

# СВЧ-компоненты Qatron

## для космического и других ответственных применений

На протяжении последних десятилетий требования к элементной базе СВЧ для космической отрасли и ответственных применений были ориентированы на западные протоколы и стандарты тестирования (MIL-PRF и MIL-STD). Однако сегодня ситуация в отрасли выглядит иначе: сначала произошел разворот к китайским стандартам, а затем изменения в спецификациях коснулись и их, подстраиваясь под нужды конкретных заказчиков.

В настоящий момент поставщик вынужден максимально гибко адаптироваться под запросы потребителя, находя техническое решение для каждого конкретного применения и обеспечивая его необходимой документацией, гарантирующей надежную работу.

### Модели сотрудничества

Сложились две основные модели взаимодействия между заказчиком и поставщиком:

1. Производитель гарантирует заказчику поставку изделий, сопровождая их протоколами испытаний, самостоятельно проведенных производителем компонентов.
2. Поставщик обеспечивает отгрузку космических компонентов без проведения заводских тестов, а полное квалификационное тестирование выполняется уже или самим разработчиком аппаратуры, или в специализированных лабораториях.

Сегодня российские предприятия-изготовители взаимодействуют со своими клиентами либо по одной из этих схем, либо используют их комбинацию. Важно понимать, что в каждом конкретном случае модель работы

по СВЧ-компонентам уникальна, и заказчику необходимо иметь в виду, что эта схема является гибкой и изменяемой. В отличие, например, от цифровых интегральных схем повышенной надежности, где градация стойкости к внешним воздействиям жестко прописана в каталоге и класс защиты зашифрован в самой литературе партнера, — здесь каждый продукт представляет собой кастомизированный (выполненный на заказ) вариант позиции из каталога фабрики.

То есть заказчику необходимо и рекомендуется задавать вопросы по тому потенциально интересному продукту, который он увидит в предлагаемом перечне фабрики, даже если требуемое свойство или дополнительная опция для продукта явно не указана. Вопросы такого вида, как «А можно ли изменить интересующий электрический параметр, исполнение корпуса, добавить в перечень тестов дополнительное тестирование?» — всячески приветствуются поставщиком СВЧ-продукта и фабрикой.

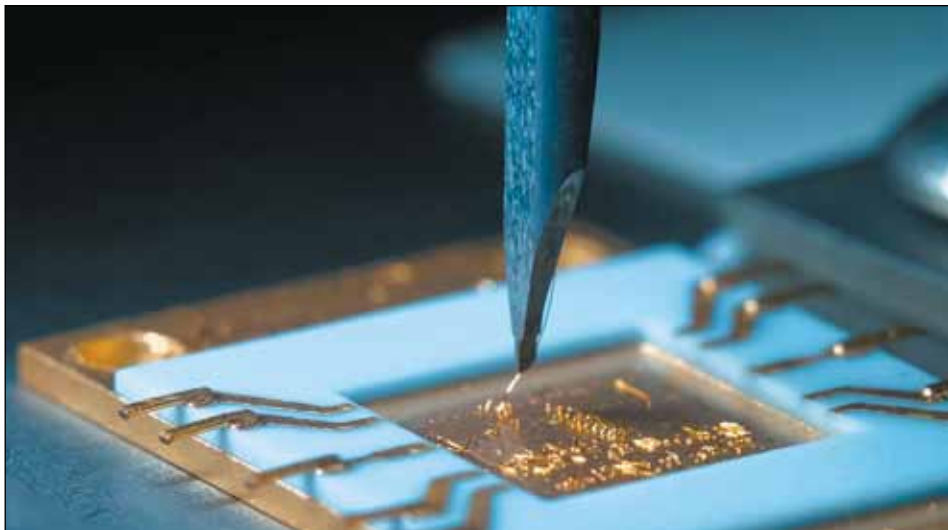
Комбинаций того, какой именно СВЧ-компонент может быть изготовлен в соответствии с пожеланиями конкретного заказчика, бесконечно много, и их невозможно уместить ни в какой стандартный каталог.

