

Особенности реализации технологии flip-chip при производстве СВЧ-приборов на примере ферритового SMD-циркулятора

С. Сковородников¹, Д. Семенов²

УДК 621.389 | ВАК 2.2.2

Внедрение технологии flip-chip (монтаж методом перевернутого кристалла) в процесс корпусирования СВЧ-компонентов обеспечивает ряд преимуществ, в числе которых лучший отвод тепла, меньшая длина межсоединений, а следовательно, снижение паразитных эффектов и более компактные размеры конечного устройства. Однако пассивные СВЧ-компоненты, такие как фильтры, делители, сумматоры, ферритовые циркуляторы, должны отвечать специфическим требованиям, которые следует учитывать при реализации технологии flip-chip. В статье на примере ферритового циркулятора с гибридными контактами типа flip-chip, разработанного в компании «СДС Электроникс», показаны особенности применения этой технологии в серийном производстве СВЧ-приборов.

ВВЕДЕНИЕ

Технология flip-chip существенно повысила плотность монтажа электронных компонентов на печатных платах. Вследствие этого при проектировании цифровых и аналоговых компонентов на кристаллах, работающих на частотах до 3 ГГц, размеры контактных групп которых намного меньше длины волны, в значительной мере упростилась задача согласования и/или трансформации волновых сопротивлений подводящих линий и контактных групп. Да и сами требования к СВЧ-параметрам, таким как КСВН, стали достаточно мягкими.

Совершенно по-иному обстоит дело при проектировании СВЧ-компонентов объемного функционирования, таких как керамические СВЧ-фильтры, делители, сумматоры, ответвители, ферритовые циркуляторы и вентили с контактами типа flip-chip с рабочей частотой выше 1 ГГц. Как правило, такие устройства, помимо их корректного функционирования, должны отвечать ряду требований, включая высокую электромагнитную совместимость, низкие вносимые потери, малые значения КСВН, а также возможность автоматической установки компонента.

Для обеспечения этих требований был разработан и освоен в серийном производстве метод монтажа электронных компонентов с контактами типа flip-chip в корпусе с квазикомпланарным вводом.

Рассмотрим особенности функционирования и монтажа подобных компонентов на примере выпускаемого серийно ферритового сдвоенного циркулятора с контактами типа flip-chip (рис. 1). Данное устройство рассчитано на работу в С-диапазоне и имеет рабочую полосу 10%. Основные электрические параметры циркулятора: вносимые потери $\leq 0,5$ дБ, развязка ≥ 20 дБ, КСВН $\leq 1,3$ (рис. 2).

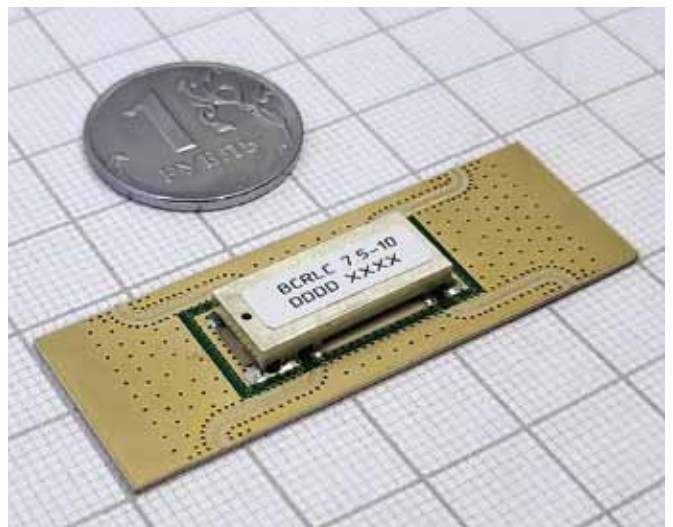


Рис. 1. Сдвоенный циркулятор с контактами типа flip-chip, смонтированный на отладочную плату

¹ ООО «СДС Электроникс», Skovorodnikov@sds-e.net.

² ООО «СДС Электроникс», Semenov@sds-e.net.

СВЧ-ПРИБОРЫ С КОНТАКТАМИ ТИПА FLIP-CHIP

Недостатком СВЧ-компонентов является их плохая совместимость с SMD-монтажом. И если с полупроводниковыми СВЧ-элементами ситуация быстро меняется в лучшую сторону благодаря появлению керамических корпусов, адаптированных под СВЧ-вводы, то с пассивными устройствами (фильтры, делители, ферритовые циркуляторы и др.) все намного сложнее. Подавляющее большинство из них выпускается в виде довольно габаритных сборок, для монтажа которых часто требуются специальные вырезы в печатных платах и/или в корпусах монтируемых модулей. Еще один недостаток СВЧ-компонентов – низкая электромагнитная совместимость. Проявляется она в появлении резонансных эффектов и/или паразитных шумов при корпусировании прибора. Данный процесс сложно прогнозировать и для его устранения требуется ручная настройка прибора.

