

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ

УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф.

УТКИНА»

КАФЕДРА МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Б1.В.01 «Микро- и наносенсоры»

Направление подготовки

11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

ОПОП академической магистратуры

«Микро- и нанoeлектроника»

Квалификация (степень) выпускника – магистр

Форма обучения – очная, очно-заочная

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной профессиональной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций обучающихся целям и требованиям основной профессиональной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимися в соответствии с этими требованиями.

ПК-1.1 – модернизирует существующие и внедряет новые методы и оборудование для измерений параметров наноматериалов и наноструктур;

ПК-1.2 – модернизирует существующие и внедряет новые процессы и оборудование для модификации свойств наноматериалов и наноструктур;

ПК-5.1 – разрабатывает и адаптирует типовые технологические процессы изготовления изделий микроэлектроники;

ПК-5.2 – разрабатывает планировку рабочих мест и участков на производстве изделий микроэлектроники;

ПК-6.1 – анализирует и выбирает перспективные технологические процессы и оборудование производства изделий микроэлектроники;

ПК-6.2 – организует и проводит экспериментальные работы по отработке и внедрению новых материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники.

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретенных обучающимися в ходе выполнения индивидуальных заданий на лабораторных работах. При оценивании результатов освоения лабораторных работ применяется шкала оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных работ и их тематика определена рабочей программой дисциплины, утвержденной заведующим кафедрой.

Результат выполнения каждого индивидуального задания должен соответствовать всем критериям оценки в соответствии с компетенциями, установленного для заданного раздела дисциплины.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением экзамена. Форма проведения экзамена – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включаются два теоретических вопроса. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки и т.п.

Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	Введение	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-5.1; ПК-5.2;	экзамен

		ПК-6.1; ПК-6.2	
2	Адаптивные смарт-материалы и структуры	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-6.1; ПК-6.2	экзамен
3	Активные диэлектрики. Пьезоэлектрики	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-6.1; ПК-6.2	экзамен
4	Магнитные материалы. Микромагнитоэлектроника	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-6.1; ПК-6.2	экзамен
5	Преобразователи магнитного поля	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-6.1; ПК-6.2	экзамен
6	Неупорядоченные твердые тела	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-6.1; ПК-6.2	экзамен
7	Оптическое материаловедение. Материалы фотоники	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-6.1; ПК-6.2	экзамен
9	Наноматериалы и нанотехнологии	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-6.1; ПК-6.2	экзамен
10	Заключение	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-6.1; ПК-6.2	экзамен

Шкала оценки сформированности компетенций

В процессе оценки сформированности знаний, умений и навыков обучающегося по дисциплине, производимой на этапе промежуточной аттестации в форме экзамена, используется балльная оценочная шкала:

«Отлично» заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умения свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется обучающимся, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

«Хорошо» заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способный к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

«Удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший знание учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы

по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающих необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

«Неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Типовые контрольные задания или иные материалы

Примеры контрольных вопросов к лабораторным занятиям по дисциплине

Исследование свойств сегнетоэлектрика на переменном и постоянном напряжениях:

1. Рассказать о физической природе поляризации.
2. Объяснить процессы, обуславливающие поляризацию сегнетоэлектриков во внешнем электрическом поле.
3. Дать определение диэлектрической проницаемости сегнетоэлектриков, назвать ее виды и объяснить методы их определения.
4. Объяснить зависимости диэлектрической проницаемости от внешних факторов (напряженности поля, температуры, частоты).
5. Назвать основные сегнетоэлектрические материалы и области их практического применения.

Исследование свойств магнитных материалов на переменном поле с помощью осциллографа:

1. Расскажите о физической природе ферромагнетизма.
2. Назовите основные характеристики ферромагнитных материалов, объясните методы их определения.
3. Расскажите об использовании в вычислительной и электронной технике магнитомягких, магнитотвердых материалов. Приведите примеры.
4. Как получают ферриты? Каковы их основные свойства и области применения?
5. Расскажите о потерях в магнитных материалах. От каких факторов они зависят и каким образом их можно снизить?
6. Каковы свойства и области применения тонких ферромагнитных пленок?
7. Объясните зависимость магнитных характеристик от напряженности магнитного поля, частоты, температуры.