### Доступные технологии в линейке Qatron

Под маркой Qatron заказчикам предлагается элементная СВЧ-база для ответственных применений следующих технологических категорий:

- GaAs (арсенид галлия): усилители, переключатели, фазовращатели, аттенюаторы (с цифровым либо аналоговым управлением), линии фазовой задержки, ограничители СВЧ-сигнала, ТТЛ-драйверы, МИС эквалайзеров и прочее.
- Приемо-передающие компоненты: кристаллы (Rx/Tx core chips), ГУНЫ (генераторы, управляемые напряжением), синтезаторы частот.
- GaN (нитрид галлия): МИС усилителей мощности, несогласованные, частично и полностью согласованные транзисторы высокой мощности, МШУ (малошумящие усилители) и переключатели.
- Si и SiGe (кремний и кремний-германий): драйверы для последовательно-параллельного преобразования, линии задержки, PIN-структуры и микросхемы обеспечения смещения затвора полевого транзистора.
- Вакуумные приборы и устройства: магнетроны, клистроны, ЛБВ (лампы бегущей волны).
- Пассивные изделия:
  - ПАВ (изделия на поверхностных акустических волнах): фильтры, диплексеры, резонаторы;
  - ферритовые изделия: циркуляторы и вентили в самых разных исполнениях;
  - MEMS (микроэлектромеханические системы): фильтры, аттенюаторы, линии задержки сигнала.

Деление на технологии достаточно условно, поскольку в составе выбранного изделия могут быть одновременно применены технологии двух или трех групп. Также возможно повышение уровня интеграции определенного продукта (например, усилитель → усилитель с ограничителем; смесительный диод → пре-



образователь частоты вверх или вниз и т. д.) вплоть до создания гибридных модулей и комплексированных (вакуумно-твердотельных) изделий.

### Доступные компоненты и варианты исполнения Qatron

Как уже было сказано, перечисление всех продуктов Qatron, особенно в сочетании с возможностями исполнения и многообразием дополнительных тестов, заняло бы бесконечно много времени, остановимся на наиболее характерных особенностях данной линейки и выделим ее отличия от других имеющихся на рынке предложений.

Каждый выбранный компонент, будь то транзистор или готовая МИС, может быть исполнен в нескольких вариантах: металлокерамический QFN-корпус, фланцевый корпус с выводами и модуль с SMA или другого типа коннекторами. Возможные варианты корпусов Qatron приведены на рис. 1.

Для дискретных компонентов, таких как транзисторы и диоды и их сборки, а также для GaN-усилителей мощности предлагаются фланцевые металлокерамические корпуса (рис. 2).

При выборе более высокоинтегрального решения либо гибридного изделия, объединяющего несколько кристаллов, выполненных по разным технологиям, используются более сложные корпуса с SMA и прочими выводами (рис. 3).

Одна из ключевых особенностей предложения Qatron заключается в том, что все перечисленные компоненты доступны у единого поставщика. В ряде случаев заказчику не нужно дополнительное согласование с отдельными фабриками и поставщиками — почти все предложения из СВЧ-приемо-передающего тракта доступны в одном месте, и один поставщик несет гарантию за все поставленное оборудование.

### Примеры запросов и требований по элементной базе для космических применений

В качестве примеров реализации продукции Qatron можно привести следующие кейсы.

#### 1. Запрос по GaAs монолитным усилителям

Требовалось обеспечить поставку СВЧ-компонентов со следующим перечнем проведенных тестов:

- Синусоидальная или широкополосная случайная вибрация: диапазон 20–20000 Гц, амплитуда 5–20g.
- Механический удар одиночного действия: пиковое ускорение до 1500g, длительность 0,5 мс.
- Линейное ускорение: 20g.
- Температурные воздействия:  $-50 \dots +110$  °С.
- Уровень радиационной стойкости к суммарной поглощенной дозе (TID — Total Ionizing Dose): 100 крад.
- Уровень стойкости к эффектам смещения (структурным повреждениям) от воздействия ИИКП (для моноэнергетического потока протонов с энергией 10 МэВ):  $5 \cdot 10^9$  протон/см<sup>2</sup>.

