

К. т. н. Л. П. АНУФРИЕВ, А. Ф. КЕРЕНЦЕВ,
к. т. н. В. Л. ЛАНИН

Беларусь, г. Минск, УП "Завод Транзистор"
E-mail: tralp@infonet.by

Дата поступления в редакцию
14.11 2000 г. — 06.02 2001 г.
Оппоненты к. т. н. В. П. МЕЛЬНИКОВ,
к. т. н. А. А. ЕФИМЕНКО

ВЛАГОУСТОЙЧИВОСТЬ ТРАНЗИСТОРОВ В ПЛАСТМАССОВЫХ КОРПУСАХ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИНАВОЛАЧНЫХ СМОЛ

Исследовалась возможность применения пресс-материалов MG-40FR и МЭП-5Т в производстве полупроводниковых приборов в пластмассовых корпусах.

В настоящее время большинство полупроводниковых приборов (ППП), предназначенных как для коммерческих, так и для специальных применений, изготавливаются в пластмассовых корпусах. ППП в пластмассовых корпусах относительно дешевые, имеют малую массу, выпускаются со значительно большей степенью автоматизации по сравнению с приборами в металлостеклянных корпусах [1].

Недостатком пластмассовых корпусов является проницаемость влаги и различных жидких и газообразных веществ, отрицательно влияющих на активную транзисторную структуру. Влагопроницаемость может резко понизить надежность изделий в пластмассовых корпусах, в связи с чем стала одной из важнейших оценок качества пластмасс. В результате испытаний может быть установлено, что некоторые виды пластмасс неприемлемы при производстве надежных электронных компонентов [2]. Поэтому при выборе материала пластмассы проведение работ по исследованию герметичности при климатических и термовлажностных испытаниях имеет практическое значение.

В настоящее время разработаны новые материалы для герметизации ППП методом трансферного литья: пресс-материалы серии ЕМЕ (Sumitomo Bakelite, Япония), НС-10 (Nitro Denko, Япония), КТМС-3000 (LG Chem, Корея), MG-40FR и др. (Dexter, Германия), МЭП-5Т («Компания Славич», Россия).

В данной работе представлены результаты сравнительного опробования пресс-материалов MG-40FR и МЭП-5Т в производстве ППП в корпусе ТО-92. Пресс-материалы представляют собой композиции на основе эпоксинаволачных смол, их основные технические характеристики представлены в **таблице**.

Исследуемые материалы отличаются по чистоте (так, MG-40FR содержит ионных примесей на три порядка меньше, чем МЭП-5Т). По остальным техническим характеристикам материалы мало отличаются друг от друга. Основным преимуществом

пресс-материала МЭП-5Т является более низкая цена, что способствует снижению себестоимости ППП.

Герметизация транзисторов типа SS 9012 выполнялась методом трансферного литья на прессе ДГ-2432 с усилием 1600 МПа и использованием пресс-формы на 528 мест. Опробовано три варианта пресс-материала: МЭП-5Т стандартный по ТУ 6-00-002005133-65-96; МЭП-5Т с уменьшенным на 30% содержанием антиадгезионной смазки; MG-40FR.

*Основные технические характеристики
пресс-материалов*

Параметр	МЭП-5Т	MG-40FR
Текущность по спирали, см при $T=165^{\circ}\text{C}$ при $T=177^{\circ}\text{C}$	≥ 70 —	— ≥ 76
Время гелеобразования, с	18...35	25
Температурный коэффициент линейного расширения, $1/^{\circ}\text{C}$, не более		
α_1	$25 \cdot 10^{-6}$	$23 \cdot 10^{-6}$
α_2	$75 \cdot 10^{-6}$	$75 \cdot 10^{-6}$
Температура стеклования, $^{\circ}\text{C}$	155	160
Водопоглощение, % за 24 ч за 100 ч	0,2 —	— 0,65
Массовая доля ионных примесей, %, не более K^+ , Na^+ Cl^-	$1 \cdot 10^{-3}$ $5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-6}$ $5 \cdot 10^{-6}$

Контроль по внешнему виду после герметизации, проведенный на растровом электронном микроскопе Stereoscan-360 (Cambridge Instruments, Англия), выявил образование пор в торцевой части корпуса со стороны впускного литника (**рис. 1**). Установлено, что поры в пластмассовом корпусе образуются только после того, как произошло формирование корпуса на 80% приборов на выводной рамке. На последних 20% приборов по направлению движения расплава пресс-материала размер пор возрастает с 40 до 100...200 мкм. Среднестатистическое распределение пор по длине выводной рамки показано на **рис. 2**.

