

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**

**Наименование образовательной программы: Лазерная и оптическая измерительная электроника**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Поляризационные квантово-оптические устройства**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Акентьев А.С.
	Идентификатор	Re543d542-AkentyevAS-7f7682a9

(подпись)

А.С.

Акентьев

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

(подпись)

Н.М.

Скорнякова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

(подпись)

Н.М.

Скорнякова

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы

ИД-1 Знает методы синтеза и исследования моделей

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Преобразование состояния поляризации излучения анизотропным оптическим трактом (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Свойства поляризационных устройств (Контрольная работа)

2. Способы описания состояния поляризации электромагнитного излучения (Контрольная работа)

3. Суперпозиция излучений с различными состояниями поляризации (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Описание состояния поляризации излучения					
Общие сведения о поляризации света.	+				
Математические способы описания состояния поляризации электромагнитного излучения			+		
Суперпозиция излучений с различными состояниями поляризации (аддитивная поляризационная задача)			+		
Поляризационные устройства					
Преобразование состояния поляризации излучения анизотропными оптическими элементами (трансформативная задача поляризации)				+	
Поляризационные устройства					+
	Вес КМ:	20	30	20	30

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-1ПК-2 Знает методы синтеза и исследования моделей	Знать: способы анализа и применения поляризационных характеристик квантово-оптических устройств критерии выбора оптимальной математической модели описания состояния поляризации электромагнитного излучения для решения трансформативных задач лазерной и оптической измерительной электроники рекомендации по совершенствованию поляризационных квантово-оптических устройств критерии выбора оптимальной математической модели	Способы описания состояния поляризации электромагнитного излучения (Контрольная работа) Суперпозиция излучений с различными состояниями поляризации (Контрольная работа) Преобразование состояния поляризации излучения анизотропным оптическим трактом (Контрольная работа) Свойства поляризационных устройств (Контрольная работа)

		описания состояния поляризации электромагнитного излучения для решения аддитивных задач лазерной и оптической измерительной электроники	
--	--	---	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Способы описания состояния поляризации электромагнитного излучения

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается вариант двумя задачами. На решение задач отводится 1 академический час.

#### Краткое содержание задания:

1. Состояние поляризации излучения задано базовой моделью:

$$I = 8 \text{ Вт/м}^2; P = 0,5; \gamma = 45^\circ; \chi = 0^\circ.$$

Найти параметры естественной модели, записать вектор Джонса (для поляризованной компоненты), поляризационную переменную (для поляризованной компоненты) и вектор Стокса для данного излучения.

2. Состояние поляризации излучения описывается вектором Стокса:  $(4; 0; \sqrt{2}; \sqrt{2})$

Найти параметры базовой модели, записать вектор Джонса (для поляризованной компоненты) и поляризационную переменную (для поляризованной компоненты).

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: способы анализа и применения поляризационных характеристик квантово-оптических устройств	1. Как связаны параметры базовой модели и вектор Стокса? 2. Как связаны параметры базовой модели и вектор Джонса? 3. Вектор Джонса и параметры естественной модели?
---	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если обе задачи решены верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если одна из задач решена верно, а другая с недочетами, но с верно намеченным решением

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" только одна из задач решена верно, либо решены обе задачи с недочетами

### КМ-2. Суперпозиция излучений с различными состояниями поляризации

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается вариант с двумя задачами. На решение задач отводится 1 академический час.

**Краткое содержание задания:**

1. Найти состояние поляризации когерентной суперпозиции двух пучков, разность фаз которых равна нулю. Состояние поляризации каждого пучка задано векторами Стокса:  $Sa_0 = 4, Sa_1 = 0, Sa_2 = 0, Sa_3 = 4$  и  $Sb_0 = 4, Sb_1 = 0, Sb_2 = 0, Sb_3 = -4$ . Взаимная степень когерентности равна 1. Результирующее состояние поляризации выразить в базовой модели.
2. Найдите параметры поляризации излучения в базовой модели при сложении двух волн. Первая волна линейно поляризована с азимутом  $\psi_1 = 0^\circ$ ; вторая волна линейно поляризована с азимутом  $\psi_2 = 90^\circ$ ; разность фаз двух волн равна 0. Интенсивности волн одинаковы и равны  $4 \text{ Вт/м}^2$ .

