



# Малошумящие высокочастотные генераторы на ПАВ

Дмитрий Астапенко, Алексей Ложников (г. Омск)

В статье рассмотрены вопросы реализации генераторов частот от 100 до 2000 МГц с использованием резонаторов и фильтров на поверхностных акустических волнах (ПАВ), а также представлены графики фазовых шумов.

Наряду с увеличением стабильности, основными тенденциями развития устройств генерации сигналов являются увеличение рабочих частот и уменьшение фазовых шумов и габаритных размеров. Частым требованием для генераторов в диапазоне частот от 100 до 2000 МГц является обеспечение низкого уровня спектральной плотности мощности фазовых шумов (СПМФШ) (-145... -135 дБ/Гц при отстройке 10 кГц и -170 дБ/Гц при отстройках выше

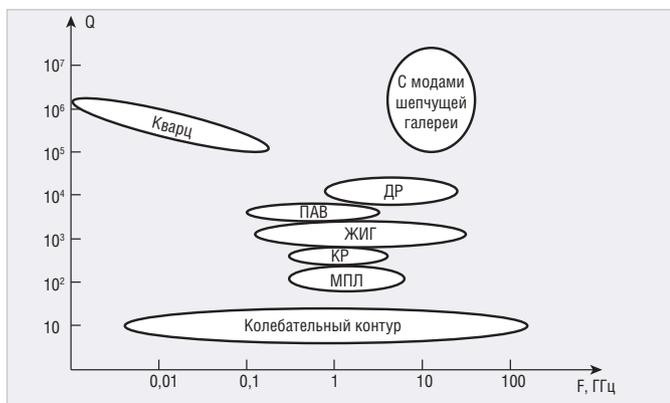
1 МГц) и малого джиттера (менее 100 фс).

Из рисунка 1, на котором представлена классификация резонаторов по частоте и добротности, видно, что в данном диапазоне частот наивысшей добротностью обладают ПАВ-резонаторы. С точки зрения габаритных размеров ПАВ-устройства также имеют ряд преимуществ.

Результаты измерения СПМФШ генераторов частот 224 и 857 МГц на ПАВ-резонаторах представлены на рисун-

ках 2 и 3. Данные генераторы по габаритным размерам и электрическим параметрам находятся на уровне устройств фирмы Crystek Crystals [2], позиционирующихся как Ultra-Low Phase Noise.

Реализация высокочастотных (5000... 20 000) ПАВ-резонаторов на частоты до 1000 МГц не вызывает технологических трудностей, так как ширина линии ПАВ-структуры больше 1 мкм. Для реализации генераторов с частотами от 1000 до 2000 МГц оптимально использовать генераторы на ПАВ-резонаторах с умножением частоты. Это вынужденная мера, связанная, во-первых, с трудностями реализации топологий (<1 мкм), а во-вторых, с тем, что подобная ПАВ-структура со временем может дегра-



Примечание: ЖИГ – резонаторы на основе железо-иттриевого граната; ПАВ – резонаторы на основе поверхностно-акустических волн; КР – коаксиальные резонаторы; ДР – дисковые диэлектрические резонаторы; МПЛ – микрополосковые резонаторы

Рис. 1. Классификация резонаторов по частоте (F) и добротности (Q)

