

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
СПб ГУТ)))

ВСЕПРОНИКАЮЩИЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ

Лекция 2

Датчики. Классификация. Характеристики. Принципы работы

Выборнова Анастасия Игоревна

План занятия

- Датчики. Определения.
- Классификация датчиков.

- Термодатчики.
- Акселерометры.
- Датчики на основе гироскопа.
- Другие типы датчиков.

- Характеристики датчиков.

План занятия

- Датчики. Определения.
- Классификация датчиков.

- Термодатчики.
- Акселерометры.
- Датчики на основе гироскопа.
- Другие типы датчиков.

- Характеристики датчиков.

Определение

- **Первичный измерительный преобразователь (sensor)** — устройство, используемое при измерении,
 - которое обеспечивает на выходе величину, находящуюся в определенном соотношении с входной величиной,
 - и на которое непосредственно воздействует явление, физический объект или вещество, являющееся носителем величины, подлежащей измерению (ГОСТ Р 8.673-2009).

Определение

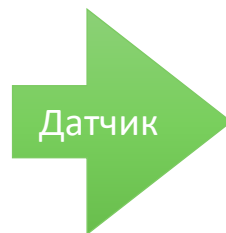
- **Датчик** — конструктивно обособленное устройство, содержащее один или несколько первичных измерительных преобразователей (ГОСТ Р 8.673-2009).
- **Датчик** — средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем (ГОСТ Р 51086-97).

Определение

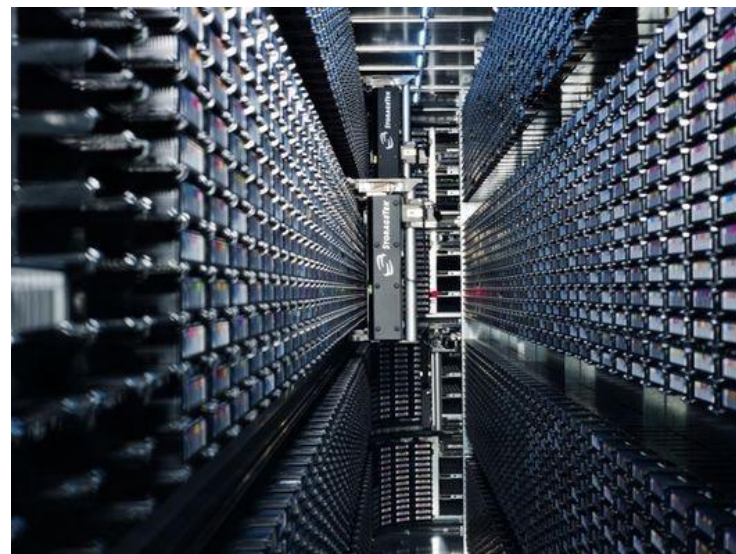
- Слово «**сенсор**» в настоящий момент в русском языке используется как синоним слова «датчик».

Сенсоры

Окружающий мир



Вычислительные системы



План занятия

- Датчики. Определения.
- Классификация датчиков.

- Термодатчики.
- Акселерометры.
- Датчики на основе гироскопа.
- Другие типы датчиков.

- Характеристики датчиков.

Классификация

Существует множество систем классификации датчиков.

По типу выходного сигнала:

- Электрические.
- Неэлектрические.

По представлению выходного сигнала:

- Аналоговые.
- Цифровые.

Классификация

По необходимости электропитания:

- Активные

(необходим внешний источник энергии).

- Параметрические (входной сигнал изменяет какой-либо параметр внешнего электрического сигнала).

- Пассивные

(не нуждаются во внешнем источнике энергии, энергия входного воздействия преобразуется в выходной сигнал).

Классификация

По структуре:

- Датчики прямого действия
(внешнее воздействие -> электрический сигнал).
- Составные датчики
(внешнее воздействие -> другие виды энергии -> электрический сигнал).

По точке отсчета:

- Абсолютные.
- Относительные (измеряют разницу было-стало).

Классификация

По измеряемой величине:

- Температурные.
- Датчики давления.
- Датчики влажности.

- Датчики расхода.
- Датчики уровня.
- Датчики количества.

- Датчики положения.
- Датчики ускорения.

Классификация

По измеряемой величине (продолжение):

- Магнитные.
- Электрические.
 - Фотодатчики.
- Звуковые.

- Радиоактивности.
- Содержания химических веществ.

- Времени.
- И другие.

Классификация

По принципу работы (используемому физическому принципу):

- Изменение электрических характеристик (сопротивление, активное и реактивное) при изменении внешней среды.
- Детектирование электромагнитных волн различной частоты.
- Химические реакции.
- И т.д.