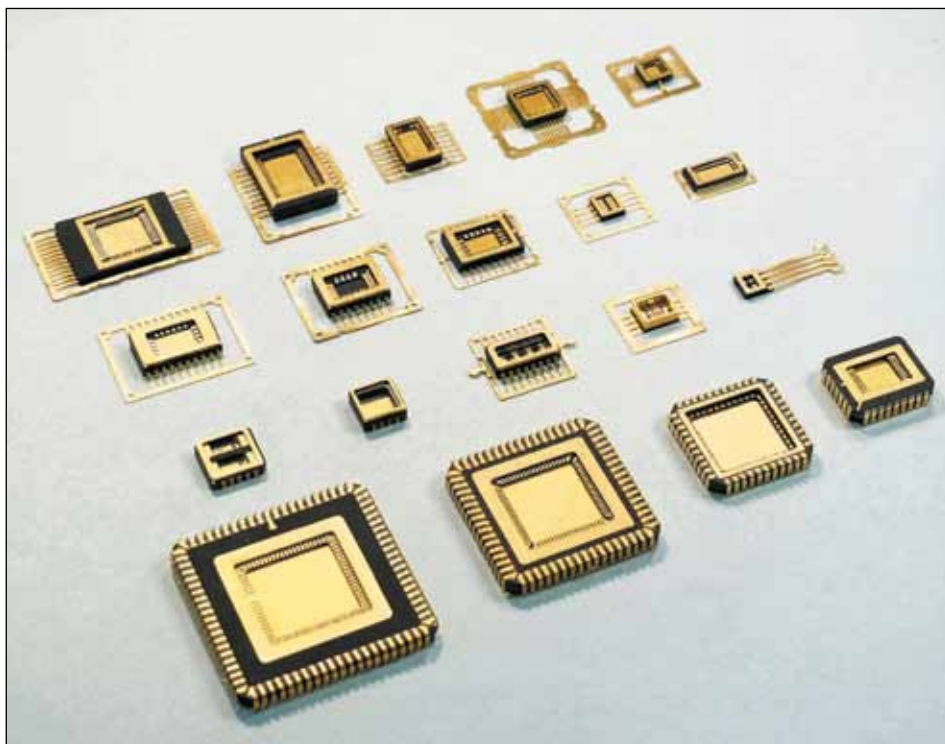


Рис. 1. SMD-корпуса (корпуса для поверхностного монтажа) изделий линейки Qatron, включая выводные и безвыводные QFN, DFN, BGA и т. п.