В СВЧ-компонентах с контактами типа flip-chip вышеуказанные недостатки устранены благодаря особенностям конструкции. Метод flip-chip (метод перевернутого кристалла) позволяет сформировать контактные группы непосредственно на кристалле устройства и обеспечить его монтаж на печатную плату. Для достижения качественного СВЧ-контакта такие компоненты устанавливают в металлизированный корпус с квазикомпланарным вводом. Наличие металлизации на корпусе создает дополнительную экранировку функционального узла и его выводов.

Выпускаемые серийно циркуляторы с контактами типа flip-chip обладают комплексом преимуществ по сравнению с ближайшими аналогами:

- циркулятор полностью адаптирован под SMD-монтаж: отсутствуют ручные операции (отверточная установка, клейка, разварка, селективная пайка), а также необходимость настройки/регулировки;
- благодаря применению контактов типа flip-chip существенно уменьшены как габариты циркулятора, так и занимаемая им площадь на печатной плате;
- в конструкции прибора отсутствуют «газящие» материалы, что позволяет применять их в герметичных СВЧ-модулях;
- индивидуальная маркировка позволяет организовать прослеживаемость партий и исключить контрафакт;

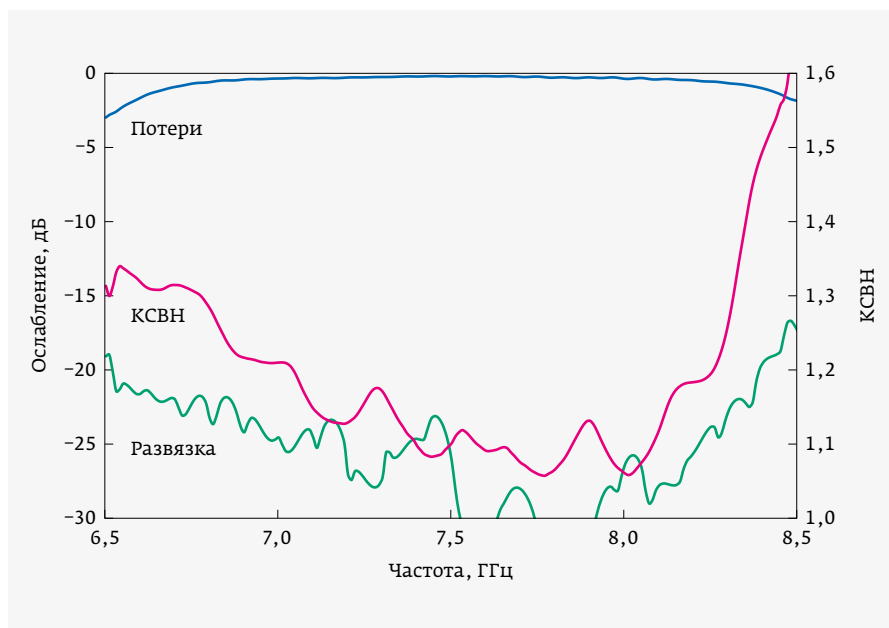


Рис. 2. Типовые электрические параметры циркуляторов с контактами типа flip-chip

- циркулятор разработан под роботизированный участок сборки компании «СДС Электроникс», благодаря чему достигается высокая повторяемость электрических параметров и минимизируется влияние человеческого фактора на качество выпускаемой продукции.

Циркуляторы выпускаются малыми сериями – порядка 100 тыс. шт. в год.

ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА СВЧ-ПРИБОРОВ С КОНТАКТАМИ ТИПА FLIP-CHIP

Поверхностный монтаж СВЧ-компонентов на сегодняшний день строго не регламентирован. В стандартах IPC-положения, связанные с высокочастотными печатными платами и компонентами, носят рекомендательный характер. Как правило, в них делают отсылку к документации производителя или предлагают уточнить требования у разработчика, изготовителя или потребителя. Это связано с тем, что развитие СВЧ-компонентов, приборов и модулей шло параллельно с развитием основной электроники. Общепринятые требования, нормы, классификации для некоторых СВЧ-компонентов фактически не рассматривались. Но это не означает, что их нет или они не соответствуют требованиям. Как правило, разрабатываемые сегодня СВЧ-компоненты уже на этапе проектирования классифицируются, к ним предъявляют стандартизованные нормы, что не исключает наличия «особенностей», учет которых может в значительной степени упростить их применение.

Среди таких особенностей с точки зрения монтажа СВЧ-приборов с гибридными контактами типа flip-chip можно выделить следующие:

- влагопоглощение;
- требования по стойкости к электростатическому разряду (ЭСР);
- подбор размеров апертуры трафарета для нанесения паяльной пасты.

Влагопоглощение

Функциональной основой данных приборов являются различные виды керамик: поликристаллические СВЧ-ферриты, керамика на основе оксидов титана и алюминия. Все они имеют не нулевое влагопоглощение. По аналогии с керамическими SMD-конденсаторами им необходима предварительная сушка перед установкой на печатные платы. Необходимо учесть, что во время сушки происходит окисление контактов и паяемых поверхностей. СВЧ-компоненты особо требовательны к качеству соединений, поэтому необходимо выбирать минимально возможную длительность сушки.