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: критерии выбора оптимальной математической модели описания состояния поляризации электромагнитного излучения для решения аддитивных задач лазерной и оптической измерительной электроники	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как решается аддитивная поляризационная задача через вектор Стокса?</li> <li>2. Как решается аддитивная поляризационная задача через базовую модель описания состояния поляризации?</li> <li>3. Как решается аддитивная поляризационная задача через естественную модель описания состояния поляризации?</li> </ol>
--	---

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 90**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если обе задачи решены верно**Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 70**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если одна из задач решена верно, а другая с недочетами, но с верно намеченным решением**Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 50**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" только одна из задач решена верно, либо решены обе задачи с недочетами***КМ-3. Преобразование состояния поляризации излучения анизотропным оптическим трактом****Формы реализации:** Компьютерное задание**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается вариант с двумя задачами. На решение задач отводится 1 академический час.**Краткое содержание задания:**

1. Излучение, поляризованное по правому кругу с интенсивностью  $I = 32 \text{ Вт/м}^2$ , проходит через линейную фазовую пластинку  $\lambda/4$  (вносит сдвиг фаз  $\pi/2$ , быстрая ось фазовой пластинки ориентирована в вертикальной плоскости). Определить состояние поляризации результирующего излучения.  
*Решить задачу методом Джонса*

2. Линейно поляризованное излучение с интенсивностью  $I = 1 \text{ Вт/м}^2$  и азимутом  $45^\circ$  проходит через пластинку  $\lambda/4$  (вносит разность фаз  $\pi/2$ , быстрая ось пластинки ориентирована в плоскости пропускающей оси поляризатора) и идеальный поляризатор (пропускающая ось поляризатора – горизонтальная). Определить состояние поляризации излучения на выходе оптического тракта.

*Решить задачу методом Стокса-Мюллера*

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: критерии выбора оптимальной математической модели описания состояния поляризации электромагнитного излучения для решения трансформативных задач лазерной и оптической измерительной электроники</p>	<p>1. В чём заключается метод Джонса при решении трансформативной задачи?                  2. В чём заключается метод Стокса-Мюллера при решении трансформативной задачи?                  3. Как решается трансформативная задача при использовании естественной модели?</p>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если обе задачи решены верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если одна из задач решена верно, а другая с недочетами, но с верно намеченным решением*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" только одна из задач решена верно, либо решены обе задачи с недочетами*

**КМ-4. Свойства поляризационных устройств**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается вариант с пятью теоретическими вопросами. На подготовку ответа отводится 1 академический час.

**Краткое содержание задания:**

1. Чем между собой отличаются линейная и циркулярная фазовая пластинка?
2. В чем заключается эффект Поггеля?
3. Перечислите какие устройства (комбинации устройств) могут быть использованы в качестве оптических вращателей?
4. Перечислите какие устройства используются в фильтре для правой круговой поляризации. Как должны быть расположены собственные оси этих устройств относительно друг друга?
5. Перечислите какие устройства входят в ячейку Фарадея?

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: рекомендации по совершенствованию поляризационных квантово-оптических устройств	1.Что такое собственное состояние поляризации? 2.В чем отличие между быстрой и медленной осями линейной фазовой пластинки? 3.Перечислите какие устройства входят в изолятор Фарадея?
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если на все вопросы даны верные ответы*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если на 4 из 5 вопросов даны верные ответы*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если на 3 из 5 вопросов даны верные ответы*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 1 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Способы описания поляризации излучения. Естественная модель. Базовая модель.
2. Поляризаторы, основанные на явлениях отражения и преломления света. Стопа пластин.
3. Излучение, поляризованное по левому кругу с интенсивностью  $I = 2 \text{ Вт/м}^2$ , проходит через идеальный поляризатор, пропускающий горизонтальную компоненту. Определить параметры поляризации результирующего излучения.

### Процедура проведения

Устный экзамен. Студенту выдается билет, на подготовку ответа выделяется 60 минут.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-2</sub> Знает методы синтеза и исследования моделей

#### Вопросы, задания

1. Способы описания поляризации излучения. Естественная модель. Базовая модель.
2. Поляризаторы, основанные на явлениях отражения и преломления света. Стопа пластин.
3. Вектор Джонса. Поляризационная переменная.
4. Поляризационные призмы. Призмы Рошона, Сенармона и Волластона. Интерференционный поляризатор.
5. Вектор Стокса. Матрица когерентности. Сфера Пуанкаре.
6. Фазовые пластинки. Преобразование состояния поляризации излучения линейной фазовой пластинкой.
7. Связь между различными моделями описания состояния поляризации излучения.
8. Преобразование излучения четвертьволновой пластинкой на примере линейной поляризации падающего излучения.
9. Линейно поляризованное излучение с азимутом  $45^\circ$  и интенсивностью  $I = 2 \text{ Вт/м}^2$  проходит через линейную фазовую пластинку  $\lambda/2$ , быстрая ось которой ориентирована в горизонтальной плоскости. Определить параметры поляризации результирующего излучения.
10. Излучение, поляризованное по левому кругу с интенсивностью  $I = 2 \text{ Вт/м}^2$ , проходит через идеальный поляризатор, пропускающий горизонтальную компоненту. Определить параметры поляризации результирующего излучения.

