

Устройства функциональной электроники

Устройства функциональной электроники

Устройства второго поколения

Ко второму поколению приборов и устройств функциональной электроники отнесут устройства, использующие одновременно динамические неоднородности различной физической природы в различных континуальных средах.

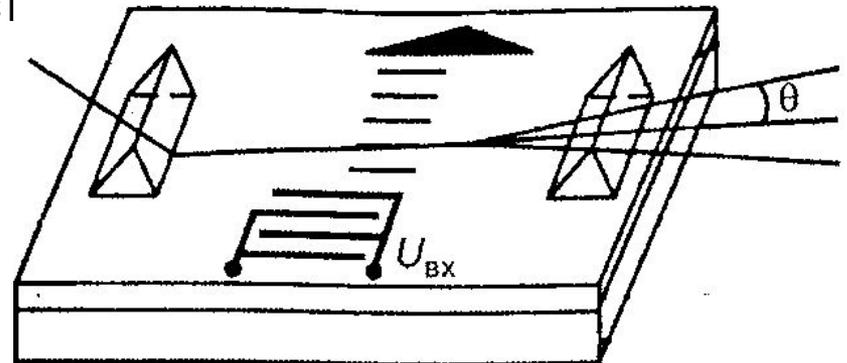
В этих приборах осуществляется интеграция функций на основе интеграции эффектов и взаимодействия динамических неоднородностей различной физической природы в различных континуальных средах и, соответственно, расширение функциональных возможностей.

Приборы акустооптики

Используется взаимодействие двух типов динамических неоднородностей: **акустической** и **оптической** природы.

Физической основой взаимодействия электромагнитных и упругих волн являются **электрооптический** и **упругооптический** эффекты.

Акустическая волна модулируется коэффициентом преломления континуальной среды, создавая в ней бегущую фазовую решетку. При выполнении брэгговских условий падения света на фазовую решетку, образованную звуковой волной, происходит рассеяние света. Угол рассеяния θ может быть определен из соотношения $\theta \cong \frac{\lambda}{\Lambda} = \frac{\lambda f_3}{V_3}$, где λ и Λ – длины волн света и звука; V_3 и f_3 – скорость и частота звука.



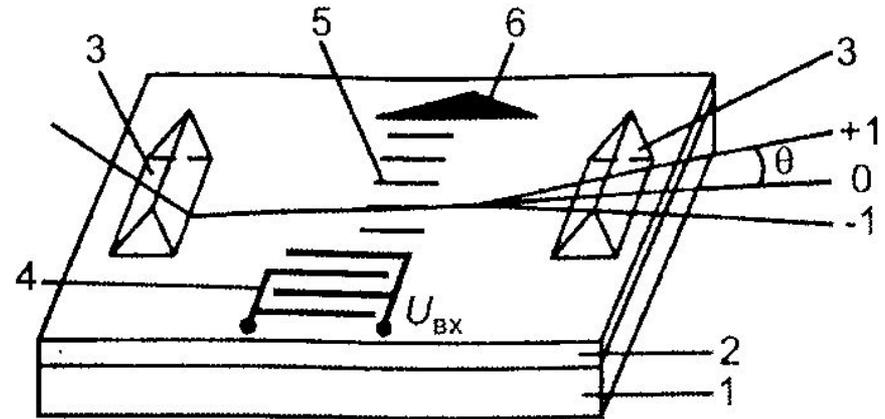
Устройства функциональной электроники

Устройства второго поколения. Приборы акустооптики

Акустооптический дефлектор предназначен для сканирования, модуляции и переключения света в электронно-оптических системах обработки информации. Акустооптический дефлектор состоит из оптического волновода, сформированного в подложке $LiNbO_3$ путем имплантации Ti , а также призмных элементов ввода-вывода излучения 3. Волна возбуждается ВШП.

Оптическое излучение, введенное в континуальную среду с фотоупругими свойствами, испытывает дифракцию на «замороженной» акустической фазовой решетке. В первый дифракционный максимум перекачивается значительная доля падающей световой энергии.

Акустооптические дефлекторы широко используются при обработке информации, т.к. имеют заданное число разрешимых фиксированных позиций от 10 до 125, диапазон частот управляющего сигнала лежит в пределах 130 – 825 МГц при мощности несколько ватт.



- 1 – подложка $LiNbO_3$
- 2 – волновод $Ti: LiNbO_3$,
- 3 – призма, 4 – ВШП, 5 – фазовая решетка, 6 – отражатель,
- 0 – основной пучок,
- ± 1 – дифракционные максимумы 1-го порядка

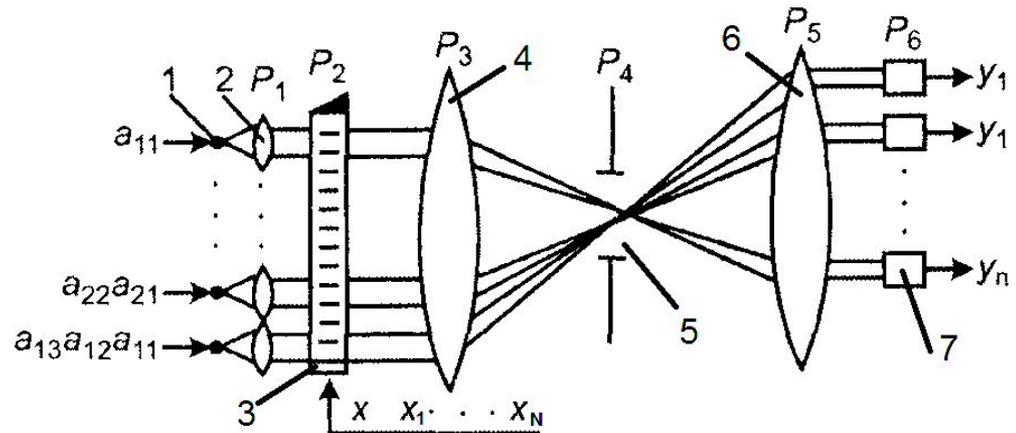
Устройства функциональной электроники

Устройства второго поколения. Приборы акустооптики

Акустооптический процессор эффективно используется в задачах параллельной обработки информации в реальном масштабе времени. Такие процессоры позволяют обрабатывать сигналы с частотой 2 – 3 ГГц при ширине полосы 0,5 – 1,0 ГГц. В задачах обработки больших массивов информации надежды связывают с акустооптическими линейно-алгебраическими процессорами, предназначенными для перемножения матрицы на вектор, матрицы на матрицу, тройного перемножения матриц и т.п.

Свойства акустооптических ячеек:
 модуляция интенсивности
 дифрагированного пучка света и его
 отклонение на угол,
 пропорциональный частоте
 акустических колебаний в ячейке.

Элементы матрицы, соответствующим образом представленные сигналами a_{ij} , подаются на линейку источника света 1 в плоскости P_1 их коллимированное излучение – на модулятор 3.



1 – источник света, 2, 4, 6 – линзы, 3 – модулятор,
 5 – модулятор, 7 – линейка фотодетекторов

Одновременно на модулятор подаются импульсы x_1, x_2, \dots, x_N пропорциональные компонентам N -мерного вектора. Результатом перемножения является вектор $y = Ax$, компоненты которого вычисляются по правилу: $y = \sum_{i=1}^N a_{ij} x_j$.

Устройства функциональной электроники

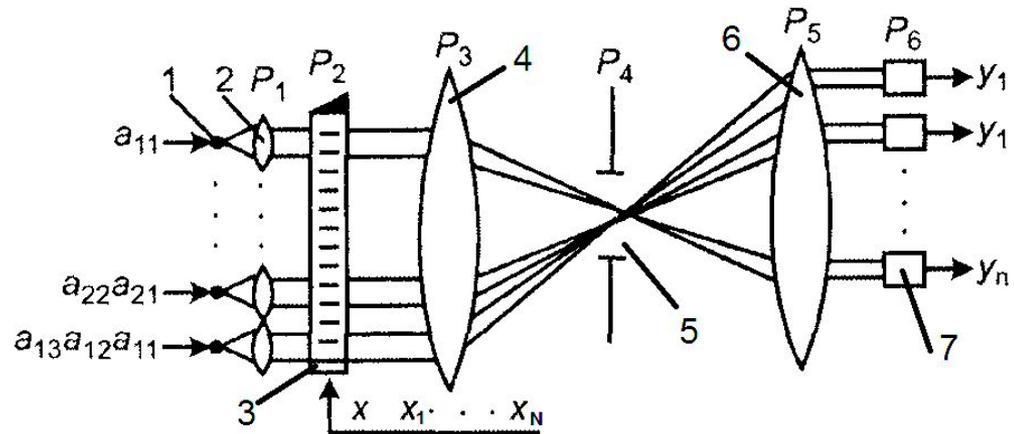
Устройства второго поколения. Приборы акустооптики

Оптическая система из линз 4,6 и диафрагмы 5 проецирует результат на линейку фотодетекторов 7.

Работа устройства синхронизирована так, что в момент времени входа в апертуру ячейки первого акустического импульса первый источник света (фотодиод) излучает световой импульс с заданной интенсивностью a_{11} , а на выходе первого детектора появляется импульс тока, пропорциональный x_1 .

Следующий такт вычисления произойдет, когда первый импульс сместится и будет напротив второго светодиода, излучающего со световой интенсивностью, пропорциональной a_{21} .

В результате суммарный выходной сигнал первого фотодетектора пропорционален $a_{11}x_1 + a_{21}x_2$, а выходной сигнал второго фотодетектора $a_{21}x_1$. Через N таких тактов все элементы вектора x заполнят амплитуду ячейки, и величина сигнала нагрузки на l -ом фотодетекторе будет пропорциональна $\sum_{i=1}^{N-l+1} a_{ij} x_j$. Предел скорости обработки оценивается величиной 10^{10} операций умножения/сложения в секунду. Аналогично строится процессор для перемножения матрицы на матрицу.



1 – источник света, 2, 4, 6 – линзы, 3 – модулятор,
5 – модулятор, 7 – линейка фотодетекторов

Устройства функциональной электроники

Устройства второго поколения. Приборы акустооптики

Акустооптические процессоры достаточно полно теоретически разработаны, известны алгоритмы обработки различных видов сигналов.

Пока не решены проблемы эффективных материалов для звукопроводов, не доведены до совершенства технологические процессы изготовления этого типа приборов.

В случае решения этих задач появится возможность разработать эффективную элементную базу для создания оптических интегральных схем.

Сравнительные оценки эффективности использования цифровых и оптических процессоров для корреляционного анализа радиолокационных сигналов показывают, что экономически выгоднее использовать акустооптические процессоры.

Выяснилось также, что скорость обработки сигналов с полосой частот выше 300 МГц недоступна цифровым процессорам, и вполне эффективно обрабатывается акустооптическими процессорами.

В этой связи становится объяснимым внедрение в радиоэлектронные комплексы глобальной системы ориентации Global Position System (GPS), системы электронного противодействия (Electronic Combat) США именно акустоэлектронных процессоров.

Устройства функциональной электроники

Устройства второго поколения. Приборы с акустическим переносом заряда

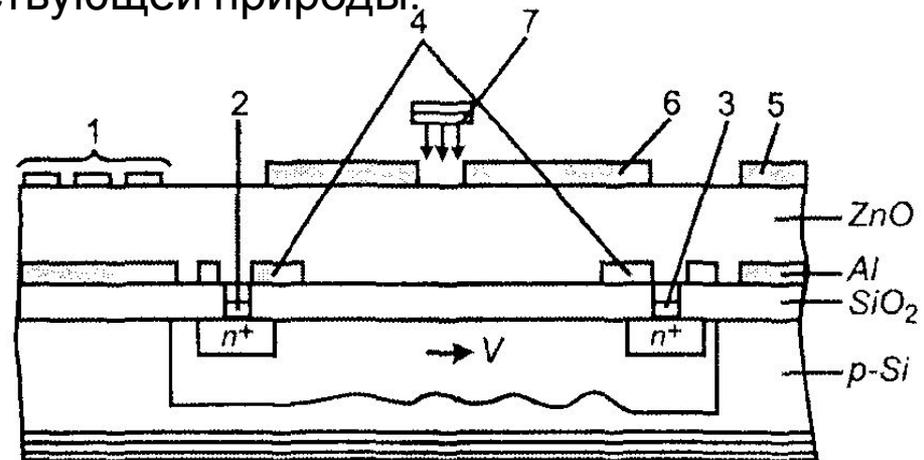
В приборах с акустическим переносом зарядов (ПАПЗ) используется взаимодействие двух типов динамических неоднородностей: **поверхностной акустической волны (ПАВ)** и **зарядовых пакетов (ЗП)**.

В качестве континуальных сред используются слоистые структуры из пьезоэлектрика и полупроводника, в которых генерируются и взаимодействуют динамические неоднородности соответствующей природы.

Поверхностная акустическая волна (ПАВ) возбуждается с помощью ВШП 1 в пьезоэлектрической среде (ZnO).

Электрическое поле, создаваемое ПАВ, захватывает неосновные носители, сформированные в виде зарядовых пакетов, из другой полупроводниковой континуальной среды (Si). Зарядовые пакеты генерируются входным диодом 2 и переносятся к обратно смещенному выходному диоду 3.

Выходной диод является детектором динамических неоднородностей, и он преобразует зарядовый пакет в выходное напряжение, которое индицируется как логическая «1» или «0».



Устройство прибора с акустическим переносом зарядов (ПАПЗ) на основе слоистой структуры типа $ZnO/Al/SiO_2/Si$.

1 – входной ВШП, 2 – входной диод (генератор ЗП), 3 – обратносмещенный выходной диод, 4 – изолирующие кольца смещения, 5 – поглотитель, 6 – оптический транспарант, 7 – светодиод

Устройства функциональной электроники

Устройства второго поколения. Приборы с акустическим переносом заряда

Для изоляции канала от основных и неосновных носителей используются кольца смещения 4.

Возбуждаемые ПАВ поглощаются в конце структуры поглотителем 5.

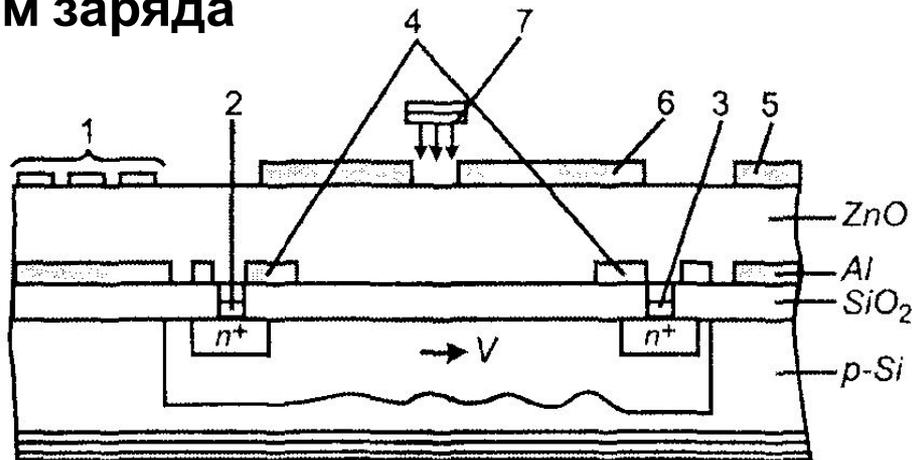
Инжекция неосновных носителей заряда в канал переноса может осуществляться электрическим путем с помощью диода 2 или оптическим путем через оптический транспарант 6 облучением светодиодом 7.

Приборам с акустическим переносом присущи те же недостатки, что и ПЗС-приборам, например, неэффективность переноса заряда, небольшой динамический диапазон,

неэффективность переноса зарядов.

Для увеличения динамического диапазона и повышения эффективности переноса зарядов используются полупроводниковые континуальные среды типа *GaAs*. При этом удалось совместить канал переноса ПАВ с каналом переноса зарядов.

ПАПЗ сочетают в себе преимущества ПАВ-приборов в части высоких рабочих частот и ПЗС-приборов в отношении высокого динамического диапазона, гибкого управления. В этой связи они интересны для создания аналоговых процессоров параллельной обработки информации.



Устройство прибора с акустическим переносом зарядов (ПАПЗ) на основе слоистой структуры типа *ZnO/Al/SiO₂/Si*.

1 – входной ВШП, 2 – входной диод (генератор ЗП), 3 – обратносмещенный выходной диод, 4 – изолирующие кольца смещения, 5 – поглотитель, 6 – оптический транспарант, 7 – светодиод