влияет.

Время выполнения – 10 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению:

Оптический резонатор состоит из двух зеркал, которые отражают свет обратно в активную среду, создавая оптическую обратную связь. Используются разные типы резонаторов: линейный; кольцевой; полусферический; с распределенной обратной связью. Конструкция резонатора влияет на параметры выходного излучения. Лазерное излучение может генерироваться в различных пространственных и спектральных модах, определяемых конструкцией резонатора.

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.1)

7. Опишите возникновение различных мод излучения лазера и влияние на них длины резонатора.

Время выполнения – 10 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению:

Продольные моды соответствуют распределению электромагнитного поля вдоль оси резонатора. Их длины волн определяются формулой: $\lambda = 2L / n$ где L - длина резонатора, n - номер моды. Поперечные моды описывают распределение поля в плоскости, перпендикулярной оси. Они зависят от диаметра пучка и геометрии резонатора. Влияние длины резонатора Изменение длины резонатора приводит к перескоку генерации с одной продольной моды на другую. Это может использоваться для перестройки частоты лазера.

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.2)

8. Опишите необходимые меры безопасности при работе с лазерами.

Время выполнения – 10 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению:

Несмотря на широкое применение, лазеры могут представлять опасность при неправильном обращении. Основные риски - повреждение глаз, ожоги кожи, удары током при работе с мощными лазерами. Для безопасности применяют защитные очки, экраны, блокирующие излучение, заземление установки, предупредительные знаки. Следует избегать попадания прямого или зеркально отраженного луча в глаза, работать в защитных очках, хранить лазер в недоступном месте.

Компетенции (индикаторы): ПК-7 (ПК-7.3)

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее – ФОС) по дисциплине «Лазеры в микро- и нанoeлектронике» соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки / специальности 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки обучающихся по указанному направлению / специальности.

Председатель учебно-методической комиссии
института

 Ясуник С.Н.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)