

Приложение

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

ПОСТРОСТОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРОВ

# **10 Семестр**

## **Раздел 1 Первый раздел**

### **1.1 Контроль по итогам (КИ) - 8 Неделя**

Текущий контроль успеваемости

#### **ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ Построчная технология производства полупроводниковых лазеров**

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям ФГОС.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Построчная технология производства полупроводниковых лазеров» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данного курса;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данного курса;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данного курса.

#### **Перечень оценочных средств используемых для текущей аттестации**

<b>Код</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Краткая характеристика оценочного средства</b>	<b>Представление оценочного средства в фонде</b>
T	Тест	Система стандартизованных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
P	Реферат	Система оценки индивидуальных знаний и умений обучающегося	Перечень тем
KP	Контрольная работа	Система стандартизованных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд контрольных вопросов

#### **Шкала оценки образовательных достижений**

Обучающиеся должны показывать уверенное владение материалом из соответствующей темы. В зависимости от характера задания - знание физического обоснования, необходимых количественных характеристик, владение оценочными соотношениями, схемами экспериментальных установок. Процент полноты и правильности ответов даёт итоговую сумму баллов.

Оценка за текущий контроль по итогам складывается следующим образом:

## Раздел 1

Сумма баллов	Тест	Реферат	Контрольная работа
25 – максимальное значение Складывается из баллов за тест, домашнее задание и круглый стол	5 – максимальное значение за все правильные ответы на тесты в разделе	10 - максимальное значение за все правильные ответы на вопросы по подготовке к круглому столу в разделе	15 - максимальное значение за все правильные ответы на вопросы контрольной работы

### Характеристика ответов для выставления оценок

Характеристика ответа Процент от максимального балла	Контрольная работа	Тест	Реферат
88-100%	Логически последовательный и исчерпывающий ответ на вопрос	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Проработанный, логически последовательный текст, ключевые вопросы темы отражены в тексте, использованы достоверные и актуальные источники
72-88%	Ответ с некоторыми неточностями и некритическими пробелами и замечаниями	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	По содержанию и оформлению имеются неточности и некритические замечания
60-72%	Удовлетворительный ответ с серьезными ошибками и недостатками	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	По содержанию и оформлению имеются ошибки и замечания
Менее 60%	Незнание вопроса	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Реферат оформлен с серьезными ошибками и недостатками
0	Полное незнание вопроса	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Отсутствие работы

## ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ для оценки знаний (З), умений (У) и навыков (В) ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Для текущего контроля уровня знаний студентов выдаются задания, позволяющие в процессе проведения занятий преподавателю контролировать уровень усвоения материала слушателями, в форме теста, собеседования, контрольной работы, домашнего задания.

Итоговый балл по разделу учитывает посещаемость занятий, активность, выполнение контрольных работ, рефератов. Каждый раздел проходит аттестацию.

## **Список тестовых заданий**

### **1. Маршрутная карта технологического процесса это (выберите один ответ):**

- a. Последовательность технологических операций, применяемых к структуре или прибору.
- b. Описание операции с указанием технологических режимов изготовления структуры или прибора
  - c. Описание порядка работы с установкой
- d. Последовательность действий оператора при выполнении технологической операции.

### **2. Предназначение основного или базового реза на полупроводниковой пластине (выберите один ответ):**

- a. Расположение пластины в технологическом оборудовании согласно её кристаллографической ориентации
- b. Облегчение для захвата пинцетом и размещения в технологической таре
  - c. Маркировка пластины
- d. Сток для остатков фоторезиста во время его осаждения центрифугированием

### **3. В чём заключается калибровка слитка (выберите один ответ)?**

- a. Уменьшение диаметра слитка
- b. Резка слитка на пластины
- c. Пассивация поверхности слитка плёнкой
- d. Создание базового реза

### **4. Какой способ химического травления используется для полировки поверхности полупроводниковой пластины (выберите один ответ)?**

- a. селективное
- b. послойное
- c. изотропное
- d. анизотропное
- e. локальное

### **5. Что поступает на начальный этап планарной технологии (выберите один ответ)?**

- a. Чип
- b. Монокристалл
- c. Слиток
- d. Пластина

### **6. Какой размер зерна абразива допускается при полировке полупроводниковых пластин (выберите один ответ)?**

- a. Не более 1 мкм
- b. Не более 7 мкм
- c. Не более 3 мкм
- d. Не более 10 мкм

### **7. Какой способ резки слитка на пластины не используется в производстве (выберите один ответ)?**

- a. Резка алмазным диском
- b. Резка проволочной пилой
- c. Резка лазерным лучом

**8. В чём заключается процесс химико-динамической обработки (выберите один ответ)?**

- a. Травление подложки в присутствии абразивного материала
- b. Ускорение процесса травления за счёт дополнительного перемешивания травителя
  - c. Шлифовка подложки с добавлением травящего раствора
- d. Активное перемешивание травителя непосредственно у поверхности подложки при постоянном вращении подложки в объёме травителя

**9. Какая технологическая проблема решается с помощью процесса химико-динамической обработки (выберите один ответ)?**

- a. Достижение одинаковой толщины по всей площади пластины
- b. Достижение минимальной шероховатости
- c. Достижение максимальной плоскостности
- d. Все предыдущие варианты

**10. Какое удельное сопротивление деионизированной воды при 25 °C допустимо при финишной промывке полупроводниковых подложек (выберите один ответ)?**

- a. 2 МОм·см
- b. 5 МОм·см
- c. 18 МОм·см
- d. 9 МОм·см

**11. От чего зависит толщина нарушенного слоя при абразивной обработке (выберите один ответ)?**

- a. От размера частиц абразива
- b. От твёрдости частиц абразива
- c. От кристаллографической ориентации полупроводниковой пластины
- d. От всех вышеперечисленных факторов

