



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(19) SU (11) 1835592 A1

(51)5 Н 03 Н 9/145

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ  
ВЕДОМСТВО СССР  
(ГОСПАТЕНТ СССР)

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4845834/22  
(22) 28.06.90  
(46) 23.08.93. Бюл. № 31  
(71) Московский научно-исследовательский институт радиосвязи  
(72) П.Г.Иванов, В.М.Макаров, В.М.Орлов и В.Б.Шаец  
(56) M.Zervis. Low loss SAN Devices Employing Single Stage Fabrication. Proc. 1983 Ultrasonics Symposium, p. 104-108.  
Патент ЕПВ  
№ 0140618, кл. Н 03 Н 9/145, 1984.  
(54) **ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ОДНОНАПРАВЛЕННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН**  
(57) Изобретение относится к радиоэлектронике и может быть использовано в устройствах частотной селекции сигналов систем связи и радиолокации. Целью является повышение воспроизводимости амплитудно-частотной характеристики и направленности излучения. Однонаправленный преобразователь поверхностных акустических волн (ПАВ) содержит пьезоэлектрический звукопровод, на рабочей поверхности которого размещена последовательность секций возбуждающих электродов, между

2

которыми со смещением на  $m \lambda_0/2 + \lambda_0/8$  в направлении распределения ПАВ, где  $m$  - целое число;  $\lambda_0$  - длина ПАВ на средней частоте преобразователя, размещены с пространственным периодом  $\lambda_0/2$  отражающие электроды. С целью повышения технологичности и уменьшения вносимых потерь на высоких частотах в каждой секции количество возбуждающих электродов выбрано равным трем, пассивные участки возбуждающих электродов выполнены из трех параллельных отрезков, продольные оси которых выбраны совпадающими с продольными осями совпадающих активных участков возбуждающих электродов. Причем ширины активных и пассивных участков возбуждающих электродов выбраны из соотношения  $b_a = \lambda_0/3$ , расстояние между продольными осями соседних возбуждающих электродов выбрано из соотношения  $L = 2 \lambda_0/3 - \lambda_c/2$ , где  $\lambda_c$  - длина ПАВ на частоте акустического синхронизма секции, м. Пространственный период размещения секций возбуждающих электродов выбран из соотношения  $L_p = n \lambda_0/2$ , где  $n = 5, 6, 7 \dots$  - номер рабочей ангармоники, 3 ил.

Изобретение относится к радиоэлектронике и может быть использовано в устройствах частотной селекции сигналов систем связи и радиолокации.

Целью изобретения является повышение воспроизводимости АЧХ и направленности излучения.

Поставленная цель достигается тем, что в ОНП ПАВ, содержащем пьезоэлектрический звукопровод, и расположенные на его

рабочей грани акустически последовательно секции возбуждающих электродов (ВЭ), между которыми с пространственным периодом  $\lambda_0/2$  размещены отражательные электроды (ОЭ), центры которых смещены относительно центра секции на величину  $\pm \lambda_0/8 + m \lambda_0/2$ , где  $\lambda_0$  - длина ПАВ на средней частоте ОНП;  $m$  - целое число.

Каждая секция ВЭ предлагаемого преобразователя выполнена из трех электро-

(19) SU (11) 1835592 A1

дов, а их пассивные участки выполнены из трех параллельных полосок, продольные оси которых совпадают с продольными осями соответствующих активных участков ВЭ, при этом ширина активных и пассивных участков ВЭ выбраны из соотношения

$$b_{\text{вв}} = \lambda_0 / 3, \quad (1)$$

Расстояние между продольными осями соседних ВЭ выбрано из условия

$$L_c = 2 \lambda_0 / 3 = \lambda_c / 2n, \quad (2)$$

где  $L_c$  - расстояние между продольными осями соседних ВЭ, м;

$\lambda_c$  - длина ПАВ на частоте акустического синхронизма секции ВЭ, м.

Пространственный период размещения секций ВЭ выбран из соотношения

$$L_p = n \lambda_0 / 2, \quad (3)$$

где  $n=5, 6, 7, \dots$  - номер рабочей ангармоники.

На фиг. 1 и фиг. 2 представлен ОНП ПАВ; на фиг. 3 - векторная диаграмма ПАВ, отраженных в пределах одной секции.

ОНП ПАВ содержит пьезоэлектрический звукопровод 1, первую 2 и вторую 3 противофазные суммирующие шины, объединяющие одноименные электроды, периодические с пространственным периодом  $L_p$  секции 4 возбуждающих электродов чередующейся полярности с активными 5 и пассивными 6 участками шириной  $\lambda_0 / 3$ , последние из трех полосок 7, той же ширины отражающие электроды в виде разомкнутых 8 и замкнутых 9 металлических полосок, либо канавок, выполненных на поверхности звукопровода.