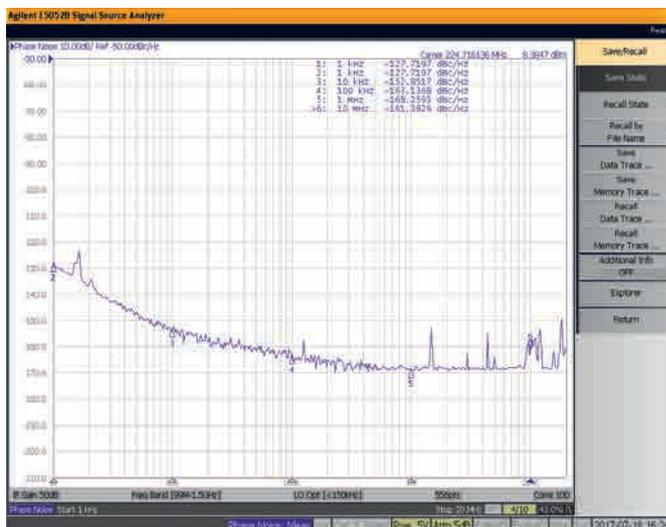


Рис. 2. Характеристика генератора частоты 224 МГц

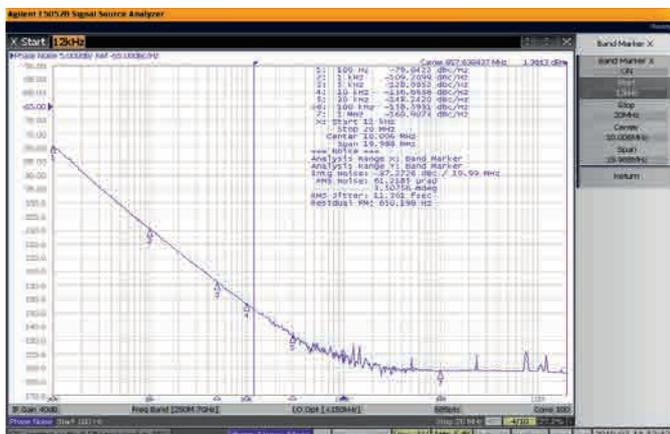


Рис. 3. Характеристика генератора частоты 857 МГц

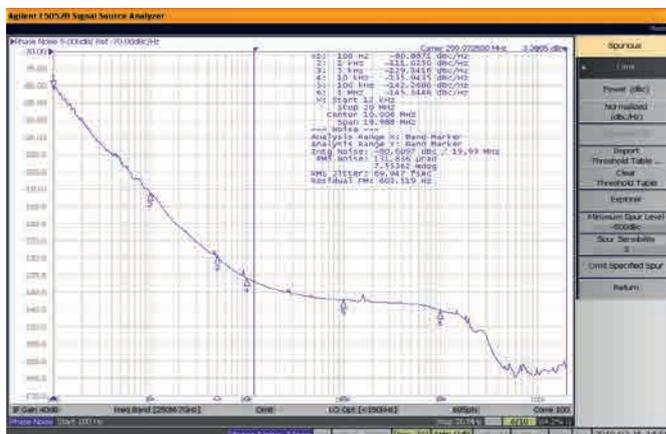


Рис. 4. Характеристика генератора частоты 300 МГц с фильтром на ПАВ

дировать, что недопустимо для высоконадёжных устройств.

Помимо ПАВ-резонаторов, в генераторах также применяются ПАВ-фильтры. Наиболее эффективным их применение является в диапазоне частот от 100 до 300 МГц. К примеру, миниатюрные термокомпенсированные кварцевые SMD-генераторы обладают относительно высокой температурной и долговременной стабильностью ( $\pm 1 \dots 5 \times 10^{-6}$ ) и, как правило, их частота не превышает 100 МГц (M54003, АО «ОНИИП»), при этом СПМФШ не опускается ниже отметки -150 дБ/Гц. Применение узкополосных фильтров на ПАВ позволяет одновременно снизить СПМФШ на 20 дБ/Гц в дальней зоне и выделить третью гармонику выходного сигнала КМОП. Данное решение позволяет реализовать высокостабильные миниатюрные генерато-

ры в диапазоне частот от 100 до 300 МГц в металлокерамических SMD-корпусах. Результаты измерения СПМФШ и джиттера 100 МГц генератора M54003 с ПАВ-фильтром на 300 МГц представлены на рисунке 4. Схожее решение используется в генераторах фирмы Vectron, например в модели VS-702 [3].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные материалы и технологии позволяют реализовать генераторы на отечественной элементной базе, обеспечивающие низкий уровень фазовых шумов в широкой полосе отстройки от несущей в высокочастотном диапазоне от 200 до 2000 МГц, с габаритными размерами не более 12,7×9,2×5,0 мм. Кроме того, за счёт применения кварцевых подложек ПАВ-структур генераторы обладают высокой температурной ста-

бильностью ( $\pm 50 \dots 200 \times 10^{-6}$ ). В диапазоне частот от 100 до 300 МГц может быть использовано сочетание кварцевого SMD-генератора и ПАВ-фильтра, что обеспечивает джиттер меньше 70 фс и температурную стабильность ( $\pm 1 \dots 5 \times 10^{-6}$ ).

