

Лекция 16

Тема: Основы функциональной электроники.

- 1) Функциональная электроника.
- 2) Акустоэлектронные устройства.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Повышение степени интеграции интегральных схем и связанное с этим уменьшение размеров элементов имеет определенные пределы. Вместе с тем современные методы обработки информации непрерывно усложняются и не могут быть реализованы в рамках существующих микроэлектронных систем. Проблема может быть решена путем применения приборов функциональной электроники. Отличительной чертой приборов функциональной электроники являются несхематические принципы их построения. Функции схемотехники выполняют непосредственно те или иные физические процессы в твердом теле. Примером устройства функциональной электроники может служить выпрямитель напряжения, принцип действия которого основан на термоэлектрическом эффекте (рис. 128).

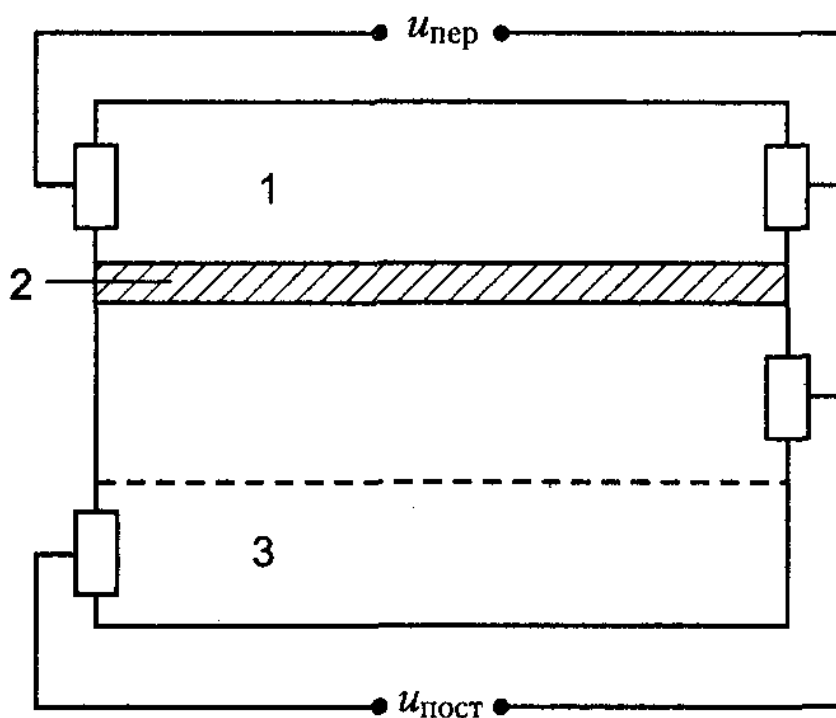


Рис. 128

Функциональный преобразователь содержит резистивную область 1, в которой при прохождении переменного тока выделяется тепловая энергия. Теплота распространяется через изолирующий слой 2 в термоэлектрическую область 3, в которой в вертикальном направлении устанавливается некоторое стационарное распределение температуры, в результате чего возникает термо-ЭДС. Структура обладает достаточной теплоемкостью и, следовательно, инерционностью, поэтому распределение температуры в термической области не изменяется в течение периода переменного напряжения, в результате чего постоянное напряжение на выходе преобразователя практически не содержит пульсаций. В такой структуре невозможно выделить участки, равноценные дискретным элементам обычной схемы выпрямителя.

Существует ряд направлений функциональной электроники. Рассмотрим некоторые устройства функциональной электроники, получившие достаточно широкое распространение.

АКУСТОЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА

В акустоэлектронных устройствах используются явления, обусловленные механическими колебаниями твердого тела. В этих устройствах электрические сигналы преобразуются в (механические) акустические путем использования обратного пьезоэффекта, суть которого состоит в изменении размеров твердого тела при приложении к нему электрического поля. Если электрическое поле изменяется с частотой f , то в твердом теле возникают акустические колебания, скорость распространения которых равна $V_{ак} = 10^5$ см/с. Для преобразования акустических колебаний в электрические используется прямой пьезоэффект, при котором под воздействием механических колебаний на поверхности твердого тела образуются электрические заряды с противоположными знаками, то есть возникают электрические колебания.

На этом принципе основано действие ультразвуковой линии задержки (129), представляющей собой стержень твердого тела 1 длиной l , на торцах которого расположены пьезоэлектрические преобразователи 2 и 3. При подаче на вход радиоимпульса с частотой ω в стержне возникает акустическая волна, которая через время $\tau = l / V_{\text{ак}}$ достигает выходного преобразователя, преобразующего акустический сигнал в электрический. Изменяя длину стержня, можно регулировать длительность задержки радиоимпульса.

