

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Plastinfo.ru. Литьевые армированные изделия: характеристики коробления [Электронный ресурс]: <<http://plastinfo.ru/information/articles/print/167>>.
2. Яблочников Е. И., Брагинский А. Б., Восоркин С. В. Применение систем виртуального моделирования при выборе и проектировании полимерных композиционных материалов // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55, № 7. С. 75—80.
3. Альтенбах Х., Науменко К. и др. Численное исследование влияния технологических параметров изготовления на упругие свойства коротковолокнистых композитных материалов // Вестн. НТУ „ХПИ“. Харьков, 2003. Т. 1. С. 184—192.
4. Phelps J. H., Tucker Ch. L. An anisotropic rotary diffusion model for fiber orientation in short- and long-fiber thermoplastics // J. of Non-Newtonian Fluid Mechanics. 2009. Vol. 156, is. 3. P. 165—176.

**Сведения об авторе**

**Алексей Сергеевич Восоркин** — аспирант; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения, Санкт-Петербург; E-mail: [asvosorkin@gmail.com](mailto:asvosorkin@gmail.com)

Рекомендована кафедрой  
технологии приборостроения

Поступила в редакцию  
09.04.14 г.

УДК 621.363

Е. И. Яблочников, П. В. Смирнов, А. С. Воробьев

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
КОРПУСИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ**

Рассмотрены основные типы корпусов интегральных микросхем и технологии корпусирования, основанные на применении инжекционно-компрессионного литья. Указаны преимущества применения полимерных материалов для корпусирования электронных компонентов. Рассмотрены особенности применения систем виртуального моделирования технологических процессов при изготовлении корпусов различных типов.

**Ключевые слова:** корпус, электронный компонент, инжекционно-компрессионное литье, специализированный программный комплекс, моделирование технологических процессов.

Рассмотрим три основных типа корпусов электронных компонентов: с плоскими и вертикальными выводами, с шариковыми выводами на нижней плоскости корпуса и в форме пластины [1]. Первый тип корпусов наиболее распространен, но его главным недостатком является возможность деформации выводов в процессе формовки, тестирования и транспортировки на сборку, а также относительно большие габариты. Второй и третий типы относятся к более новым технологиям изготовления, которые активно развиваются в связи с тенденцией к миниатюризации изделий. Уменьшение размеров электронного компонента приводит к расширению областей его применения, начиная от калькулятора, часов и CD-привода и заканчивая микропроцессорами и микроконтроллерами. При корпусировании на уровне пластин основной задачей является выдерживание точности позиционирования, а при использовании корпусов с шариковыми выводами могут возникать трудности с контролем герметизации.

Во всех рассматриваемых типах корпусов используются полимерные материалы для герметизации с целью защиты элементов и компонентов интегральных микросхем от воздействия внешней среды (действия агрессивных сред, атмосферного кислорода, пыли, влаги, ме-

ханических и электромагнитных воздействий и вибрации). Комплекс мероприятий и технологических операций по герметизации обеспечивает надежность при изготовлении, хранении и эксплуатации [2, 3]. Применение полимерных материалов для герметизации связано с дальнейшей микроминиатюризацией, заменой дорогостоящих металлостеклянных и металлокерамических корпусов, экономией драгоценных металлов, возможностью совмещения различных технологических операций и автоматизации.

Различные типы интегральных микросхем герметизируют разными способами, что связано в основном с их конструктивными особенностями и объемами производства. Полимерные корпуса получили широкое распространение, несмотря на то что герметизация полимерными материалами имеет ряд недостатков: ухудшение условий теплоотвода; появление механических напряжений, возникающих при отверждении герметика; недостаточность влагостойкости вследствие сорбции влаги полимерами; подверженность процессам старения. Моделирование технологического процесса помогает на ранних стадиях создания изделия увидеть возможные проблемы и найти способы их устранения или уменьшения влияния.

Проектирование электронных компонентов требует применения современного программного обеспечения. При разработке микросистемных изделий необходимо проводить инженерный анализ физических процессов, происходящих в них. Для анализа каждого из этих процессов существуют специализированные программные комплексы: например, для анализа тепловых, механических и оптических процессов используются программные комплексы Coventor, Oofelie и Comsol. В области анализа процессов литья полимеров специализированным программным комплексом является Moldex3D [4], который позволяет решать проблемы, возникающие при изготовлении корпусов интегральных микросхем, и открывает дополнительные возможности для выбора конструкторско-технологических решений при создании литьевой формы.

