

КОНВОЛЬВЕР НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ НА БАЗЕ ВСТРЕЧНО-ШТЫРЕВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ЕМКОСТНЫМ ВЗВЕШИВАНИЕМ ЭЛЕКТРОДОВ

© С.В.Боритко, В.И.Григорьевский,
А.М.Кмита, А.М.Нусафи

Сообщается о новом методе конструирования конвольверов на поверхностных акустических волнах (ПАВ), в котором для возбуждения опорной и сигнальной ПАВ используются встречно-штыревые преобразователи с емкостным взвешиванием электродов. Улучшение технических характеристик конвольвера достигается за счет того, что такие преобразователи генерируют ПАВ с равномерным распределением энергии по апертуре акустического луча и сводят к минимальной величине дифракционные эффекты.

В известных конструкциях конвольверов на поверхностных акустических волнах (ПАВ) для формирования необходимых амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) опорного и сигнального входов используются аподизованные встречно-штыревые преобразователи (ВШП). Однако такие ВШП генерируют ПАВ с неравномерным распределением акустической энергии по апертуре акустического луча [1]. В известных конструкциях ПАВ конвольверов этот эффект сглаживается введением между ВШП и интегрирующим электродом дополнительного элемента, выравнивающего фронт ПАВ [2]. Однако фазовые ошибки в данных конструкциях велики и составляют $\sim 20^\circ$ и более. Это приводит к сильным искажениям при обработке фазомодулированных кодов, перспективных, например, для использования в системах сотовой телефонной связи.

Ряд трудностей, связанных с созданием широкополосных устройств корреляционной обработки сигналов, по-видимому, можно преодолеть, используя на входах ВШП с емкостным взвешиванием электродов [3,4].

Были проведены исследования вырожденного конвольвера на акустической нелинейности, выполненного на кристаллах $YZ-LiNbO_3$ с длиной интегрирующего электрода, соответствовавшей времени интегрирования 20 мкс, и с относительной полосой пропускания 36% при центральной рабочей частоте устройства 96 МГц. Конструкция конвольвера изображена на рис. 1. Для возбуждения ПАВ на сигнальном и опорном входах устройства использовались дисперсионные ВШП с емкостным взвешиванием электродов,

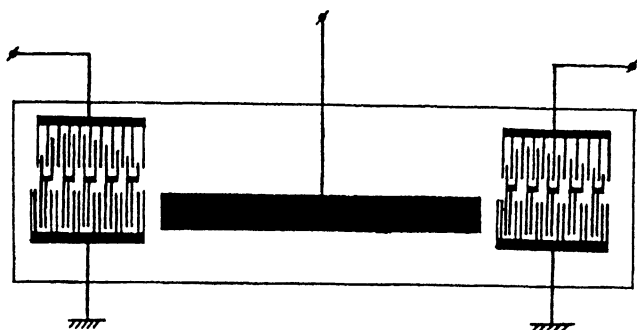


Рис. 1. Конфигурация ПАВ конвольвера с ВШП с емкостным взвешиванием электродов.

причем ВШП опорного и сигнального входов были одинаковыми и идентичным образом расположены, т.е. соответствовали параллельному переносу топологии одного из преобразователей по другую сторону интегрирующего электрода. ВШП имели основной ряд электродов, содержащий 181 расщепленный электрод. Все электроды в основном ряду имели одинаковые перекрытия, равные 2500 мкм, а расстояние между соседними электродами изменялось в соответствии с нужным законом дисперсии, чтобы перекрыть заданную полосу пропускания. Амплитудное взвешивание интенсивности возбуждения ПАВ в каждой паре перекрывающихся электродов основного ряда достигалось изменением перекрытия соответствующих электродов в дополнительном ряду. Дополнительный ряд содержал нерасщепленные электроды, и локальный период электродов в дополнительном ряду по этой причине был вдвое меньше, чем у соответствующих электродов основного ряда. При таком варианте топологии собственные частоты акустического синхронизма в дополнительном ряду равнялись удвоенным частотам локального акустического синхронизма соответствующих пар электродов основного ряда, и вся область генерации ПАВ дополнительным рядом находилась вне рабочей полосы конвольвера. В акустический канал дополнительного ряда наносилось поглощающее покрытие из фоторезиста. Таким образом дополнительный ряд выполнял роль чисто емкостного делителя для соответствующих электродов основного ряда и не оказывал влияния на формируемую в основном ряду АЧХ преобразователя. Таким образом достигалось взвешивание амплитуд ПАВ, генерируемых в основном ряду ВШП в рабочей полосе устройства при равномерном распределении акустической энергии по аперту-

