

Особенности монтажа силовых транзисторов IR в корпусах DirectFET

Кирилл АВТУШЕНКО
avtushenko@compel.ru

Силовые транзисторы International Rectifier в корпусе DirectFET характеризуются малым сопротивлением канала, низкой индуктивностью выводов и отличной теплоотдачей. Однако непривычная конструкция корпуса может создать некоторые неудобства при монтаже. Но если вы будете следовать советам производителя и его рекомендациям по монтажу таких компонентов, то сможете снизить риск появления брака при их распайке до минимума.

Введение

Увеличение коммутируемой транзисторами мощности возможно не только посредством совершенствования полупроводниковых технологий, но и за счет конструктивных улучшений корпуса. Расположение выводов на нижней стороне корпуса (рис. 1) приводит к уменьшению сопротивления паяного контакта, снижению индуктивности и улучшению теплопередачи.

DirectFET-транзисторы имеют инновационную конструкцию. В ней металлизация выводов истока и затвора выполнена непосредственно на нижней стороне кристалла (рис. 2). Часть поверхности кристалла, не занятая металлизацией, покрыта пассивной пленкой для предотвращения повреждений.

Сток выполнен в виде большой медной пластины, которая покрывает кристалл сверху и выступает с боков (выводы для пайки). Несмотря на то, что выводы стока электрически уже соединены, каждый из них должен быть распаян на плате, чтобы возникающие при монтаже силы поверхностного натяжения были равномерно распределены и не поворачивали корпус. По этой же причине контактные площадки посадочного места должны быть одинакового размера.

Выводы истока и стока для больших корпусов делятся на несколько выводных площадок: это позволяет избежать эффекта планирования на припое при распайке корпуса на плату. Особенности конструкции корпусов DirectFET таковы, что методы монтажа, демонтажа и контроля качества пайки несколько отличаются от методов монтажа стандартных силовых SMD-корпусов.



Рис. 1. Общий вид DirectFET-транзисторов

Особенности разработки печатных плат для DirectFET-транзисторов

Технология DirectFET разработана для применения совместно с печатными платами из стеклотекстолита с различными типами покрытий. Однако использование плат на алюминии и на меди также возможно. Следует помнить, что различные типы подложки вносят изменения в технологию монтажа: температурный профиль пайки должен соответствовать материалу печатной платы и ее финишному покрытию.

Несмотря на многообразие корпусов DirectFET-транзисторов, они делятся на три основных типа по размеру:

- S — малый;
- M — средний;
- L — большой.

Для каждого типа существуют рекомендуемые индивидуальное и универсальное посадочные места (табл. 1). Универсальное посадочное место подходит для всех транзисторов одного типа.

Использование рекомендованных посадочных мест (рис. 3) несет в себе два преимущества: сокращение времени разработки и достижение максимального качества пайки. Рекомендуется использовать контактные площадки без зазоров с маской (solder mask defined, SMD).

Таблица 1. Соответствие корпуса, рекомендуемых трафаретов и посадочных мест

Типоразмер корпуса	Трафарет	Индивидуальное посадочное место	Универсальное посадочное место
S1	S1	S1	S2
S2	S2	S2	S2
SB	SB	SB	SB
M2	M2	M2	M4
M4	M4	M4	M4
L4	L4	L4	L10
L6	L6	L6	L10
L8	L8	L8	L10