Примеры типовых тестовых заданий к практическим занятиям по дисциплине и для самостоятельной работы

Тема: Поляризация диэлектриков

1. Поляризацией называют состояние диэлектрика, характеризующееся:
 - наличием электрического момента у любого элемента его объема;
 - наличием электрического момента у некоторых элементов его объема;
 - наличием магнитного момента у любого элемента его объема;

- наличием магнитного момента у некоторых элементов его объема.

2. Поляризация – это:

- ограниченное смещение свободных зарядов или ориентация дипольных моментов под действием внешнего электрического поля;
- ограниченное смещение связанных зарядов или ориентация дипольных моментов под действием внешнего электрического поля;
- хаотическое тепловое движение свободных зарядов под действием внешнего электрического поля;
- хаотическое тепловое движение связанных зарядов под действием внешнего электрического поля.

3. Диполь – это:

- система одноименных подвижных зарядов;
- система разноименных подвижных зарядов;
- система одноименных связанных зарядов;
- система разноименных связанных зарядов.

4. Дипольный момент – это:

- векторная физическая величина, равная частному заряда диполя на его плечо $\vec{p} = q / l$ [Кл/м];
- скалярная физическая величина, равная частному заряда диполя на его плечо $p = q / l$ [Кл/м];
- векторная физическая величина, равная произведению заряда диполя на его плечо $\vec{p} = q \times l$ [Кл·м];
- скалярная физическая величина, равная произведению заряда диполя на его плечо $p = q \times l$ [Кл·м].

5. Поляризованностью P диэлектрика называется:

- скалярная физическая величина, равная отношению электрического момента dp элемента диэлектрика к объему dV этого элемента $P = dp / dV$ [Кл/м²];
- векторная физическая величина, равная отношению электрического момента dp элемента диэлектрика к объему dV этого элемента $\vec{P} = dp / dV$ [Кл/м²];
- скалярная физическая величина, равная произведению электрического момента dp элемента диэлектрика на объем dV этого элемента $P = dp \times dV$ [Кл·м⁴];
- векторная физическая величина, равная произведению электрического момента dp элемента диэлектрика на объем dV этого элемента $\vec{P} = dp \times dV$ [Кл·м⁴].

6. К мгновенным видам поляризации относится:

- ионная;
- ионно-релаксационная;
- спонтанная;
- структурная.

7. К видам поляризации, происходящих без потерь энергии, относится:

- дипольно-релаксационная;
- электронно-релаксационная;
- резонансная;
- электронная.

8. Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ характеризует способность различных материалов поляризоваться в электрическом поле, и связана с зарядом Q_0 , который

присутствовал бы на электродах конденсатора, если бы их разделял вакуум, и зарядом Q_d , который обусловлен поляризацией диэлектрика, следующим соотношением:

$$- \varepsilon = \frac{Q_0 + Q_d}{Q_0};$$

$$- \varepsilon = \frac{Q_0 - Q_d}{Q_0};$$

$$- \varepsilon = \frac{Q_0}{Q_0 + Q_d};$$

$$- \varepsilon = \frac{Q_0}{Q_0 - Q_d}.$$

9. Электронная поляризация представляет собой:

- упругое смещение и деформацию электронных оболочек атомов и ионов, сопровождаемое потерями энергии;
- упругое смещение и деформацию электронных оболочек атомов и ионов без потери энергии;
- необратимое смещение избыточных электронов, возникающих за счет теплового возбуждения, под действием электрического поля;
- обратимое смещение избыточных электронов, возникающих за счет теплового возбуждения, под действием электрического поля.

10. Относительная диэлектрическая проницаемость ε диэлектриков с чисто электронной поляризацией связана с их коэффициентом преломления света n следующим соотношением:

- $\varepsilon \approx n$;
- $\varepsilon \approx 1/n$;
- $\varepsilon \approx n^2$;
- $\varepsilon \approx 1/n^2$.

11. Время установления электронной поляризации составляет:

- $10^{-6} - 10^{-10}$ с
- $10^{-8} - 10^{-11}$ с;
- 10^{-13} с;
- 10^{-15} с.

12. Относительная диэлектрическая проницаемость ε диэлектриков с чисто электронной поляризацией с ростом температуры в пределах одного агрегатного состояния вещества:

- монотонно возрастает;
- монотонно убывает;
- изменяется скачкообразно;
- имеет максимумы и минимумы.

13. Ионная поляризация представляет собой:

- упругое смещение связанных ионов на расстояния, меньше периода кристаллической решетки, происходящие без потери энергии;
- упругое смещение связанных ионов на расстояния, меньше периода кристаллической решетки, сопровождаемое потерями энергии;
- упругое смещение связанных ионов на расстояния, равное нескольким периодам кристаллической решетки, сопровождаемое потерями энергии;
- упругое смещение связанных ионов на расстояния, равное нескольким периодам кристаллической решетки, происходящие без потери энергии.

14. Время установления ионной поляризации составляет:

- 10^{-6} - 10^{-10} с
- 10^{-8} - 10^{-11} с;
- 10^{-13} с;
- 10^{-15} с.

15. Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ диэлектриков с чисто ионной поляризацией с ростом температуры в большинстве случаев:

- монотонно возрастает;
- монотонно убывает;
- изменяется скачкообразно;
- имеет максимумы и минимумы.

16. Дипольно-релаксационная поляризация представляет собой:

- полную ориентацию дипольных молекул под действием внутренних процессов в диэлектрике без внешних воздействий;
- частичную ориентацию дипольных молекул под действием внутренних процессов в диэлектрике без внешних воздействий;
- полную ориентацию дипольных молекул под действием электрического поля;
- частичную ориентацию дипольных молекул под действием электрического поля.

17. Время установления дипольно-релаксационной поляризации составляет:

- 10^{-6} - 10^{-10} с;
- 10^{-8} - 10^{-11} с;
- 10^{-13} с;
- 10^{-15} с.

18. Дипольно-релаксационная поляризация наблюдается в:

- газообразных диэлектриках;
- жидких неполярных диэлектриках;
- жидких полярных диэлектриках;
- твердых неполярных диэлектриках.

19. Дипольно-релаксационная поляризация наблюдается в твердых диэлектриках:

- полиэтилен $(C_2H_4)_n$;
- поливинилхлорид $(C_2H_3Cl)_n$;
- политетрафторэтилен $(C_2F_4)_n$;
- полистирол $(C_8H_8)_n$.

20. Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ диэлектриков с дипольно-релаксационной поляризацией с ростом температуры имеет следующий характер:

- монотонно возрастает;
- монотонно убывает;
- имеет максимум;
- имеет минимум.

21. Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ диэлектриков с дипольно-релаксационной поляризацией зависит от параметров окружающей среды:

- освещенность;
- влажность;
- давление;

- температура.

22. Потери энергии, сопровождающие дипольно-релаксационную поляризацию, обусловлены:

- кулоновским взаимодействием полярных молекул;
- хаотическим тепловым движением полярных молекул;
- силами молекулярного сопротивления повороту полярных молекул;
- взаимодействием магнитных моментов полярных молекул.

23. При дипольно-релаксационной поляризации при снятии электрического поля ориентация полярных молекул со временем ослабевает. Зависимость поляризованности диэлектрика описывается следующей формулой:

- $P(t) = P(0) \cdot \exp[-t / \tau]$;
- $P(t) = P(0) \cdot \exp[t / \tau]$;
- $P(t) = P(0) \cdot \ln[-t / \tau]$;
- $P(t) = P(0) \cdot \ln[t / \tau]$;

где t – время, прошедшее после снятия электрического поля; τ – время релаксации.

24. Электронно-релаксационная поляризация представляет собой:

- упругое смещение и деформацию электронных оболочек атомов и ионов, сопровождаемое потерями энергии;
- упругое смещение и деформацию электронных оболочек атомов и ионов без потери энергии;
- необратимое смещение избыточных электронов, возникающих за счет теплового возбуждения, под действием электрического поля без потери энергии;
- обратимое смещение избыточных электронов, возникающих за счет теплового возбуждения, под действием электрического поля, сопровождаемое потерями энергии.

25. Время установления электронно-релаксационной поляризации составляет:

- 10^{-6} - 10^{-10} с
- 10^{-8} - 10^{-11} с;
- 10^{-13} с;
- 10^{-15} с.

26. Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ диэлектриков с электронно-релаксационным механизмом поляризацией при увеличении температуры:

- монотонно возрастает;
- монотонно убывает;
- имеет максимум;
- имеет минимум.

27. Ионно-релаксационная поляризация представляет собой:

- упругое смещение связанных ионов на расстояния, меньше периода кристаллической решетки, происходящие без потери энергии;
- упругое смещение связанных ионов на расстояния, меньше периода кристаллической решетки, сопровождаемое потерями энергии;
- обратимое смещение слабосвязанных ионов на расстояния, равное нескольким периодам кристаллической решетки, сопровождаемое потерями энергии;
- обратимое смещение слабосвязанных ионов на расстояния, равное нескольким периодам кристаллической решетки, происходящие без потери энергии.

28. Время установления ионно-релаксационной поляризации составляет:

- 10^{-6} - 10^{-10} с

- $10^{-8} - 10^{-11}$ с;
- 10^{-13} с;
- 10^{-15} с.

29. Ионно-релаксационная поляризация наблюдается в:

- жидких неполярных диэлектриках;
- жидких полярных диэлектриках;
- твердых ионных диэлектриках с неплотной упаковкой;
- твердых линейных полимерах.

30. Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ диэлектриков с ионно-релаксационным механизмом поляризацией при увеличении температуры:

- монотонно возрастает;
- монотонно убывает;
- имеет максимум;
- имеет минимум.

31. Возникновение внутреннего электрического поля под действием внешнего у диэлектриков с миграционным механизмом поляризации обусловлено:

- упругим смещением связанных зарядов;
- упругим смещением свободных зарядов;
- наличием проводящих включений, а также наличием слоев с различной проводимостью;
- ориентацией электрических моментов дипольных молекул под действием внешнего электрического поля.

32. Спонтанная (самопроизвольная) поляризация представляет собой:

- ориентацию электрических моментов доменов из-за хаотического теплового движения;
- ориентацию электрических моментов доменов под действием внутренних процессов в диэлектрике без внешних воздействий;
- ориентацию электрических моментов дипольных молекул под действием внешнего электрического поля;
- ориентацию электрических моментов дипольных молекул под действием внешнего магнитного поля.

33. Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ диэлектриков со спонтанным (самопроизвольным) механизмом поляризацией может достигать значений:

- 10 - 50;
- 100 - 200;
- 500 - 9000;
- 10000 - 30000.

34. Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ диэлектриков со спонтанным (самопроизвольным) механизмом поляризацией при увеличении температуры:

- монотонно возрастает;
- монотонно убывает;
- имеет минимумы и максимумы;
- изменяется скачкообразно.

Тема: Пьезоэлектрики

1. К пьезоэлектрикам относят:

- диэлектрики, которые обладают сильно выраженным пьезоэлектрическим эффектом;

- диэлектрики, которые обладают слабо выраженным пьезоэлектрическим эффектом;
- диэлектрики, у которых изменяется спонтанная поляризация;
- диэлектрики, у которых изменяется спонтанная поляризация при большой напряженности электрического поля.

2. Прямым пьезоэлектрическим эффектом называют:

- явление поляризации диэлектрика под действием электрического поля;
- явление поляризации диэлектрика под действием низкой температуры;
- явление поляризации диэлектрика под действием механических напряжений;
- изменение линейных размеров диэлектрика под действием напряженности электрического поля.

3. Обратным пьезоэлектрическим эффектом называют:

- необратимое смещение зарядов под действием напряженности электрического поля;
- смещение электронной орбиты под действием напряженности электрического поля;
- изменение линейных размеров под действием температуры;
- изменение линейных размеров под действием напряженности электрического поля.

4. Зависимость обратного пьезоэлектрического эффекта описывается формулой:

- $\Delta l/l = \delta = Ed$;
- $\Delta l/l = \ln(\delta) = E/d$;
- $\Delta l/l = \delta = \exp(E/d)$;
- $\Delta l \cdot l = \delta = Ed$.