План занятия

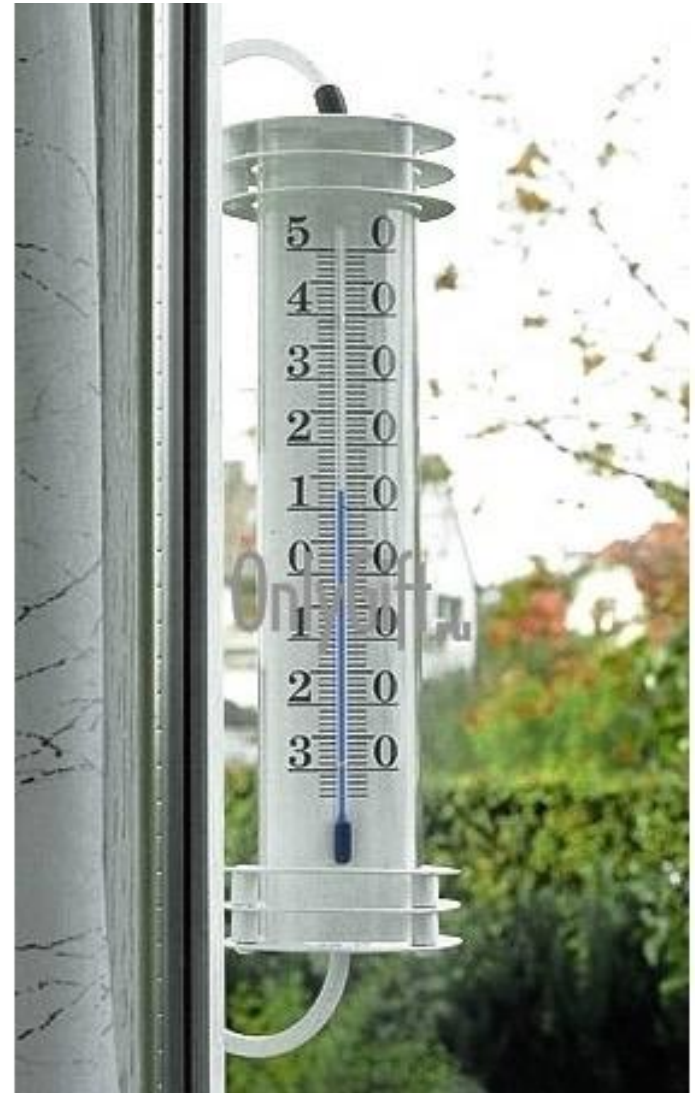
- Датчики. Определения.
- Классификация датчиков.

- **Термодатчики.**
- Акселерометры.
- Датчики на основе гироскопа.
- Другие типы датчиков.

- Характеристики датчиков.

Датчики температуры

Измеритель температуры?



Датчики температуры

Для «визуальных» датчиков температуры часто используется свойство веществ увеличиваться в объеме при увеличении температуры.

Но это свойство сложно использовать для получения электрического сигнала:



Датчики температуры

Датчики температуры могут использовать несколько физических явлений:

- Изменение сопротивления вещества при изменении температуры (терморезисторы).
- Эффект Зеебека (термопары).
- Измерение инфракрасного излучения (пирометры).
- Кварцевые преобразователи.
- И другие.

Датчики температуры: терморезисторы

Сопротивление материалов в зависимости от температуры:

$$R=R_0 \cdot (1+a \cdot (t-t_0))$$

R_0 — удельное сопротивление при температуре t_0 .

a — функция зависимости сопротивления от температуры.

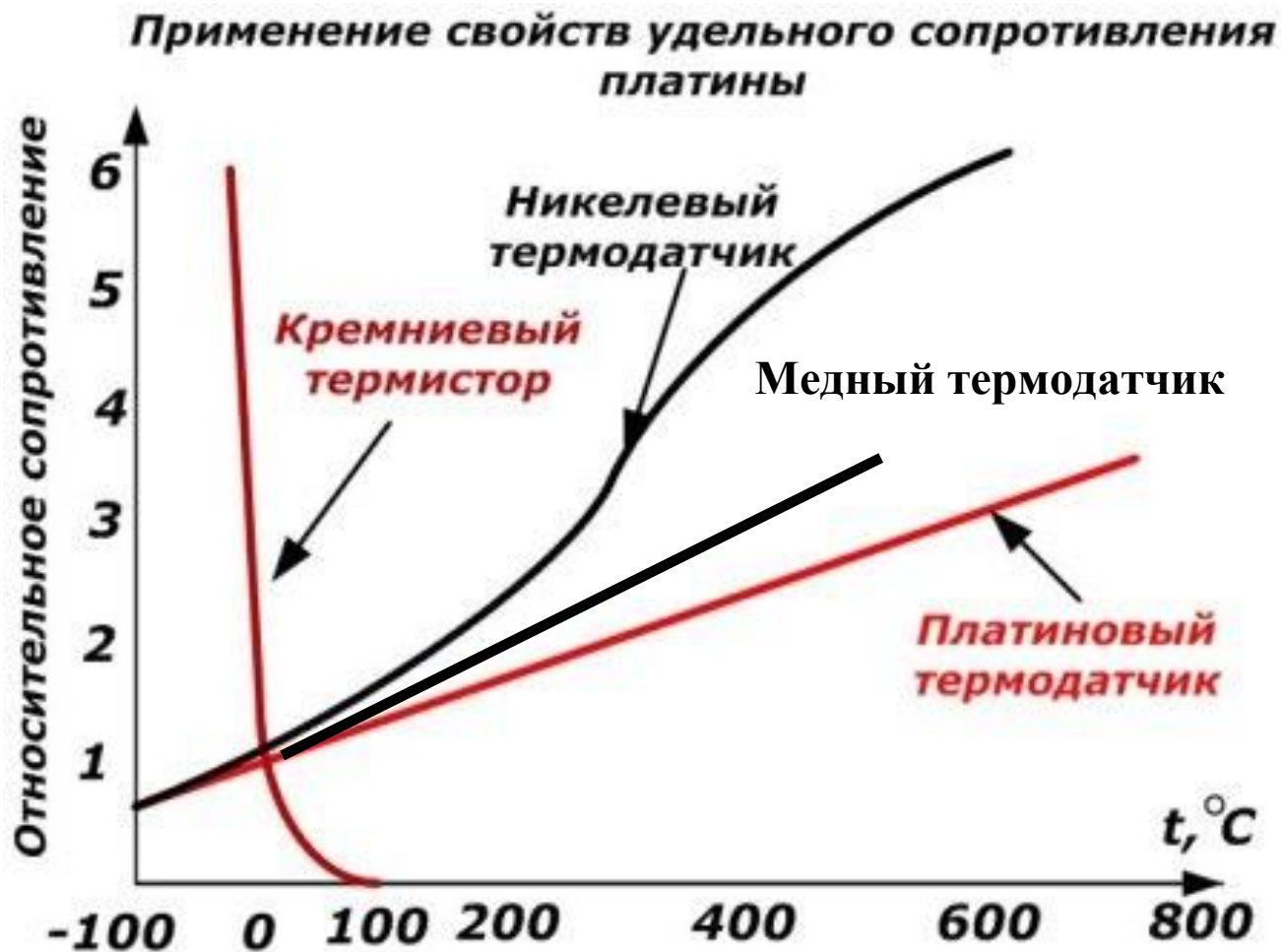
Для некоторых веществ в ограниченных диапазонах температур можно считать, что $a=\text{const}$ (температурный коэффициент).

