

элементах происходит взаимодействие УЗ с электродами проводимости, что позволяет их использовать для усиления и генерации волн, для управления их амплитудой и фазой.

В качестве нелинейных элементов применяются диэлектрич. звукопроводы с большими акустич. параметрами нелинейности, пьезополупроводниковые материалы и слоистые структуры. Их работа ос-

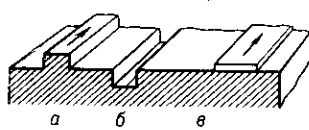


Рис. 4. Типы акустич. волноводов для ПАВ: а — выступ; б — канавка; в — металлическая плёнка.

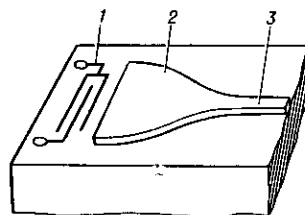


Рис. 5. Концентратор ПАВ для возбуждения волновода: 1 — преобразователь; 2 — концентратор; 3 — волновод.

нована на использовании разл. механизмов нелинейного взаимодействия: упругого, пьезоэлектрического, электрострикционного, и особенно акустоэлектронного. Кроме того, применяются системы полупроводниковых диодов, связанных с системой электродов, нанесённых на поверхность пьезоэлектрич. звукопровода. Нелинейные элементы позволяют перемножать акустич. сигналы, производить акустич. детектирование, преобразование частоты и другие более сложные преобразования сигналов.

**Устройства акустоэлектроники.** На основе перечисленных элементов создаются разл. устройства А. К линейным пассивным устройствам А. относят устройства частотной фильтрации (фильтры), акустич. линии задержки, согласованные (оптимальные) фильтры, или дисперсионные линии задержки, кодирующие и декодирующие устройства. Наибольшее распространение получили акустич. фильтры (пьезоэлектрические, электромеханические, фильтры на объёмных волнах и ПАВ). Они применяются в разл. системах связи от радиосвязи и телевидения до космич. связи и радиолокации для выделения полезного сигнала на фоне помех, для интегрирования (накапливания) сигнала с определ. характеристиками, для изменения частотного спектра сигнала.

Акустич. линии задержки изготавливаются на времена задержки от неск. нс до десятков мс с рабочими частотами от неск. МГц до неск. ГГц. Дисперсионные линии задержки, в к-рых время задержки зависит от частоты, применяются в качестве оптимальных фильтров для обработки линейно-частотно-модулированных сигналов. Включение активных элементов в акустич. линии задержки позволяет усиливать акустич. сигналы и превращает их в активные устройства. Усиление УЗ-сигнала может осуществляться сверхзвуковым дрейфом носителей. Режим усиления при определ. условиях может быть переведён в режим генерации УЗ-волн. Этот эффект используется для создания акустоэлектронных генераторов монохроматич. сигналов и сигналов со сложным спектром.

Наибольшее распространение получили генераторы сигналов (т. е. осцилляторы), в к-рых резонатор на ПАВ включён в цепь обратной связи транзисторного усилителя. Такие генераторы достаточно просты, маломощны и работают в диапазоне частот от 20 МГц до неск. ГГц. В них возможна электронная перестройка частоты, или частотная модуляция.

Управление фазовой скоростью ПАВ при приложении к кристаллу электрич. поля или при изменении его проводимости лежит в основе акустоэлектронных фазовращателей.

Осн. нелинейные устройства А. — приборы аналоговой обработки сигналов — конвольверы (или конволюторы) и корреляторы, а также устройства акустич. памяти. Конвольверы предназначаются для по-

лучения функции свёртки  $V(t)$  двух сигналов  $F_1(t)$  и  $F_2(t)$ :

$$V(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F_1(\tau) F_2(t - \tau) d\tau.$$

В основе их работы лежит нелинейное взаимодействие бегущих навстречу друг другу акустич. волн одной и той же частоты, огибающие к-рых представляют собой сигналы  $F_1$  и  $F_2$ . В результате нелинейного взаимодействия возникает электрич. сигнал на удвоенной частоте, снимаемый интегрирующим электродом. Амплитуда результирующего сигнала пропорциональна интегралу свёртки

$$V(2t) = \int_{-\infty}^{\infty} F_1(\tau) F_2(2t - \tau) d\tau,$$

сжатою в два раза во времени вследствие встречного распространения акустич. волн. В конвольверах используется также взаимодействие волн с разл. частотами. В этом случае интегрирующий электрод выполняется в виде периодич. структуры с периодом, определяемым пространственными биениями нелинейного сигнала на суммарной или разностной частоте.

Для выполнения операции свёртки используется нелинейное взаимодействие ПАВ в слоистой структуре пьезоэлектрик — полупроводник (рис. 6). Преобразователи 1 и 2 излучают сигналы на частоте  $\omega$  навстречу

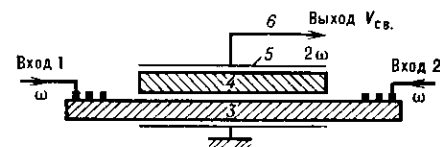


Рис. 6. Устройство свёртки на ПАВ в слоистой структуре пьезоэлектрик — полупроводник: 1, 2 — входные преобразователи; 3 — пьезоэлектрический звукопровод; 4 — полупроводниковая пластина; 5 — параметрический электрод; 6 — выходная цепь.

друг другу. При этом электрич. поля, сопровождающие ПАВ в пьезоэлектрич. звукопроводе 3, создают в граничащей с ним полупроводниковой пластине 4 поперечный ток. Этот ток интегрируется электродом 5, и сигнал с частотой  $2\omega$  поступает в приёмное устройство. Аналогичным образом осуществляется работа конвольвера на основе взаимодействия ПАВ в пьезодиэлектриках, обусловленного упругим и пьезоэлектрич. механизмом нелинейности. В случае прямоугольной формы огибающих взаимодействующих сигналов результирующий сигнал имеет треугольную форму (рис. 7, а), а при взаимодействии двух пар прямоугольных импульсов — форму трезубца (рис. 7, б). В случае симметричных сигналов свёртка совпадает с автокорреляц. ф-цией.



Рис. 7. Форма выходного сигнала  $V_3$  при свёртке: а — двух прямоугольных и б — двух пар прямоугольных импульсов  $V_1$  и  $V_2$ .

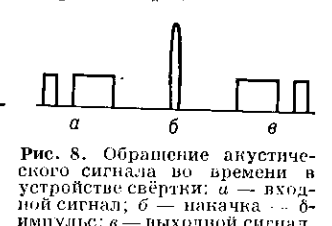


Рис. 8. Обращение акустич. сигнала во времени в устройстве свёртки: а — входной сигнал; б — накачка — δ-импульс; в — выходной сигнал.

Устройство, показанное на рис. 6, позволяет производить обращение сигнала  $F_1(t)$  во времени. На входной преобразователь 1 подаётся сигнал  $F_1(t)$  и в момент, когда он проходит под электродом 5, на последний подаёт δ-импульс (или очень короткий радиоимпульс). В результате нелинейного взаимодействия в направлении к преобразователю 1 распространяется обратная волна, представляющая собой обращённый во вре-