

# Балансные резонаторные ПАВ-фильтры с малыми потерями и преобразованием импедансов

Сергей Доберштейн (Омск)

В статье представлен новый тип самосогласованных балансных ПАВ-фильтров с малыми потерями и преобразованием импедансов на основе продольно-связанных резонаторов на срезе УХ/42° LiTaO<sub>3</sub>. Такие фильтры позволяют исключить из радиоэлектронной схемы громоздкие балансные трансформаторы и согласующие элементы. Представленные балансные ПАВ-фильтры с преобразованием импедансов, например, во входных каскадах УКВ-радиостанций обеспечивают согласование низкоомной антенны с высокоомным двойным балансным смесителем, а также эффективно подавляют сигналы зеркального канала и гетеродина.

Уменьшение вносимых потерь в фильтрах на поверхностных акустических волнах (ПАВ) и расширение их функциональных возможностей, таких как работа в балансном режиме, преобразование импедансов, са-

мосогласование с одновременным выполнением заданной избирательности, отвечает новейшим мировым тенденциям развития техники ПАВ [1]. В статье представлен новый тип самосогласованных балансных ПАВ-

фильтров с малыми потерями и преобразованием импедансов на основе продольно-связанных резонаторов на срезе УХ/42° LiTaO<sub>3</sub> [2, 3]. Такие фильтры позволяют исключить из радиоэлектронной схемы громоздкие балансные трансформаторы и согласующие элементы (рис. 1). Фильтры реализуются по трёхпреобразовательной схеме с отражательными решётками (ОР) (рис. 2а). Три встречно-штыревых преобразователя (ВШП) размещены между двумя ОР с закороченными электродами. Расстояние между ОР выбирается из условия возбуждения стоячих волн в резонаторной полости. ВШП размещаются в резонаторной полости таким образом, чтобы их центры совпадали с пучностями стоячих волн для обеспечения минимума вносимых потерь или максимума добротности резонатора. Балансный режим осуществляется за счёт симметричного подключения центрального и боковых ВШП к нагрузкам. Преобразование импедансов

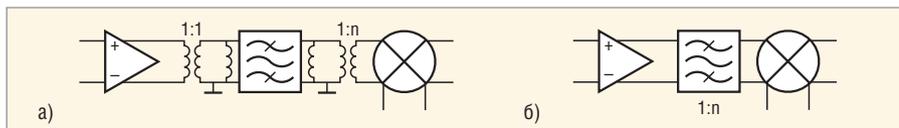


Рис. 1. Сравнение обычного ПАВ-фильтра (а) и самосогласованного балансного ПАВ-фильтра с преобразованием импедансов (б)

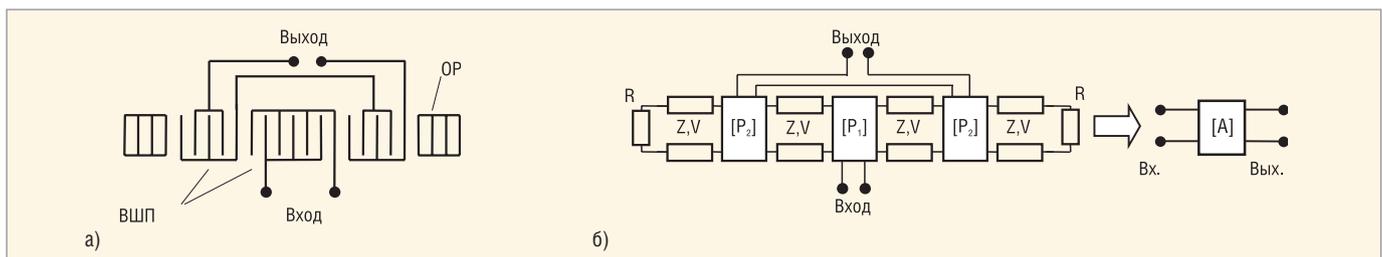


Рис. 2. Балансный резонаторный ПАВ-фильтр с преобразованием импедансов (а) и его эквивалентная схема (б)

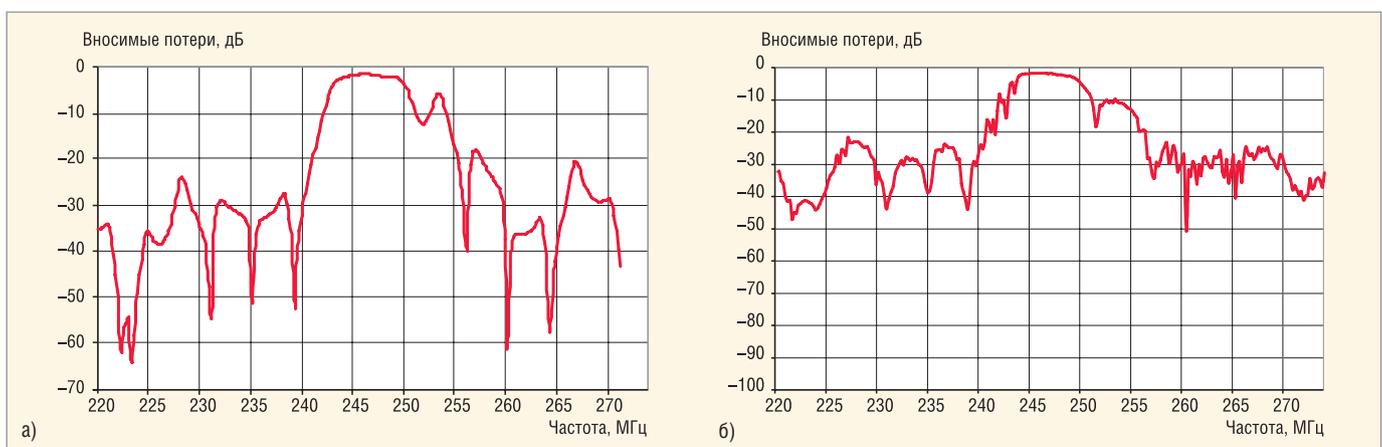


Рис. 3. Расчётная (а) и измеренная (б) АЧХ балансного резонаторного ПАВ-фильтра на частоту 246 МГц