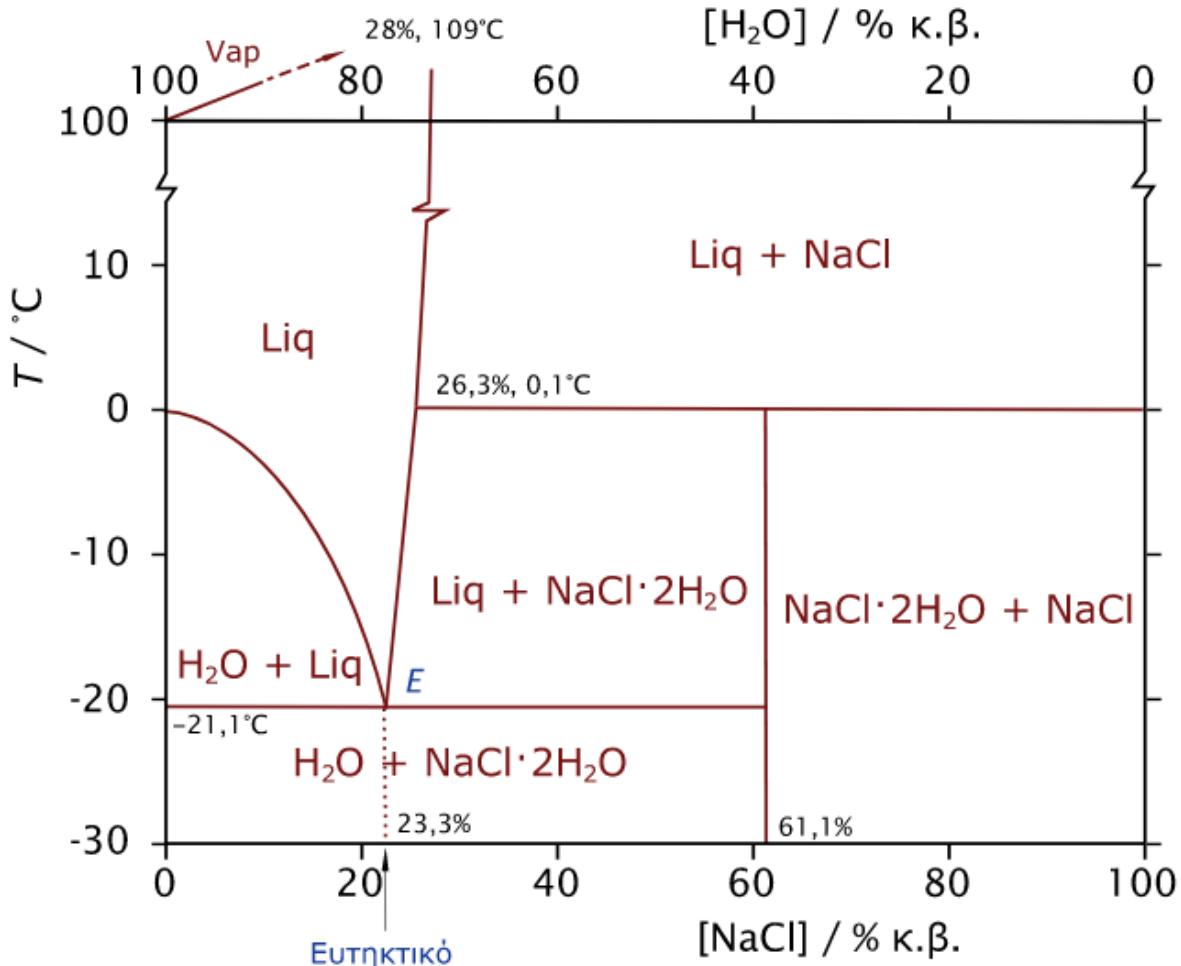
**12. Какой метод выращивания монокристалла используется также для их глубокой очистки (выберите один ответ)?**

- a. Метод Стокбаргера – Бриджмена
- b. Метод Киропулоса
- c. Метод бестигельной зонной плавки
- d. Метод Чохральского

**13. Для уменьшения количества льда на дорогах используются различные соли. Основываясь на данных фазовых диаграмм (найти самостоятельно в интернете или посмотреть [здесь](#)), определить, какую соль лучше использовать в условиях крайнего севера (выберите один ответ).**

- a. MgSO<sub>4</sub>
- b. NaCl
- c. CaCl<sub>2</sub>
- d. Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

14. На изображении приведена фазовая диаграмма системы  $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ .



Концентрация соли хлорида натрия в мировом океане принадлежит диапазону 3,4 - 3,6%. При замерзании воды на поверхности океана образуется лёд, который имеет ненулевую солёность, причём, если исходить из данных приведённой фазовой диаграммы, состав твёрдой фазы должен состоять из  $\text{H}_2\text{O}$  на 100%. С чем может быть связано наблюдаемое расхождение состава льда?

15. Выберите правильный тип соединения для каждого из приведённых материалов:  $\text{SnSe}$ ,  $\text{InSe}$ ,  $\text{ZnSe}$ ,  $\text{GaAs}$ .

$\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{VI}}$  - ?

$\text{A}^{\text{II}}\text{B}^{\text{VI}}$  - ?

$\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$  - ?

$\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{VI}}$  - ?

16. Почему напыление тонких плёнок необходимо проводить в вакууме и почему этого не делают при атмосферном давлении (выберите один ответ)?

- Потому что при атмосферном давлении не будут работать напылительные устройства (магнетроны, электронно-лучевые испарители, ионные пушки и др.)
- Потому что в вакууме не происходит химического взаимодействия между атомами испарённого вещества с атомами газа
- Потому что в вакууме длина свободного пробега достаточно большая для того, чтобы атомы испаряемого вещества не сталкивались с атомами газа
- Потому что при атмосферном давлении происходит окисление подложки при её нагреве

**17. Какие из перечисленных методов используются для нанесения фоторезиста (выберите не менее 1 ответа)?**

- a. вакуумное напыление
- b. ультразвуковое распыление
- c. центрифугирование
- d. нанесение окунанием

**18. Что означает аббревиатура UHV и каким давлениям она соответствует (выберите один ответ)?**

- a. Ultra-high voltage,  $p < 10^{-7}$  Па
- b. Ultra-high vacuum,  $p < 10^{-5}$  Па.
- c. University of Houston-Victoria,  $p < 10^{-8}$  Па
- d. Ultra-high vacuum,  $p < 10^{-6}$  Па.

**19. Почему метод электронно-лучевого испарения не позволяет работать с порошкообразными диэлектриками?**

**20. Перечислите 4 схемы ионных распылительных систем.**

**21. Отметьте оптические явления, приводящие к размытию кромки фоторезиста при проявлении (выберите не менее 1 ответа)?**

- a. дифракция света на границах рисунка фотошаблона
- b. интерференция света отражённого от подложки и прошедшего через фотошаблон
  - c. отражение света от подложки
- d. рассеяние света в объёме фоторезиста
- e. рефракция света на границе раздела воздух/фоторезист

**22. Какой оптимальный диапазон ускоряющего напряжения в источниках ионов холловского типа для ионного ассистирования (выберите один ответ)?**

- a. 0-100В
- b. 100-150В
- c. 100-200В
- d. 0-200В

**23. Как зависит толщина плёнки фоторезиста от частоты вращения центрифуги при его нанесении методом центрифугирования (выберите один ответ)?**

- a. обратно пропорционально
- b. прямо пропорционально квадратному корню
- c. обратно пропорционально квадратному корню
- d. прямо пропорционально

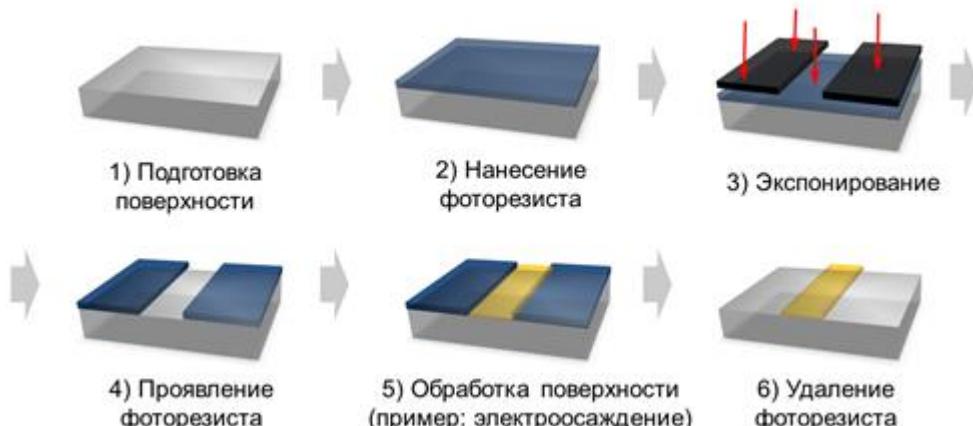
**24. Укажите температуру испарения серебра (в градусах Кельвина) (выберите один ответ).**

