Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

Паспорт зачета

по дисциплине «Микродатчики», 5 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет состоит из 36 вопросов и задачи и формируется по следующему правилу:

- первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 0-18;
- второй вопрос из диапазона вопросов 19-36;
- третий вопрос – задача.

Таким образом, проверяются результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций.

На зачете преподаватель вправе задавать студенту уточняющие и дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет АВТФ

Билет № _____
к зачету по дисциплине «Микродатчики»

1. Диоды и транзисторы как термочувствительные элементы. Термопары.
2. Фотовольтаический эффект. Диоды и солнечные ячейки.
3. Задача.

Утверждаю: зав. кафедрой ____ _____ Д.И. Остертак
(подпись)
14.10.2026

2. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент проводит сравнительный комплексный анализ материала, выявляет проблемы, предлагает механизмы их решения, представляет количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры, не допускает ошибок и способен обосновать

выбор метода решения задачи. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Установленные в программе компетенции сформированы в полном объеме. Оценка составляет *от* 18 *до* 20 *баллов.*

Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, способен представить количественные и качественные характеристики процессов, не допускает существенных ошибок при решении задачи. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от* 14 *до* 17 *баллов.*

Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные. Совокупность результатов обучения по дисциплине (модулю) и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от* 10 *до* 13 *баллов.*

Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным** (ниже порогового уровня), если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки. Совокупность результатов обучения по дисциплине (модулю) и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Установленные в программе компетенции не сформированы. Оценка составляет *менее* 10 *баллов.*

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет от 10 до 20 баллов включительно. Сумма менее 10 баллов признается неудовлетворительным результатом промежуточной аттестации по дисциплине.

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, установленными в НГТУ.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Микродатчики»

1. Основные термины и определения микросистемной техники. Базовая блок-схема микросистемы.
2. Основные классы изделий микросистемной техники. Сенсоры, преобразователи, контроллеры, интерфейсы.
3. Общие принципы измерений механических величин. Классификация датчиков механических величин по видам и принципам действия.
4. Тензоры деформаций и механических напряжений. Матричные обозначения. Правила преобразования компонент. Закон Гука в матричных индексах.
5. Виды упругих элементов и их поведение под нагрузкой. Принцип Сен-Венана. Характер механических напряжений в упругих элементах.
6. Феноменологическое описание тензорезистивного эффекта в кремнии.
7. Топология и особенности тензорезистивных элементов, имеющих формы: «собачья кость», меандр, Греческий крест.
8. Ёмкостный принцип построения датчиков. Способы изменения ёмкости элементарной ячейки. Полумостовая ёмкостная измерительная схема Уитстона.
9. Принципы работы акселерометра. Тензорезистивный и ёмкостный акселерометр.

10. Физические основы микрофлюидики. Вязкость, закон Пуазейля. Ламинарный и турбулентный режимы течения жидкости и газа.
11. Принципы построения расходомеров. Активные и пассивные клапаны, их конструктивные особенности.
12. Принципы измерения температуры. Теплопроводность, закон Фурье. Электротепловая аналогия.
13. Конвективный теплообмен. Закон Ньютона и теория пограничного слоя. Критерии подобия.
14. Термоанемометры и датчики теплового потока, их принципы действия и конструктивная реализация.
15. Терморезисторы, их метрологические характеристики. Металлические и полупроводниковые терморезисторы.
16. Диоды и транзисторы, как термочувствительные элементы. Термисторы.
17. Эффекты Пельтье и Джоуля-Томсона, термодатчики на их основе.
18. Оптические эффекты и принципы измерений на их основе. Энергетический и фотометрический подходы к описанию излучения.
19. Виды и принципы работы оптических сенсоров прямого действия. Фоторезистивный эффект и приборы на его основе.
20. Фотовольтаический эффект. Фотодиоды и солнечные ячейки.
21. Пирометрический и болометрический эффекты. Пирометры, болометры, тепловизоры.
22. Эффект Зеебека. Термопары. Ячейки Голея, их принципы работы и конструктивные особенности.
23. Эффект Холла в металлах и полупроводниках.
24. Магниторезистивный эффект и конструкции на его основе.
25. Физические основы работы магнитодиодов и классических магнитотранзисторов.
26. Двухколлекторные магнитотранзисторы латерального и горизонтального типа. Полевые магнитотранзисторы.
27. Магнитометры, их назначение. Шкала магнитных полей. Феррозондовые и туннельные магнитометры.
28. Физические основы эффекта сверхпроводимости. Эффект Джозефсона. Сверхпроводящие магнитометры (СКВИДы).
29. Классификация химических сенсоров. Хеморезисторы, металлооксидные сенсоры, микрокалориметры.
30. Химические транзисторы (ADFET, ISFET, CHEMFET и другие), их конструктивные особенности и принцип действия.
31. Химические сенсоры непрямого действия, их конструкции и принципы работы.
32. Многомерные химические тензорезистивные pH/rH-метры, их конструкция и принцип действия.
33. Эффекты электрофореза и ПЦР. Химические микроаналитические системы, построенные на их основе.
34. БиоМЭМС-датчики: виды и принципы биологических измерений.
35. Сцинтилляционные счетчики на основе ФЭУ и КФУ. Счетчики Гейгера – Мюллера. Ионизационная камера.
36. Полупроводниковые и другие детекторы ядерных частиц.

Задачи для зачета:

1. Дана кремниевая мембрана прямоугольной формы, жёстко защемлённая с двух коротких торцевых сторон, размерами 250×150×25 мкм. К наибольшей поверхности мембраны, перпендикулярно к ней, приложено давление 100 кПа. При помощи пакета программ ANSYS построить распределение прогибов и механических напряжений и указать места наибольших механических напряжений.