Однонаправленный преобразователь ПАВ работает следующим образом. При подаче электрического сигнала каждая секция 4 противофазных электродов возбуждает ПАВ, распространяющиеся влево и вправо по поверхности пьезоэлектрического звукопровода 1.

Каждый электрод в секции 4 можно рассматривать как элементарный источник ПАВ, амплитуда которого пропорциональна взаимному перекрытию активных участков 5 соседних электродов, соединенных с суммирующими шинами 2 и 3. Спектральная же функция элементарного источника (или акустическая частотная характеристика электрода) описывается, например, для модифицированной модели  $\delta$ -источников в виде

$$A_{\text{эл}}(f) = 2 \sqrt{\Delta} \cdot \cos \left[ \frac{\pi \Omega n}{2} (\Delta - 1) \right], \quad (4)$$

где  $\Delta = f/f_c$  - относительная частота;

$f_c$  - частота акустического синхронизма ВШП в секции.

Поскольку расстояния между центрами соседних электродов в секции 4 выбраны одинаковыми из соотношения (2), т.е.  $L_c = 2 \lambda_0 / 3 = \lambda_0 / 2$ , то условие акустического синхронизма будет выполняться на частоте  $f_c = V / 2L_c = 2/3f_0$ , где  $f_0$  - средняя частота преобразователя;  $V$  - скорость ПАВ, и фазы соседних элементарных источников будут отличаться на  $\pi$ .

В свою очередь каждая секция 4 представляет собой ВШП с линейной фазой, содержащий  $N=1,5$  пар электродов, т.е. три элементарных источника ПАВ.

В соответствии со свойствами такого рода ВШП при одинаковом перекрытии электродов АЧХ секции будет:

$$A_c(f) = \sin[(N-0,5)2\pi \Gamma_c] \times \\ \times \frac{\sin(N \cdot 2\pi f T_c)}{\cos(2\pi f T_c/2)} = \sin(\pi \cdot \Delta) \times \\ \times \frac{\sin 3\pi/2 \Delta}{\cos \pi/2 \Delta}, \quad (5)$$

где  $T_c = \frac{1}{2f_c}$  - период дискретизации импульсной характеристики секции 4.

Поскольку секции 4 образуют периодическую последовательность с пространственным периодом  $L_p = n \lambda_0 / 2$ ,  $n=5, 6, 7, \dots, m$  - целое число, а взаимное перекрытие электродов и полярность секций 4 определяются алгебраическими значениями весовых коэффициентов, соответствующих заданной АЧХ преобразователя на частоте каждой ангармоники, удовлетворяющей условию  $L_c = 2 \lambda_0 / 3 = \lambda_c / 2$ , (3), появляются отклики и АЧХ преобразователя, например, с постоянным перекрытием электродов внутри отдельной секции, описывается уравнением

$$A(f) = A_{\text{эл}}(f) A_c(f) \sum_{k=1}^K h_k \cdot e^{-ikT_p \Omega}, \quad (6)$$

где  $k=1, 2, 3, \dots$ ;

$K$  - текущий номер секции 4;

$h_k$  - весовой коэффициент секции;

$T_p = L_p / V$  - период дискретизации импульсной характеристики преобразователя;

$L_p$  - пространственный период размещения секций 4;

$\Omega = 2\pi(f-f_0)$  - расстройка по частоте.

Средняя частота  $f_0$  преобразователя может быть выбрана совпадающей с частотой любой из ангармоник. С точки зрения эффективности возбуждения ПАВ и следовательно с точки зрения обеспечения минимальных потерь при работе на высоких частотах, предпочтительной является работа на ангармонике  $n=5$ .

При определенном числе возбуждаемых электродов в секции, например, трех, в устройстве-прототипе и предлагаемом ОНП для последнего удельные эффективность и направленность излучения (на длину волны) выше, так как в первом случае протяженность элементарной секции составляет  $3\lambda_0$ , а во втором —  $2,5\lambda_0$ .

При увеличении  $n$  в соотношении  $L_p = m\lambda_0/3$  до 6. Протяженности элементарных секций в известном и предложенном решениях одинаковые и составляют  $3\lambda_0$ , однако в секции предлагаемого ОНП количество отражающих электродов вдвое больше, что способствует увеличению направленности излучения и снижению потерь. Максимальное количество отражателей в промежутке между секциями составляет  $(n-4)$ .

Таким образом, выбор расстояний между секциями и между электродами из соотношений (2), (3) обеспечивает рост эффективности возбуждения и направленности излучения ПАВ на высоких частотах, что приводит к уменьшению вносимых потерь.

Поскольку пространственный период отражения электродов 8, 9 выбран кратным половине длины ПАВ на средней частоте  $f_0$  ОНП, то волны, отраженные от каждой из этих электродов, складываются между собой в фазе.