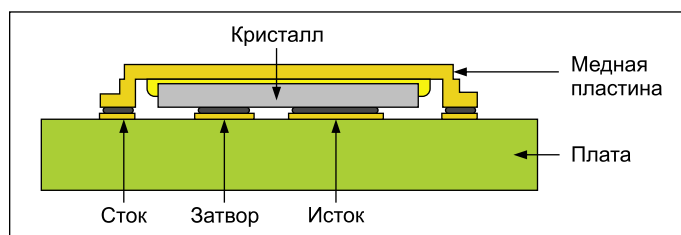


Рис. 2. Конструкция DirectFET-транзистора

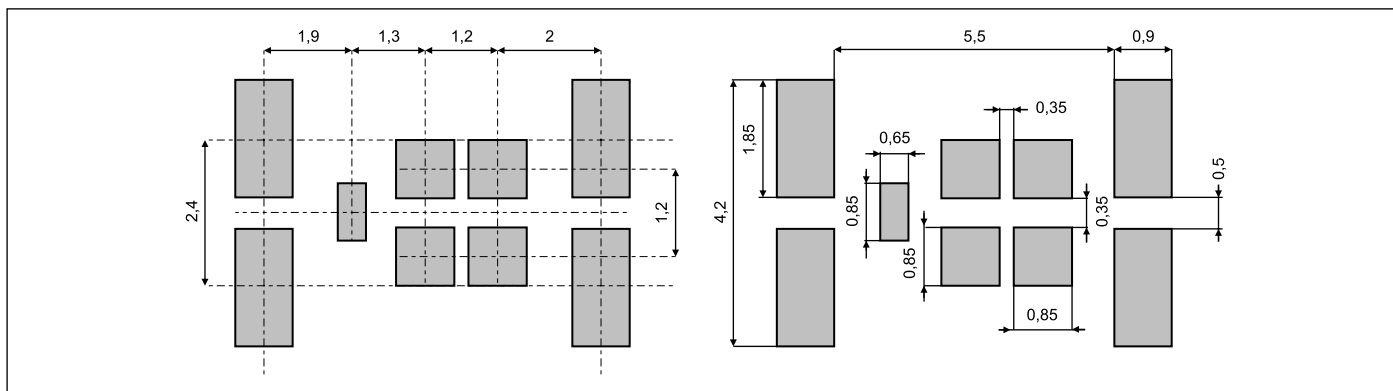


Рис. 3. Рекомендованное посадочное место для корпуса M4

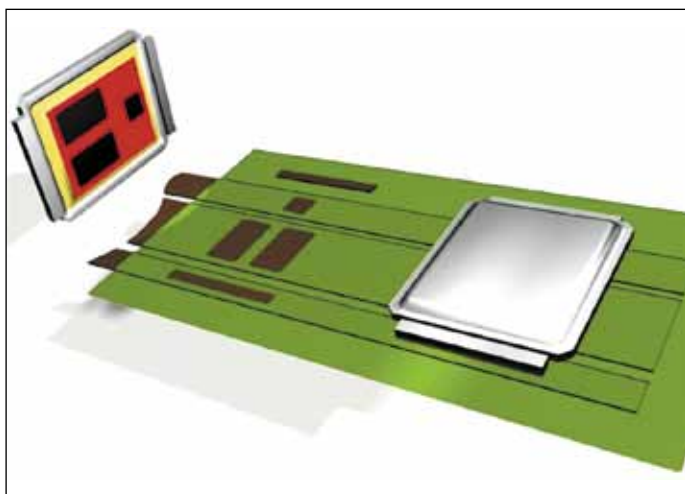


Рис. 4. Параллельное размещение DirectFET-компонентов на плате

При параллельном размещении транзисторов на плате (рис. 4) зазоры между корпусами должны быть не менее 0,5 мм. При меньших расстояниях могут возникать проблемы при монтаже и демонтаже компонентов.

Особенности монтажа DirectFET-транзисторов

Инженеры International Rectifier при разработке DirectFET-корпусов стремились сделать так, чтобы они максимально подходили для стандартных технологий поверхностного монтажа. Для получения максимального качества пайки и сокращения этапа разработки производитель предоставляет готовые чертежи трафаретов

для нанесения паяльной пасты (рис. 5). Такой трафарет имеет площадь окон для нанесения пасты на 25% меньшую, чем площадь контактов. Толщина трафарета составляет 0,15 мм. При использовании трафаретов другой толщины площадь окон необходимо корректировать. Как показывает практика, лучших результатов пайки можно достичь для трафаретов, толщина которых составляет от 0,125 до 0,2 мм. При толщине менее 0,1 мм недостаток пасты приводит к появлению непропаянных выводов. При толщине более 0,25 мм могут образовываться области выдавливания пасты, что в дальнейшем может привести к коротким замыканиям между контактными площадками.