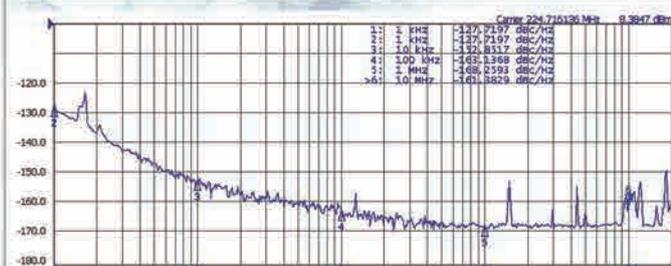
Во всех генераторах также может быть реализована возможность управления напряжением, что позволяет использовать их в качестве ключевых компонентов в различных высокочувствительных радионавигационных и радиолокационных системах.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Горевой А. Выбор генераторов для построения малощумящих СВЧ-синтезаторов. Компоненты и технологии. 2012. № 6. С. 87–92.
2. Crystek Crystals: [www.crystek.com](http://www.crystek.com)
3. Vectron International: [www.vectron.com](http://www.vectron.com) ©

## ОМСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

**АО «ОНИИП»** находится на стадии освоения производства высокочастотных устройств стабилизации частоты на основе ПАВ-резонаторов.  
 Данное направление позволяет заменить на рынке российской электроники аналогичную продукцию таких фирм как Vectron, Mini-Circuits, Crystek Crystals, Axtal.



1:1	1.0 kHz	-127.7197	dBc/Hz
2:1	1.0 kHz	-127.7197	dBc/Hz
3:1	1.0 kHz	-132.8517	dBc/Hz
4:1	1.00 kHz	-143.3368	dBc/Hz
5:1	1.0 kHz	-148.2593	dBc/Hz
6:1	1.0 kHz	-143.8679	dBc/Hz

### Основные технические характеристики генераторов:

- диапазон номинальных частот от 200 МГц до 2 ГГц;
- возможность управления частотой внешним напряжением с компенсацией температурных уходов;
- низкий уровень фазовых шумов до -170...-175 дБ/Гц в дальней зоне;
- джиттер менее 100 фс в полосе частот 12 кГц – 20 МГц;
- габаритные размеры до 13×9×6 мм.

644009, Россия, Омск, ул. Масленникова, 231, тел. (3812) 51-49-00, факс. (3812) 53-66-73, e-mail: [info@oniip.ru](mailto:info@oniip.ru), <http://oniip.ru>.

## НОВОСТИ МИРА

### СОТРУДНИЧЕСТВО «МИЭТ» И «ЭРЕМЕКС» В СФЕРЕ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Компания «ЭРЕМЕКС» по инициативе Института нано- и микросистемной техники (НМСТ) НИУ «МИЭТ» в начале 2017 года провела ряд встреч с представителями вуза. Встречи были направлены на демонстрацию сквозного маршрута проектирования печатных плат Delta Design и обсуждение условий сотрудничества в сфере образовательной и научной деятельности. Сотрудники Института НМСТ посетили несколько значимых научно-технических семинаров компании «ЭРЕМЕКС».

В ноябре 2017 года организации подписали договор о сотрудничестве, в рамках которого «ЭРЕМЕКС» предоставил «МИЭТ» лицензионное программное обеспечение и материа-



лы по работе в САПР электроники Delta Design Professional, SimOne, TороR, а также провёл обучение сотрудников вуза на базе учебного центра в Москве. Сотрудники института НМСТ организовали курсы с использованием полученных данных «Основы САПР Delta Design» и «Сквозной маршрут проектирования Delta Design» для подготовки бакалавров и маги-

стров по направлению «Конструирование и технология электронных средств». С 9 февраля 2018 года стартовал первый из курсов для бакалавров.

В ходе совместной деятельности планируется сотрудничество в области САПР для разработки ВЧ/СВЧ-устройств.

*Пресс-служба компании «Эремекс»*