2. Дана кремниевая мембрана прямоугольной формы, жёстко защемлённая с двух длинных торцевых сторон, размерами 500×150×40 мкм. К наибольшей поверхности мембраны, перпендикулярно к ней, приложено давление 120 кПа. При помощи пакета программ ANSYS построить распределение прогибов и механических напряжений и указать места наибольших механических напряжений.

3. Дана кремниевая мембрана прямоугольной формы, жёстко защемлённая с двух прилежащих друг к другу сторон, размерами 300×125×30 мкм. К наибольшей поверхности мембраны, перпендикулярно к ней, приложено давление 110 кПа. При помощи пакета программ ANSYS построить распределение прогибов и механических напряжений и указать места наибольших механических напряжений.

4. Дана кремниевая мембрана прямоугольной формы, жёстко защемлённая с двух прилежащих друг к другу сторон, размерами 600×220×40 мкм. К наибольшей поверхности мембраны, перпендикулярно к ней, приложено давление 120 кПа. При помощи пакета программ построить распределение прогибов и механических напряжений и указать места наибольших механических напряжений.

5. Дана кремниевая мембрана прямоугольной формы, размерами 250×150×25 мкм. На одной из её коротких торцевых сторон поддерживается температура 0ºС, на одну из наибольших поверхностей падает тепловой поток плотностью 0.1 Вт/см^2. На всех прочих гранях задан коэффициент конвекции 25 Вт/м^2·К. При помощи пакета программ ANSYS построить распределение температур и тепловых потоков в мембране.

6. Дана кремниевая мембрана прямоугольной формы, размерами 300×100×25 мкм. На её коротких торцевых сторонах поддерживается температура 0ºС, на одну из наибольших поверхностей падает тепловой поток плотностью 0.1 Вт/см^2. На всех прочих гранях задан коэффициент конвекции 25 Вт/м^2·К. При помощи пакета программ ANSYS построить распределение температур и тепловых потоков в мембране.

7. Дана кремниевая квадратная мембрана, жёстко защемлённая со всех сторон, с шириной 200 мкм, толщиной 20 мкм. Давление приложено по перпендикуляру к наибольшей поверхности мембраны. При помощи пакета программ ANSYS оценить максимальное давление, при котором максимальная деформация не превышает $2\cdot10^{-3}$ относительных единиц.

8. Дана кремниевая мембрана прямоугольной формы, жёстко защемлённая с двух длинных торцевых сторон, размерами 450×120×35 мкм. К наибольшей поверхности мембраны, перпендикулярно к ней, приложено давление. При помощи пакета программ ANSYS оценить максимальное давление, при котором максимальная деформация не превышает $2\cdot10^{-3}$ относительных единиц.

9. Дана кремниевая мембрана прямоугольной формы, жёстко защемлённая с двух прилежащих друг к другу сторон, размерами 320×125×30 мкм. К наибольшей поверхности мембраны, перпендикулярно к ней, приложено давление. При помощи пакета программ ANSYS оценить максимальное давление, при котором максимальная деформация не превышает $2\cdot10^{-3}$ относительных единиц.

10. Дана кремниевая мембрана прямоугольной формы, жёстко защемлённая с двух прилежащих друг к другу сторон, размерами 450×120×25 мкм. К наибольшей поверхности мембраны, перпендикулярно к ней, приложено давление. При помощи пакета программ ANSYS оценить максимальное давление, при котором максимальная деформация не превышает $2 \cdot 10^{-3}$ относительных единиц.

11. Дана кремниевая мембрана прямоугольной формы, размерами 250×150×25 мкм. На одной из её коротких торцевых сторон поддерживается температура 0ºС, на одну из наибольших поверхностей падает тепловой поток, выраженный в Ваттах. На всех прочих гранях задан коэффициент конвекции 25 Вт/м^2·К. При помощи пакета программ ANSYS оценить максимальное значение теплового потока, чтобы максимальная температура мембраны не превысила 50 ºС.

12. Дана кремниевая мембрана прямоугольной формы, размерами 300×100×25 мкм. На её коротких торцевых сторонах поддерживается температура 0ºС, на одну из наибольших поверхностей падает тепловой поток с плотностью, выраженной в Вт/м^2. На всех прочих гранях задан коэффициент конвекции 25 Вт/м^2·К. При помощи пакета программ ANSYS оценить максимальную плотность теплового потока, чтобы максимальная температура мембраны не превысила 50ºС.

13. Дана кремниевая мембрана прямоугольной формы, размерами 250×150×25 мкм. На одной из её коротких торцевых сторон поддерживается температура 0ºС, на прилежащую к ней торцевую поверхность падает тепловой поток, выраженный в Ваттах. На всех прочих гранях задан коэффициент конвекции 25 Вт/м^2·К. При помощи пакета программ ANSYS оценить максимальное значение теплового потока, чтобы максимальная температура мембраны не превысила 50 ºС.

14. Дана кремниевая мембрана прямоугольной формы, размерами 300×100×25 мкм. На её коротких торцевых сторонах поддерживается температура 0ºС, на противоположную к ней торцевую поверхность падает тепловой поток с плотностью, выраженной в Вт/м^2. На всех прочих гранях задан коэффициент конвекции 25 Вт/м^2·К. При помощи пакета программ ANSYS оценить максимальную плотность теплового потока, чтобы максимальная температура мембраны не превысила 50ºС.