5. Продольным пьезоэлектрическим эффектом называют:

- такой эффект, когда возникновение диполей на противоположных гранях пластинки определяют в противоположном направлении, в котором были приложены механические усилия, а при обратном пьезоэлектрическом эффекте деформацию измеряют в направлении приложенного электрического поля;
- такой эффект, когда возникновение зарядов на противоположных гранях пластинки определяют в том же направлении, в котором были приложены механические усилия, а при обратном пьезоэлектрическом эффекте деформацию измеряют в направлении приложенного электрического поля;
- эффект, в котором возникающие диполи или деформации измеряют в направлении, перпендикулярном направлению механических усилий;
- такой эффект, когда возникновение заряда на гранях пластинки определяют в одном направлении, в котором были приложены механические усилия, а при обратном пьезоэлектрическом эффекте деформацию измеряют в противоположном направлении приложенного электрического поля.

6. Уравнения прямого и обратного пьезоэффектов в тензорной форме имеют следующий вид:

- $P_i = d_{ij} \cdot \sigma_j$, $\delta_j = d_{ij}/E_i$;
- $P_j = d_{ij} \cdot \sigma_j$, $\delta_i = d_{ij} \cdot E_i$;
- $P_i = d_{ij}/\sigma_j$, $\delta_j = d_{ij} \cdot E_i$;
- $P_i = d_{ij} \cdot \sigma_j$, $\delta_j = d_{ij} \cdot E_i$.

7. Поперечным пьезоэлектрическим эффектом называют:

- возникающие деформации, при нагревании пьезоэлемента выше точки Кюри;

- возникающие заряды или деформации измеряют в направлении, перпендикулярном направлению механических усилий или электрического поля;
- возникающие заряды, при нагревании пьезоэлемента чуть ниже точки Кюри;
- возникновение большой напряженности электрического поля при воздействии механических напряжений.

8. Пьезоэффект наблюдается лишь в веществах с:

- гомеополярной химической связью;
- молекулярной связью;
- гетерополярной связью;
- ковалентной связью.

9. Пьезоэлектриками могут быть только вещества с:

- низким удельным сопротивлением;
- в промежуточным сопротивлением между проводником и полупроводником;
- в промежуточным сопротивлением между полупроводником и диэлектриком;
- высоким удельным сопротивлением.

10. При какой температуре пропадают пьезоэлектрические свойства β -кварца:

- 550 °C;
- 680 °C;
- 573 °C;
- 236 °C.

11. Пластинки монокристаллического кварца, вырезанные вдоль какой оси не обладают пьезоэлектрическим эффектом:

- вырезанные перпендикулярно оптической оси Z;
- вырезанные перпендикулярно механической оси Y;
- вырезанные параллельно механической оси Y;
- вырезанные параллельно электрической оси X.

12. Преимуществами кварцевых резонаторов являются:

- высокая температурная стабильность;
- малый $\text{tg}\delta$ и высокая механическая добротность;
- высокий $\text{tg}\delta$ и малая механическая добротность;
- большое пробивное напряжение.

13. Основным материалом для изготовления пьезокерамических элементов являются твердые растворы:

- $(C_2F_4)_n$ (политетрафторэтилен);
- $PbZrO_3 - PbTiO_3$ (цирконат-титанат свинца);
- $Sr_xBa_{1-x}Nb_2O_7$ (ниобат бария-стронция));
- $(C_2H_4)_n$ полиэтилен.

14. В лучших кристаллах кварца механическая добротность может достигать:

- $10^9 - 10^{12}$;
- $10^7 - 10^9$;
- $10^6 - 10^7$;

- $10^4 - 10^5$.

15. Пластика монокристаллического кварца, вырезанные вдоль какой оси создает наибольший заряд:

- вырезанные параллельно электрической оси X;
- вырезанные перпендикулярно механической оси Y;
- вырезанные перпендикулярно электрической оси X;
- вырезанные перпендикулярно оптической оси Z/