Испытания с различными типами паяльных паст показали, что качество пайки зависит как от типа пасты, так и от ее производителя. Однако безусадочные пасты более стойки к образованию шариков припоя. При пайке следует уделять внимание исполнению выводов. При бессвинцовом исполнении рекомендуется применять бессвинцовые пасты (Sn96,5Ag3,0Cu0,5), для свинцового исполнения рекомендуются только свинцовые пасты (Sn63Pb37). Также допускается применение свинецсодержащих паст при распайке корпусов с маркировкой PbF (бессвинцовая технология).

Массивная медная пластина стока является отличным теплоотводом: ее тепловое сопротивление составляет менее 1,5 °C/Вт. При жестких условиях работы может потребоваться дополнительный радиатор, располагаемый на верхней крышке корпуса (рис. 6). Основной рекомендацией является использование дополнительных крепежных радиатора к плате: для предотвращения повреждения корпуса транзистора. При близком расположении транзисторов можно использовать один радиатор для группы транзисторов (с применением электроизолирующих прокладок и термопаст).

Для уменьшения теплового сопротивления радиатор-корпус служат термопасты, теплопроводящие гели, ленты и др. При использовании текучих теплопроводящих материалов необходимо предот-

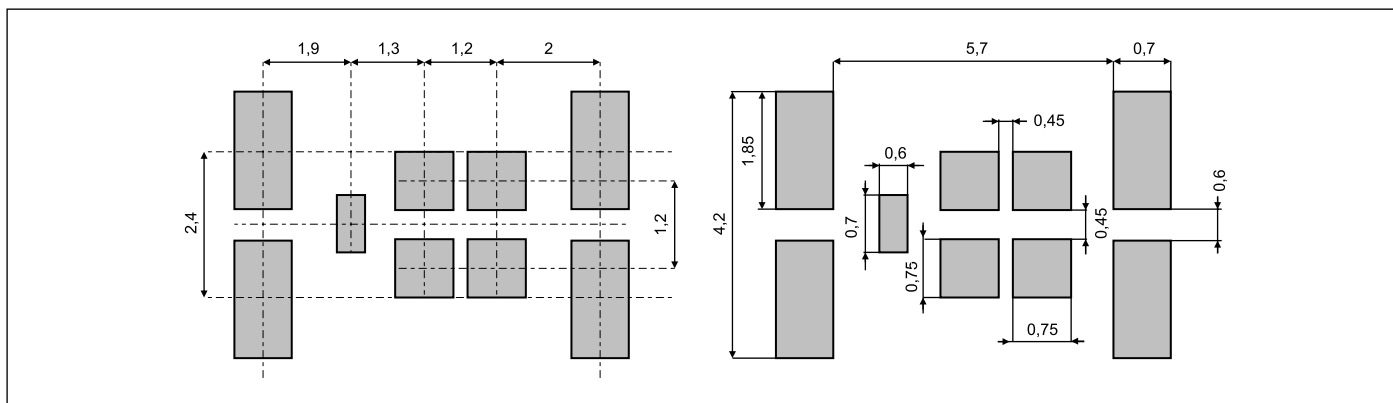


Рис. 5. Рекомендованный трафарет для корпуса M4

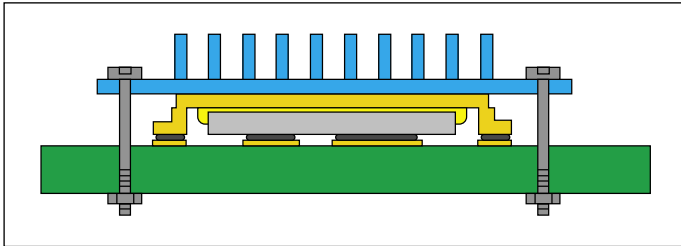


Рис. 6. Использование дополнительного радиатора

вращать затекание их под корпус транзистора, в противном случае возможно его повреждение.

При демонтаже DirectFET-корпусов необходим дополнительный нижний подогрев платы до +100 °С (для бессвинцовых корпусов — до +150 °С). Основной нагрев производится сверху — до температуры +230 °С (для бессвинцовых корпусов — +260 °С). Несмотря на то, что корпуса в соответствии со стандартом J-STD-020С выдерживают не менее трех процессов пайки, повторное применение использованных транзисторов крайне нежелательно.

Соблюдение правил монтажа снижает риск возникновения брака, однако не устраняет его полностью. После монтажа DirectFET-корпусов необходимо контролировать качество паяных соединений, и этот процесс имеет ряд особенностей.

Методы контроля качества пайки

Для контроля качества пайки применяют два основных метода: визуальный осмотр и рентгеновское сканирование.

Визуальный контроль позволяет выявлять как различные нарушения при расположении компонента на плате (смещения, перекосы, повороты), так и выдавливание припоя. Однако расположение выводов на нижней стороне корпуса приводит к тому, что метод визуального контроля становится недостаточным для оценки качества паяного соединения. Для обнаружения полостей в пайке, недостатка пасты, коротких замыканий под корпусом применяется рентгеновское сканирование.

Несмотря на то, что существуют трехмерные автоматические системы рентгеновского сканирования, опыт показывает, что обычных двухмерных рентгеновских снимков вполне хватает для обнаружения брака. Как правило, рентгеновское сканирование необходимо при производстве опытных образцов или при разработке новых технических условий производства (изменение типов паст, трафаретов и т.д.). Для серийного производства с отлаженной технологией пайки используют выборочный рентгеновский контроль.

Существует несколько возможных типов брака:

- Поворот корпуса. При неравномерном нанесении пасты силы поверхностного натяжения могут развернуть корпус (рис. 7). В результате выводы корпуса не полностью перекрывают контактные площадки на плате, что уменьшает эффективную площадь пайки и, следовательно, ухудшает теплоотвод и увеличивает сопротивление контакта.
- Разворот компонента. Иногда в процессе сбоя оборудования может произойти поворот компонента на 180°, что, естественно, считается браком.
- Перекос компонента. Недостаток паяльной пасты на контактных площадках под одной частью корпуса может привести к перекосу компонента относительно поверхности платы (рис. 7, нижняя фотография). Перекос, превышающий 3°, считается критическим.
- Образование пустот под контактами корпуса. В результате усадки паяльной пасты либо при попадании газов под корпус во время пайки в пространстве под контактами образуются полости. Это приводит к уменьшению эффективной площади пайки (рис. 8). Корпуса в бессвинцовом исполнении имеют выводы, дополнительно покрытые припоем, что снижает вероятность образования пустот.