- a. 1300
- b. 1900
- c. 1500
- d. 1700
- e. 1100

**25. Из какого материала должен быть изготовлен испаритель для термического испарения алюминия (выберите один ответ)?**

- a.  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- b. W
- c. Mo
- d. C
- e. Ta

**26. Какой тип фоторезиста изображён на рисунке?**



**27. Чем объясняется большая разрешающая способность рентгенолитографии по сравнению с фотолитографией (выберите один ответ)?**

- a. Низким рассеянием в фоторезисте
- b. Отсутствием интерференции
- c. Малой длиной волн
- d. Высоким поглощением излучения фоторезистом

**28. Укажите температуру испарения никеля (в градусах Кельвина) (выберите один ответ).**

- a. 1300
- b. 1900
- c. 1500
- d. 1700
- e. 1100

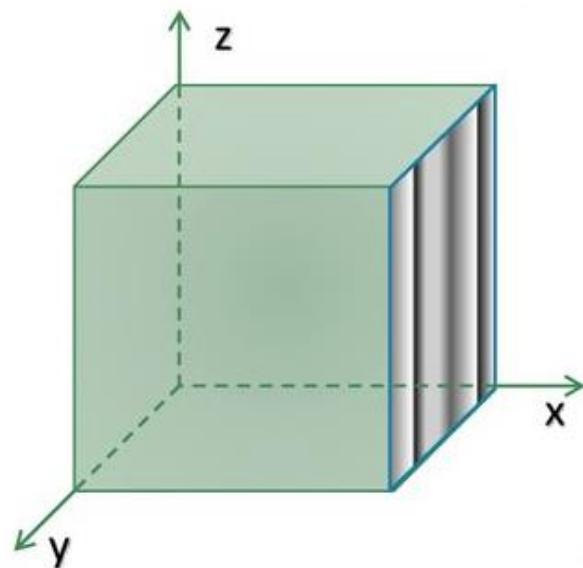
**29. С помощью термического напыления в вакууме была получена плёнка на пластине диаметром 4". Расстояние от центра подложкодержателя до резистивного испарителя составило 45 см. Толщина плёнки в центре подложки составила 1 мкм. Какая толщина плёнки на краю подложки?**

- a. 0.98 мкм
- b. 0.95 мкм
- c. 0.9 мкм
- d. 0.99 мкм

**30. При шлифовке полупроводниковой пластины использовался абразивный порошок размером 10 мкм. Толщина рельефного слоя составила 15 мкм. Чему равна толщина трещиноватого слоя?**

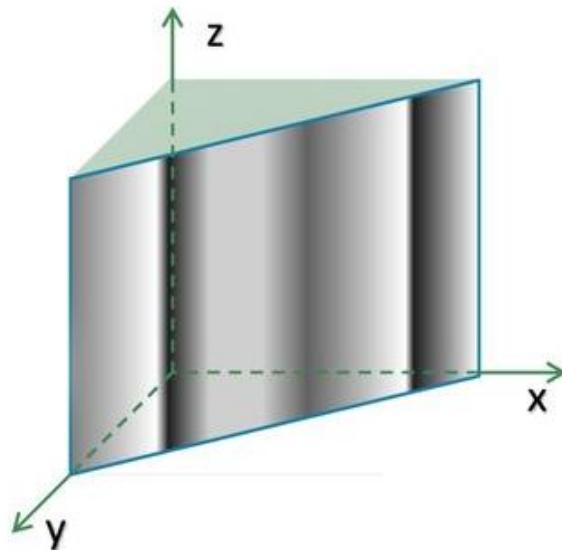
- a. 15 мкм
- b. 30 мкм
- c. 35 мкм
- d. 60 мкм

**31. Какие индексы Миллера соответствуют плоскости, приведённой на изображении:**



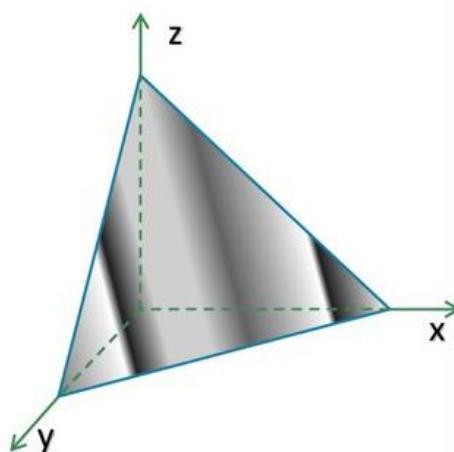
- a. (100)
- b. (101)
- c. (001)
- d. (111)

**32. Какие индексы Миллера соответствуют плоскости, приведённой на изображении:**



- a. (110)
- b. (101)
- c. (011)
- d. (111)

**33. Какие индексы Миллера соответствуют плоскости, приведённой на изображении:**



- a. (110)
- b. (101)
- c. (011)
- d. (111)

**34. С помощью термического напыления в вакууме была получена плёнка на пластине диаметром 4". Расстояние от центра подложкодержателя до резистивного испарителя составило 19 см. Толщина плёнки в центре подложки составила 1 мкм. Какая толщина плёнки на краю подложки?**

- a. 0.98 мкм
- b. 0.95 мкм
- c. 0.9 мкм
- d. 0.99 мкм

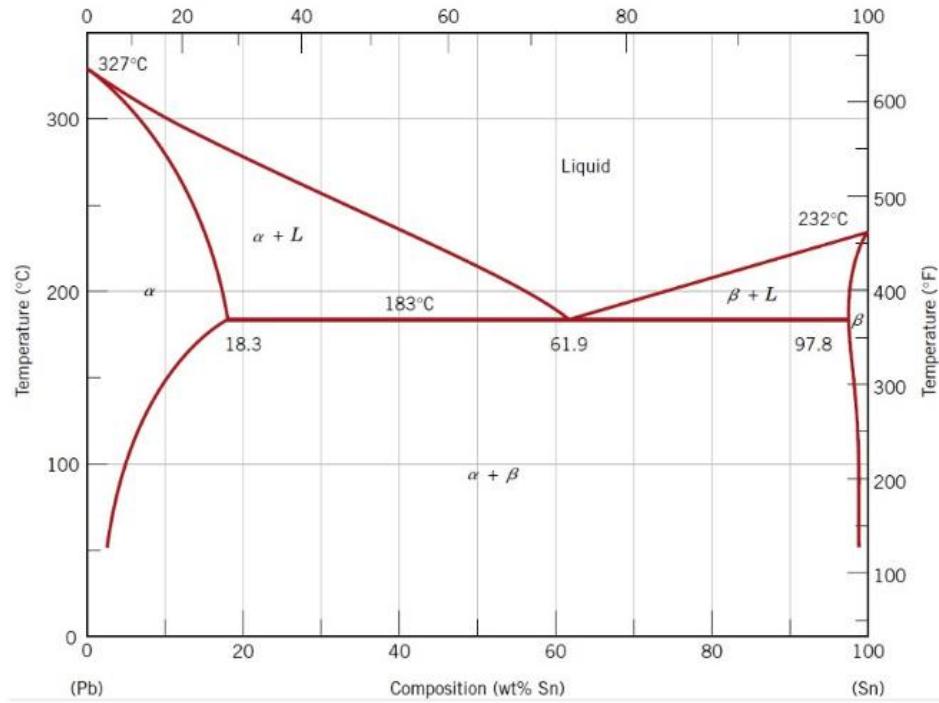
**35. В начале XX века польский химик уронил письменное перо в тигель с расплавленным оловом. Вытягивая перо из тигля, он обнаружил, что вслед за металлическим пером тянется тонкая нить застывшего олова. Образовавшаяся металлическая нить имела монокристаллическую структуру. Этот метод получения монокристаллов был назван:**