Примеры экзаменационных вопросов

1. Адаптивные смарт-материалы и структуры.
2. Функции адаптивных смарт-материалов и структур: сенсорная, процессорная, исполнительная.
3. Применение адаптивных смарт-материалов и структур.
4. Поляризация диэлектриков. Спонтанная поляризация. Сегнетоэлектрики.
5. Доменная структура сегнетоэлектриков. Диэлектрический гистерезис.
6. Виды диэлектрической проницаемости сегнетоэлектриков.
7. Классификация сегнетоэлектриков. Механизм спонтанной поляризации.
8. Доменная структура сегнетоэлектриков. Антисегнетоэлектрики.
9. Применение сегнетоэлектриков. Виды сегнетокерамики.
10. Применение сегнетоэлектриков. Вариконды. Диэлектрические усилители.
11. Применение сегнетоэлектриков в качестве элементов памяти. Структура КМОП КНИ с сегнетоэлектрическим конденсатором. Структура FRAM ячейки с сегнетоэлектрическим конденсатором.
12. Применение сегнето- и антисегнетоэлектриков для модуляции и преобразования лазерного излучения. Электрооптический эффект.
13. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэффект. Продольный и поперечный пьезоэффект.
14. Применение пьезоэлектриков. Пьезотрансформаторы. Пьезоэлектрические материалы.
15. Пироэлектрики. Первичный и вторичный пироэффект. Применение пироэлектриков.
16. Электреты. Термоэлектреты. Фотоэлектреты. Материалы. Применение электретов. Способы получения электретов.
21. Магнитные материалы. Виды магнитных материалов. Намагниченность. Магнитная восприимчивость. Спин электрона. Обменное взаимодействие.
22. Классификация веществ по магнитным свойствам. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики.
23. Природа ферромагнетизма. Энергия обменного взаимодействия. Доменные структуры ферромагнетиков. Магнитная анизотропия.
24. Процессы при намагничивании ферромагнетиков. Магнитный гистерезис. Магнитная проницаемость ферромагнетиков. Эффект магнитострикции в ферромагнетиках.
25. Зависимость магнитных свойств ферромагнетиков от температуры. Ферромагнетики в переменных магнитных полях. Виды потерь.
26. Комплексная магнитная проницаемость. Высокочастотные потери в ферромагнетиках.
27. Поверхностный эффект в ферромагнетиках. Доменные структуры в тонких магнитных пленках.
28. Классификация магнитных материалов. Магнитомягкие материалы. НЧ магнитомягкие материалы. Низкокоэрцитивные магнитомягкие сплавы. Аморфные магнитные сплавы.
29. Высокочастотные магнитомягкие материалы. Ферриты. Виды ферритов. Механизм косвенного обменного взаимодействия.
30. Магнитодиэлектрики. Требования к магнитодиэлектрикам.

31. Магнитотвердые материалы. Параметры магнитотвёрдых материалов.
32. Природа намагниченного состояния. Классификация магнитотвёрдых материалов.
33. Магнитные материалы специального назначения.
34. Изделий микромагнитоэлектроники. Функциональные магнитоэлектронные устройства.
35. Преобразователи магнитного поля. Элементы Холла. Элементы Холла по технологии биполярных и МОП ИС.
36. Образцы элементов Холла. Применение элементов Холла. Частотные и ориентационные характеристики элементов Холла.
37. Магниторезисторы. Монолитные и пленочные магниторезисторы. Частотные и ориентационные характеристики магниторезисторов. Применение магниторезисторов.
38. Магнитодиоды. Кремниевые и германиевые магнитодиоды. Магнитодиоды с эффектом переключения и памяти. Применение магнитодиодов.
39. Материалы фотоники. Классификация и свойства оптических материалов. Строение и структура твердых оптических материалов.
40. Жидкие кристаллы. Нематики, смектики, холестерики. Термохромный эффект.
41. Электрооптические эффекты в нематических жидких кристаллах. Гомогенная и гомеотропная ориентация молекул. Характеристики нематических жидких кристаллов.
42. Конструкция электрооптической ячейки на жидких кристаллах. Динамическое рассеяние света в жидких кристаллах.
43. Полевой электрооптический эффект в ЖК. «Твист»-эффект. Цветные изображения, получаемые с помощью ЖК. TFT LCD панели.
44. Наночастицы и нанопорошки. Фуллерены и их производные, нанотрубки. Нанокпозиционные, нанопористые и функциональные материалы.
45. Технология производства наноприборов. Нанолитография, наноимпринтинг. Нанoeлектроника на нанотрубках. Молекулярная электроника.

Составил
доцент кафедры
микро- и наноэлектроники

В.Г. Мишустин

Зав. кафедрой МНЭЛ
д.ф.-м.н., доцент кафедры микро-
и наноэлектроники

В.Г. Литвинов