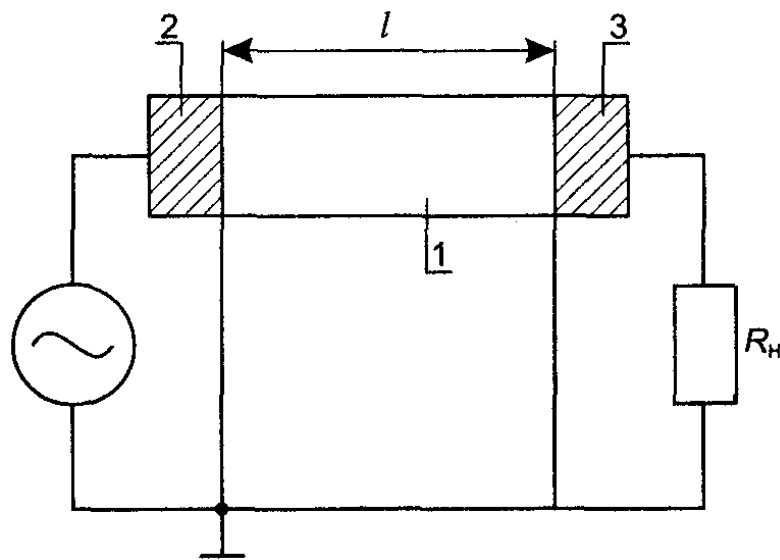


Рис. 129

Если в стержне создать продольное электрическое поле (рис. 130), то, используя взаимодействие акустических волн с электронами, можно осуществить усиление электрических колебаний посредством увеличения амплитуды бегущей волны. Под действием внешнего поля в кристалле создается дрейф электронов в направлении распространения акустических волн. Если скорость дрейфа меньше скорости волны, то энергия волны поглощается электронами и волна затухает. Если скорость дрейфа больше скорости волны, то электроны отдают ей свою энергию, амплитуда волны возрастает, вследствие чего возрастает напряжение на выходе выходного пьезоэлектрического преобразователя.

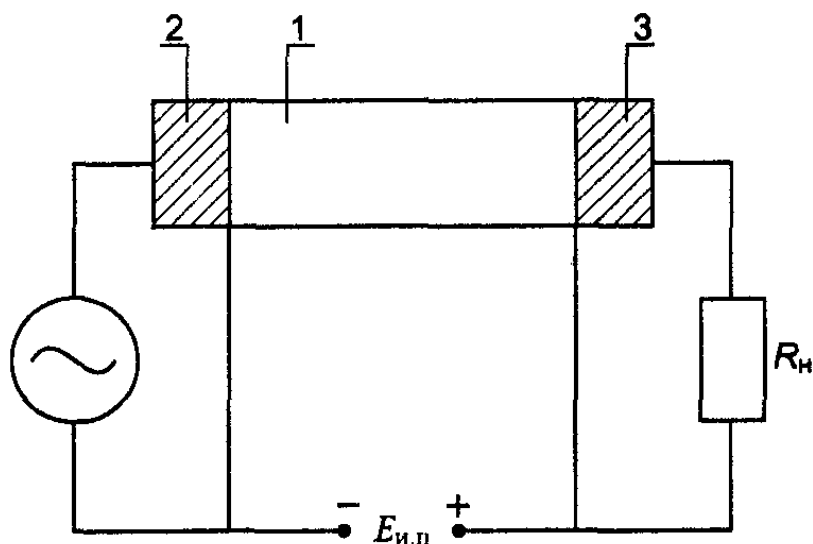


Рис. 130

Новым этапом в развитии акустоэлектроники является использование поверхностных акустических волн (ПАВ), которые распространяются в поверхностном слое пьезокристалла толщиной порядка длины волны, которая равна

$$\lambda_{\text{ак}} = V_{\text{ак}}/f \quad (71)$$

В таких устройствах (рис. 131) преобразование электрических сигналов в акустические и наоборот осуществляется посредством штыревых металлических электродов, расположенных на поверхности звукопровода 4. Преобразователь 1 возбуждает ПАВ, направленные в противоположные стороны. Для создания бегущей волны на концы звукопровода нанесены поглощающие покрытия 3.

