

Функциональная микроэлектроника

Введение

- Современная твердотельная электроника развивается по двум главным направлениям:
- интегральной электроники, или микроэлектроники;
- функциональной электроники.

Интегральная электроника основана на принципе технологической интеграции статических неоднородностей.

Функциональная электроника основана на физических принципах интеграции динамических неоднородностей

Суть функциональной электроники определяется принципами физического моделирования, реализуемого преимущественно на базе твердого тела. Интеграция в функциональной электронике параметрическая, интегрируются функции преобразования, что исключает схемотехнический принцип их формирования, а, следовательно, компонентную и элементную интеграцию в нем. Основу функциональной электроники составляет физика твердого тела. Физические процессы и явления, происходящие в твердом теле, моделируют функции передачи и преобразования, определяемые алгоритмами обработки массивов информации.

Динамические неоднородности функциональной электроники

- Функциональная электроника основана на физических принципах интеграции динамических неоднородностей (электрические и магнитные домены, магнитные вихри, волны деформации и др.), возникающих в процессе эксплуатации электронной системы. Динамические неоднородности в однородном объеме твердого тела являются непосредственными носителями информации и создаются под действием внешних факторов при функционировании электронного устройства. Кинетика динамических неоднородностей не вызывает дефектообразования в кристалле, поэтому в принципе устройства функциональной электроники более надежны, чем устройства интегральной электроники
- Таким образом, функциональная электроника - это направление электроники, основанное на физике твердого тела и принципе физического моделирования при осуществлении приема, переработки, хранения, передачи и отображения информации, при этом принцип физического моделирования реализуется с помощью физической интеграции динамических неоднородностей. Динамическая неоднородность представляет собой локальный объем на поверхности или внутри среды с отличными от её окружения свойствами, которая не имеет внутри себя статических неоднородностей и генерируется в результате определенных физико-химических процессов. Деграция динамической неоднородности не приводит, как правило, к потерям или сбоям в процессах обработки информации.
- Функциональная электроника представляет собой область интегральной электроники, в которой изучается возникновение и взаимодействие динамических неоднородностей в континуальных средах в совокупности с физическими полями, а также создаются приборы и устройства на основе динамических неоднородностей для обработки, генерации и хранения информации.

Функциональная акустоэлектроника

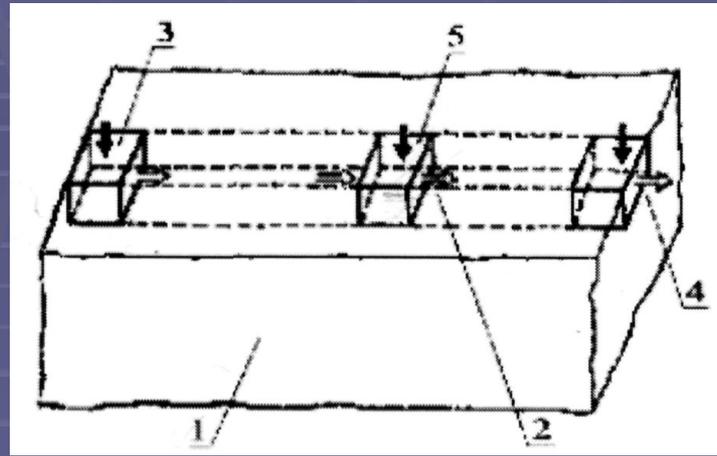
- Функциональная акустоэлектроника - это направление функциональной электроники, в котором исследуются акустоэлектронные эффекты и явления в различных твердых континуальных средах, а также возможность создания изделий электронной техники для обработки, передачи, хранения информации с использованием динамических неоднородностей акустической и/или электромагнитной природы.

К акустоэлектронным явлениям и эффектам относятся:

- генерация, распространение, преобразование и детектирование объемных и поверхностных акустических волн;
- преобразование электрического сигнала в акустический и обратно;
- электронное поглощение и усиление акустических волн;
- акустоэлектронные и акустомагнитные эффекты, акустопроводимость;
- нелинейные акустоэлектронные явления: параметрическое и супергетеродинное усиление звука, акустоэлектронные домены;
- взаимодействие света и звука в твердых телах, дифракция, модуляция и сканирование света.

В однородной среде со свободной плоской поверхностью существуют поверхностные акустические волны (ПАВ).

Приборы функциональной электроники



- Анализируя приборы функциональной электроники, можно выделить общие элементы, характерные для всех конструкций:
- Континуальная среда- 1, в которой можно создать как статические, так и динамические неоднородности. Среда может находиться в любом агрегатном состоянии, однако, в основном используется твердое тело. По своим физико-химическим свойствам среда должна быть однородной на всем тракте распространения информационного сигнала динамической неоднородности
- 2. Генератором динамической неоднородности 2 служит статическая неоднородность
- 3. Считывание и вывод информации из канала осуществляет детектор - статическая неоднородность
- 4. Управление сигналом, ввод в него нужной информации, ее направленный перенос, регулирование скорости передачи осуществляется статической неоднородностью.
- 5.Детектор.

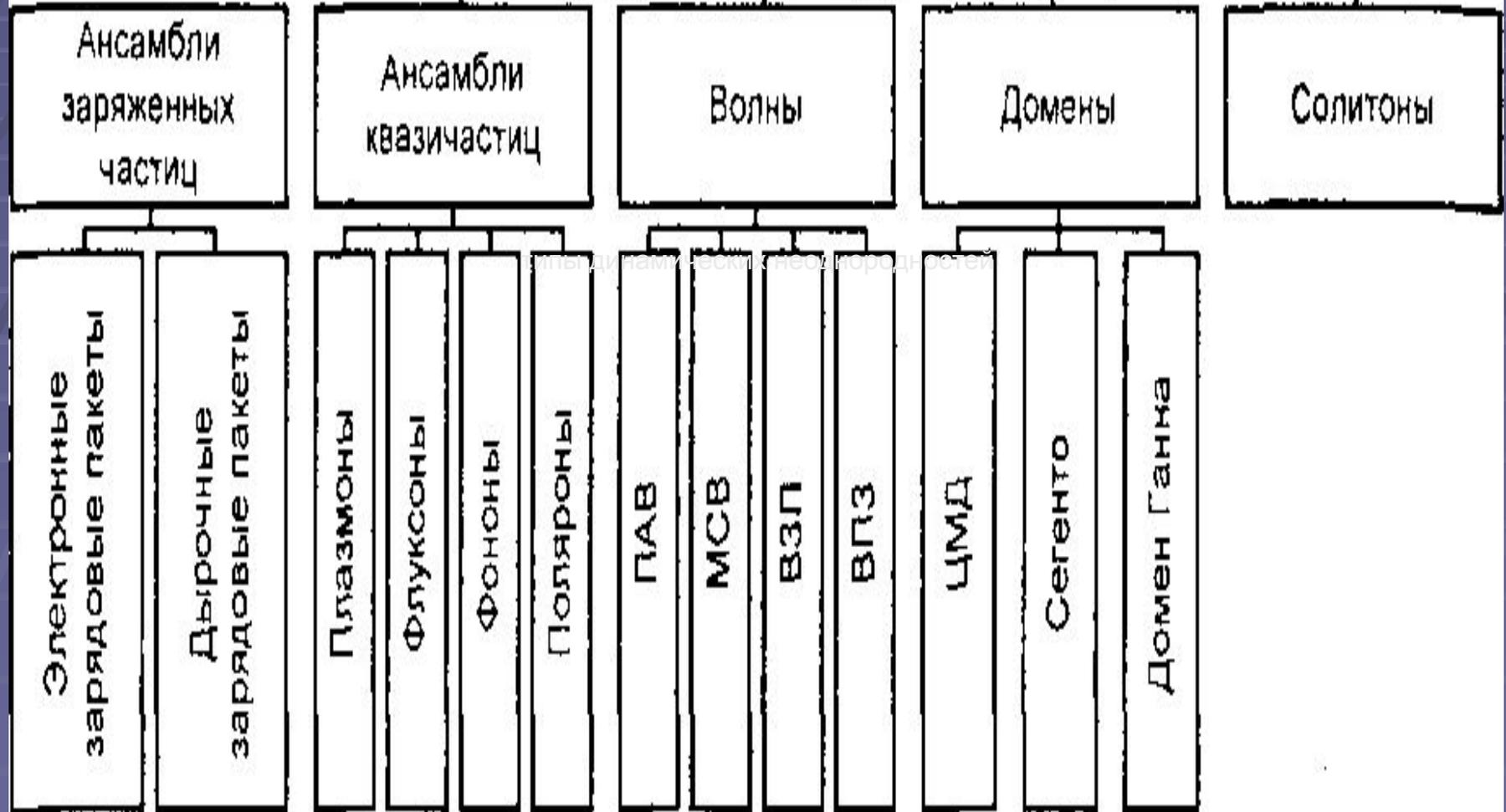
Динамическая неоднородность

- **Динамическая неоднородность** представляет собой локальный объем на поверхности или внутри среды с отличными от его окружения свойствами, который не имеет внутри себя статических неоднородностей и генерируется в результате определенных физико-химических процессов. Динамическая неоднородность может быть локализована или перемещаться по рабочему объему континуальной (непрерывной) среды в результате взаимодействия с различными физическими полями или динамическими неоднородностями такой же или другой физической природы.
- В процессе перемещения динамической неоднородности может происходить, например, перенос информации. Деградация динамической неоднородности не приводит, как правило, к потерям и сбоям в процессах обработки информации.

Типы динамических неоднородностей

- **Оптические явления** (когерентная и некогерентная оптика, нелинейная оптика, электрооптика, магнетооптика).
- **Физические явления, связанные с взаимодействием потока электронов с акустическими волнами в твердом теле.**
- **Новые магнитные материалы** (слабые ферромагнетики и магнитные полупроводники)
- **Покоящиеся и движущиеся электрические неоднородности (домены и шнуры) в однородных полупроводниках.**
- **Явления, связанные с изменением структуры конденсированных тел на молекулярном уровне.**
- **Элементы на основе эффекта Ганна.**
- **Явления холодной эмиссии**
- **Явления живой природы**
- **Функциональные микросхемы, в которых используется эффект накопления и переноса зарядов**
- **На основе аморфных материалов**
- **Когерентные свойства сигнала**

Динамические неоднородности



Основные направления ФЭ:

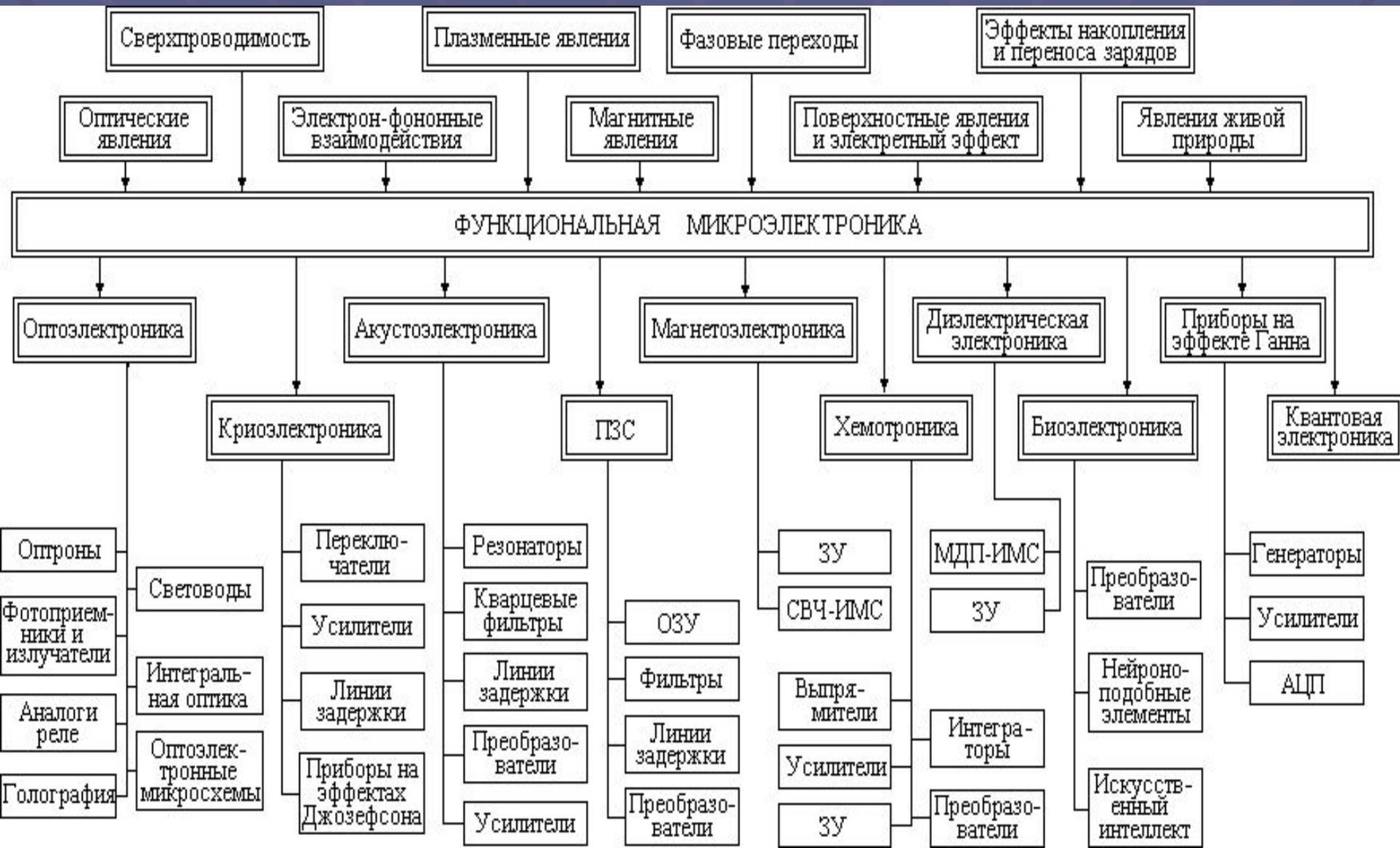
- Устройства на основе ПЗС (прибора с зарядовой связью).
- Устройства на основе ЦМД (цилиндрическом магнитном эффекте). ЦМД дают возможность создавать устройства большой функциональной гибкости с исключительно высокими параметрами. При этом функции логики, запоминания и коммутации реализуются без нарушения однородности структуры материала носителя.
- Устройства на основе ПАВ (поверхностные акустические волны). ПАВ могут быть использованы в устройствах запоминания и хранения сигнальной информации.
- Устройства на основе спиновых волн.
- Устройства на основе ЯМР (ядерный магнитный резонанс). Действие этих устройств основано на использовании метода спинового эха - импульсного метода наблюдения ЯМР. На основе эха реализуются системы памяти и спектральной обработки сигналов.
- Устройства на основе голографического принципа хранения и обработки информации. Особенность - возможность записи информации непосредственно в аналоговой форме и высокая надёжность хранения информации.
- Белковая биологическая память. Основана на применении методов биотехнологии. Вместо традиционных материалов используются органические молекулы, в том числе специально сконструированные белки, обладающие свойством бистабильности.
- Самоорганизующиеся среды. Основаны на неоднородностях, которые возникают и взаимодействуют не по заданному плану, а вследствие явления самоорганизации. Замечательные качества:
 - уникальная адаптивность;
 - возможность физического моделирования интеллектуальных функций;
 - распределённость и ассоциативность памяти.
- Устройства на основе фазовых переходов

Направления в функциональной электронике

Направления в функциональной электронике

- **Оптоэлектроника**
- **Акустоэлектроника**
- **Магнетоэлектроника**
- **Функциональная полупроводниковая электроника**
- **Плазменная электроника**
- **Криоэлектроника**
- **Молекулярная электроника**
- **Биоэлектроника**
- **Диэлектрическая электроника**
- **Хемотроника (ионика)**

Направления в функциональной электронике



Классификация устройств функциональной акустоэлектроники

Изделия функциональной электроники

Линейные

Нелинейные

Линии задержки

Устройства частотной селекции

Генераторы

Усилители

Конвольверы

Память

Функциональная диэлектрическая электроника

- Функциональная диэлектрическая электроника представляет собой направление в функциональной электронике, которое изучает явления и эффекты в активных диэлектриках, а также возможность создания приборов и устройств обработки информации на основе диэлектрических неоднородностей электрической, магнитной или электромагнитной природы.

Основные устройства функциональной диэлектрической электроники можно назвать:

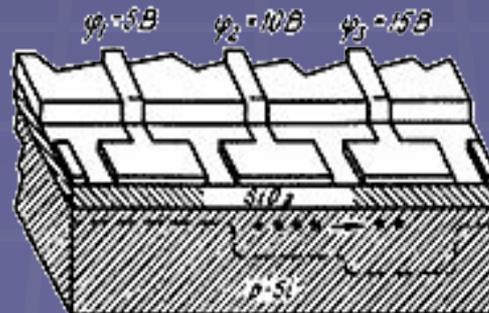
- запоминающие устройства;
- оптические процессоры.

Использование диэлектрических материалов при создании запоминающих устройств весьма перспективно для создания новых приборов, характеризующихся энергонезависимостью, высоким выходным сигналом, устойчивостью к воздействию перегрузок и радиации. По функциональному назначению эти устройства близки к репрограммируемым полупроводниковым ЗУ (РПЗУ). Одними из первых устройств этого типа были сегнетоэлектрические ЗУ, изготовленные на поликристаллической сегнетокерамике типа цирконата - титаната свинца (PZT-керамика). В разработанных пьезокерамических матрицах (ПКМ) считывание информации происходит без ее разрушения с тактовой частотой до 1 МГц, определяемой временем переполяризации. Допускается $10^6 \dots 10^8$ циклов перезаписи информации. ПКМ выдерживают ударные нагрузки до 10 г и отличаются высокой радиационной стойкостью.

Процессоры для обработки больших информационных массивов позволяют обрабатывать информацию в аналоговом виде, одновременно либо весь массив, либо его часть.

Полупроводниковая функциональная электроника

- Основным типом динамических неоднородностей здесь являются ансамбли заряженных частиц или зарядовые пакеты, сформированные из электронов или дырок. Особый интерес представляют приборы с зарядовой связью - ПЗС-структуры. Это интегральные полупроводниковые приборы, в основе работы которых лежит принцип создания, передачи и хранения локализованного зарядового пакета в потенциальных ямах, образуемых в полупроводнике под действием внешнего электрического поля. Приборы с зарядовой связью (ПЗС) представляют собой матрицы близко расположенных друг к другу МОП-конденсаторов. Соответствующие последовательности тактовых импульсов на затворах такой матрицы смещают ее отдельные МОП-конденсаторы в режим глубокого обеднения, так что зарядовые пакеты могут храниться под электродами матрицы и контролируемым образом перемещаться вдоль поверхности кристалла, перетекая из-под одних электродов матрицы к соседним электродам.
- Поперечное сечение секции ПЗС показано на рис. 1. Это устройство представляет собой полупроводниковую подложку, покрытую однородным слоем изолятора (SiO_2), на котором достаточно близко друг к другу расположены затворы - электроды переноса. Процесс переноса сигнального заряда начинается в тот момент, когда на правый затвор подается импульс более высокого напряжения (рис. 1). При этом под него переместится зарядовый пакет. Таким образом, в континуальной среде полупроводника создается динамическая неоднородность, управляемая с помощью эффекта поля, что и позволяет управлять информационным сигналом. Расстояние между электродами должно быть минимальным, чтобы зарядовые пакеты перетекали без потерь на диффузию. Ввод информационного сигнала, то есть динамической неоднородности в ПЗС осуществляется статической неоднородностью с транзисторной структурой, в которой формируется зарядовый пакет. Вывод информационного сигнала из ПЗС также осуществляется статической неоднородностью с транзисторной структурой.



Основные устройства физической диэлектрической электроники

- Запоминающие устройства и оптические процессоры
- Устройства сверки и генераторы
- Фурье-процессоры и усилители