

МЕТАЛЛОКОМПОЗИТНЫЕ КОРПУСА С ПОЛОСТЬЮ АЛЬТЕРНАТИВА МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИМ КОРПУСАМ МИКРОСХЕМ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

В.Громов vladimir.gromov.50@yandex.ru

За последние 50 лет металлокерамические корпуса микросхем и полупроводниковых приборов заслужили репутацию надежных элементов конструкции для жестких условий эксплуатации. Но в ряде случаев (при использовании в малогабаритных изделиях, для поверхностного монтажа, в СВЧ- и силовой электронике) начинают существенно сказываться их недостатки: высокое тепловое сопротивление и омическое сопротивление выводов, а также высокая цена, обусловленная конструкцией и технологией производства корпусов. В то же время терморезистивные пластмассовые (полимерные) корпуса, широко используемые для герметизации микросхем и полупроводниковых приборов бытового и промышленного назначения, лишены этих недостатков. Однако они практически не применяются в системах, предназначенных для жестких условий эксплуатации. Анализ основных характеристик металлокерамических, терморезистивных и металлокомпозитных корпусов на основе термотропных жидкокристаллических полимеров (ЖКП) показал, что последние по качеству не уступают металлокерамическим, а по технологичности – пластмассовым корпусам и могут выступать в качестве альтернативного варианта при использовании в жестких и специальных условиях эксплуатации.

АНАЛИЗ КРИТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ КОРПУСОВ

Не только у нас, но и во всем мире считалось, что герметичными материалами являются металл, керамика и стекло, а все остальные... Даже термин придумали – Near-Hermetic, т.е. почти герметичные, но все же не герметичные [1, 2]. Но это было вчера, а сегодня конструкции и технологии полимеров достигли таких вершин, что бросили вызов этому определению. Реальные достижения, особенно в области композитов на базе ЖКП вызывают серьезные сомнения в верности и неизбежности утверждений о негерметичности пластмасс.

Основные критические высказывания о пластмассовых корпусах базируются на следующих предположениях (или реальных фактах столетней давности):

- высокие значения коэффициентов водопоглощения, водо- и газопроницаемости, т.е. пластмассовый корпус – негерметичен;
- высокая вероятность механического разрушения при термоциклической нагрузке, вследствие чего еще больше проявляются предыдущие недостатки;
- высокое газовыделение, и что особенно неприятно – выделение хлора.

Да, все это так, но это было справедливо много лет назад, когда была не самая лучшая пластмасса, не было специальных патентованных адгезивов, да и в корпусе не было полости с контролируемой атмосферой и возможностью дополнительной защиты кристалла и проволочных соединений от воздействия окружающей среды. К тому же в силу отсутствия у пластмассовых корпусов полости и невозможности проверки герметичности неразрушающим методом в процессе производства или приемо-сдаточных испытаний контроль герметичности зачастую совпадал с анализом уже отказавшей микросхемы.

ПОВЫШЕНИЕ ВЛАГОУСТОЙЧИВОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОРПУСОВ

В процессе монтажа на плату (пайки) пластмассовые корпуса могут получить механические повреждения (трещины, расслоения). Эффект растрескивания корпуса (появление "попкорна" или "апельсиновой корки"), иногда даже видимый, вызван небольшим количеством влаги, поглощенной формирующим пластмассу компаундом [3] или впитанной в местах механического повреждения корпуса, например в местах снятия облоя. Поглощенная влага собирается в полостном объеме вокруг кристалла, возникающем при циклических изменениях температуры в процессе изготовления и испытаний из-за недостаточной адгезии между кремнием и пластмассой. При нагреве корпуса до 210–230°C – типичной температуры процесса пайки оплавлением – влага начинает испаряться. Давление пара вызывает дальнейшее отслоение кристалла, растрескивание и расслаивание пластмассы.

Если после монтажа корпуса на плату кристалл не получил механических повреждений, вызывающих его отказ, процесс разрушения продолжается в электрохимической "плоскости". В поглощенной в полостном объеме влаге растворены ионные загрязнения и элементы газового выделения пластмассы. В результате на поверхности кристалла образуется агрессивный электролит, вызывающий электрокоррозию металлической разводки, контактных площадок и проволочных соединений полупроводниковых приборов и ИС. Обычно присутствующие в электролите мобильные ионы Na^+ , K^+ , Li^+ , NH_4^+ и особенно Cl^- более всего способствуют разрушению стандартной алюминиевой металлизации кристалла. Проникновение мобильных ионов в корпус происходит при лужении выводов, маркировке и пайке на операциях травления, очистки и обезжиривания. Все это устраняется в металлокомпозитном корпусе с полостью.