Датчики температуры: терморезисторы

Какое вещество выбрать:

- Вещество не должно изменять агрегатное состояние и вступать в реакции с окружающей средой в рабочем диапазоне температур
- Вещество не должно иметь слишком большое сопротивление в рабочем диапазоне температур
- Функция $a(t)$ по возможности должна быть линейна.
- Металлы
- Полупроводники

Датчики температуры: терморезисторы



Датчики температуры: терморезисторы

Металлы:

- Платина
 - цена
- Медь
 - коррозия при больших температурах
- Никель

Полупроводниковые (темисторы):

- Кремниевые
- Металл-оксидные

Датчики температуры: термопары

Эффект Зеебека (термоэлектрический эффект) — возникновение ЭДС в электрической цепи, состоящей из последовательно соединенных разнородных проводников или полупроводников, контакты между которыми находятся при разной температуре.

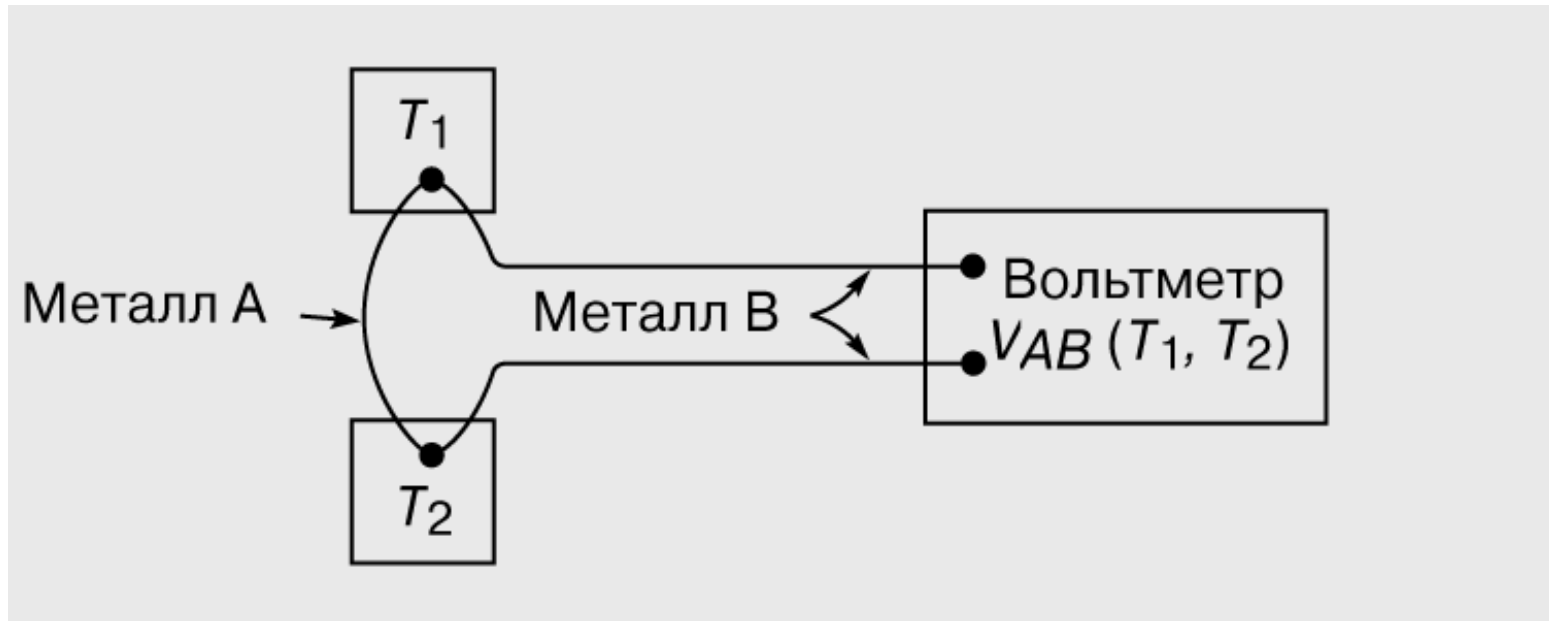
Причины:

- Объемная ЭДС: чем выше температура, тем больше энергия электронов (в полупроводниках — выше концентрация электронов проводимости) -> поток электронов от горячей части к холодной.

