

Инновации корпусирования улучшают работу MOSFET транзисторов и облегчают интеграцию в схему

Грэхем Робертсон, International Rectifier

Инженеры, занимающиеся реализацией силовых каскадов, обычно стремятся максимально повысить эффективность, сталкиваясь с традиционным компромиссом между оптимизацией и функциональностью работы приборов и минимизацией пространства каскада на плате. В различных применениях, от источников питания до промышленных батарей, силовых электроприводов до электроинструмента, используются силовые MOSFET транзисторы – незаменимые элементы построения схемы с заданными выходными параметрами и достижения поставленных разработчиком целей.

Плотность мощности

Когда речь заходит о выборе оптимальной модели полевого транзистора для конкретной задачи, вопрос плотности мощности оказывается самым первым в списке приоритетов. Для большинства применений действует правило: повышенная плотность мощности повышает свободу и гибкость выбора конструкторских решений. Например, в схемах, где требуется использование параллельных MOSFET'ов для перераспределения тока, приборы с более высоким током помогают уменьшить общее число используемых компонентов и стоимость изделия, поскольку меньшее число полевых транзисторов могут пропускать тот же уровень тока. Из этого следует, что увеличение плотности мощности, а, следовательно, и возможности работать на высоких токах, позволяет использовать полевые транзисторы в более сложных условиях эксплуатации, где требуется больший запас «выносливости» при возникновении нежелательных переходных процессов.

Для производителей силовых MOSFET транзисторов повышение плотности мощности возможно посредством модернизации одной из двух сфер: полупроводниковой технологии и технологии корпусирования. Например, эволюция развития транзистора от планарной до trench технологии сопровождалась значительным сокращением площади кристалла, что привело к снижению сопротивления канала в открытом состоянии ($R_{DS(ON)}$). Уменьшение этого параметра, в свою очередь, отразилось на уменьшении потерь мощности и улучшении процесса рассеяния тепла, что позволило производителям повысить плотность. Параллельно достижениям в области полупроводниковой технологии производства транзисторов назревает необходимость модернизации технологии корпусирования.

Инновации с технологии корпусирования

Традиционно, ограничения, накладываемые корпусом прибора, представляли серьезное препятствие для улучшения плотности мощности. Однако, последние инновации показывают, что даже современные JEDEC форматы корпусов, первоначально предназначенные для постоянных токов до десятков Ампер, теперь способны проводить до сотен Ампер. Например, разработчикам компании International Rectifier удалось достичь максимального уровня тока для стандартных корпусов в 120 А.

Основная проблема для повышения токовой нагрузки корпусов заключается в температуре, и большая доля инноваций в области корпусирования стала возможной благодаря изучению влияния температуры в трех различных областях. Первый самый очевидный и важный температурный параметр – это температура кремниевого перехода. В режиме непрерывных токов сопротивления открытого канала транзистора определяет температуру перехода в результате джоулева нагрева I^2R . Низкое сопротивление современных кристаллов кремния допускает повышение тока и уменьшение нагрева в результате потерь проводимости.

Несмотря на то, что температура перехода исторически всегда была основным критерием для установки верхней границы рабочего тока, необходимо рассмотреть и два других температурных параметра (см.рис.1).

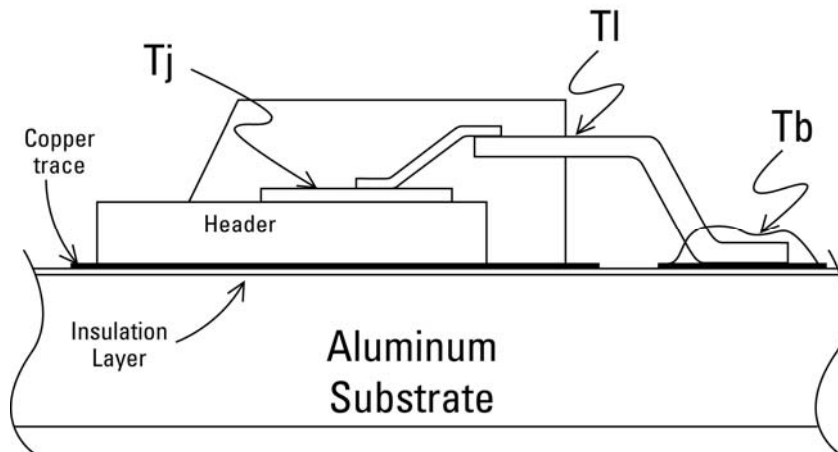


Рис 1: Корпус D2pak в разрезе, монтаж на IMS подложку

Первый параметр – это температура внутренних проволочных соединений. В некоторых TO-220 корпусах этот параметр может составлять до 30% всего сопротивления корпуса во включенном состоянии. Данное процентное значение увеличивается при дальнейшем снижении сопротивления кристалла кремния. Второй параметр – это температура в точке контакта, где соединяются выводы корпуса и подложка (обычно печатная плата). Технология сохранения данного типа температуры на максимально низком уровне является ключевым фактором повышения эффективности и надежности при длительной эксплуатации новых MOSFET приборов.

Эталонные MOSFET транзисторы

Чтобы объяснить на примере влияние новых технологий корпусирования на увеличения плотности мощности полевых транзисторов обратимся к последней линейке HEXFET® транзисторов International Rectifier. Разработанные для диапазона напряжений 40-200 В промышленные приборы в корпусах TO-220 и D2PAK нормированы на рабочие токи (при температуре 25°C) до 195 А. Такой порог тока уже на 60% превышает номинальные значения по току, характерные для транзисторов в стандартных корпусах. Однако, разработки в области корпусирования позволили компании создать новый 7-выводной D2PAK корпус для поверхностного монтажа, который выдерживает ток до 240 А без ущерба эффективности работы транзистора и изменения его габаритных размеров.

Вопросы структуры MOSFET транзисторов

Увеличение плотности мощности и функциональности помогает обеспечить большую гибкость схем управления электропитанием, построенных на современных полевых транзисторах. В то же время, выбор оптимальной технологии для рабочего проекта еще более упрощается, поскольку производители транзисторов всё более ориентируются на разработке приборов для узкоспециализированных направлений (для решения конкретных прикладных задач), от управления приводом, до синхронного выпрямления. Однако, существует ряд важных вопросов, которые необходимо решить перед выбором конкретной модели силового полевого транзистора. Суммарные потери, например, состоят из потерь на проводимость и потерь на переключения, поэтому уменьшение одной составляющей ведет к увеличению другой. Вследствие этого особенно важно понимать как взаимодействие этих двух составляющих будет влиять на рабочие параметры системы, чтобы сделать правильный выбор силового полупроводникового компонента.