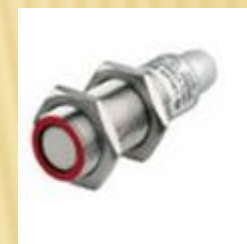


ДАТЧИКИ



ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ



ДАТЧИКИ

Источником анализируемых ИИС сигналов являются датчики – первичные измерительные преобразователи.

Физические принципы работы датчиков

- **Эффект Холла** – возникновение в твердотельном проводнике с током, помещенном в магнитное поле, электрического поля в направлении, перпендикулярном направлению тока и магнитного поля. Возникающая разность потенциалов – напряжение Холла (U_X) – зависит от величины и направления приложенного магнитного поля и электрического тока:
$$U_X = h_X \cdot I \cdot B \cdot \sin \alpha$$

Физические принципы работы датчиков

Большинство датчиков Холла изготавливают из **кремния**.

Поскольку кремний обладает тензорезистивными свойствами, датчики, реализованные на его основе, реагируют на механические напряжения, поэтому необходимо минимизировать нагрузки на корпус датчика и подводящие провода. Кроме того, датчики Холла являются чувствительными к температуре – ее колебания приводят к изменению сопротивления чувствительных элементов.

Физические принципы работы датчиков

- ***Термоэлектричество.***

1. Эффект Зеебека – возникновение ЭДС в электрической цепи, состоящей из последовательно соединенных разнородных проводников, контакты между которыми находятся при разной температуре.

Применяется в таких популярных датчиках температуры как термопары, а также в термоэлементах для детектирования тепловых излучений.

Физические принципы работы датчиков

2. *Эффект Пельтье* – выделение или поглощение теплоты при прохождении электрического тока через контакт двух различных проводников. Это явление характерно как для случая, когда ток поступает от внешних источников, так и в случае, когда он индуцируется от термопары вследствие эффекта Зеебека.

Тепло Пельтье, в отличие от Джоулева тепла, линейно зависит от силы тока.

Физические принципы работы датчиков

В местах соединения двух и более различных металлов, имеющих разную температуру, всегда возникает термоэлектрический ток, об этом необходимо помнить при разработке устройств и схем.

3. Эффект Томсона – поглощение или высвобождение тепла в проводнике при протекании электрического тока. Является примерно обратным эффекту Зеебека.

Физические принципы работы датчиков

Световое излучение – очень эффективная форма энергии, по изменению которой можно судить о многих внешних воздействиях - расстоянии, движении, температуре, химическом составе и т. д.

В разных диапазонах спектра используются различные свойства света. Свет может преломляться, отражаться, поглощаться, интерферировать, поляризоваться, распространяться.

Физические принципы работы датчиков

При разработке методов и систем управления светом в датчиках задача разработчиков заключается в том, чтобы определить количественное изменение параметров, характеризующих свет, и соотнести это изменение с величиной внешних воздействий. Коэффициенты отражения, ослабления и пропускания, коэффициент преломления, характеристики пропускания света различными средами, спектральный диапазон излучений и многие другие характеристики как источника излучения, так и сред, взаимодействующих со световым потоком или лучом, необходимо учитывать при разработке соответствующих устройств.

Физические принципы работы датчиков

- ***Звуковые волны*** – периодические расширения и сжатия среды – продольные механические волны.

Детектирование инфразвуковых волн применяется при исследовании строительных конструкций, предсказании землетрясений, изучении других объектов, обладающих большими геометрическими размерами.

Скорость звука в среде зависит от упругости, температуры и инерционных свойств среды, что положено в основу работы, например, бесконтактных акустических термометров.

Физические принципы работы датчиков

- **Электрические заряды, поля, потенциалы, емкость** также используются в работе датчиков, предназначенных для измерения различных величин.

Так, конденсатор часто используется в составе датчиков расстояния, давления, силы, объема, площади и т.д. Используется формула

$$C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d}$$

где S/d – геометрический фактор плоского конденсатора с параллельными пластинами

Физические принципы работы датчиков

Для цилиндрического конденсатора

$$C = \frac{2\pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot L}{\ln\left(\frac{b}{a}\right)}$$

Если внутренний цилиндр может двигаться относительно внешнего, то на основании такой конструкции можно реализовать датчик перемещений по линейной зависимости **C** от **L**

Физические принципы работы датчиков

Диэлектрическая проницаемость

У некоторых материалов наблюдается зависимость величины диэлектрической проницаемости от температуры, либо частоты. Например, для воды ϵ уменьшается с ростом температуры от 85 при 0 °С до 65 при 100 °С.

Т.о., если какая либо характеристика конденсатора зависит от внешнего воздействия, на основе этой зависимости можно построить датчик

Физические принципы работы датчиков

- **Магнетизм**

На основе магнитных явлений реализуют большое число датчиков. На основе постоянных магнитов строятся датчики движения, перемещения, положения и др.

Используется также явление электромагнитной индукции и формула

$$E_i = -N \frac{d(BS)}{dt}$$

Физические принципы работы датчиков

Из этого следует, что величина ЭДС индукции зависит от

- Движения источника магнитного поля;
- Изменения тока в катушке;
- Изменения ориентации контура в поле;
- Изменения геометрии контура

На этих зависимостях можно построить датчики для измерения различных величин.