- a. Метод Бриджмена
- b. Метод Киропулоса
- c. Метод Чохральского
- d. Метод Стокбаргера

**36. Какой материал используется для формирования омического контакта к n-GaAs?**

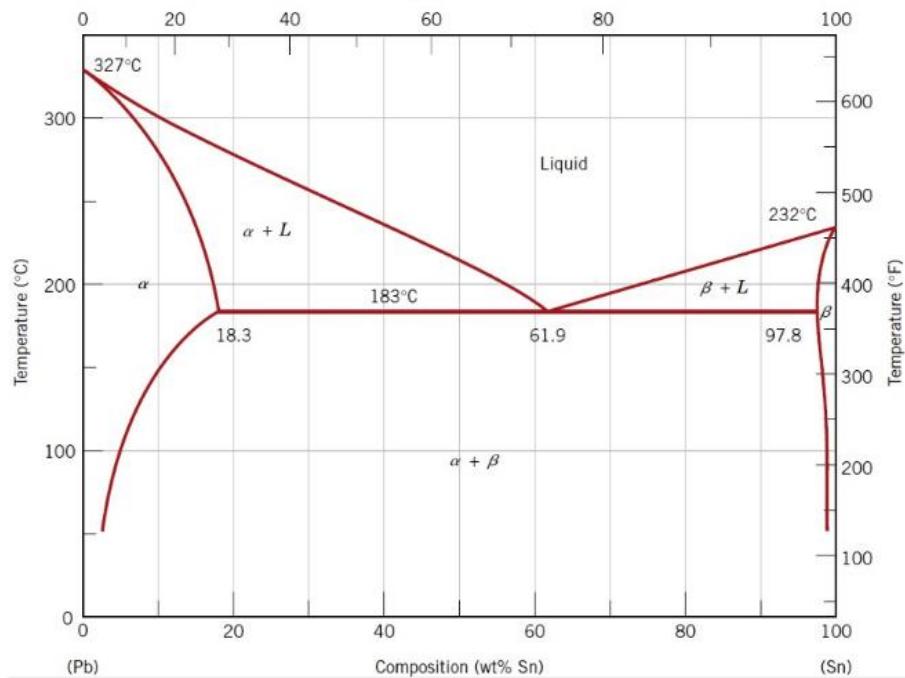
- a. AuGe
- b. AuSn
- c. Au
- d. Ni
- e. Ti

37. На изображении приведена фазовая диаграмма припоя PbSn. Какой концентрации олова соответствует точка эвтектики?



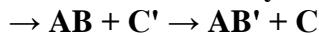
- a. 18.3
- b. 61.9
- c. 97.8
- d. 50

38. На изображении приведена фазовая диаграмма припоя PbSn? Какой будет фазовый состав соединения PbSn с концентрацией олова 30% при температуре 200°C?



- a.  $\alpha$
- b.  $\alpha + \text{жидкость}$
- c.  $\alpha + \beta$
- d.  $\beta + \text{жидкость}$
- e.  $\beta$

**39. Какой тип фотохимической реакции соответствует следующей записи:  $AB + C \rightarrow (hv)$**



- a. Фотораспад
- b. Фотоперегруппировка
- c. Фотоприсоединение
- d. Фотосенсибилизация

**40. Как связана толщина плёнки фоторезиста от его кинематической вязкости при нанесении его методом центрифугирования**

- a. Толщина прямо пропорциональна кинематической вязкости
- b. Толщина обратно пропорциональна кинематической вязкости
- c. Толщина прямо пропорциональна корню из кинематической вязкости
- d. Толщина прямо пропорциональна квадрату кинематической вязкости

**41. На поверхность нанесли фоторезист. Через фотошаблон провели его экспонирование. Провели операцию проявления. Нанесли плёнку металла. Удалили остатки фоторезиста.**

**Какой фоторезист использовался?**

- a. Негативный
- b. Позитивный
- c. фоторезист для взрывной фотолитографии

**42. На поверхность нанесли плёнку металла. затем нанесли фоторезист. Через фотошаблон провели его экспонирование. Провели операцию проявления и удалили проэкспонированные участки. Через окна в фоторезисте удалили металл с поверхности подложки. Удалили остатки фоторезиста. Какой фоторезист использовался?**

- a. Негативный
- b. Позитивный
- c. фоторезист для взрывной фотолитографии

**43. На поверхность нанесли плёнку металла. затем нанесли фоторезист. Через фотошаблон провели его экспонирование. Провели операцию проявления и удалили неэкспонированные участки. Через окна в фоторезисте удалили металл с поверхности подложки. Удалили остатки фоторезиста. Какой фоторезист использовался?**

- a. Негативный
- b. Позитивный
- c. фоторезист для взрывной фотолитографии

**44. От чего не зависит скорость испарения?**

- a. От температуры вещества
- b. От давления насыщенного пара вещества
  - c. От плотности вещества
- d. От молекулярного веса вещества

**45. От чего не зависит скорость осаждения?**

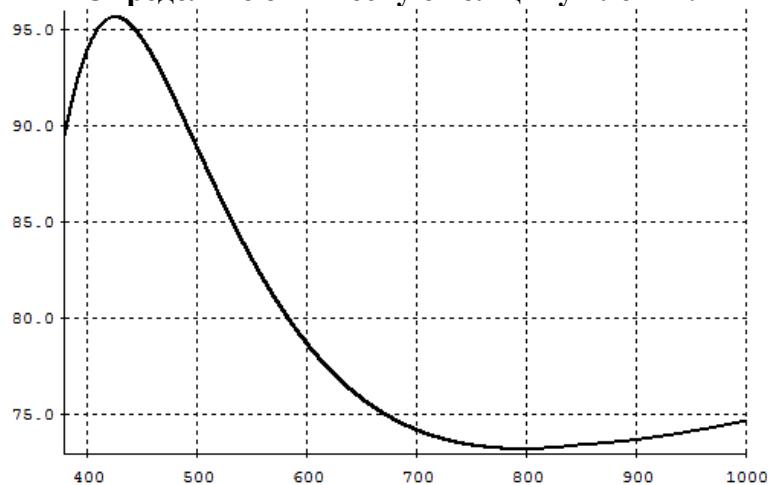
- a. От расстояния от подложки до источника испарения
- b. От давления насыщенного пара вещества
  - c. От температуры подложки
- d. От молекулярного веса вещества

- 46. В каком месте преимущественно происходит реакция распылённого вещества с потоком газа при реактивном ионном распылении?**
- На поверхности мишени
  - В пролётном пространстве мишень-подложка
  - На поверхности подложки

- 47. Какой способ напыления лучше всего использовать при напылении золота?**
- Электронно-лучевое напыление
  - Ионное распыление
  - Магнетронное распыление
  - Высокочастотное распыление

- 48. На графике приведён спектр пропускания плёнки оксида циркония на стекле К8.**