Благодаря же размещению решетки из отражающих электродов 8, 9 между соседними секциями ВЭ со смещением относительно центра секции, совпадающего с центром возбуждения, на величину

$$\Delta x = m\lambda_0/2 \pm \lambda_0/8,$$

где  $m$  — целое число, в предлагаемом ОНП обеспечивается преимущественно направленное излучение ПАВ из-за синфазного в прямом и противофазного в обратном направлении сложения возбужденных и отраженных волн.

При этом отражающие электроды 8, 9 могут быть выполнены из разомкнутых металлических полосок, например, шириной  $\lambda_0/4$  (в этом случае  $\Delta x = m\lambda_0/2 - \lambda_0/8$ , (фиг. 1), замкнутых (в этом случае  $\Delta x = m\lambda_0/2 + \lambda_0/8$ ) или комбинированных металлических полосок (фиг. 2), взвешенных по

длине, ширине, толщине, глубине с целью обеспечения заданного коэффициента отражения и АЧХ ОНП в целом.

Направленность излучения предлагаемого ОНП выше, чем у известных ОНП с внутренними отражателями, поскольку максимальное количество отражателей, которое можно разместить на одну длину волны без ущерба эффективности возбуждения, в предлагаемом ОНП больше. Указанное свойство позволяет при использовании предлагаемого ОНП либо уменьшить вносимые потери при заданной полосе пропускания, либо расширить диапазон реализуемых полос пропускания при заданной величине потерь.

Выбор ширины активных 5 и пассивных 6 участков электродов  $b = \lambda_0/3$ , размещение их на одной продольной оси и выбор расстояния между их продольными осями из соотношения  $L_c = 2\lambda_0/3$  позволяет обеспечить компенсацию ПАВ, не только от одноименных краев активных участков электродов, но и от краев пассивных участков электродов (фиг. 3), что обеспечивает повышение воспроизводимости АЧХ.

Действительно, в предлагаемом случае между ПАВ, отраженными от одноименных краев А, В, С, а также краев А, В, С, как активных 5, так и пассивных участков электродов внутри каждой секции, фазовый сдвиг составляет  $240^\circ$  и следовательно суммарная амплитуда ПАВ, отраженной от отдельной секции 4, равна нулю на средней частоте  $f_0 - f_2$  (фиг. 3).

Благодаря отсутствию паразитного взаимодействия ПАВ, отраженных от краев возбуждающих электродов, и ПАВ, отраженных от полосок 8, 9, также повышается направленность излучения и снижаются вносимые потери.

Таким образом использование предлагаемого ОНП позволяет обеспечить достижение цели изобретения — повышение воспроизводимости АЧХ и направленности излучения.

С целью формирования заданной АЧХ в предлагаемом ОНП могут быть использованы различные методы взвешивания как возбуждающих, так и отражающих электродов путем изменения их длины, ширины, селективного удаления и т.д.

В качестве примера исполнения была изготовлена тестовая конструкция фильтра на ПАВ, содержащая звукопровод из кварца ST-среза размером  $15 \times 6 \times 1$  мм, на рабочей поверхности которого размещались высокочастотный ОНП ПАВ предлагаемой конструкции с амплитудой аподизации секций

(взвешивание перекрытия электродов) и два контрольных преобразователя по противоположным сторонам от ОНП. Число секций в ОНП составило 153. В каждом интервале между секциями размещался один отражательный элемент. Период секций составлял 36 мкм ( $3\lambda_0$ ), ширина активных электродов и зазоров между ними 4 мкм, ширина изолированных отражателей 3 мкм, апертюра преобразователя 400 мкм.

Параметры преобразователя следующие:

Средняя частота 262,5 МГц

Полоса пропускания по уровню -3 дБ 0,9 МГц

Экспериментальная однонаправленность 12 дБ

Расчетная однонаправленность 38 дБ.

#### Формула изобретения

Высокочастотный однонаправленный преобразователь поверхностных акустических волн (ПАВ), содержащий пьезоэлектрический звукопровод и расположенные на его рабочей грани акустически последовательно секции возбуждающих электродов, между которыми с пространственным периодом  $\lambda_0/2$  размещены отражающие электроды, центры которых смещены относительно центров секций возбуждающих электродов на величину  $\pm\lambda_0/8 + m\lambda_0/2$ , где  $\lambda_0$  - длина ПАВ на средней частоте однонаправленного преобразователя,  $m$  - целое