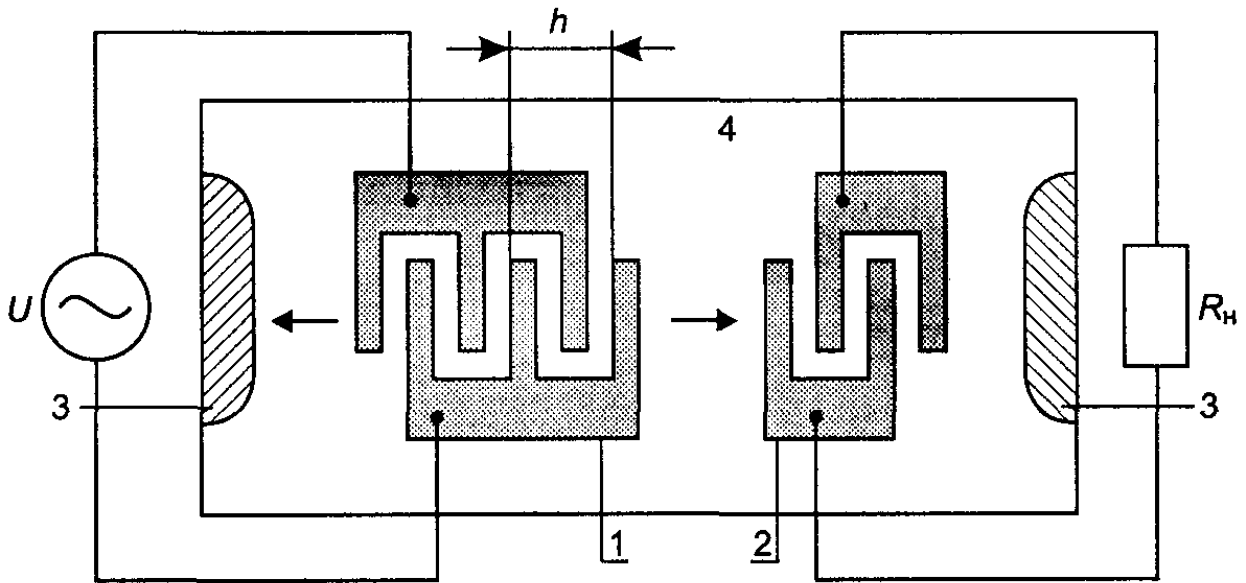


Рис. 131

Преобразователь является частотно-избирательным элементом. Его амплитудно-частотная характеристика имеет максимум на частоте акустического синхронизма:

$$f_{\text{ак}} = V_{\text{ак}}/h \quad (72)$$

где h – пространственный шаг штырей.

На этой частоте шаг совпадает с длиной акустической волны, и электрический сигнал преобразуется в ПАВ наиболее эффективно. Объясняется это тем, что ПАВ усиливается по мере прохождения под преобразователем. Чем больше число штырей, тем больше усиление ПАВ. Если подводимый электрический сигнал имеет частоту, отличную от f_0 , то амплитуда ПАВ будет меньше. Для некоторых частот возбуждение ПАВ вообще невозможно. Например, при $f = 2f_0$ время движения фазового фронта между соседними зазорами равно периоду электрических колебаний T , поэтому через время T после подачи входного сигнала в зазорах установятся электрические поля, фаза которых противоположна фазе ПАВ, что приведет к уничтожению первоначально возникших

упругих возмущений. Изменяя количество штырей, можно изменять полосу пропускания фильтра $\Delta f_{\text{п}}$ определяемую соотношением

$$\Delta f_{\text{п}} = f_0/N, \quad (73)$$

где N – число пар штырей.

Созданная посредством входного преобразователя 1 поверхностная акустическая волна, распространяясь вдоль кристалла, достигает выходного преобразователя 2, в котором акустические колебания преобразуются в электрические. Из изложенного принципа действия следует, что фильтры на ПАВ по природе функционирования являются полосовыми со средней частотой, зависящей от размера поверхностных штырей. Такие фильтры находят применение в широкополосных схемах и схемах СВЧ.

К акустоэлектронным приборам следует отнести кварцевые резонаторы, представляющие собой своеобразные конденсаторы. Между обкладками такого конденсатора расположена кварцевая пластина. При подаче на обкладки конденсатора переменного напряжения в кварцевой пластине возбуждаются объемные акустические волны, которые вызывают ее попеременное сжатие и расширение с некоторой частотой, определяемой размерами кварца, и возникает механический резонанс, при котором резко возрастает амплитуда механических колебаний, что ведет к уменьшению электрического сопротивления резонатора, то есть резонатор ведет себя как колебательный контур, состоящий из индуктивности и емкости, несмотря на то что в объеме кварцевой пластины невозможно выделить какие-либо локальные области, соответствующие индуктивности и емкости. В отличие от обычных колебательных контуров, кварцевые резонаторы обладают высокой добротностью, которая достигает значений $(30-50) \cdot 10^3$. Кроме того, такие резонаторы очень компактны и менее чувствительны к изменениям температурного режима.