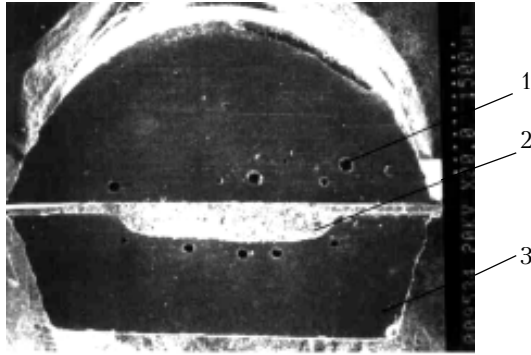


Рис. 1. Внешний вид торца пластмассового корпуса с дефектами герметизации:

1 – пора; 2 – впускной литник; 3 – корпус

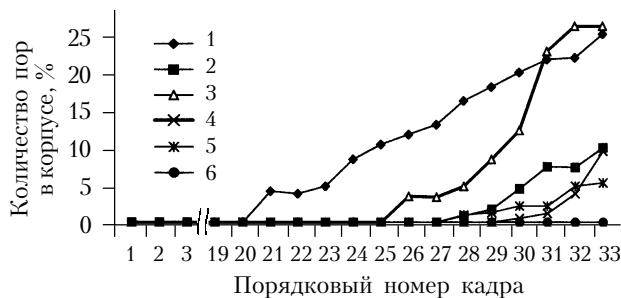


Рис. 2. Распределение пор в пластмассовом корпусе после герметизации:

1, 2 – МЭП-5Т стандартный; 3, 4 – МЭП-5Т с уменьшенным содержанием смазки; 5, 6 – МГ-40FR
1, 3, 5 – размер пор менее 100 мкм; 2, 4, 6 – размер пор 100...200 мкм

Уменьшение в составе пресс-материала содержания антиадгезионной смазки повышает качество формирования пластмассового корпуса. Снизить дефектность корпуса на 15% при использовании МЭП-5Т удалось путем исключения предварительного нагрева пресс-таблеток. Это указывает на то, что причиной повышенного порообразования МЭП-5Т по сравнению с МГ-40FR является его более высокая текучесть, избыточное содержание антиадгезионной смазки, испарение легколетучих фракций.

Известно, что для уменьшения пустот и пор в пластмассовом корпусе требуется проводить процесс герметизации при медленном подъеме штока пресса, подающего расплав пресс-материала по литниковой системе пресс-формы [3]. Однако конструкция используемого пресса не предусматривает регулирования времени хода штока и фактически составляет $4,8 \pm 0,4$ с, поэтому необходимо снизить текучесть пресс-материала. Текучесть пресс-материала при температуре 165°C и давлении 7 МПа уменьшена с 130 до 90 см за счет введения дополнительного количества наполнителя. Это позволило существенно уменьшить дефектообразование при герметизации корпусов.

Для получения влагостойких полимерных корпусов важное значение имеет технология их формирования, в частности, подготовка и очистка поверхности пресс-формы перед процессом герметизации. Плохо подготовленная и неочищенная поверхность пресс-

формы может приводить к снижению качества формирования и ухудшению герметичности корпуса. Поэтому неперенным условием является периодическая очистка пресс-формы, частота которой зависит от конструкции пресс-формы, параметров прессования, используемого пресс-материала. Так, при использовании меламинового очистителя МСL-100Т с минеральным наполнителем очистку пресс-формы следует проводить не менее 8 раз. При этом качество очистки определяется визуально. Однако остатки компонентов самого очистителя в гнездах пресс-формы могут внедряться в состав полимерного корпуса в процессе последующей герметизации, ухудшая качество приборов [4]. Для повышения эффективности отделения корпуса без остатков пресс-материала в конструкции пресс-формы предусмотрено двухслойное хромовое покрытие, а угол боковых стенок литниковой системы выбран в пределах $9-10^\circ$.

Финишную часть очистки пресс-формы рекомендуется проводить путем неоднократной запрессовки рабочим пресс-материалом. Для оценки эффективности очистки пресс-формы меламином МСL-100Т было проведено пять контрольных запрессовок рабочих приборов. После первых трех запрессовок на поверхности корпусов выявляются пятна и локальные деформации от посторонних частиц, после последующих запрессовок – поверхность корпусов чистая, без посторонних включений. Для приборов всех пяти контрольных процессов (как для МЭП-5Т, так и для МГ-40FR) уровень обратного тока "коллектор-база" $I_{кбо}$ и коэффициент усиления по току $h_{21э}$ находятся в допустимых пределах.

Для оценки надежности приборов использовался наиболее эффективный метод испытаний при оптимизации процессов герметизации и выборе герметизирующих материалов [5] – испытания на влагустойчивость в автоклаве при температуре $120 \pm 5^\circ\text{C}$, давлении 0,2 МПа и влажности 100%. Контроль параметров $I_{кбо}$, $h_{21э}$ проводился через 24, 48, 96, 168, 240, 360, 400 и 500 часов испытаний.