Материалы *Кремний*

- Кремний (Si) – второй в количественном отношении материал на Земле (весовая концентрация в земной коре 25,7%).

Si является относительно инертным веществом – вступает в реакцию только с галогенами и растворами щелочей. Большинство кислот, кроме фтористоводородной, не оказывают никакого влияния на кремний.

Si пропускает ИК-излучение, поэтому используется для изготовления окошек в ИК-датчиках.

Материалы *Кремний*

Si является недорогим материалом, технология его производства позволяет контролировать его чистоту и качество. Свойства Si как чистого, так и легированного различными атомами других веществ, хорошо изучены, поэтому он широко применяется во всем мире для изготовления датчиков и других компонентов электроники.

Материалы *Кремний*

- Большинство физических эффектов, свойственных Si – эффект Холла, Зеебека, пьезорезистивный – носят ярко выраженный характер. В то же время, температурная зависимость параметров Si также ярко выражена, о чем следует помнить при создании датчиков и систем на основе кремния. Следует предусматривать цепи температурной компенсации.

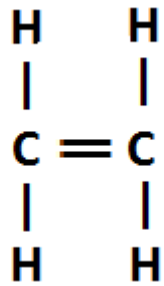
- Кремний обладает уникальными механическими свойствами, которые используются при изготовлении датчиков давления, силы, температуры, прикосновений и пр.
- Тонкопленочная и фотолитографическая технологии, традиционно используемые при производстве интегральных микросхем, позволяют формировать прецизионные механические микроструктуры, т.е. налаживать серийное производство датчиков с такими структурами.

- Пластмассы (полимеры) – это материалы, сформированные из мономеров, которые при полимеризации образуют длинные цепочки из повторяющихся звеньев. Например, полиэтилен, полистирол и пр.

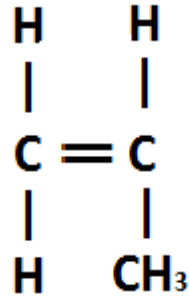
Полимеры состоят из атомов углерода, связанных между собой и с атомами других элементов. В основном в состав полимеров входят атомы 8 элементов – углерод, водород, кислород, азот, кремний, сера, хлор и фтор, что позволяет создавать тысячи разных пластмасс

Материалы

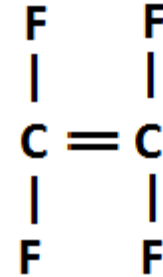
Пластмассы



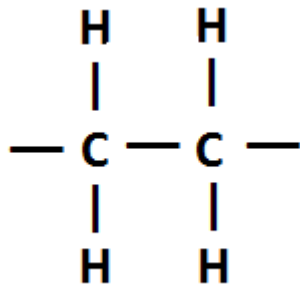
этилен



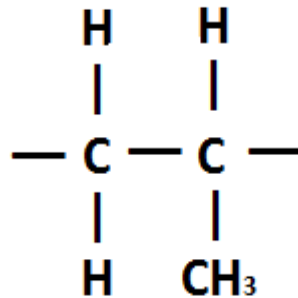
пропилен



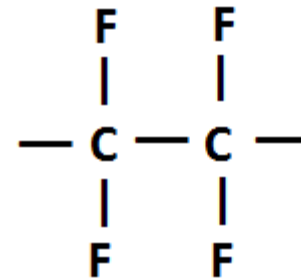
тетрафторэтилен



полиэтилен



полипропилен



фторпласт

- Для полимеров очень важной характеристикой является молекулярный вес (длина цепочки полимера), от которого зависят жесткость, прочность, температура плавления материала, вязкость материала в расплавленном состоянии, а также сложность процесса его обработки.
- Другой важной характеристикой полимеров является плотность полимерных цепочек. Увеличение плотности ведет к повышению жесткости и прочности и к усложнению процесса обработки

Наиболее часто используемые материалы:

Al и сплавы, **Be** и сплавы, **Mg, Ni** и сплавы, **Cu** и сплавы, **Pb** и сплавы, **Pt, Au, Ag, Zn** – используются в основном сплавы, палладий, иридий, родий, молибден, вольфрам.

- Из сплавов с содержанием железа изготавливают магнитные датчики и экраны.
- При выборе материала здесь необходимо руководствоваться не только его свойствами, но и способами его обработки и стоимостью.

К керамикам в электронных технологиях относятся карбиды некоторых материалов, а также нитриды некоторых металлов.

Обладают кристаллической структурой, высокой прочностью, температурной устойчивостью, низким весом, устойчивостью ко многим химическим реактивам, отличными электрическими характеристиками, высокой жесткостью, вследствие чего требуют особых методов обработки.

В общем случае, перед тем как приступить к разработке или выбору детектора (датчика), необходимо ответить на ряд вопросов, например, следующий:

- Величина и тип измеряемых величин
- Требуемая точность и разрешающая способность
- Материал, из которого изготовлен, или состоит объект (металл, пластмасса, жидкость, ферромагнетик, биологическая ткань и пр.)
- Диапазон измерений
- Условия окружающей среды, в которых должен работать датчик
- Потребляемая мощность датчика
- Размер пространства, отведенный под монтаж датчика
- Срок службы датчика
- Количество датчиков, которое необходимо изготовить и стоимость одного устройства