Датчики температуры: термопары

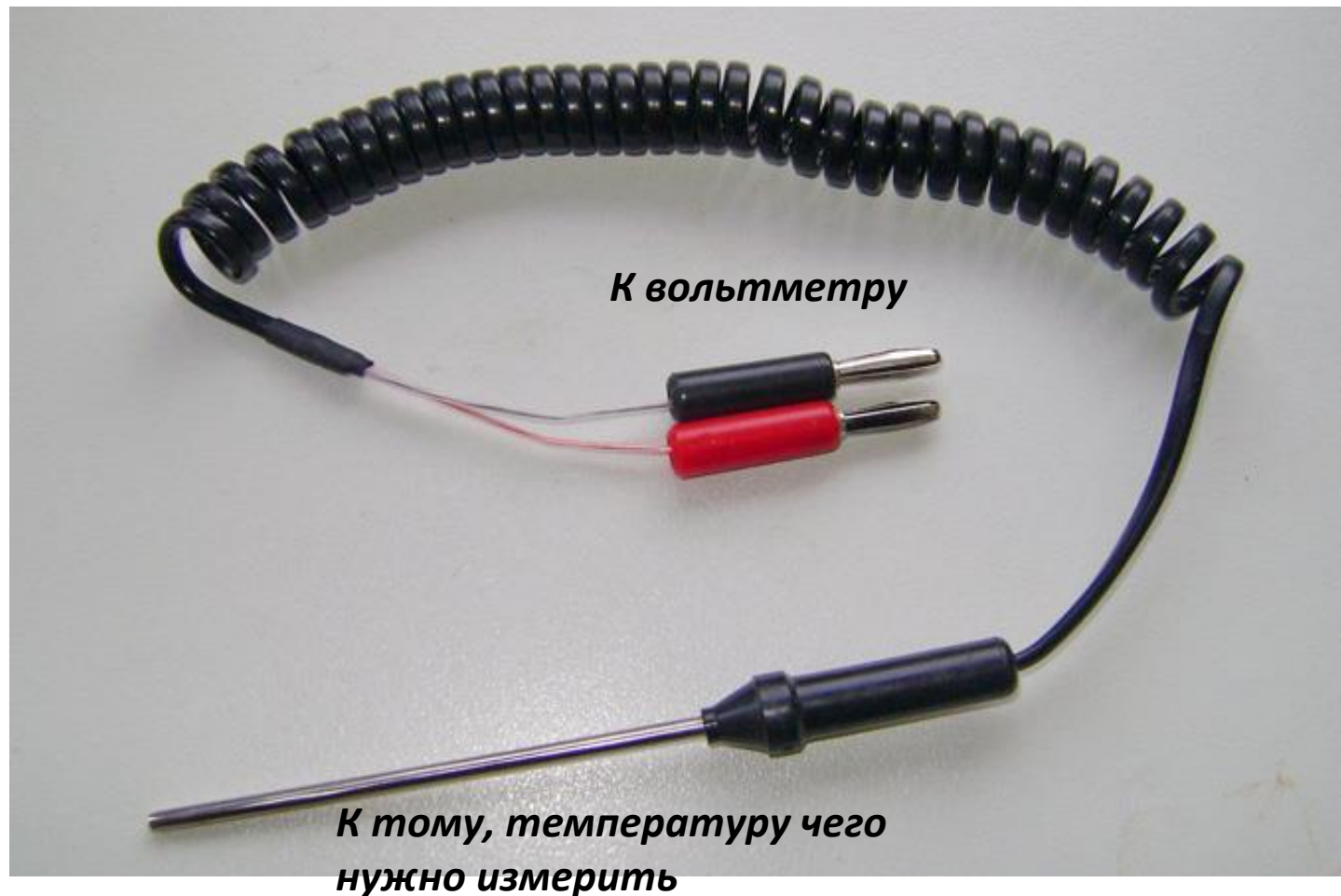
- Контактная ЭДС: температура \rightarrow энергия Ферми \rightarrow разность потенциалов.
 - Если температура контактов равна, то эти разности потенциалов равны, но разнонаправлены, поэтому ЭДС не возникает.
 - Если части имеют два контакта и температура их различна, то различны и энергии Ферми, и разности потенциалов, и электрические поля \rightarrow ЭДС.
- Фононое увлечение: усиление объемной ЭДС за счет колебания атомов кристалла.

Датчики температуры: термопары



- T_1 — известна;
- V_{AB} — измеряется;
- T_2 — рассчитывается.

Датчики температуры: термопары



Датчики температуры: термопары

- Выбор металлов или полупроводников — зависит от предполагаемого рабочего диапазона (до 1000 градусов — неблагородные металлы, выше — платина, еще выше — сплавы на основе тугоплавких металлов).
- Термопара измеряет относительную температуру (T_1 относительно T_2).

Датчики температуры: пирометры

Тепло — ощущение, возникающее при восприятии теплового излучения (электромагнитных волн инфракрасного диапазона).

Пирометр — прибор для определения температуры тел за счет анализа мощности и частоты (спектра) поступающих от них электромагнитных волн.

Предназначен для измерения температуры на расстоянии.

Датчики температуры: пирометры



Тепловизоры



План занятия

- Датчики. Определения.
- Классификация датчиков.

- Термодатчики.
- Акселерометры.
- Датчики на основе гироскопа.
- Другие типы датчиков.

- Характеристики датчиков.

Акселерометры

Ускорение — быстрота изменения скорости объекта.

Кажущееся ускорение — разность между истинным ускорением тела и гравитационным ускорением.