#### Материалы для проверки остаточных знаний

**1. Поляризация электромагнитных волн — это?**

Ответы:

- а. явление отражения электромагнитных или звуковых волн от границы раздела двух сред

- б. когда все точки, через которые проходит фронт волны в момент времени  $t$ , являются источниками вторичных сферических волн
  - в. физическая характеристика волн, описывающая ориентацию колебаний их векторов электрического и магнитного вектора
  - г. зависимость показателя преломления от направления распространения света
- Верный ответ: в. физическая характеристика волн, описывающая их поперечную анизотропию

**2. Интенсивность равна  $2 \text{ В/м}^2$ , степень поляризации равна 1, азимут не определен, угол эллиптичности  $45^\circ$ , какое это состояние поляризации?**

Ответы:

- а. правая круговая поляризация
- б. левая круговая поляризация
- в. линейная, горизонтальная поляризация
- г. эллиптическая поляризация

Верный ответ: а. правая круговая поляризация

**3. Вектор Джонса равен  $\vec{D} = \sqrt{I}(0,1)$ , где  $I$  - интенсивность излучения. Какое это состояние поляризации?**

Ответы:

- а. левая круговая поляризация
- б. линейная, горизонтальная поляризация
- в. неполяризованное излучение
- г. линейная, вертикальная поляризация

Верный ответ: г. линейная, вертикальная поляризация

**4. При помощи какого метода описания состояния поляризации нельзя описать частично поляризованное излучение?**

Ответы:

- а. базовая система
- б. вектор Джонса
- в. вектор Стокса
- г. матрица когерентности

Верный ответ: б. вектор Джонса

**5. Что получается при сложении двух одинаковых по амплитуде синфазных когерентных волн, поляризованных линейно и ортогонально друг другу?**

Ответы:

- а. линейная поляризация
- б. эллиптическая поляризация
- в. неполяризованное излучение
- г. круговая поляризация

Верный ответ: а. линейная поляризация

**6. В обратной трансформативной задаче требуется найти ...**

Ответы:

- а. состояние поляризации суперпозиции ряда излучений
- б. состояние поляризации преобразованного излучения
- в. состояние поляризации исходного излучения
- г. параметры оптического тракта

Верный ответ: г. параметры оптического тракта

**7. Какой размер имеет матрица Мюллера для решения трансформативной задачи методом Стокса–Мюллера?**

Ответы:

- а.  $4 \times 4$
- б.  $8 \times 8$
- в.  $3 \times 4$

г. 5x6

Верный ответ: а. 4x4

8. Какой анизотропный элемент описывает следующая матрица Джонса?

$$T_P = \begin{pmatrix} T_1 & 0 \\ 0 & T_2 \end{pmatrix}$$

Figure 1  $T_1, T_2$  - коэффициенты пропускания главных осей

Ответы:

- а. циркулярная фазовая пластинка
- б. линейный поляризатор
- в. фазовая пластинка
- г. оптический вращатель

Верный ответ: б. поляризатор

9. Что произойдет с естественным светом если он попадет на систему из двух идеальных линейных поляризаторов, прозрачные оси которых ортогональны?

Ответы:

- а. интенсивность света снизится на половину
- б. свет усилится
- в. свет не пройдет
- г. параметры света не изменятся

Верный ответ: в. свет не пройдет

10. Через идеальный поляризатор проходит излучение с интенсивностью  $I = 16$  Вт/м<sup>2</sup> и линейной поляризацией, ориентированной к прозрачной оси поляризатора под углом  $\phi = 60^\circ$ . Какая интенсивность будет у прошедшего излучения?

Ответы:

- а. 16 Вт/м<sup>2</sup>
- б. 8 Вт/м<sup>2</sup>
- в. 4 Вт/м<sup>2</sup>
- г. 0 Вт/м<sup>2</sup>

Верный ответ: в. 4 Вт/м<sup>2</sup>

11. Чтобы получить круговую поляризацию из линейной нужно использовать ...

Ответы:

- а. пластинку  $\lambda/4$
- б. пластинку  $\lambda/2$
- в. поляризатор
- г. вращатель Фарадея

Верный ответ: а. пластинку  $\lambda/4$

12. Полуволновая пластинка ( $\lambda/2$ ) вносит сдвиг фаз между ортогональными компонентами электрического вектора ...

Ответы:

- а.  $2\pi$
- б.  $\pi/4$
- в.  $\pi/2$
- г.  $\pi$

Верный ответ: г.  $\pi$

13. Плоско-поляризованная волна падает на пластинку ( $\lambda/4$ ). Плоскость ее поляризации совпадает с быстрой осью пластинки, какая поляризация будет после прохождения пластинки?

Ответы:

- а. правая круговая поляризация
- б. поляризация не изменится
- в. поляризация повернется на  $45^\circ$
- г. эллиптическая поляризация

Верный ответ: б. поляризация не изменится

**14. В магнитооптическом вращателе поворот поляризации света происходит за счет?**

Ответы:

- а. самофокусировки света
- б. эффекта Фарадея
- в. внутреннего полного отражения
- г. удвоения частоты

Верный ответ: б. эффекта Фарадея

**15. Что представляет собой стопа Столетова?**

Ответы:

- а. набор диэлектрических плоскопараллельных пластин
- б. совокупность двух призм клиновидной формы
- в. срезанный по диагонали куб
- г. многослойная оптическая структура из поляризаторов и фазовых пластинок

Верный ответ: а. набор диэлектрических плоскопараллельных пластин

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих