



РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
 ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

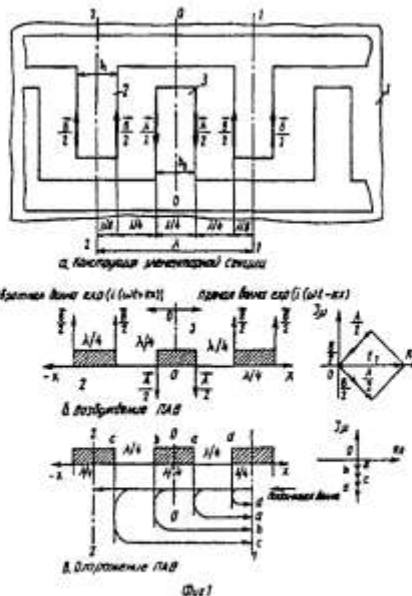
(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**
 к патенту Российской Федерации

1

(21) 97115553/09 (22) 24.09.97
 (46) 10.08.98 Бюл. № 22
 (76) Швец Валерий Борисович, Орлов Виктор Семенович, Макаров Владимир Михайлович
 (56) Proc. 1986 Ultrasonics Symposium, Williamsburg, 17 - 19 Nov. 1986, p. 59-64.
 (54) **ОДНОНАПРАВЛЕННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН**
 (57) Изобретение относится к радиоэлектронике и может быть использовано в фильтрах промежуточных и несущих радиочастот для селекции сигналов в радиотелефонах, пейджерах, мобильных системах связи и т.д. Техническим результатом является уменьшение вносимых потерь устройства. При подаче электрического сигнала на однонаправленный преобразователь, содержащий элементарные секции из проволочных возбуждающих электродов 2, 3 и отражающего электрода 4,

2

в пьезоэлектрическом звукопроводе 1 возбуждаются поверхностные акустические волны (ПАВ), распространяющиеся в прямом и обратном направлении. В каждой элементарной секции ширины b_1 и b_2 первого 2 и второго 3 возбуждающих электродов выполнены соответственно равными $\lambda/6$ и $\lambda/8$, а ширина b_3 отражающего электрода 4 выполнена равной $\lambda/4$, при этом расстояние между соседними краями первого 2 и второго 3 возбуждающих электродов выбрано равным $\lambda/6$, а расстояние между соседними краями второго возбуждающего и отражающего электродов 3 и 4 выбрано равным $\lambda/8$, где λ длина ПАВ на средней частоте. При указанных соотношениях обеспечивается повышение эффективности преобразования ПАВ на 30-40% при сохранении высокой однонаправленности излучения. Это позволяет снизить вносимые потери преобразователя



RU
 2117383
 С1

RU 2117383 С1

и фильтра, в котором преобразователь
применяется. 5 ил.

Изобретение относится к радиоэлектронике и может быть использовано в фильтрах промежуточных и несущих радиочастот для селекции сигналов в радиотелефонах, пейджерах, мобильных системах связи и т.д.

Известен преобразователь поверхностных акустических волн (ПАВ), содержащий пьезоэлектрический звукопровод, на рабочей поверхности которого размещены противофазные возбуждающие электроды.

Ширины b_1 возбуждающих электродов выполнены равными $\lambda/4$, а расстояние между краями соседних возбуждающих электродов выбрано также равным $\lambda/4$, где λ - длина ПАВ на средней частоте преобразователя (фиг. 1,а) [1].

Известный преобразователь обладает высокой эффективностью трансформации электрической энергии в акустическую и обратно. Это обусловлено тем, что в каждой элементарной секции, протяженность которой ограничена длиной волны λ , преобразователь содержит четыре δ - источника ПАВ, размещенных на краях электродов, и волны, излученные ими, складываются синфазно [1]. Удельную эффективность известного преобразователя [1] на длину волны λ можно оценить, преобразуя четыре δ источника $\vec{\lambda}/2$ и $\vec{B}/2$ с учетом их знаков в один эквивалентный источник, размещенный в условном центре возбуждения 00. Считая амплитуды δ источников одинаковыми, т.е. $|\vec{\lambda}/2| = |\vec{B}/2|$, можно найти эффективность

эквивалентного источника по величине \vec{E}_1 излучаемой им волны, складывая парциальные волны, излучаемые каждым δ источником. Для волны, излучаемой вправо (прямая волна) в соответствии с фиг. 1,б получим
$$\vec{E}_1^+ = \frac{A}{2} \exp(-i135^\circ) + \frac{A}{2} \exp(-i145^\circ) + \frac{A}{2} \exp(i145^\circ) - \frac{A}{2} \exp(i135^\circ) = \sqrt{2} A \approx 1.41A.$$

Аналогично, для волны, излучаемой влево (обратная волна)

$$\vec{E}_1^- = \sqrt{2} A \approx 1.41A.$$

Поскольку элементарные секции преобразователя размещены с периодом λ , то и волны от источников в соседних секциях складываются синфазно, образуя в результате известное явление акустического синхронизатора. В этом случае средняя частота f_{cp} преобразователя совпадает с частотой акустического синхронизма $f_0 = V/\lambda$, где V - скорость ПАВ.

Основным недостатком известного преобразователя ПАВ являются высокие вносимые

потери $a_{вн}$, обусловленные двунаправленностью излучения ПАВ и составляющие для фильтра на ПАВ не менее 6 дБ даже в согласованном режиме.

Другим недостатком являются большие искажения (до $\Delta a = 4$ дБ и более) амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), так как волны, падающие на преобразователь справа на вход 11 или слева на вход 22 и затем отраженные от краев электродов шириной $\lambda/4$, в известном преобразователе также складываются в фазе. Совокупная отраженная волна имеет на частоте f_0 фазовый сдвиг -90° (фиг. 1,в).

Это делает невозможным использование известного преобразователя в фильтрах для систем мобильной связи и радиотелефонах. Фильтры для подобных систем должны иметь вносимые потери не более $a_{вн}=3-10$ дБ на промежуточных частотах 70-250 МГц и не более $a_{вн}=2-4$ дБ на радиочастотах 800-1800 МГц, а также пульсации АЧХ не более $\Delta a = 0,2 - 0,6$ дБ.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является однонаправленный преобразователь ОНП (или Single Phase Unidirectional Transducer - SPUDT) типа DART (Distributed Acoustic Reflection Transducer) [2].

Известный ОНП типа DART содержит пьезоэлектрический звукопровод 1, на рабочей поверхности которого размещены элементарные секции, содержащие первый и второй противофазные возбуждающие электроды и отражающий электрод. Ширина возбуждающих электродов и зазоров между возбуждающими и отражающими электродами составляют $\lambda/8$, а ширина отражающего электрода выполнена равной $3\lambda/8$, где λ - длина ПАВ на средней частоте ОНП. При этом протяженность каждой элементарной секции, определяемая расстоянием между первой 11 и второй 22 условными границами, равна λ (фиг. 2,а). В пределах ОНП закон распределения элементарных секций может отличаться от периодического, между секциями могут быть размещены дополнительные возбуждающие или отражающие электроды и т.д.

Известный преобразователь [2] в каждой элементарной секции также содержит четыре δ источника с амплитудами $|\vec{\lambda}/2| = |\vec{B}/2|$, которые можно объединить в один эквивалентный источник, размещенный в эффективном центре возбуждения 00. Эффективность эквивалентного источника можно оценить по величине излучаемой волны, которая будет равна (фиг. 2,б)

$$\vec{E}_2^+ = \frac{A}{2} \exp(-i292,5^\circ) + \frac{A}{2} \exp(-i112,5^\circ) + \frac{A}{2} \exp(i22,5^\circ) + \frac{A}{2} \exp(i22,5^\circ) \approx 0,5924$$

Сравнив эффективность эквивалентных источников в элементарных секциях преобразователя DART [2] и преобразователя [1] получим

$$|\vec{E}_2^+| : |\vec{E}_2^-| = 0,42$$

По оценкам других авторов это соотношение равно 0,456 [3]. Таким образом, эффективность DART более чем в 2 раза меньше эффективности двунаправленного преобразователя.

Но известный преобразователь [2] обладает хорошей направленностью излучения, так как волны, возбужденные в прямом и обратном направлениях и отраженные от краев а, b, с, d электродов 2, 3, компенсируются, а волны, отраженные краями e, f электрода 4, складываются в фазе с волнами $\exp(i(\omega t + kx))$, излученными в обратном направлении, и в противофазе с волнами $\exp(i(\omega t - kx))$, излученными в прямом направлении (фиг. 2,в). В результате амплитуда совокупной волны, распространяющейся от центра возбуждения в прямом X направлении на выходе секции в сечении 11, будет равна

$$\vec{R}(x) = \vec{E}_2^-(1 - \sqrt{2}r),$$

а волны, распространяющейся в обратном направлении -X на выходе секции в сечении 22, будет равна

$$\vec{S}(x) = \vec{E}_2^-(1 + \sqrt{2}r),$$

где

$r = C(h/\lambda)$ - коэффициент отражения ПАВ от края электрода. При этом механическая компонента r имеет знак (-) при отражении волны от ступеньки вверх и знак (+) при отражении от ступеньки вниз.

Основным недостатком известного ОНП [2] являются сравнительно высокие вносимые потери, обусловленные его недостаточной эффективностью преобразования акустической энергии в электрическую и обратно.

Технической задачей изобретения является уменьшение вносимых потерь.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в однонаправленном преобразователе поверхностных акустических волн (ОНП ПАВ), содержащем пьезоэлектрический звукопровод, на рабочей поверхности которого размещены элементарные секции, содержащие противофазные первый и второй возбуждающие электроды и отражающий

электрод, а протяженность элементарных секций выбрана равной длине λ ПАВ на средней частоте ОНП, в каждой элементарной секции ширины первого b_1 и второго b_2 возбуждающих электродов выполнены соответственно равными $\lambda/6$ и $\lambda/8$, а ширина b_3 отражающего электрода выполнена равной $\lambda/4$, при этом расстояние между соседними краями первого и второго возбуждающих электродов выбрано равным $\lambda/6$, а расстояние между соседними краями второго возбуждающего и отражающего электродов выбрано равным $\lambda/8$.

На фиг. 1 представлен известный двунаправленный преобразователь ПАВ [1] и векторные диаграммы для анализа взаимодействия волн, возбужденных в прямом направлении X, и волн, отраженных от краев электродов; на фиг. 2 - конструкция и векторные диаграммы для анализа известного ОНП [2]; на фиг. 3 - предлагаемый ОНП с низкими вносимыми потерями и векторные диаграммы для анализа его работы; на фиг. 4 и 5 - экспериментальные частотные зависимости коэффициентов передачи S_{21} соответственно для известного ОНП типа DART и предлагаемого ОНП.

Однонаправленный преобразователь поверхностных акустических волн (ОНП ПАВ) содержит пьезоэлектрический звукопровод 1, на рабочей поверхности которого размещены элементарные секции, содержащие противофазные первый 2 и второй 3 возбуждающие электроды и отражающий электрод 4. Протяженность элементарной секции, определяемая расстоянием между первой 11 и второй 22 условными границами, выбрана равной длине λ ПАВ на средней частоте ОНП. В каждой элементарной секции ширины b_1 и b_2 первого 2 и второго 3 возбуждающих электродов выполнены соответственно равными $\lambda/6$ и $\lambda/8$, а ширина b_3 отражающего электрода 4, выполнена равной $\lambda/4$. При этом расстояние между соседними краями первого 2 и второго 3 возбуждающих электродов выбрано равным $\lambda/6$, а расстояние между соседними краями второго возбуждающего 3 и отражающего 4 электродов выбрано равным $\lambda/8$.

Конструкция ОНП для излучения ПАВ в противоположном направлении является зеркальным отображением описанной конструкции (фиг. 3,г).

Однонаправленный преобразователь ПАВ работает следующим образом.

При подаче электрического сигнала от внешнего генератора (не показан) противофазными электродами 2, 3, 4 разнофазными

источниками $\vec{A}/2$ и $\vec{B}/2$ генерируются ПАВ, которые распространяются в пьезоэлектрическом звукопроводе 1 в прямом X и обратном - X направлениях. Для удобства анализа четыре δ источника $\vec{A}/2$ и $\vec{B}/2$ можно объединить в один эквивалентный источник, размещенный в условном центре возбуждения 00. Тогда волна, распространяющаяся в прямом направлении X, будет $E_3 = \exp(i(\omega t - kx))$, а волна, распространяющаяся в обратном направлении - X, будет $E_3 = \exp(i(\omega t + kx))$, где k - волновое число, x - текущая координата вдоль оси X.

Эффективность эквивалентного источника можно оценить как

$$\vec{E}_3^* = \frac{A}{2} \exp(-130^\circ) + \frac{A}{2} \exp(-130^\circ) = \sqrt{3}/2A \approx 0.87A,$$

что на 46% выше, чем у известного ОНП [2].

Таким образом, в предложенном ОНП достигается уменьшение вносимых потерь, связанных с эффективностью преобразования электрической энергии в акустическую и обратно.

Оценим теперь направленность излучения предложенного преобразователя, которая определяется как [2]:

$$D = \frac{|S_{32}|^2}{|S_{31}|^2} \approx \frac{|\vec{E}_3(x)|^2}{|\vec{E}_3(x)|^2},$$

где

S_{31} и S_{32} - коэффициенты передачи ОНП в прямом и обратном направлении соответственно.

Пренебрегая дважды отраженными волнами в силу их малости (обычно $\gamma = 0,02 - 0,05$), получим, что волна $\vec{R}(x)$ на выходе 11 элементарной секции ОНП равна векторной сумме прямой волны, излученной эквивалентным источником \vec{E}_3 в прямом направлении, и волн, образованных отражением от электродов элементарной секции волны, падающей справа на вход 11. При этом падающая волна образована эквивалентными источниками, размещенными в соседних секциях ОНП, и работающими синфазно с рассматриваемым источником \vec{E}_3 . Для волны $\vec{S}(x)$ на выходе 22 картина отражений зеркальная.

Приведя амплитуды отраженных волн к центру излучения 00, в приближении однократного отражения получим амплитуду прямой волны

$$\begin{aligned} \vec{R}(x) &= \vec{E}_3 (1 - r(1 + i(\sqrt{3} - 1))) = \\ &= \vec{E}_3 (1 - r(1 + 0.731i)). \end{aligned}$$

Амплитуда обратной волны, вытекающая из элементарной секции

$$\vec{S}(x) = \vec{E}_3 (1 + r(1 - 0.731i)).$$

Из соотношений между $\vec{R}(x)$ и $\vec{S}(x)$ следует, что для конструкции преобразователя, изображенного на фиг. 3,а, реализуется направленность излучения в направлении -X (справа налево). Для реализации направленности излучения в направлении X (слева направо) конструкция ОНП зеркальная (фиг. 3,г).

Направленность излучения элементарной секции предлагаемого ОНП

$$D_3 = \frac{|1 - r(1 + 0.731i)|}{|1 + r(1 - 0.731i)|},$$

что несколько ниже, чем у известного DART [2]:

$$D_2 = \frac{|1 - \sqrt{2}r|}{|1 + \sqrt{2}r|},$$

но снижение вносимых потерь на 0,05-0,1 дБ, обусловленных ухудшением направленности излучения, с избытком компенсируется увеличением эффективности возбуждения.

Таким образом, в предложенном устройстве обеспечивается решение поставленной задачи - уменьшение вносимых потерь.

Пример 1. Рассмотрим для примера использование ОНП в фильтре на промежуточную частоту $f_0 = 112,32$ МГц с полосой пропускания $\Delta f_3 = 1,2$ МГц для бесшнуровых радиотелефонов общеевропейского стандарта DECT. На фиг. 4 и 5 представлены АЧХ фильтров, в составе которых использован известный ОНП типа DART [2] и предлагаемый ОНП. Оба фильтра изготавливались на подложках из кварца ST-среза, сопротивления нагрузок также одинаковы для обоих вариантов $R_g = R_l = 50$ Ом. Из сравнения фиг. 4 и 5 видно, что вносимые потери фильтра на основе предлагаемого ОНП на 1,2 - 1,5 дБ ниже, чем у прототипа.

Из приведенных примеров очевидно, что использование предлагаемого технического решения позволяет снизить вносимые потери ОНП и фильтров на ПАВ, где этот ОНП используется.

Литература

1. Фильтры на поверхностных акустических волнах / Под ред. Г.Мэтьюза.-М.: Радио и связь, 1981, с. 111.
2. T.Kodama at al. "Design of low-loss SAW Filters Employing Distributed Acoustic

Reflection Transducers". Proc. 1986 Ultrasonics Symposium, p. 59-64.

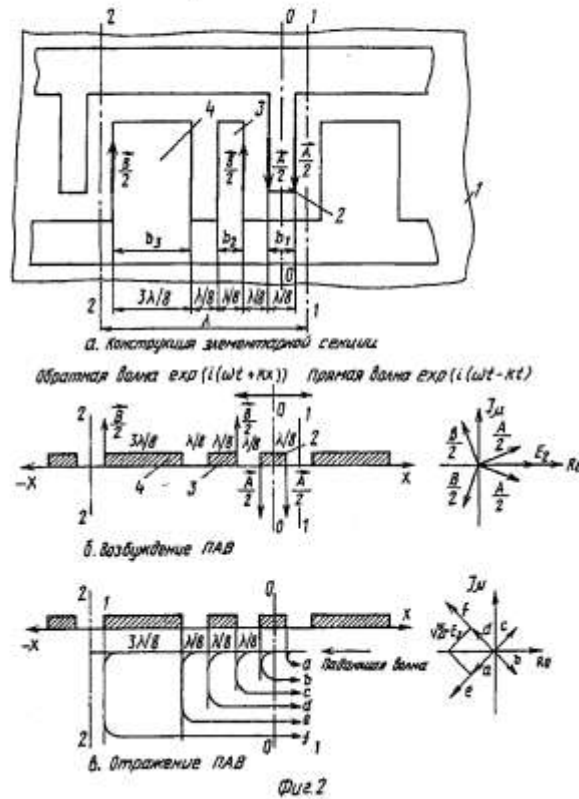
3. P.B.Abbott, C.S.Hartmann "An efficient evaluation of the electrostatic fields in with

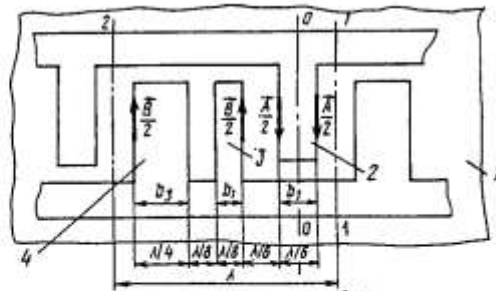
periodic electrode sequences". Proc. 1993 Ultrasonics Symposium, p. 157-159.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

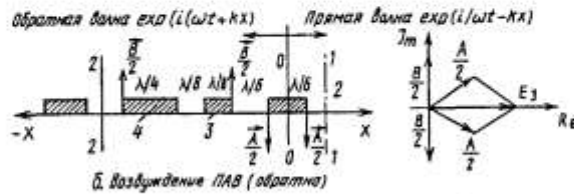
Однонаправленный преобразователь поверхностных акустических волн (ОНП ПАВ), содержащий пьезоэлектрический звукопровод, на рабочей поверхности которого размещены элементарные секции, содержащие противофазные первый и второй возбуждающие электроды и отражающий электрод, при этом протяженность элементарных секций выбрана равной длине λ ПАВ на средней частоте ОНП, отличающийся тем, что в каждой элементарной секции

ширины первого b_1 и второго b_2 возбуждающих электродов выполнены соответственно равным $\lambda/6$ и $\lambda/8$, а ширина b_3 отражающего электрода выполнена равной $\lambda/4$, при этом расстояние между соседними краями первого и второго возбуждающих электродов выбрано равным $\lambda/6$, а расстояние между соседними краями второго возбуждающего и отражающего электродов выбрано равным $\lambda/8$.

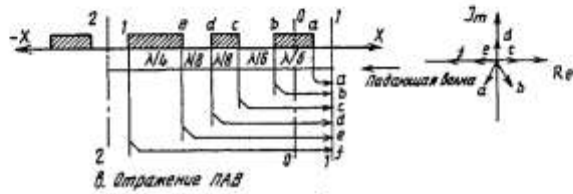




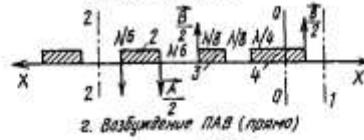
а. Конструкция элементарной секции



б. Возбуждение ПАВ (обратно)

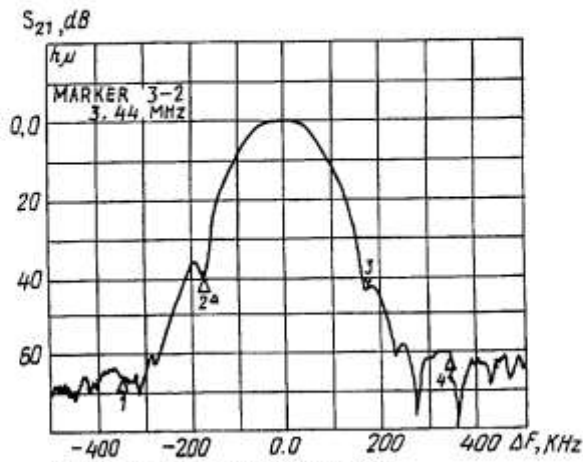


в. Отражение ПАВ



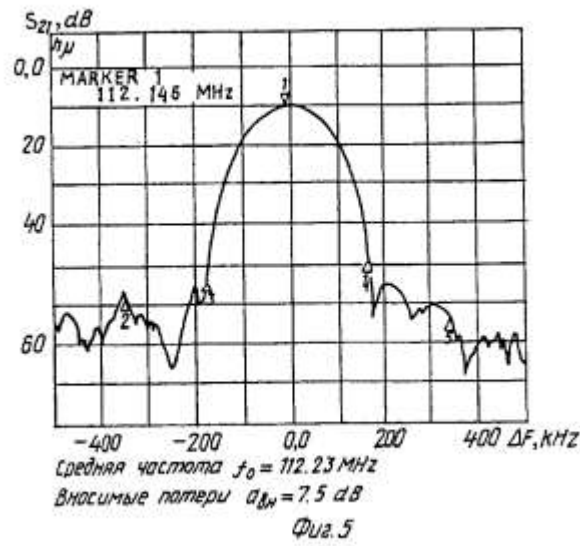
г. Возбуждение ПАВ (прямо)

Фиг. 3



Средняя частота $f_0 = 112.23 \text{ MHz}$
 Вносимые потери $\alpha_{BN} = 9.1 \text{ dB}$

Фиг. 4



Заказ *214* Подписное
 ВНИИПИ, Рег. ЛР № 040720
 113834, ГСП, Москва, Раушская наб., 4/5

121873, Москва, Бережковская наб., 24 стр. 2.
 Производственное предприятие «Патент»