Использование в качестве основы композита термотропного ЖКП обеспечивает характеристики, недоступные даже современной пластмассе [4]:

- высокую химическую стойкость;
- сопротивляемость возгоранию;
- герметичность по коэффициенту влагопоглощения, влаго- и газопроницаемости;
- устойчивость к гамма-излучению;
- отличную стабильность размеров;
- низкий коэффициент теплового расширения;
- отсутствие облоя при литье.

Применение в качестве наполнителей кварца, кремнезема и других стекол увеличивает электрическое сопротивление, прочность и жесткость материала и обеспечивает независимость механических свойств от расположения литников и направления движения расплава (рис.1). Полимерный корпус с полостью демонстрирует следующие достоинства:

- отсутствие тензoeffекта благодаря устранению давления пластмассы на поверхность кристалла;
- возможность введения дополнительных защитных покрытий кристалла и проволочных соединений;
- обеспечение контролируемой атмосферы в полости корпуса;
- возможность контроля герметичности в процессе производства и приемо-сдаточных испытаний;
- использование крышки из материала корпуса с последующей герметизацией температурной сваркой под давлением, исключающей паяные и клеевые соединения;

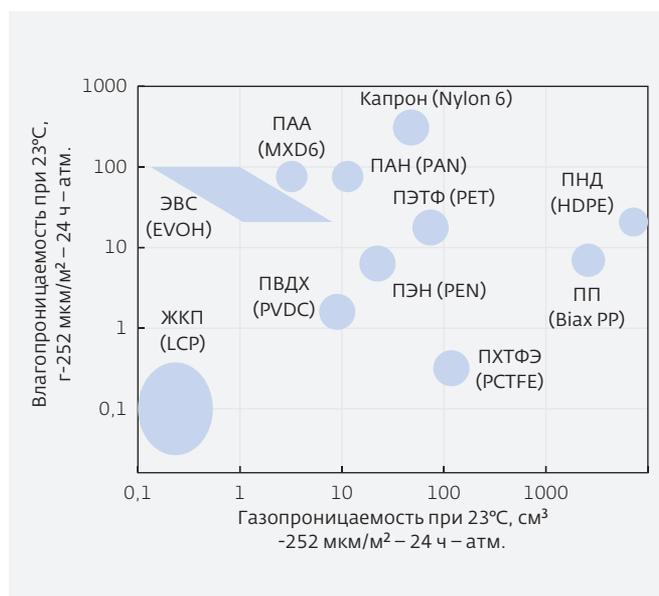


Рис.1. Свойства материалов полимерных корпусов

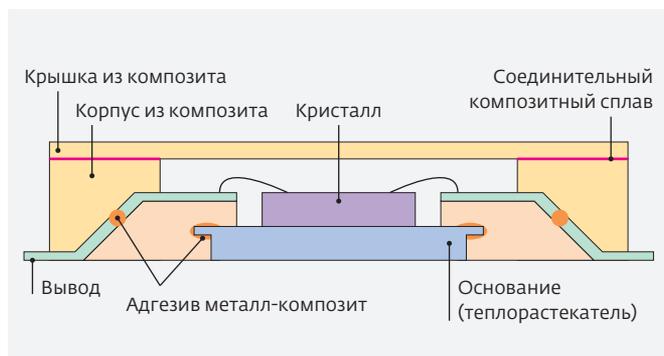


Рис.2. Структура корпуса

- наличие только трех разнородных компонентов корпуса: металлической рамки (с теплорастекателем или кристаллодержателем), адгезива и ЖКП, причем два последних компонента мо-

гут быть однородны по основным электрическим, механическим и физическим свойствам (рис.2).

Если выдерживать параметры процесса термопластического литья (временные и температурные зоны, заданные длительности этапов давления и разрядки, а также ряд других патентованных параметров), с учетом свойств ЖКП, сформированный на его основе полимерный корпус с полостью по герметичности не будет отличаться от металло-керамического корпуса. При этом обеспечиваются ранее недостижимые характеристики корпусного исполнения [5]:

- уменьшение на порядок сопротивления выводов;
- уменьшение в два раза теплового сопротивления;
- увеличение в четыре раза наработки на отказ;
- уменьшение в два-три раза стоимости прибора (см. таблицу).

