

*Ю.Н.БОРОДИЙ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,  
А.С.ГРИБАНОВ, асп., А.П.ЗАПУННЫЙ, ст. науч. сотр.,  
А.В.КОЛОМЕЙКО, канд. техн. наук, науч. сотр.,  
В.П.ПОГРЕБНЯК, канд. техн. наук, проф.*

### **ИНТЕГРАЛЬНЫЙ МЕТОД СЕЛЕКТИВНОГО УДАЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ПАВ**

Предложен алгоритм расстановки сигнальных электродов во встречно-штыревых преобразователях поверхностных акустических волн, взвешенных методом селективного удаления источников.

Для получения требуемых частотных характеристик и повышения избирательности фильтров на поверхностных акустических волнах (ПАВ) применяются различные конструкции встречно-штыревых преобразователей (ВШП) ПАВ [1]. Определенными преимуществами среди методов взвешивания, не изменяющих степени перекрытия между разнополярными электродами, отличается метод селективного удаления источников ПАВ.

Методика такого взвешивания представляет собой выборочное удаление некоторых источников ПАВ из исходного неаподизованного ВШП при смене полярностей электродов.

Имеется два основных способа такого исключения источников. Один из них [2] основан на синтезе непосредственно амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) преобразователя. Для этого производится анализ АЧХ всех возможных структур при различных вариантах удаления источников. Основным недостатком такого подхода является его применимость только к широкополосным устройствам (с шириной полосы свыше 10%).

Другой подход [3,4] основан на алгоритмах, оценивающих полученную структуру ВШП по близости ее реальной временной характеристики к расчетному импульсному отклику. Заметим, что алгоритмы синтеза импульсных характеристик разработаны достаточно хорошо [5], и в данной работе мы не будем останавливаться на этом этапе. Для осуществления этого подхода исходный неаподизованный преобразователь разбивается на группы, формирующие весовые коэффициенты. Группа, в которой удалено большее число источников, формирует минимальный вес; группа, в которой оставлены все источники, формирует вес максимальный. Временная характеристика такого устройства является приближением к требуемой импульсной характеристике, поскольку изменение весовых коэффициентов происходит скачкообразно, что сказывается при синтезе преобразователей с шириной полосы пропускания свыше 1%.

К этому направлению относятся и предлагаемый интегральный метод селективного удаления источников ПАВ, который может использоваться для узко- и среднеполосных преобразователей (с шириной полосы до 10%) с плавными функциями взвешивания (например, Кайзера, Гаусса или Хэмминга). Суть данного метода состоит в том, что дискретный вес определяется не количеством сигнальных электродов, усредняемых на интервале конечной длины, а длиной интервала, на котором расположен один сигнальный электрод.

Алгоритм расстановки сигнальных электродов на примере двух-источникового ВШП, взвешенного функцией Хэмминга, выглядит следующим образом.

Число сигнальных электродов, остающихся после селективного удаления источников, определяется интегрированием функции импульсного отклика:

$$N_{\text{ост}} = \int_{-N/2}^{N/2} \left[ k + (1 - k) \cos^2 \frac{\pi n}{2N} \right] dn = N \left[ k + \frac{1 - k}{2} \right],$$

где  $N_{\text{ост}}$  — количество сигнальных электродов во взвешенном ВШП;  $k$  — пьедестал функции Хэмминга;  $n$  — текущий номер электрода;  $N$  — протяженность исходного невзвешенного ВШП.

Подынтегральная площадь определяет взаимосвязь между протяженностью невзвешенного и количеством сигнальных электродов взвешенного ВШП. Например, для пьедестала  $k = 0,08$  количество сигнальных электродов в ВШП  $N_{\text{ост}} = 54$  при протяженности исходного ВШП  $N = 100$  длин ПАВ.

Размещение сигнальных электродов по всей протяженности ВШП начинается с максимального веса функции взвешивания, которому чаще всего соответствует центральный период ВШП. Для этого вся протяженность ВШП разбивается на интервалы дискретизации, каждый из которых содержит только один сигнальный электрод. Протяженность интервалов определяется таким интегрированием функции взвешивания, при котором соблюдается равенство подынтегральных площадей на длине каждого интервала, т.е.

$$\int h_0(t) dt \approx \text{const},$$

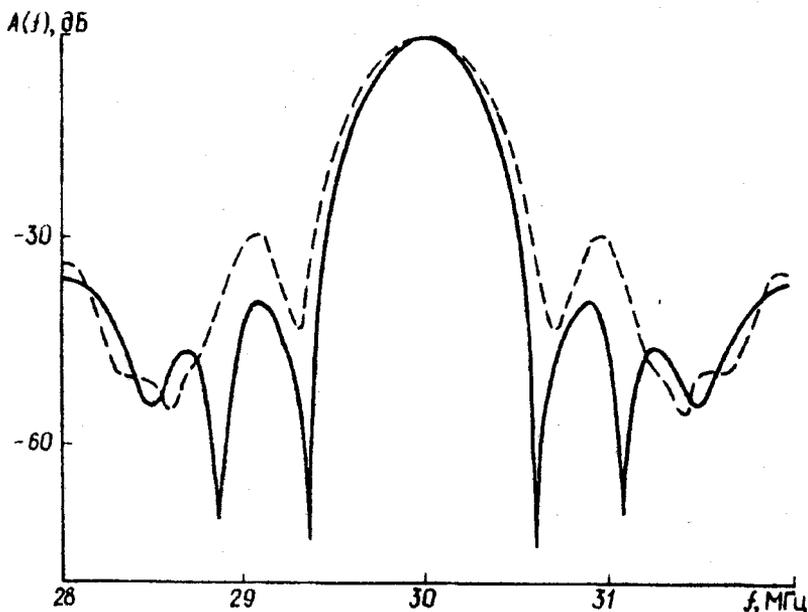
где  $h_0(t)$  — функция взвешивания.