Рис. 2. Примеры корпусов для мощных GaN ИС и дискретных компонентов

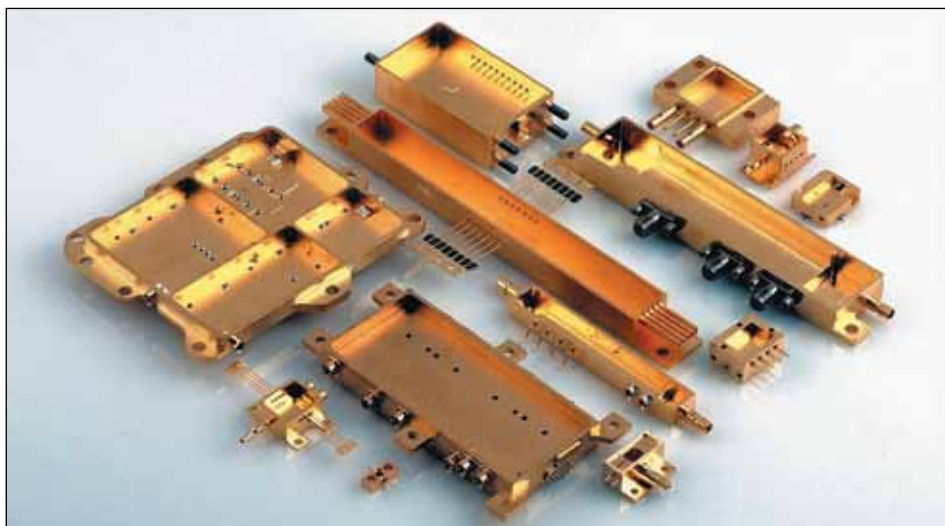


Рис. 3. Примеры корпусов сложной формы с SMA-разъемами

- Уровень стойкости к воздействию ТЗЧ (тяжелых заряженных частиц) по эффектам «защелка», «выгорание» и «пробой подзащитного диэлектрика»: 60 МэВ·см<sup>2</sup>/мг.

## 2. Гибридные ГУНы S- и L-диапазонов

Заказчиком были выдвинуты следующие требования к испытаниям:

- Визуальный контроль/контроль пайки.
- Термоциклирование в диапазоне: -50...+110 °С.
- Постоянное ускорение: 20g.
- Обнаружение шума от удара частиц (Particle Impact Noise Detection — PIND).
- Электротермотренировка (Burn-in).
- Контроль герметичности.
- Устойчивость к солевому туману.
- Уровень радиационной стойкости к суммарной поглощенной дозе (TID): 100 крад.

Все запрошенные тесты и протоколы по пунктам 1 и 2 были подтверждены для продукции Qatron как возможные к исполнению.

### Примеры готовых изделий

Твердотельный усилительный модуль Qatron диапазона 42–46 ГГц мощностью 100 Вт в герметичном исполнении (рис. 4).

Основные характеристики усилителя:

- Частотный диапазон: 42–46 ГГц.
- Выходная мощность: 100 Вт.
- Режим работы: непрерывный.
- Коэффициент усиления: 50 дБ.
- Регулировка коэффициента усиления: 31 дБ.
- Равномерность  $K_u$  в рабочем диапазоне частот:  $\pm 2$  дБ.
- Внешнее управление: RS422.
- Размеры: 30×24×10 см.



Рис. 4. Твердотельный усилитель Qatron в герметичном корпусе

- Вес: 11 кг.
- Встроенная защита от перегрева, превышения тока, выхода входного или выходного КСВ за установленные пределы, а также от перенапряжения.

Твердотельный усилительный модуль Ka-диапазона (26,5–40 ГГц) мощностью 100 Вт (рис. 5.)

Основные характеристики усилителя:

- Рабочий диапазон частот: 26–40 ГГц.
- Максимальная выходная мощность: 50 дБм (100 Вт).
- Режим работы: непрерывный.
- Коэффициент усиления: 60 дБ.

- Неравномерность коэффициента усиления:  $\pm 8$  дБ.
- Регулировка коэффициента усиления: 15 дБ.
- Уровень побочных гармоник: -15 дБн.
- Уровень паразитных составляющих: -55 дБн.
- Напряжение питания: 220 В.
- Габаритные размеры: 60×48×24 см.
- Вес: 20 кг.

Исполнение данного усилителя определяет его наземное использование в качестве системы управления и передачи, но возможно исполнение аналогичного изделия и с защитой от внешних факторов.

### Заключение

Текущая геополитическая ситуация в мире диктует актуальные способы поставок и кооперации для российских компаний, задействованных в разработке электроники для ответственных применений. Но эта ситуация динамически меняется, и неизменным здесь остаются только востребованность самих высоконадежных компонентов и строгих требований к протоколам их тестирования.

Одна из задач Qatron — адаптироваться под изменяющиеся условия рынка и сохранить возможность поставок изделий для ответственных применений при любых возможных внешних изменениях. Обратная связь от потенциальных заказчиков данной ЭКБ является для поставщиков Qatron главным показателем заинтересованности клиентов и мотивом меняться в соответствии с обстоятельствами.



Рис. 5. Твердотельный усилитель Qatron Ka-диапазона