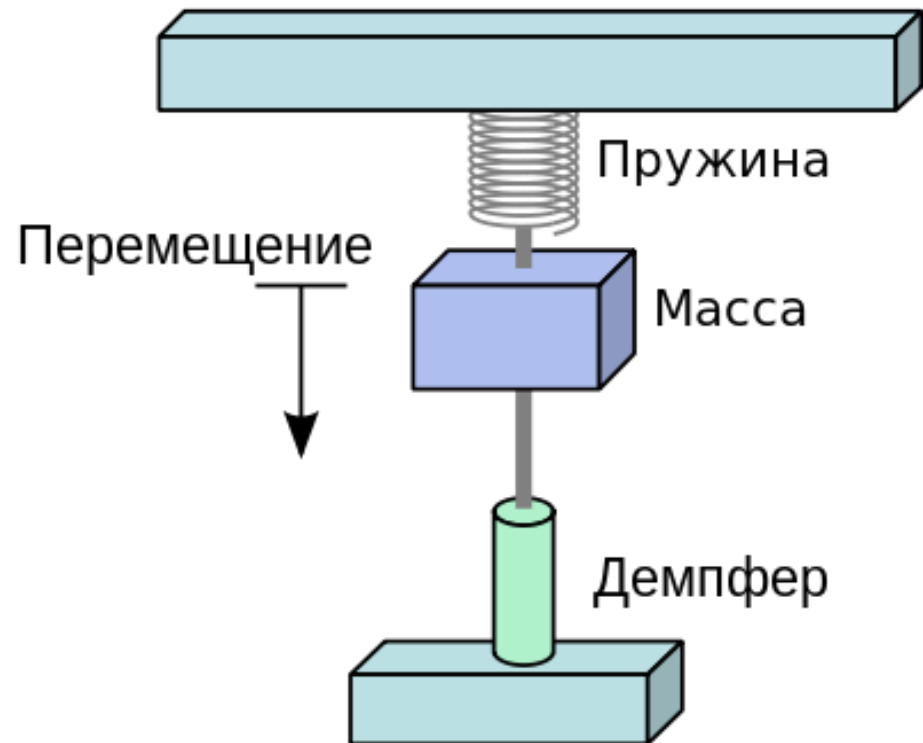
$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

Акселерометр — датчик, предназначенный для определения кажущегося ускорения объекта.

Акселерометры

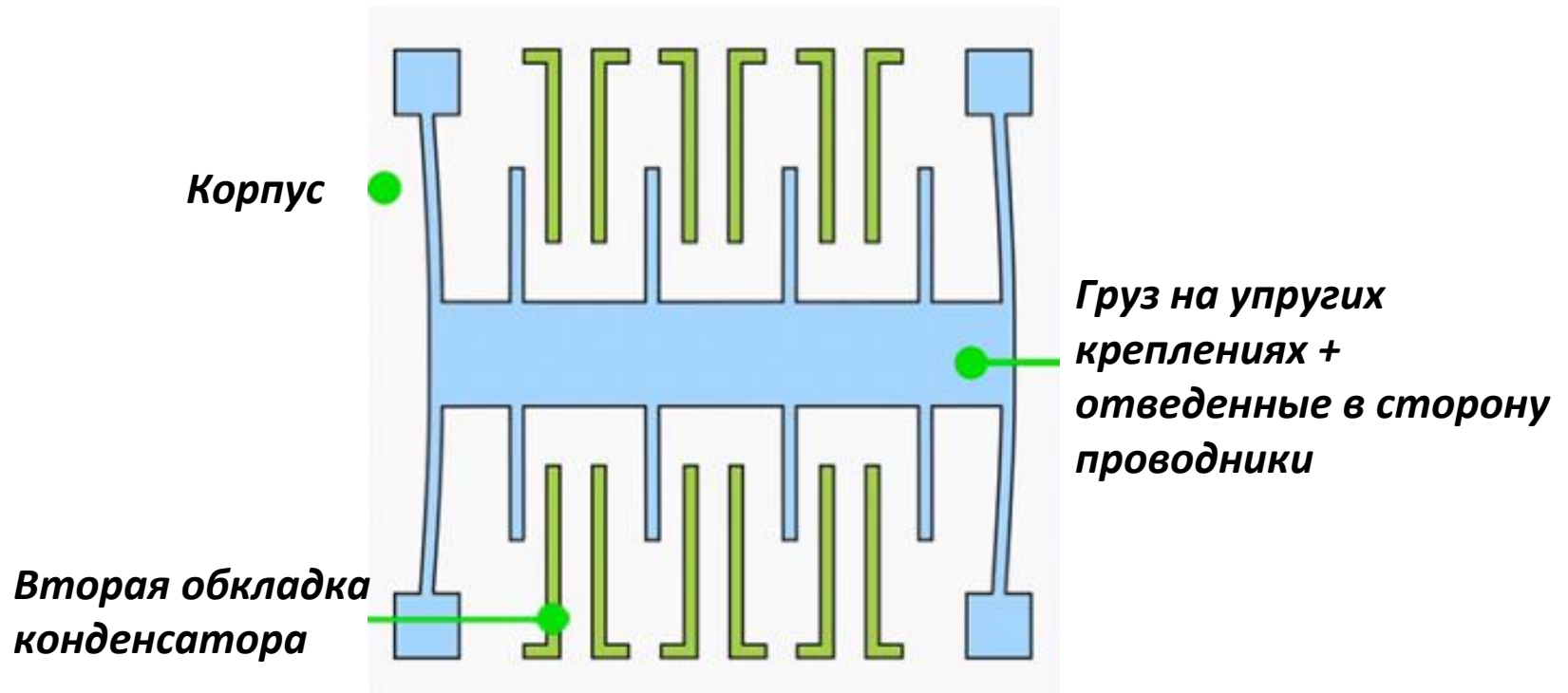
Простейший механический акселерометр:

При движении массы с ускорением вверх или вниз пружина сжимается или растягивается. По степени деформации пружины оценивается ускорение.