Сравнение характеристик различных материалов и корпусов

Параметр	Металлокерамические корпуса	Пластмассовые корпуса (широкого и промышленного назначения)	Металлокомпозитные корпуса
Характеристики материала корпуса			
Тепловой коэффициент линейного расширения, °С ⁻¹	(6,5–7,5)·10 ⁻⁶	26·10 ⁻⁶	(6,5–26)·10 ⁻⁶ *
Относительная диэлектрическая проницаемость	≤10,5	≤3,8	≤3,8
Теплопроводность материала, Вт/м·К	0,2–16,7*	≥2,1	0,3–15,1*
Водопоглощение, %	0,02	0,9	0,02
Характеристики корпуса			
Сопротивление изоляции, Ом	≥10 ¹⁵	10 ¹⁶	10 ¹⁶
Натекание по гелию, л·мм рт.ст./с	≤5·10 ⁻⁸	Проверка не проводится	≤5·10 ⁻⁸
Сопротивление токоведущих дорожек, Ом	≤0,9	≤0,01	≤0,01
Тепловое сопротивление кристалл-корпус мощного прибора, (для однотипных корпусов), °С/Вт	0,5	0,28	0,28
Сопротивление изоляции, Ом	≥10 ¹⁵	10 ¹⁶	10 ¹⁶

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СВОЙСТВА ИСПОЛЪЗУЕМОГО КОМПОЗИТА

Температурные: выдерживает температуру пайки при поверхностном монтаже – кратковременный нагрев до 280–315°C. Температура длительной эксплуатации – 240–260°C. Высокая сопротивляемость возгоранию.

Химические: высокая химическая стойкость, отсутствие взаимодействия с такими реагентами, как вода, ацетон, кислоты и щелочи, используемые в современном радиоэлектронном производстве.

Электрические: отличные диэлектрические свойства – объемное сопротивление $\sim 10^{14}$ – 10^{16} Ом·см. Устойчивость к гамма-излучению.

Механические: высокие жесткость, прочность.

Технологические: отсутствие облоя при литье, малая усадка – практически 0%. Возможность металлизации. Малое время охлаждения и отличная стабильность размеров. Высокая текучесть и прочность при формировании тонкостенных деталей.

Климатические: сопоставим по водопоглощению, водо- и газопроницаемости с керамикой (Al_2O_3) (рис.3) [6].

Применение в микроэлектронике:

- корпуса микросхем, полупроводниковых приборов, МЭМС и датчиков;
- корпуса силовых и СВЧ-приборов и микросхем;
- корпуса микроэлектронных изделий для поверхностного монтажа;
- электрические разъемы, выключатели, переключатели и соединители;
- коммутационные объемные платы и т.п.

Основные преимущества металлокомпозитных корпусов для изделий микроэлектроники

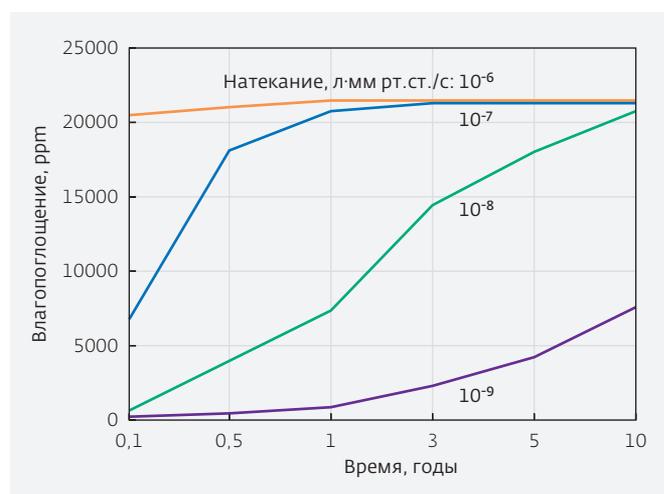


Рис.3. Зависимость попадания влаги в корпус от времени и скорости натекания

перед современными пластмассовыми основаны на применении следующих материалов-компонентов [7]:

- медной выводной рамки, включая кристаллодержатель или теплорастекатель (с покрытием Au, Ni, Ag);
- высококачественной полимерной основы (негигроскопичной в отличие от используемой в дешевых пластмассовых корпусах), например жидкокристаллического полимера LCP;
- высококачественных специализированных неорганических наполнителей требуемого состава, формы и с нужными характеристиками (например, кремнеземов, кварца и т.п.);
- высококачественных специализированных патентованных адгезивов для усиления связи между полимером и металлическим выводом;
- наличие конструктивно-технологического решения – полости.

В статье мы попытались разобраться в причинах, которые не позволяли широко использовать полимерные корпуса в микроэлектронике. В нашем представлении – это глубокое заблуждение "людей