Требования по ЭСР

Рассматриваемые СВЧ-компоненты не содержат в своей конструкции элементы, подверженные структурным изменениям или деградации при воздействии ЭСР. В случае выхода из строя компонента не следует рассматривать в качестве причины отказа влияние ЭСР. Однако наличие диэлектрических поверхностей и изолированных металлизированных частей может приводить к скоплению электрических зарядов. Необходимо это учитывать при обращении с подобными компонентами.

Подбор размеров апертуры трафарета для нанесения паяльной пасты

С повышением рабочих частот на электрические параметры электронных компонентов оказывают влияние индуктивные и емкостные составляющие выводов. В связи с тем, что в данных приборах форма и размеры выводных групп являются, в том числе, частью согласующей системы, изменение их геометрии может в значительной степени повлиять на электрические характеристики. СВЧ-модули, в которых применяются данные комплектующие, могут содержать в своем составе множество разнообразных компонентов с различными требованиями по количеству паяльной пасты, необходимой для качественного паяного соединения и обеспечения требуемых электрических характеристик. В таких случаях инженерам и технологам, которые занимаются подготовкой SMD-монтажа, может не хватать «степеней свободы» трафарета для нанесения паяльной пасты (под степенями свободы понимается толщина трафарета и размеры апертур). Избыточное количество пасты может увеличить сечение

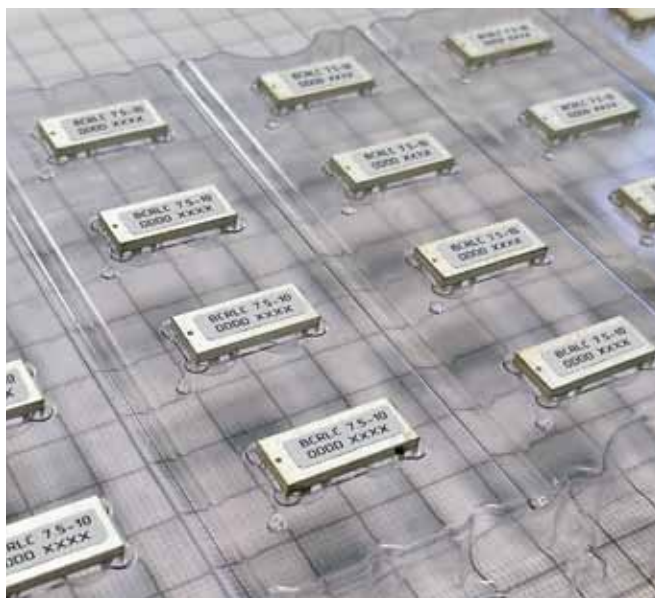


Рис. 3. Групповая упаковка сдвоенных циркуляторов с контактами типа flip-chip

контакта и изменить его индуктивную и/или емкостную составляющие. В таком случае можно обратиться к изготовителю СВЧ-компонентов и согласовать изменение геометрии выводов для компенсации их увеличения при SMD-монтаже.

Описанная выше технология изготовления СВЧ-компонентов поверхностного монтажа с контактами типа flip-chip освоена и внедрена специалистами компании «СДС Электроникс» (рис. 3). Начиная с 2015 года специалистами компании разработана и успешно запущена в серийное производство линейка СВЧ-устройств для различных диапазонов рабочих частот. Выпускаемые компоненты положительно зарекомендовали себя в составе изделий повышенной надежности и в жестких условиях эксплуатации. Производственные, лабораторные и складские мощности компании находятся в Санкт-Петербурге. Вся работа ведется в диалоговом режиме, специалисты «СДС Электроникс» готовы оказать всестороннюю поддержку и консультирование клиента на любом этапе разработки и производства изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лакс Б., Баттон К. Сверхвысокочастотные ферриты и ферритмагнетики / Пер. с англ. под ред. А. Г. Гуревича. М.: Издательство «Мир», 1965.
2. IPC/JEDEC J-STD-020D.1 RU. Классификация негерметичных твердотельных электронных компонентов для поверхностного монтажа по чувствительности к влаге при пайке оплавлением.

СВЧ КОМПОНЕНТЫ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

КОНТРАКТНАЯ РАЗРАБОТКА И СОБСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

- СВЧ циркуляторы
- СВЧ вентили
- СВЧ фазовращатели
- СВЧ фильтры
- СВЧ нагрузки
- Керамические антенны
- Керамические резонаторы
- СВЧ резисторы

Уникальная технология изготовления СВЧ компонентов поверхностного монтажа в корпусе Flip Chip

Адаптация компонентов к требованиям автоматического сборочно-монтажного оборудования

Высокий уровень квалификации технических специалистов

Успешная история сотрудничества с ведущими российскими предприятиями



ELECTRONICS
СВЧ КОМПОНЕНТЫ • РАЗРАБОТКА • ПРОИЗВОДСТВО



г. Санкт-Петербург

www.sds-e.net

+7 (812) 988-58-08