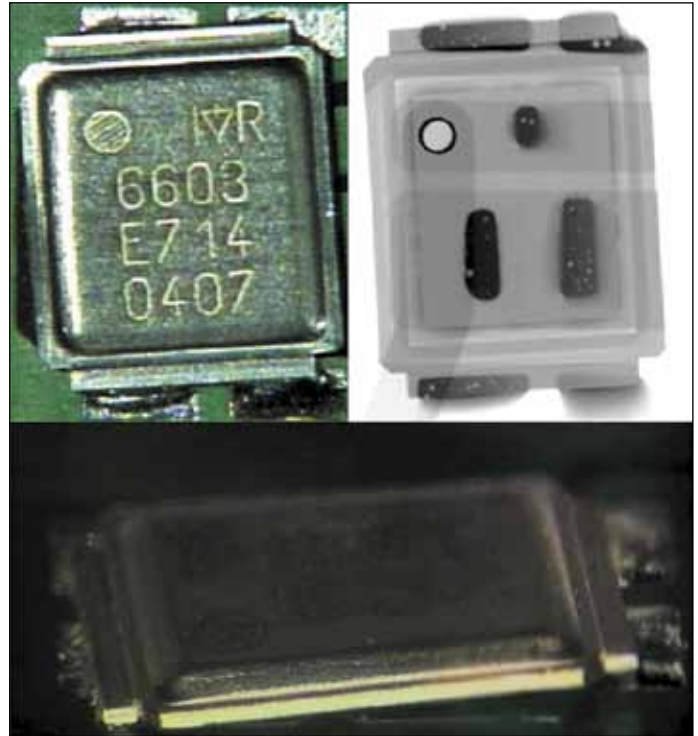


Рис. 7. Поворот и перекос корпуса при пайке

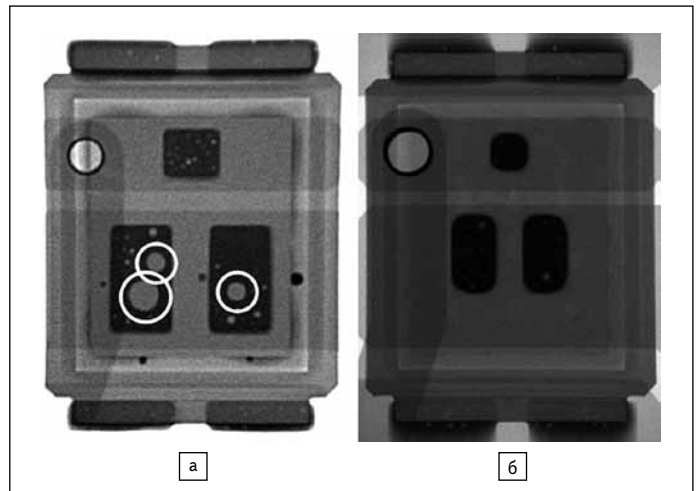


Рис. 8. Пример наличия пустот в паяном соединении: а) DirectFET; б) DirectFET PbF

- Выдавливание пасты. При избытке пасты или нарушении технологии пайки может происходить выдавливание пасты за пределы контактной площадки и даже образование мельчайших шариков припоя под корпусом. В худшем случае при избытке припоя может произойти короткое замыкание соседних контактных площадок.
- Частично пропаянное соединение/непропай. При недостатке припоя вывод может оказаться припаянным не полностью, что уменьшает площадь паяного контакта. При отсутствии припоя на контактной площадке контакт между выводами корпуса и печатной платой не образуется.

Существуют рекомендации по отбраковке некачественно распаянных компонентов (табл. 2). Анализ этих критериев говорит о том, что неприемлемой считается пайка, у которой соотношение площадей пайка/контакт составляет менее чем 50% для соединения стока транзистора и менее 75% для остальных выводов. Наличие коротких замыканий, смещение или перекос корпуса более чем на 3° также считаются недопустимыми.

Таблица 2. Критерии отбраковки паяных соединений

Тип брака	Критерий отбраковки
Поворот корпуса	Отношение площадей пайка/контакт менее 50% для стока
	Отношение площадей пайка/контакт менее 75% для истока и затвора
Разворот корпуса	Поворот корпуса на 180°
Перекокс корпуса	Отношение площадей пайка/контакт менее 50% для стока
	Отношение площадей пайка/контакт менее 75% для истока и затвора
	Перекокс корпуса относительно платы более чем 3°
Пустоты под корпусом	Уменьшение площади пайки <75%
Образование шариков припоя	Образование шариков припоя между контактом затвора и ближайшим истоком
	Образование коротких замыканий
Непропаянное соединение	Уменьшение площади пайки <75%
Незапаянное соединение	Наличие хотя бы одного незапаянного контакта
Короткое замыкание	Наличие коротких замыканий между электрически независимыми выводами

Заключение

Компания International Rectifier предлагает ряд стандартных посадочных мест и трафаретов для монтажа DirectFET-транзисторов.

Применение этих решений сокращает время разработки конечного устройства и снижает риск возникновения производственного брака. Для обеспечения высокого качества готовой продукции рекомендуется проводить рентгеновское сканирование, позволяющее выявлять невидимые глазу некачественные элементы паяных соединений.

Соблюдение этих рекомендаций позволит в полной мере использовать технические преимущества, которыми обладают транзисторы DirectFET по сравнению с транзисторами в стандартных SMD-корпусах. ■

Литература

1. Application Note AN-1035. Ver. 25. DirectFET Technology Board Mounting Application Note. International Rectifier, 2012.
2. Application Note AN-1080. Ver. 11. DirectFET Technology Inspection Application Note. International Rectifier, 2006.
3. Application Note AN-1050. Ver. 5. DirectFET Technology Materials and Practices Application Note International Rectifier, 2010.