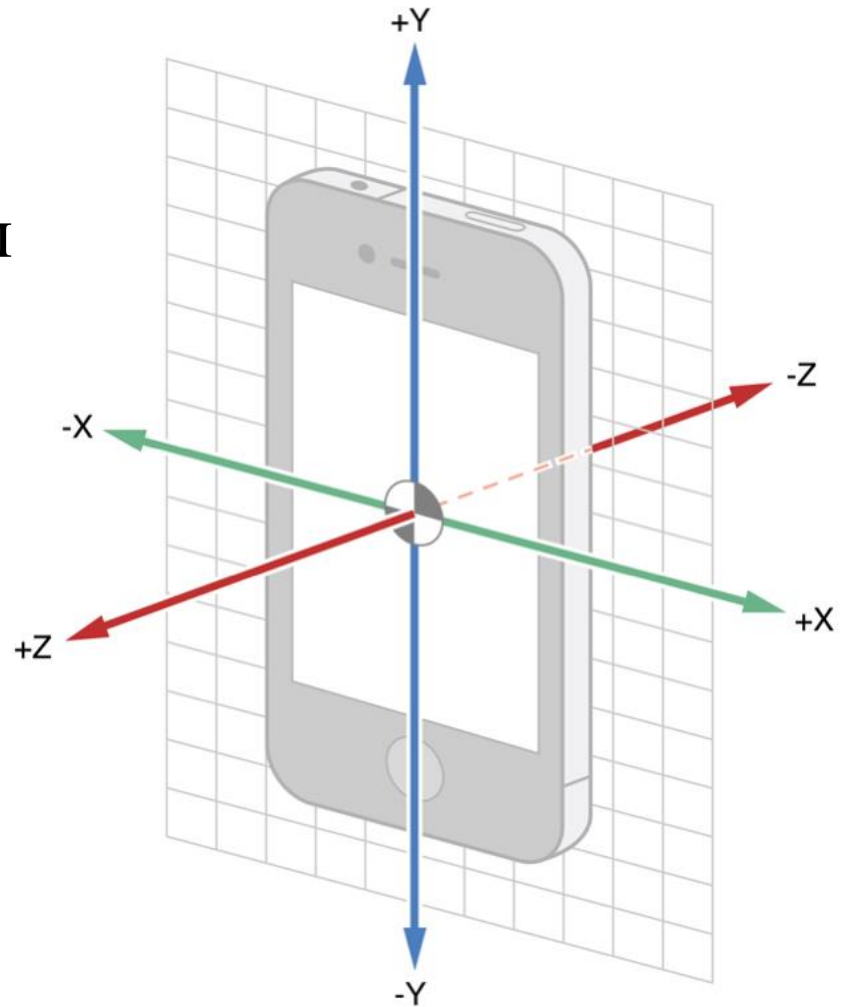
Акселерометры

Акселерометр, определяющий отклонение груза по изменению емкости конденсатора:

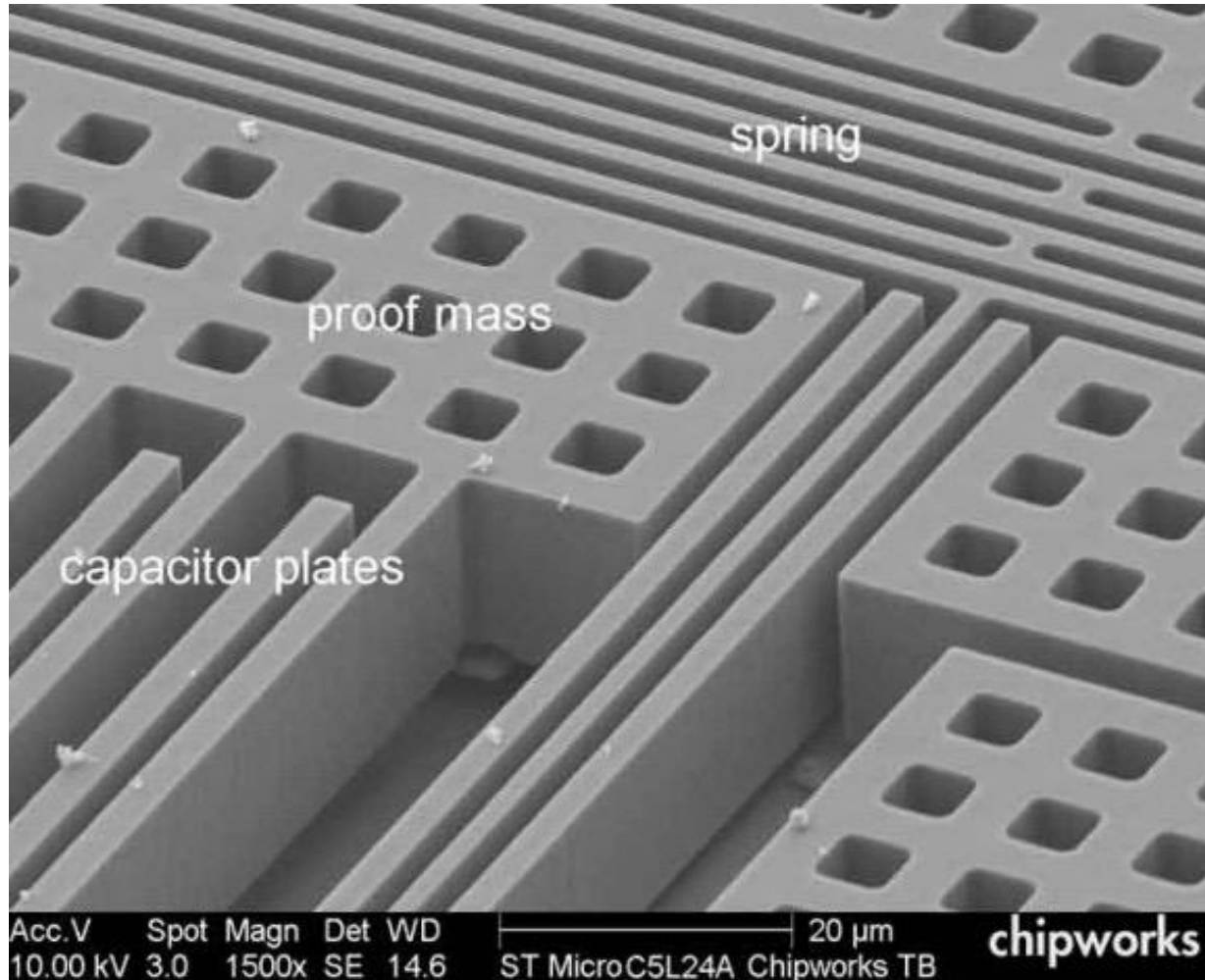


Акселерометры

Три акселерометра, ориентированные по трем взаимно перпендикулярным осям, могут отслеживать поворот объекта в любом направлении.



Акселерометры



План занятия

- Датчики. Определения.
- Классификация датчиков.

- Термодатчики.
- Акселерометры.
- Датчики на основе гироскопа.
- Другие типы датчиков.

- Характеристики датчиков.

Датчики на основе гироскопа

Угловая скорость — векторная величина, характеризующая скорость вращения материальной точки вокруг центра вращения.

Гироскоп — устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации объекта, на котором оно установлено.

Гироскоп позволяет определить угловые скорости объекта относительно одной или нескольких осей.

Датчики на основе гироскопа

Механический гироскоп — массивный диск, вращающийся вокруг закрепленной в объекте оси.

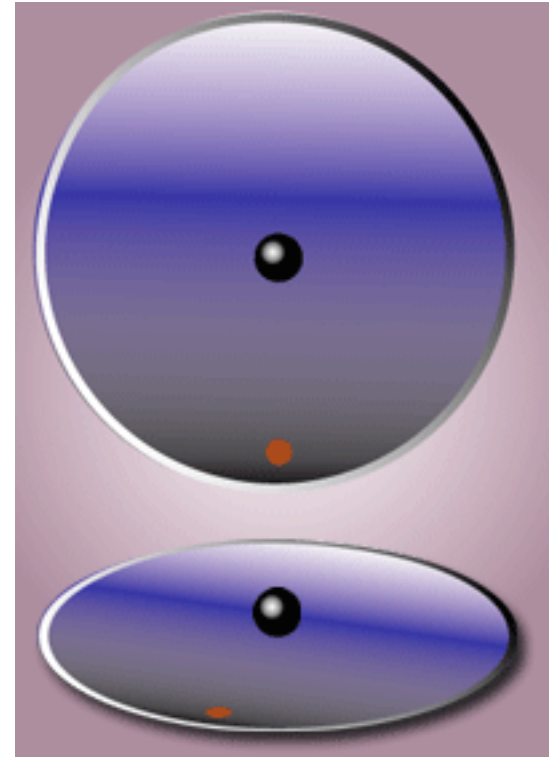
Корпус объекта поворачивается, однако ось вращения сохраняет положение в пространстве и устойчива к внешним воздействиям.



Датчики на основе гироскопа

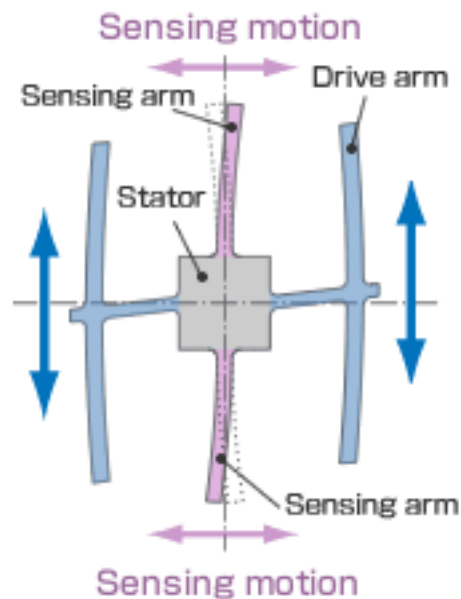
В основе поведения гироскопа — **сила Кориолиса.**

Сила Кориолиса — инерциальная сила, которая приводит к «закручиванию» траектории движения объекта по другому, вращающемуся вокруг своей оси, объекту:

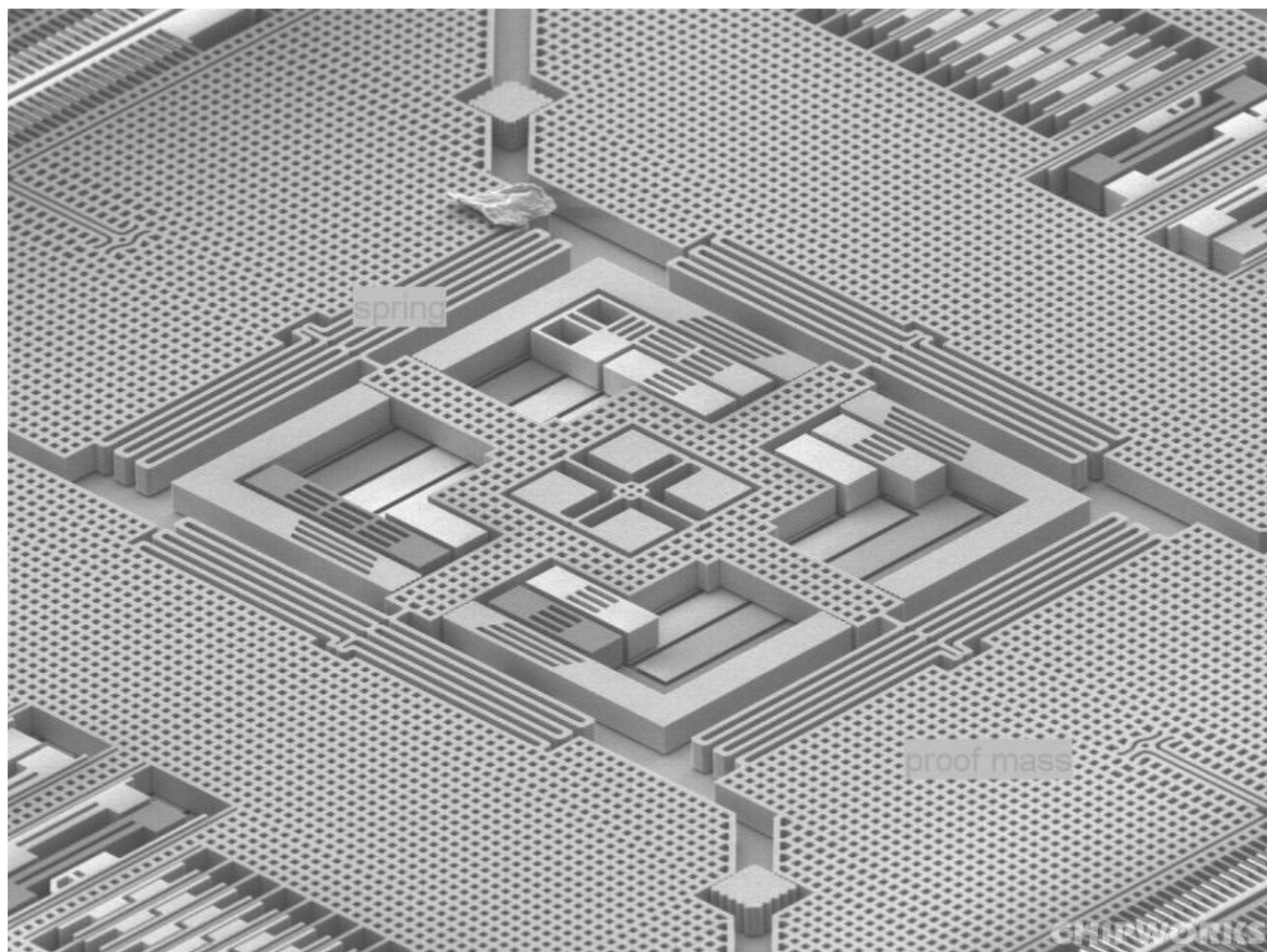


Датчики на основе гироскопа

Компактный вариант гироскопа — вибрационный гироскоп:



Датчики на основе гироскопа



План занятия

- Датчики. Определения.
- Классификация датчиков.

- Термодатчики.
- Акселерометры.
- Датчики на основе гироскопа.
- **Другие типы датчиков.**

- Характеристики датчиков.

Общие принципы

Современные микрофоны также работают по принципу фиксации изменений емкости конденсатора, образованного неподвижной частью, зафиксированной на корпусе, и подвижной — мембраной, которая прогибается под действием звуковых волн.



Другие виды датчиков

- **Фотодатчики** — фотоэлементы, преобразующие свет (электромагнитное излучение) в электрическую энергию при помощи эффекта фотоэмиссии (испускания электронов веществом под действием света) или других эффектов.
- **Датчики радиоактивности** — счетчик Гейгера (трубка-конденсатор, заполненная газом; при прохождении частицы происходит лавинообразная ионизация и разряд конденсатора) и др.

Другие виды датчиков

- **Датчики влажности** — зависимость сопротивления от влажности.
- **Барометр** — деформация контейнера, в котором создан вакуум, измерение уровня жидкости.
- **Химические датчики** — оптические (разные вещества поглощают свет разной длины волны), реакция с веществами-индикаторами.
- **Пульсометр** — фиксирует электрические сигналы от сердца (по аналогии с ЭКГ).

План занятия

- Датчики. Определения.
- Классификация датчиков.

- Термодатчики.
- Акселерометры.
- Датчики на основе гироскопа.
- Другие типы датчиков.

- Характеристики датчиков.

Характеристики датчиков

- **Размеры**
- **Вес**
- **Энергопотребление (для активных датчиков)**

Характеристики датчиков

- **Диапазон входных значений** — диапазон внешних воздействий, которые датчик может воспринять и преобразовать, не выходя за пределы допустимых погрешностей.
- **Диапазон выходных значений** — алгебраическая разность между электрическими выходными сигналами, измеренными при максимальной и минимальной величине внешнего воздействия.

Характеристики датчиков

- **Погрешность** — величина максимального расхождения между показаниями реального и идеального датчиков. Погрешность датчика можно также представить в виде разности между значением входного сигнала, вычисленным по выходному сигналу датчика, и реальным значением поданного сигнала.
- **Чувствительность, разрешающая способность** — величина минимального изменения входного сигнала, приводящая к появлению минимального изменения выходного сигнала датчика.

Характеристики датчиков

- **Воспроизводимость** — способность датчика при соблюдении одинаковых условий выдавать идентичные результаты. Воспроизводимость результатов определяется по максимальной разности выходных значений датчика, полученных в двух циклах калибровки.
- **Гистерезис** — разность значений выходного сигнала для одного и того же входного сигнала, полученных при его возрастании и убывании (трение, структурные особенности или изменения материалов).

Характеристики датчиков

- **Передаточная функция** — теоретическая функция, связывающая входной и выходной сигналы (может быть линейной или нелинейной).