ре звукового луча. Постоянство перекрытия всех пар электродов основного ряда обуславливало также и минимальную величину дифракционных эффектов.

Положение электродов в дополнительном ряду определялось в соответствии с [5]

$$l_n = \frac{(f_0 - \Delta f/2)\tau}{\Delta f} \left(\sqrt{1 + \frac{(n-1)\Delta f}{(f_0 - \Delta f/2)^2}} - 1 \right).$$

Причем весовые коэффициенты $a(t_n)$ и величина перекрытия l_n равнялись

$$a(t_n) = (f_n/f_{n \max})^{-3/2}, \quad l_n = l_0 \left[a(t_n)/(2 - a(t_n)) \right],$$

где l_0 — максимальное перекрытие электродов в дополнительном ряду. При n , меняющейся от 1 до $N = 2f_0\tau + 1$, t_n меняется от 0 до τ . Здесь f_0 — центральная частота преобразователя, Δf — его полоса пропускания, τ — величина дисперсии в ВШП — длительность его импульсного отклика, а N — полное число электродов в преобразователе. Для уменьшения осцилляций Гиббса определенное количество электродов на краях преобразователя взвешивалось по функции $\cos^2 x$.

Основные результаты расчетов АЧХ преобразователей сводятся к следующему: первое — с увеличением τ уменьшаются осцилляции АЧХ в полосе пропускания; второе — осцилляции в полосе пропускания уменьшаются также с увеличением числа электродов N_1 и N_2 , взвешенных на краях преобразователя по функции $\cos^2 x$, однако с увеличением N_1 и N_2 уменьшается прямоугльность АЧХ; третье — изменяя показатель степени в выражении для $a(t_n)$, можно в достаточно широких пределах изменять наклон АЧХ преобразователя в полосе пропускания и тем самым регулировать и форму выходной АЧХ конвольвера.

На рис. 2 приведены АЧХ устройства при измерениях в режиме линии задержки, когда сигнал подавался на один из входов конвольвера и снимался с другого входа (кривая 1), АЧХ конвольвера (кривая 2) и отклонения фазы сигнала от линейного закона (кривая 3). Вносимые потери каждого из ВШП составляли 13 дБ. Выходной сигнал свертки подавался на предварительный усилитель с высоким входным импедансом, АЧХ которого в полосе удвоенных частот входных сигналов, соответствующих полосам пропускания ВШП, имела плоскую вершину с неравномерностью ± 1 дБ. В области рабочих частот ВШП усилитель имел подавление сигнала ≈ 40 дБ, что позволило ослабить прямое прохождение сигнала на выход устройства (наводку) и провести