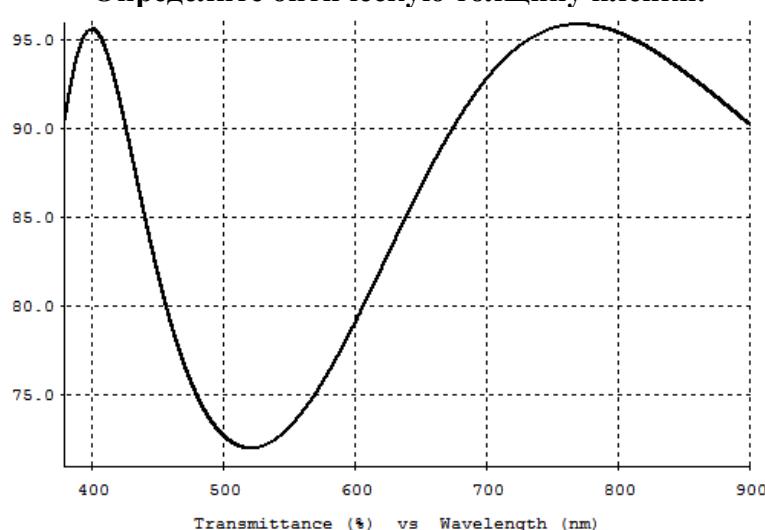
**Определите оптическую толщину плёнки.**



- 800 нм
- 440 нм
- 200 нм
- 100 нм

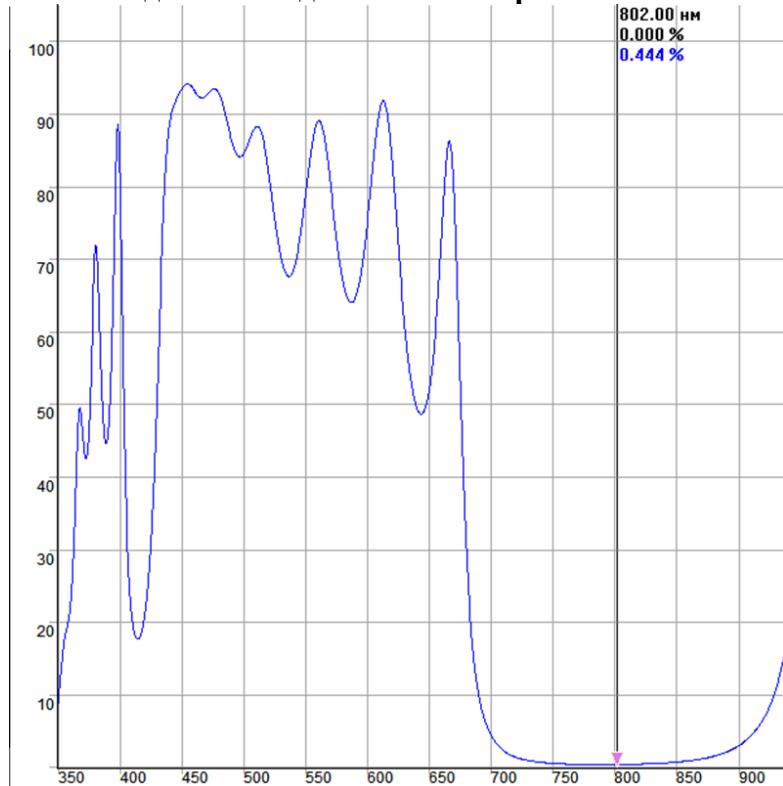
- 49. На графике приведён спектр пропускания плёнки оксида циркония на стекле К8.**

**Определите оптическую толщину плёнки.**



- 390 нм
- 760 нм
- 520 нм
- 200 нм

**50. На графике приведён спектр пропускания интерференционного зеркала. В каком диапазоне длин волн оно работает:**



- a. в инфракрасном диапазоне
- b. в видимом диапазоне
- c. в ультрафиолетовом диапазоне

#### **Список вопросов для подготовки к контрольным работам**

Тема 1. Общее введение в курс “Технология планарного цикла”.

Л1

1. Что такое технологический маршрут и технологическая карта? В чём их отличие?
2. Какие основные этапы технологии планарного цикла?
3. Как была открыта технология управляемого легирования?.

Тема 2. Основные материалы современной полупроводниковой микро и наноэлектроники.

Л2

1. Что такое шероховатость поверхности и какие виды шероховатости бывают? Какая шероховатость поверхности достигается при механической полировке и химико-динамической полировке?
2. В чём преимущества и недостатки химико-механического полирования и химико-динамического полирования полупроводниковых пластин?
3. Для чего используется химико-динамическое полирование после механической полировки?
4. Какой класс чистоты ISO чистых помещений необходим в производстве полупроводниковых лазеров?

Л3

1. Почему кремний не может использоваться в качестве основного материала при создании полупроводниковых лазеров?
2. На основе каких полупроводниковых материалов производят светоизлучающие приборы?

3. В каком диапазоне длин волн может быть получен лазерный диод, активная зона которого изготовлена из арсенида галлия?
  4. Для чего используется гетероструктура GaAlAs вместо GaAs?
5. В чём заключается основной недостаток гетероструктур, содержащих алюминий?

Тема 3. Эпитаксиальные процессы и технологии производства полупроводниковых лазеров.

#### Л4

1. Что такое эпитаксия?
2. Какие существуют основные способы эпитаксиального роста полупроводниковых гетероструктур?
  3. В чём заключается механизм эпитаксии?
4. В чём преимущества и недостатки молекулярно-лучевой, газофазной и жидкофазной эпитаксии?
  5. В чём особенности эпитаксии соединений типа  $A^{III}B^V$ ?
  6. Какие газы используются при газофазной эпитаксии арсенида галлия?
  7. Какие дефекты могут образовываться в ходе эпитаксиального роста?
8. Какие особенности у гетероэпитаксиального роста гетероструктур и в чём его отличие от гомоэпитаксии?

#### Л5

1. В чём заключаются основные особенности процесса высокотемпературной кристаллизации из расплава?
2. Какие существуют способы выращивания монокристаллов?
3. В чём преимущества и недостатки метода Чохральского и зонной плавки?
  4. Какие основные этапы метода Чохральского?

#### Л6

1. В чём преимущества и недостатки метода Стокбаргера – Бриджмена?
2. Какие бывают формы тиглей, применяемые для выращивания кристаллов методом нормальной направленной кристаллизации?
3. В чём преимущества и недостатки метода Метод Киропулоса?

#### Темы рефератов

1. Принцип работы и устройство установки плазмохимического травления. Технология травления арсенида галлия.
  2. Принцип технологии нанесения толстоплёночной металлизации.
  3. Принцип технологии PECVD осаждения диэлектриков, на примере  $SiO_2$ .
4. Принцип работы установки молекулярно-лучевой эпитаксии. Технология получения гетероструктур на основе арсенида галлия.
  5. Способы контроля параметров диэлектрических плёнок.

Составитель доцент Козырев А.А.

## **Раздел 2 Второй раздел**

### **2.1 Контроль по итогам (КИ) - 15 Неделя**

Текущий контроль успеваемости

#### **ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ Построчная технология производства полупроводниковых лазеров**

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям ФГОС.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Построчная технология производства полупроводниковых лазеров» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данного курса;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данного курса;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данного курса.

#### **Перечень оценочных средств используемых для текущей аттестации**

<b>Код</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Краткая характеристика оценочного средства</b>	<b>Представление оценочного средства в фонде</b>
T	Тест	Система стандартизованных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
P	Реферат	Система оценки индивидуальных знаний и умений обучающегося	Перечень тем
КР	Контрольная работа	Система стандартизованных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд контрольных вопросов

#### **Шкала оценки образовательных достижений**

Обучающиеся должны показывать уверенное владение материалом из соответствующей темы. В зависимости от характера задания - знание физического обоснования, необходимых количественных характеристик, владение оценочными соотношениями, схемами экспериментальных установок. Процент полноты и правильности ответов даёт итоговую сумму баллов.