Результаты испытаний в автоклаве представлены на рис. 3. После первых 96 ч испытаний отмечается до 5% отказов приборов, герметизированных как МЭП-5Т, так и МГ-40FR ($I_{кбо}$ выше нормы, $h_{21э}$ меньше нормы из-за проникновения влаги). После

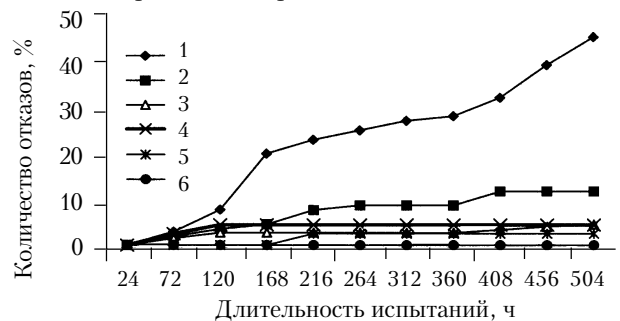


Рис. 3. Зависимость накопленной доли отказов от времени испытаний в автоклаве:

1, 2, 3 – МЭП-5Т; 4, 5, 6 – МГ-40FR;
1, 4 – после первой запрессовки; 2, 5 – после третьей запрессовки; 3, 6 – после пятой запрессовки

пятой запрессовки влагоустойчивость приборов заметно возрастает, но для МЭП-5Т доля отказов выше.

Таким образом, в результате проведения сравнительных ускоренных термовлажностных испытаний транзисторов в корпусе ТО-92 с использованием эпоксинаволачных пресс-материалов МЭП-5Т и МG-40FR установлено следующее:

– появление отказов в первые 100 часов испытаний обусловлено ускоренным проникновением влаги по дефектам в полимерном корпусе (поры, пустоты);

– для повышения влагоустойчивости приборов с использованием МЭП-5Т требуется снижение до минимума содержания антиадгезионной смазки и текучести пресс-материала, а процесс герметизации необходимо проводить без предварительного подогрева таблеток.

Применение исследованных пресс-материалов МЭП-5Т и МG-40FR перспективно для изготовления полупроводниковых приборов, предназначенных для поверхностного монтажа.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Manzione L. T., Lando D. J. Polymers in electronics packaging // ATT Technical Journal. — 1990. — Vol. 68, N 6. — P. 60–76.

2. Ануфриев А. Н., Ходос Ю. А. Испытание на герметичность пластмассовых корпусов // Электронная промышленность. — 1991. — Вып. 4. — С. 30–32.

3. Попова Г. Е. Использование эпоксидных компаундов для герметизации полупроводниковых приборов и микросхем // Обзоры по электронной технике. Сер. Материалы. — 1985. — Вып. 11. — М.: ЦНИИ «Электроника».

4. Сотников В. С., Будков В. А., Астапов Б. А. Физико-химические основы оптимизации параметров герметизации полимерными материалами в производстве интегральных схем и полупроводниковых приборов // Там же. — 1987. — Вып. 4.

5. Теверовский А. А., Ахаткин А. Л., Котин А. А. Ускоренные испытания на влагостойкость ИС, герметизированных в пластмассу // Электронная промышленность. — 1989. — Вып. 6. — С. 34–36.



Одесса 2002

ПЕРВАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА-СИМПОЗИУМ
ИЗОБРЕТЕНИЙ, ИДЕЙ И ТЕХНОЛОГИЙ

Миллениум

7–9 ФЕВРАЛЯ 2002 ГОДА



Одесса 2002

*Если вы не думаете о будущем, возможно,
оно для вас и не наступит.*

Джон Голсуорси

На рубеже тысячелетий происходит информационная революция, которая становится характерным признаком развития экономики многих стран. Создаются условия для глобализации таких процессов, которые до сих пор оставались локальными по своей сути.

Одесса, как известно, является одним из ведущих центров в области развития науки, техники, искусства и образования. Это обусловило проведение первой международной выставки изобретений, идей и технологий именно в Одессе. **Информационные и компьютерные системы, энергосбережение, экология, медицина и биотехнология** – вот основные разделы выставки-симпозиума

«Миллениум, Одесса 2002».

В рамках выставки-симпозиума будут проведены конференции по вопросам научных исследований в области строительства, транспорта, информатики, тенденций развития науки и образования, защиты интеллектуальной собственности. Также будет проведен конкурс детского технического творчества.

Выставка-симпозиум «Миллениум, Одесса 2002» станет мощным импульсом для развития науки, образования, искусства, привлечения инвестиций и скорейшего внедрения идей, изобретений и технологий в промышленность, сельское хозяйство, производство и другие виды деятельности человека.

Неверно, что третье тысячелетие не отличается от второго!

ВЦ «Морские технологии»: офис 2, пер. Сабанский 1, 65014, Одесса, Украина

Тел.: (0482) 22-75-00, факс: (0482) 25-09-66

E-mail: abe@sudohodstvo.com

Web-site: www.sudohodstvo.com