Если принять равенство указанных площадей единице (максимальному весу оконной функции), то центральный интервал будет состоять из одного периода ВШП с весом  $k = 1$ , а крайние — содержать несколько периодов с общей подынтегральной площадью, равной единице.

Особо необходимо отметить, что следующие за центральным периоды ВШП будут иметь веса, например, 0,99; 0,98; 0,97 и т.д., которые округляются до единицы. Расчет на ЭВМ позволяет не только учесть

вать возникающую ошибку и осуществлять коррекцию веса последующего периода с учетом накопленной ошибки, но и в зависимости от синтеза конкретного ВШП использовать по определенному алгоритму такую ошибку в расчете протяженности усредненного интервала интегрирования.

Описанная выше методика селективного удаления источников ПАВ обеспечивает лучшее подавление боковых лепестков АЧХ в бли-



жайшей к главному лепестку окрестности. На рисунке показаны расчетные АЧХ преобразователя, синтезированного по предложенной методике (сплошная линия), и преобразователя, синтезированного по традиционной методике (штриховая линия) со следующими параметрами: центральная частота  $f = 30$  МГц; протяженность  $l = 100$  длин ПАВ; пьедестал функции Хэмминга  $k = 0,08$ .

По предложенной методике были синтезированы макетные образцы фильтров, продемонстрировавшие хорошее соответствие расчетных и экспериментальных характеристик. Например, для фильтра, состоящего из описанного преобразователя и невзвешенного ( $N = 10$  длин ПАВ), подавление первого бокового лепестка составило  $-34$  дБ.

Описанный алгоритм расстановки сигнальных электродов можно применить с некоторой корректировкой и в синтезе ВШП методом переверота фазы, что открывает возможность использования не только

плавных функций взвешивания, но и функций с составляющей  $\text{sinc}(x)$ , обеспечивающих прямоугольность АЧХ.

#### Список использованной литературы

1. Орлов В.С., Бондаренко В.С. Фильтры на поверхностных акустических волнах. М., 1984. 272 с.
2. Бауск Е.В., Долгушев П.В. Селективное удаление штырей в широкополосных преобразователях ПАВ // Радиотехника и электроника. 1986. Т.31, №4. С.1673—1675.
3. Данилов Ф.Л., Иванов П.Г., Лисин А.В. Разработка фильтров с взвешенными удалением электродов преобразователями // Тр. Моск. энергетич. ин-та, 1982. №2. С.92—101.
4. Hartmann C.S., Weighting interdigital surface wave transducers by selective withdrawal of electrodes // Proc. IEEE Ultrason. Symp. 1973. P.423—426.
5. Slobodnik A.J., Szabo Jr. T.L., Laker K.R. Miniature surface-acoustic wave filters // Proc. of the IEEE. 1979, V.67, №1. P.147—166.

Поступила в редколлегию 19. 02. 92

УДК 621.758.002

Ю. Ф. ЗИНЬКОВСКИЙ, *д-р. техн. наук, проф.*,  
В. Г. КЛИМЕНКО, *канд. техн. наук, доц.*

#### РАСЧЕТ ВОЛНОВЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ПОМЕХ ПРИ ЭКРАНИРОВАНИИ

Для повышения практической значимости выполняемых при экранировании расчетов предложена не содержащая упрощающих допущений методика определения волновых сопротивлений, основанная на отыскании ближних полей электрических и магнитных излучателей в зависимости от характеристических постоянных сред их расположения.

Наиболее известными методами расчета целевых показателей экранирования являются электродинамический и волновой. В основу электродинамического метода положен классический аппарат уравнений Максвелла, применяемый для моделирования процессов в средах излучения и распространения полей (при допущении однородности и изотропности их свойств), а также в экранах. Волновой метод основан на рассмотрении явлений и процессов взаимодействия падающих, отраженных и преломленных волн на границах резко неоднородных сред распространения полей и металлических материалов экранов посредством традиционного аппарата моделирования волн (законов Снеллиуса, коэффициентов Френеля и др.).

Для любой модели экранирования (сплошного, электромагнитного, магнитоэлектрического, электростатического) важными факторами, определяющими показатели экранирования, являются степени несоответствия волновых сопротивлений  $Z_w$  экранируемых источников и характеристических сопротивлений металлических материалов экранов  $Z_э$ .

© Ю. Ф. Зиньковский, В. Г. Клименко, 1993