Оценка за текущий контроль по итогам складывается следующим образом:

Раздел 1

Сумма баллов	Тест	Реферат	Контрольная работа
--------------	------	---------	--------------------

25 – максимальное значение Складывается из баллов за тест, домашнее задание и круглый стол	5 – максимальное значение за все правильные ответы на тесты в разделе	10 - максимальное значение за все правильные ответы на вопросы по подготовке к круглому столу в разделе	15 - максимальное значение за все правильные ответы на вопросы контрольной работы
--	---	---	---

#### Характеристика ответов для выставления оценок

Характеристика ответа Процент от максимального балла	Контрольная работа	Тест	Реферат
88-100%	Логически последовательный и исчерпывающий ответ на вопрос	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Проработанный, логически последовательный текст, ключевые вопросы темы отражены в тексте, использованы достоверные и актуальные источники
72-88%	Ответ с некоторыми неточностями и некритическими пробелами и замечаниями	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	По содержанию и оформлению имеются неточности и некритические замечания
60-72%	Удовлетворительный ответ с серьезными ошибками и недостатками	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	По содержанию и оформлению имеются ошибки и замечания
Менее 60%	Незнание вопроса	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Реферат оформлен с серьезными ошибками и недостатками
0	Полное незнание вопроса	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Отсутствие работы

### **ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ для оценки знаний (З), умений (У) и навыков (В) ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

Для текущего контроля уровня знаний студентов выдаются задания, позволяющие в процессе проведения занятий преподавателю контролировать уровень усвоения материала слушателями, в форме теста, собеседования, контрольной работы, домашнего задания.

Итоговый балл по разделу учитывает посещаемость занятий, активность, выполнение контрольных работ, рефератов. Каждый раздел проходит аттестацию.

## Список тестовых заданий

**1. Какая из приведённых химических реакций приводит к образованию безызлучательных центров рекомбинации?**

- a.  $\text{As}_2\text{O}_3 + 2\text{GaAs} \rightarrow \text{Ga}_2\text{O}_3 + 4\text{As}$
- b.  $\text{Ga}_2\text{O}_3 + \text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Ga}$
- c.  $2\text{Ga}_2\text{O}_3 + 3\text{Si} \rightarrow 3\text{SiO}_2 + 4\text{Ga}$
- d.  $\text{Ga}_2\text{O}_3 + 6\text{H} \rightarrow 2\text{Ga} + 3\text{H}_2\text{O}$

**2. Какой припой предпочтительно использовать при пайке полупроводникового кристалла GaAs на медное основание?**

- a. AuSn
- b. Sn
- c. In
- d. InSn

**3. Какой материал является стоп-слоем для пайки припоеем AuSn?**

- a. Ni
- b. Pt
- c. Au
- d. Ti

**4. Какой материал является стоп-слоем для пайки припоеем PbSn?**

- a. Ni
- b. Pt
- c. Au
- d. Ti

**5. Основной недостаток индивидуального припоя**

- a. Фазовая сегрегация при воздействии токов с высокой плотностью
- b. Хрупкость припоя
- c. Несоответствие коэффициентов термического расширения полупроводника и припоя
- d. Низкая температура плавления

**6. Основной недостаток припоя AuSn**

- a. Фазовая сегрегация при воздействии токов с высокой плотностью
- b. Передача механических напряжений от подложки к полупроводнику
- c. Несоответствие коэффициентов термического расширения полупроводника и припоя
- d. Высокая температура плавления

**7. Каким образом можно добиться появления катастрофической оптической деградации полупроводникового лазерного диода?**

- a. Установить лазерный диод на длительную тренировку на рабочем токе и температуре
- b. Повышать ток накачки до необратимого падения выходной оптической мощности
- c. Установить лазерный диод на длительную тренировку на токе и температуре, превышающими рабочие значения
- d. Произвести отжиг дефектов

**8. Какой материал не используется для пассивации поверхности полупроводниковых лазерных диодов?**

- a. ZnSe
- b. SiO<sub>2</sub>
- c. Al
- d. Si

**9. Почему использование кремния для пассивации полупроводниковых лазеров на основе GaAs с длиной волны 780 нм приводит к снижению порога катастрофической оптической деградации, в то время как для лазеров с длиной волны 915 нм и более этот же материал увеличивает порог КОДЗ и срок службы?**

- a. Из-за меньшего поглощения в коротковолновой области
- b. Из-за большего поглощения в коротковолновой области
- c. Из-за несоответствия постоянной кристаллической решётки кремния и арсенида галлия
- d. Из-за большой разницы показателей преломления кремния и арсенида галлия

**10. Какой материал используется для эпитаксиального заращивания области, прилегающей к гетероструктуре на основе AlGaAs?**

- a. AlAs
- b. InAs
- c. InGaP
- d. GaAs

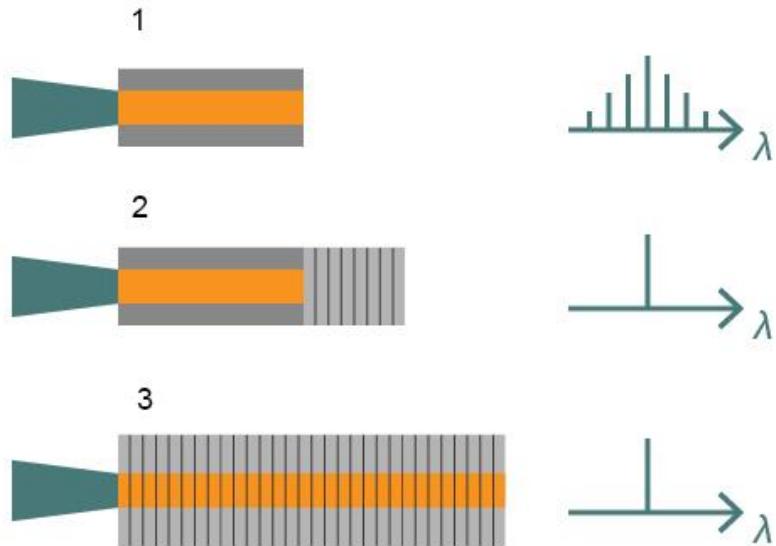
**11. Какой диэлектрик используется для предотвращения смешивания квантовых ям при проведении процесса IFVD (impurity free vacancy diffusion)?**

- a. SiO<sub>2</sub>
- b. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- c. SrF<sub>2</sub>
- d. Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

**12. После проведения IFVD процесса длина волны излучения лазерного диода:**

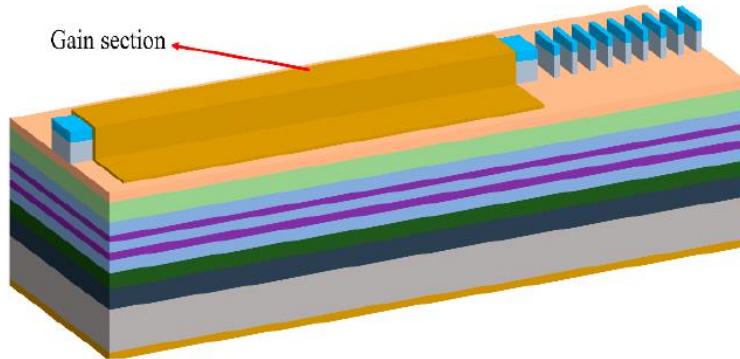
- a. увеличится
- b. уменьшится
- c. не изменится

**13. Какой тип лазера изображён на приведённом изображении:**



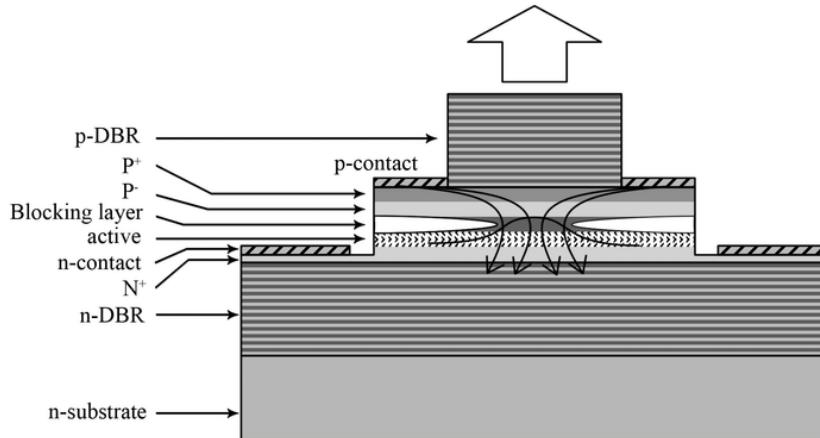
- a. 1 – VCSEL, 2 – DFB, 3 – DBR
- b. 1 – Фабри-Перо, 2 – DBR, 3 – DFB
- c. 1 – DBR, 2 – Фабри-Перо, 3 – DFB
- d. 1 – DFB, 2 – DBR, 3 – VCSEL

**14. Какой тип лазера изображён на приведённом изображении:**



- a. VCSEL
- b. DBR
- c. DFB
- d. Фабри-Перо

**15. Какой тип лазера изображён на приведённом изображении:**



- a. VCSEL
- b. DBR
- c. DFB
- d. Фабри-Перо

**16. На каком этапе планарного цикла формируется DFB решётка?**

- a. На финишном
- b. На начальном
- c. В середине цикла

**17. Какой коэффициент отражения заднего зеркала DBR лазера?**

- a. <1%
- b. >1%
- c. >90%

**18. Какой коэффициент отражения заднего зеркала DFB лазера?**

- a. <1%
- b. >1%
- c. >90%

**19. Процесс селективного окисления VCSEL лазеров осуществляется в среде:**

- a. Паров воды
- b. Влажном воздухе
- c. Влажном водороде
- d. Влажном азоте

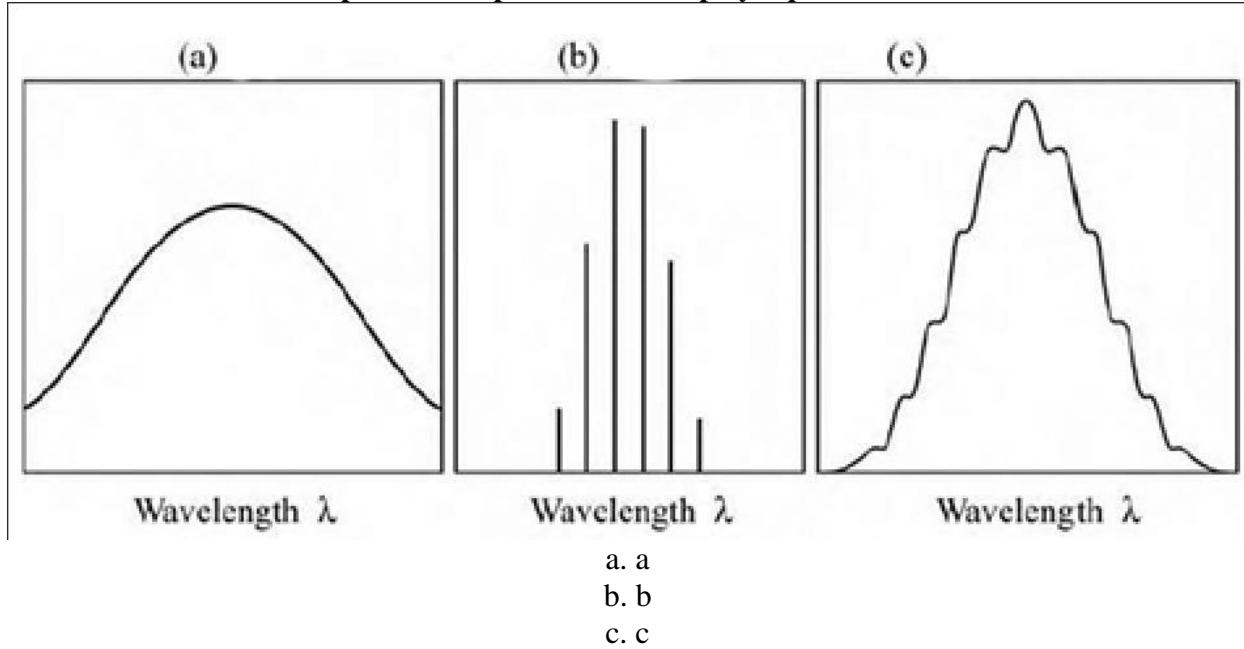
**20. Процесс планаризации заключается в:**

- a. Выравнивании контактных площадок для п и р-контактов по высоте
- b. Уменьшении толщины пластины посредством утонения
- c. Проведении пластины по планарному циклу

**21. Какой металл используется для создания омического контакта к p-GaN?**

- a. Ti
- b. Pt
- c. Au
- d. Pd

**22. На каком изображении приведён спектр суперлюминесцентного диода?**



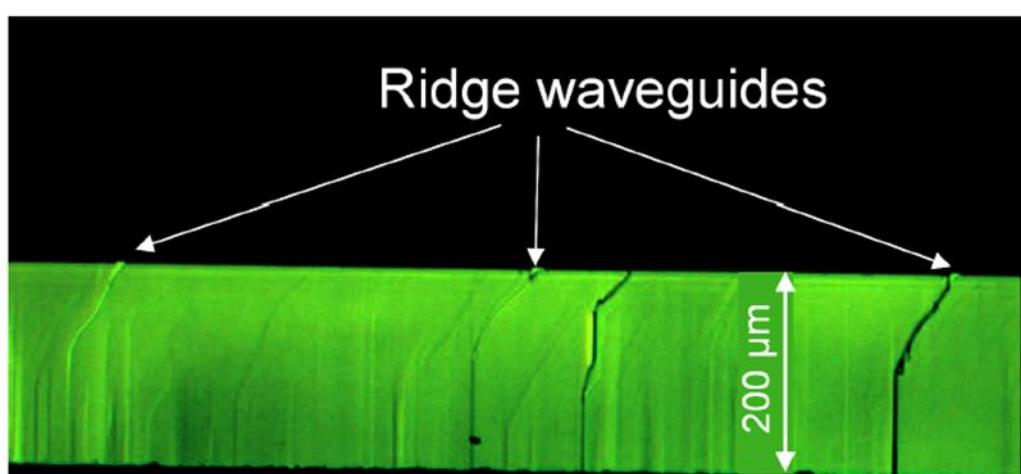
**23. Для лазера на основе какого материала изготовить DBR секцию будет проще?**

- a. GaAs
- b. GaN
- c. InGaAs

**24. На основе какого металла изготавливают омический контакт к n-GaN?**

- a. Al
- b. Pt
- c. Au
- d. Pd

**25. Как называется вид дефектов на поверхности грани, изображённый на приведённом снимке?**



## **Список вопросов для подготовки к контрольным работам**

Тема 4. Диэлектрические плёнки и способы их нанесения.