число, отличающийся тем, что, с целью повышения воспроизводимости амплитудно-частотной характеристики и направленности излучения, в нем каждая секция возбуждающих электродов выполнена из трех возбуждающих электродов, а их пассивные участки выполнены из трех параллельных полосок, продольные оси которых совпадают с продольными осями соответствующих активных участков возбуждающих электродов, причем ширина активных и пассивных участков возбуждающих электродов выбраны из выражения

$$b_B = \lambda_0/3,$$

где  $b_B$  - ширина активных и пассивных участков возбуждающих электродов,  $m$  - расстояние между продольными осями соседних возбуждающих электродов выбрано из условия

$$L_C = 2\lambda_0/3 = \lambda_C/2,$$

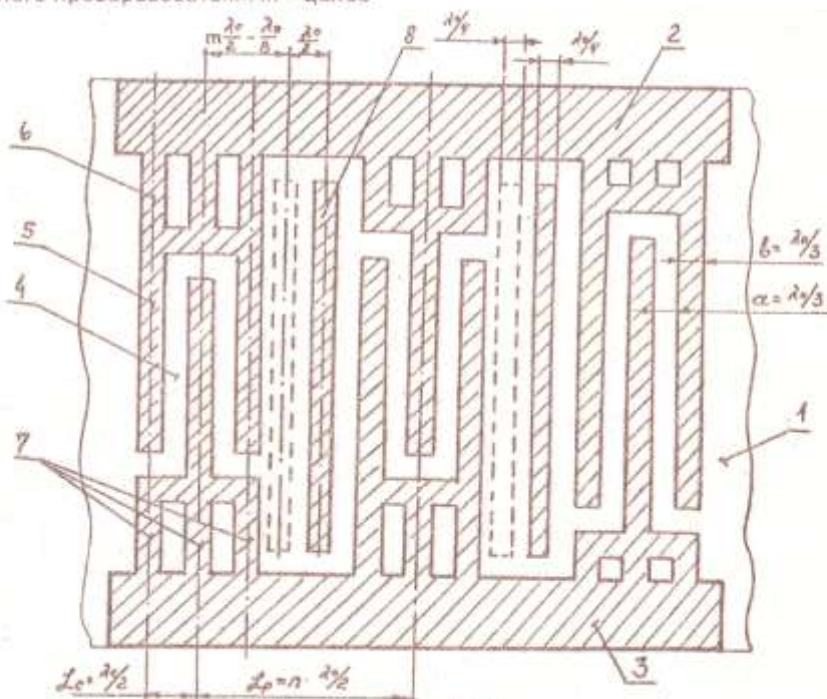
где  $L_C$  - расстояние между продольными осями соседних возбуждающих электродов,  $m$ ;

$\lambda_0$  - длина ПАВ на частоте акустического синхронизма секций возбуждающих электродов,  $m$ .

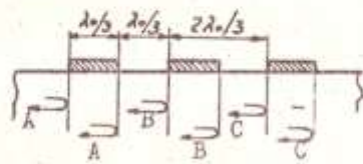
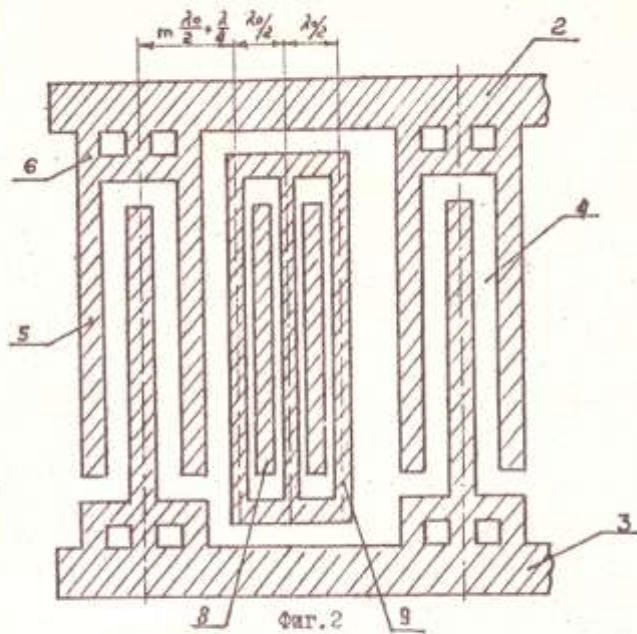
а пространственный период  $L_C$  размещения секций возбуждающих электродов выбран из условия:

$$L_P = n\lambda_0/2,$$

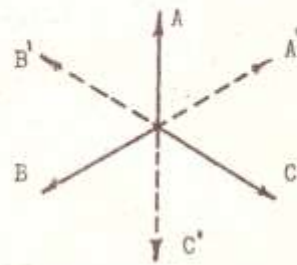
где  $n=5, 6, 7 \dots$  - номер рабочей ангармоники;



Фиг. I



Фиг. 3



Редактор  
 Составитель В. Орлов  
 Техред М.Моргентал  
 Корректор М. Андрушенко

---

Заказ 2985  
 ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

---

Тираж  
 Подписное

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101