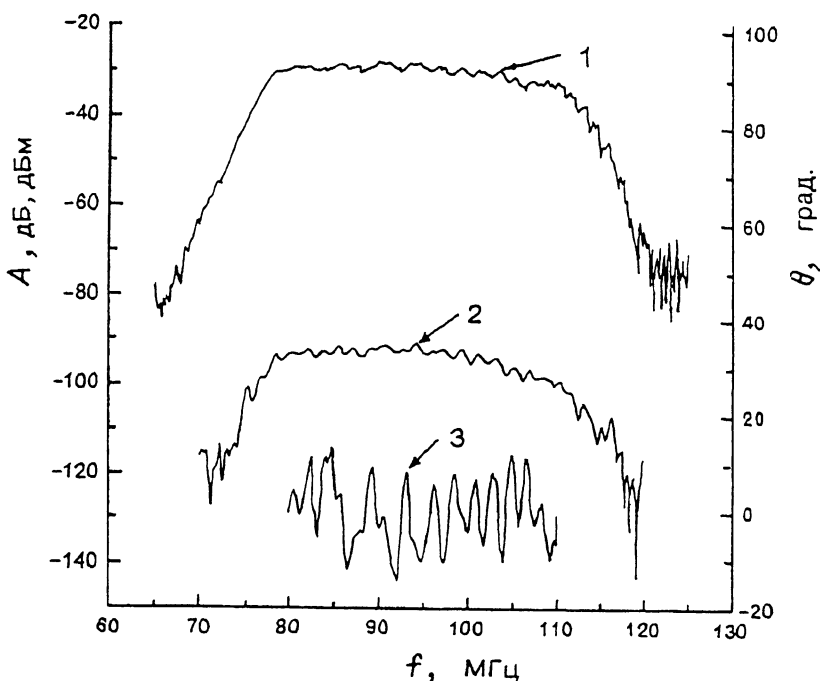


Рис. 2. Частотные характеристики конвольвера:

1 — вносимые потери в режиме линии задержки (A , дБ); 2 — внешние вносимые потери конвольвера (A , дБм); 3 — отклонение фазы выходного сигнала конвольвера (Θ) от линейной зависимости.

измерения в непрерывном режиме при подаче на входы синусоидальных сигналов от синтезатора частот, индикации АЧХ и ФЧХ и с последующей компьютерной обработкой. Выходной сигнал свертки на удвоенной частоте входных сигналов примерно повторял форму АЧХ устройства при включении его как линии задержки (рис. 2), а амплитудные и фазовые риплы выходного сигнала не превышали ± 1 дБ и $\pm 5^\circ$ соответственно. Динамический диапазон конвольвера при измерениях в режиме непрерывных синусоидальных сигналов составлял 25 дБ вследствие влияния свертки отраженного от ВШП сигнала [2]. Такая же величина свертки отраженного сигнала была получена и при измерениях в импульсном режиме и соответствовала измеренному уровню трехпролетного сигнала при включении устройства как линии задержки. Внешние вносимые потери в исследованном конвольвере составляли 90 дБм.

Таким образом, проведенные исследования подтверждают возможность формирования с помощью дисперсионных

ВШП с емкостным взвешиванием электродов АЧХ прямоугольной формы сигнала свертки конвольвера со сравнительно малыми отклонениями ФЧХ от линейного закона.

Авторы благодарны проф. В.В. Проклову за многочисленные полезные обсуждения работы и ряд ценных замечаний, а также Европейской Комиссии за поддержку данной работы в рамках проекта СОР 959.

Список литературы

- [1] *Кайно Г.* Акустические волны — устройства, визуализация и аналоговая обработка сигналов. М.: Мир, 1990. 489 с.
- [2] *Морган Д.* Устройства обработки сигналов на поверхностных акустических волнах. М.: Мир, 1990, 416 с.
- [3] *Гуляев Ю.В., Кмита А.М., Багдасарян А.С.* // Письма в ЖТФ. 1979. Т. 5. № 1. С. 697-701.
- [4] *Никитин И.П.* // Радиотехника и электроника. 1985. Т. 30. № 4. С. 671-677.
- [5] *Smith W.R., Gerard H.M., Jones W.R.* // IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech. 1972. V. MTT-20. N 7. P. 458-477.

Институт радиотехники
и электроники РАН
Москва

Поступило в Редакцию
25 мая 1996 г.