### **Л7**

1. Какие существуют основные способы нанесения диэлектрических плёнок в вакууме?
2. В чём преимущества и недостатки магнетронного и ионно-лучевого напыления диэлектрических плёнок?
3. В чём преимущества и недостатки термического и электронно-лучевого испарения в вакууме?
4. Какие основные способы контроля толщины тонких плёнок используются при напылении?
5. Какие основные этапы вакуумного напыления тонких диэлектрических покрытий?

### **Л8**

1. Какие существуют способы предварительной очистки поверхности полупроводниковых пластин?
2. В чём преимущества и недостатки химической отмычки и ионной очистки полупроводниковых пластин?
3. Какие существуют способы активации и пассивации поверхности арсенида галлия?
4. Какие существуют способы защиты склона кристалла арсенида галлия от окисления?

Тема 5. Металлизация полупроводниковых пластин.

### **Л9**

1. Какие существуют способы металлизации полупроводниковых пластин?
2. В чём преимущества и недостатки магнетронного напыления и термического испарения при осаждении металлов?
3. В чём заключается технология получения омических контактов к полупроводниковой пластине?
4. При каких температурах происходит осаждение металлов в вакууме?
5. Для чего используется тонкий подслой титана при напылении плёнок благородных металлов, таких как золото?

### **Л10**

1. Какие типы дефектов могут присутствовать в полупроводниках?
2. При каких энергиях ионов, бомбардирующих поверхность полупроводника, начинают образовываться радиационные дефекты?
3. Как дефекты влияют на излучательную способность полупроводникового материала?
4. Какие способы устранения дефектов в полупроводниках существуют?
5. Какие существуют типы примесных дефектов?

Тема 6. Фотолитография и травление.

### **Л11**

1. Какие существуют типы фоторезистов?
2. Как с помощью фотолитографии формируется топология на полупроводниковой пластине?
3. Какие способы литографии существуют и в чём их преимущества и недостатки?
4. В чём преимущества и недостатки жидкостного и ионно-плазменного травления?

### **Л12**

1. Какие особенности плазмо-химического травления арсенида галлия?

2. Какие основные критерии применимости фоторезистов?
3. Что такое фотошаблон и как его получают?
4. Какие особенности у проекционной оптической фотолитографии и контактной фотолитографии?
5. Какие преимущества и недостатки электронной литографии?

### **Темы рефератов**

1. Технология атомно-слоевого осаждения на примере нанесения оксида алюминия.
2. Принцип работы и устройство установки совмещения и экспонирования, применяемой в фотолитографии. Технология формирования заданного рисунка на поверхности полупроводниковой пластины.
3. Принцип работы и устройство установки вакуумного напыления. Технология напыления металлов и диэлектриков.
4. Принцип работы установки молекулярно-лучевой эпитаксии. Технология получения гетероструктур на основе арсенида галлия.
5. Способы контроля параметров диэлектрических плёнок.

Составитель доцент Козырев А.А.

# **10 Семестр**

## **Экзамен**

Промежуточный контроль успеваемости

### **ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ Построчная технология производства полупроводниковых лазеров**

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям ФГОС.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Построчная технология производства полупроводниковых лазеров» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данного курса;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данного курса;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данного курса.

#### **Перечень оценочных средств используемых для промежуточной аттестации**

<b>Код</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Краткая характеристика оценочного средства</b>	<b>Представление оценочного средства в фонде</b>
C	Собеседование по изученному материалу	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект вопросов для устных опросов

#### **Шкала оценки образовательных достижений**

Обучающиеся должны показывать уверенное владение материалом из соответствующей темы. В зависимости от характера задания - знание физического обоснования, необходимых количественных характеристик, владение оценочными соотношениями, схемами экспериментальных установок. Процент полноты и правильности ответов даёт итоговую сумму баллов.

Оценка за промежуточный контроль (зачет) по дисциплине складывается следующим образом:

Сумма баллов	Собеседование по изученному материалу
45-50	Логически последовательный и исчерпывающий ответ на вопрос
35-45	Ответ с некоторыми неточностями и некритическими пробелами, замечаниями
30-35	Удовлетворительный ответ с серьезными ошибками и недостатками
1-29	Незнание вопроса

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. Основные материалы современной полупроводниковой микро и наноэлектроники. Получение монокристаллических слитков кремния методом безтигельной зонной плавки и методом Чохральского.
2. Физико-химические процессы, сопровождающие плавление и кристаллизацию вещества, диаграммы состояния.
3. Подготовка полупроводниковых пластин. Кинетика жидкостного травления полупроводников. Основные параметры пластин.
4. Основные этапы механической обработки пластин. Шлифовка, полировка, приклеивание на носитель.
5. Методы получения диэлектрических пленок. Термическое окисление. Кинетика термического окисления кремния. Осаджение диэлектрических пленок из газовой фазы.
6. Методы формирования топологии полупроводниковых пластин. Оптическая, электронно-лучевая и рентгеновская литографии. Достиоинства и ограничения различных литографических методик.
7. Методы травления в современных полупроводниковых технологиях. Достиоинства и недостатки различных методов.
8. Диффузионное легирование полупроводников. Профили распределения легирующей примеси. Методы проведения диффузии. Основные примеси, используемые для легирования Si.
9. Маскирующие свойства диэлектрических слоев. Ионное легирование полупроводников. Ядерная и электронная тормозные способности. Распределение примеси при ионной имплантации. Радиационные дефекты.
10. Основные представления о методе молекулярно-пучковой эпитаксии. Вакуумные условия, необходимые для проведения МПЭ.
11. Механизмы эпитаксиального роста. Основные процессы, происходящие на ростовой поверхности при эпитаксии.
12. Новые материалы в полупроводниковых технологиях: их достоинства, основные проблемы, связанные с их использованием и пути их решения.
13. Тенденции и проблемы развития современной микро и наноэлектроники.
14. Основные способы нанесения металлов: термическое, электронно-лучевое, магнетронное, ионное напыление металлов в вакууме.
15. Металлизация полупроводниковых пластин. Способы металлизации. Получение омических контактов. Вжигание контактов.
16. Травление полупроводников: жидкостное, ионное, плазмохимическое – особенности и механизм.
17. Радиационные дефекты, структурные дефекты в моно- и поликристаллических полупроводниках.
18. Способы устранения радиационных и структурных дефектов.
19. Сборочные процессы в производстве лазерных диодов. Разделение пластины на линейки и кристаллы, способы скрайбирования.
20. Дефекты скрайбирования: причины и механизмы образования дефектов.

21. Монтаж кристаллов. Пайка эвтектическими припоями.

22. Герметизация полупроводниковых лазеров. Просветляющая оптика.

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы и зачет	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
	85-89	B
4 – «хорошо»	75-84	C
	70-74	
	65-69	D
3 – «удовлетворительно»	60-64	E
2 – «неудовлетворительно»	Ниже 60	F

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

Оценка по 5-балльной шкале – оценка по ECTS	Сумма баллов за разделы и зачет	Требования к знаниям на устном зачёте
«отлично» – A	90 ÷ 100	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко иочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
«хорошо» – D, C, B	70 ÷ 89	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
«удовлетворительно» – E, D	60 ÷ 69	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
«неудовлетворительно» – F	менее 60	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Составитель доцент Козырев А.А.