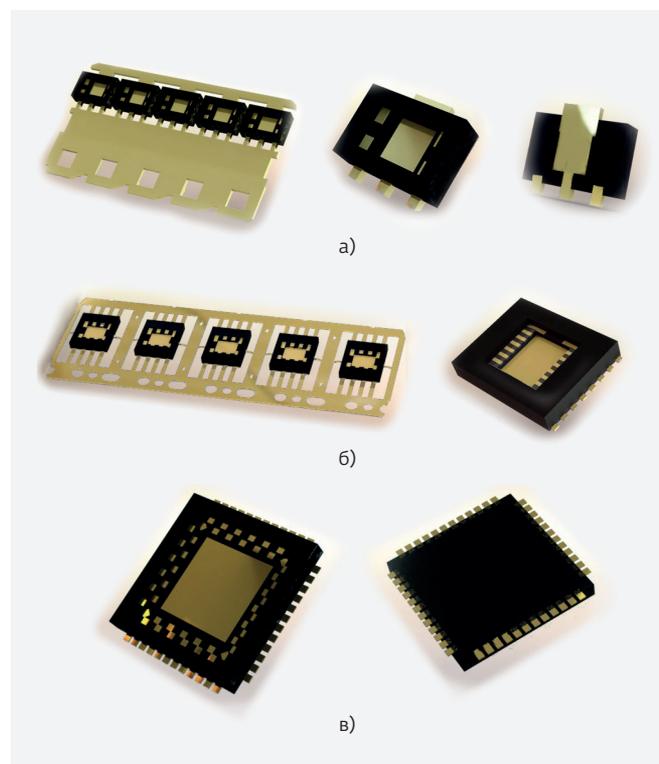


Рис.4. Корпуса, разработанные в ЗАО "Группа кремний ЭЛ": а) тип SOT-89; б) тип SOC-8; в) 48-выводной корпус

в зеленом" и "космонавтов", основанное на устаревшей информации о полимерах, на не совсем адекватных результатах научно-исследовательских работ по этой тематике. Отсутствует желание менять уже что-то опробованное и понятное на неизвестное и не вполне понятное, хотя это неизвестное и предполагает значительные технологические перспективы.

У предприятия ЗАО "Группа кремний Эл" (Брянск) богатый научно-технический задел по применению термотропных жидкокристаллических полимеров и различных композитов на их основе. Первоначально это были крышки для диодных сборок и беспотенциальных металлокерамических корпусов. Дальнейший шаг – разработка металлокомпозитных корпусов с полостью как для цифровых многовыводных СБИС, так и для силовых и мощных СВЧ-приборов и микросхем (рис.4). Такая разработка требует большого объема работ по созданию и изготовлению прецизионной оснастки для вырубных штампов и пресс-форм.

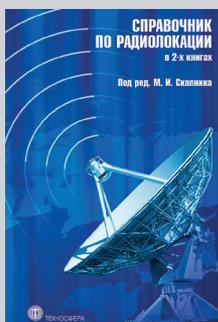
Департамент радиоэлектронной промышленности Минпромторга планирует в 2014 году проведение работ по металлокомпозитным корпусам, предусматривающих полный комплект испытаний на их соответствие ОТУ ГОСТ РВ 5901-004-2010. Испытания и анализ их результатов позволят

окончательно решить, являются ли эти корпуса альтернативой металлокерамическим.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Roman J.W., Ross R.J.** A moisture resistant air cavity plastic microwave power package capable of eutectic die attach. – Proceedings of JEDEX Conference, San Jose, California, 2003.
2. **Roman J.W.** Liquid crystal polymer in the new age of electronic packaging. – IMAPS New England 35th Annual Symposium, 2008.
3. **Керенцев А., Ланин В.** Влагоустойчивость интегральных микросхем в пластмассовых корпусах. – Технологии в электронной промышленности, 2008, №4.
4. **Барвинский И.А., Барвинская И.Е.** Справочник по литевым термопластичным материалам, 24.05.2010.
5. **Боднар Д.М.** Мощные СВЧ-транзисторы и корпуса для российского и зарубежных рынков. – Электронные компоненты, 2013, №1.
6. **Greenhouse H., Lowry R., Romensko B.** Hermeticity of Electronic Packages. –William Andrew, 2nd ed., 2011.
7. **Longford A.** Polymer bonded LCP device housing enables selective thermal management for RF device packages. – ARMMMS Conference 2010.

ГОТОВИТСЯ К ИЗДАНИЮ



СПРАВОЧНИК ПО РАДИОЛОКАЦИИ

Под ред. М.И. Сколника

Это третье издание всемирно известного "Справочника по радиолокации". В нем нашли отражение новые усовершенствованные технологии радиолокации. Некоторые темы предыдущих изданий справочника, утратившие свою актуальность, были исключены из настоящего издания.

Справочник является результатом усилий как специалистов по общим вопросам, так и экспертов по специальным разделам радиолокации.

Книга будет полезна для инженеров, участвующих в разработке, производстве и эксплуатации радиолокационных систем.

Москва: Техносфера, 2014, ISBN 978-5-94836-381-3
Книга 1 – 672 с.; книга 2 – 696 с.

При поддержке открытого акционерного общества "Концерн радиостроения "Вега"
Перевод с англ. под общей ред. д.т.н., проф. В.С.Вербы

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319 Москва, а/я 91; ☎ (495) 956-3346, 234-0110; knigi@technosfera.ru, sales@technosfera.ru