со входа на выход достигается последовательным соединением боковых ВШП. Самосогласование обеспечивается за счёт компенсации статической ёмкости ВШП реактивной проводимостью излучения ПАВ в полосе пропускания за счёт выбора оптимального количества электродов во входных и выходных ВШП. Конструктивно-топологическая оптимизация фильтров проводилась с использованием компьютерного моделирования по модели эквивалентных схем (рис. 2б). Здесь  $[P_1]$  – матрица смешанных параметров входного ВШП,  $[P_2]$  – матрица смешанных параметров выходных ВШП,  $Z$  – характеристический импеданс среды между ВШП,  $V$  – скорость ПАВ,  $R = (1 - \Gamma)/(1 + \Gamma)$  – эквивалентный импеданс ОР,  $\Gamma$  – коэффициент отражения ОР. Известное представление ПАВ-фильтров в виде модели Р-матриц смешанных параметров используется для преобразования исходных восьмиполосников или шестиполосников, эквивалентных элементам акустического и электрических трактов в линейный четырёхполосник – А-матрицу (рис. 2б). При этом амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) фильтра рассчитывалась по известным выражениям для А-матрицы четырёхполосника, что сократило трудоёмкость расчётов и обеспечило их высокую достоверность.

На основе проведённых теоретических расчётов была разработана программа расчёта трёхпреобразовательного резонаторного ПАВ-фильтра. Входными данными для программы являются параметры пьезоподложки, топологии фильтра и входных/выходных нагрузок.

На рис. 3 показаны смоделированная (а) и экспериментальная (б) АЧХ после нескольких расчётных и технологических итераций для самосогласованного трёхпреобразовательного резонаторного балансного ПАВ-фильтра на центральную частоту 246,78 МГц и с относительной полосой пропускания 2,5%. Фильтр обеспечил вносимые потери менее 2 дБ, затухание в полосе задерживания около 20 дБ при отстройках  $\pm 5\%$  от центральной частоты, преобразование импедансов 50...150 Ом со входа на выход. Как видно из представленных рисунков, получено хорошее совпадение между расчётными и экспериментальными данными.

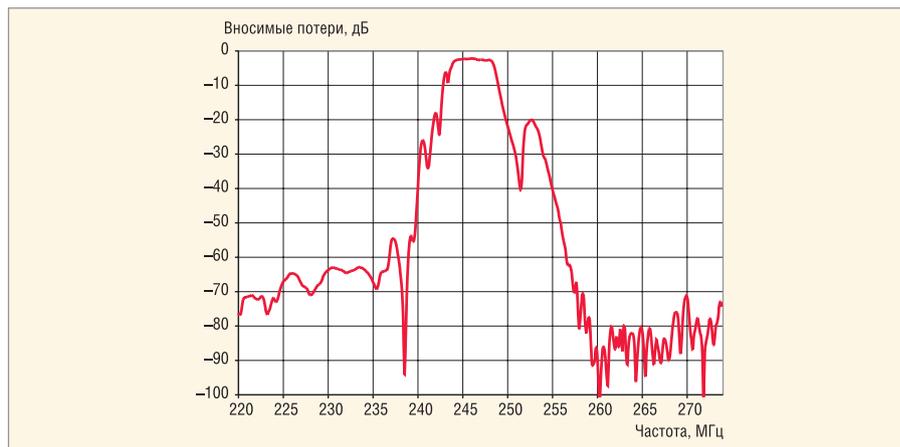


Рис. 4. АЧХ каскадного балансного резонаторного ПАВ-фильтра на частоту 246 МГц

Для увеличения избирательности фильтров предлагается использовать либо фазовое взвешивание во входном ВШП трёхпреобразовательного фильтра, либо каскадное включение двух фильтров.

На рис. 4 приведена АЧХ фильтра с фазовым взвешиванием в каскаде включении. Межкаскадное соединение осуществлялось через центральные ВШП с фазовым взвешиванием. Фильтр обеспечил вносимые потери менее 3 дБ, относительную полосу пропускания 1,7% и затухание в полосе задерживания при отстройках  $\pm 5\%$  от центральной частоты более 50 дБ.

Фильтры выполнялись в SMD-корпусах ( $5 \times 5 \times 1,35$  мм). Современные балансные ПАВ-фильтры с преобразованием импедансов, например, во

входных каскадах УКВ-радиостанций обеспечивают согласование низкоомной антенны с высокоомным двойным балансным смесителем, а также эффективно подавляют сигналы зеркального канала и гетеродина.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Meier H., Baier T., Riba G. Miniaturization and Advanced Functionalities of SAW Devices. Proc. IEEE Ultrasonics. Symp. 2000. PP. 395–401.
2. Morita T., Watanabe Y., Tanaka M. and Nakazawa Y. Wideband low loss double mode SAW filters. Proc. IEEE Ultrasonics Symp. 1992. PP. 95–104.
3. Doberstein S.A. Balanced Low-Loss Longitudinally-Coupled Double-Mode Resonator SAW Filters with Impedance Conversion. Proc. IEEE Freq. Control Symp. 2008. PP. 199–203.