Одним из возможных способов изготовления корпусов интегральных микросхем является инжекционно-компрессионное литье, основанное на введении термопластичного полимерного расплава в слегка открытую литьевую форму при одновременном или последующем пресовании с помощью дополнительного хода запирания. Используемое при инжекционно-компрессионном литье низкое давление позволяет предохранять закладные детали от повреждений. Одним из главных недостатков этого метода является недолив форм (рис. 1, а). Основной его причиной является нехватка материала, поступающего в литьевую форму (из-за низкой температуры формы или расплава и, следовательно, пониженной текучести расплава, а также по причине засорения литникового и разводящих каналов), или неправильный расчет объема впрыска. Данная проблема наиболее распространена при создании корпусов с шариковыми выводами на нижней плоскости корпуса.

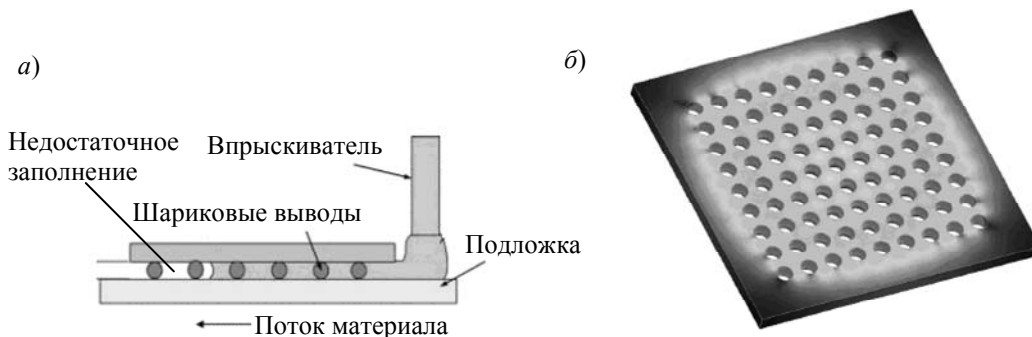


Рис. 1

Моделирование заполнения (рис. 1, б) дает возможность на стадии проектирования обнаруживать потенциальные дефекты, учитывать и устранять факторы, ведущие к недоливу, сводить к минимуму воздействия на подложку, что позволяет повысить надежность спроектированного изделия.

тированного корпуса. Важной задачей является выбор литьевой формы и расположения литниковых каналов. С помощью модуля Injection Compression Molding (ICM) системы Moldex3D имитируется процесс формообразования с последующим контролем тепловыделения, давления и однородности свойств во время процесса отверждения.

С помощью моделирования можно контролировать состояние деформации выводов корпусов с плоскими и вертикальными выводами, отслеживая равномерность потока заполнения (рис. 2).

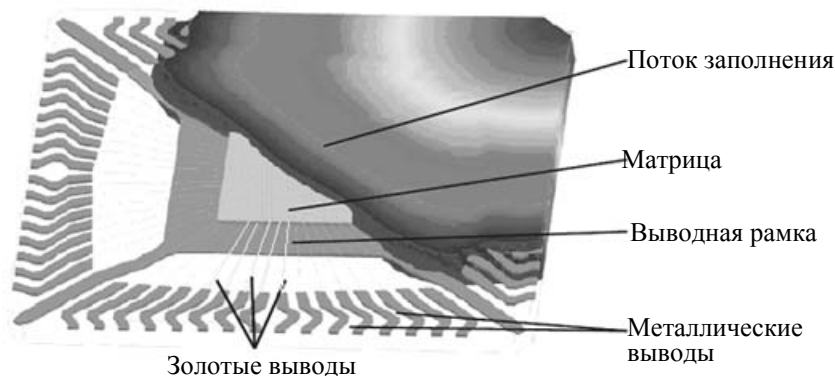


Рис. 2

Использование системы виртуального моделирования позволяет достичь требуемой точности позиционирования (рис. 3, а) при корпусировании на уровне пластин и повысить качество сжатия матрицы (рис. 3, б), что обеспечивает повышение точности проектирования и снижение вероятности возникновения короблений.

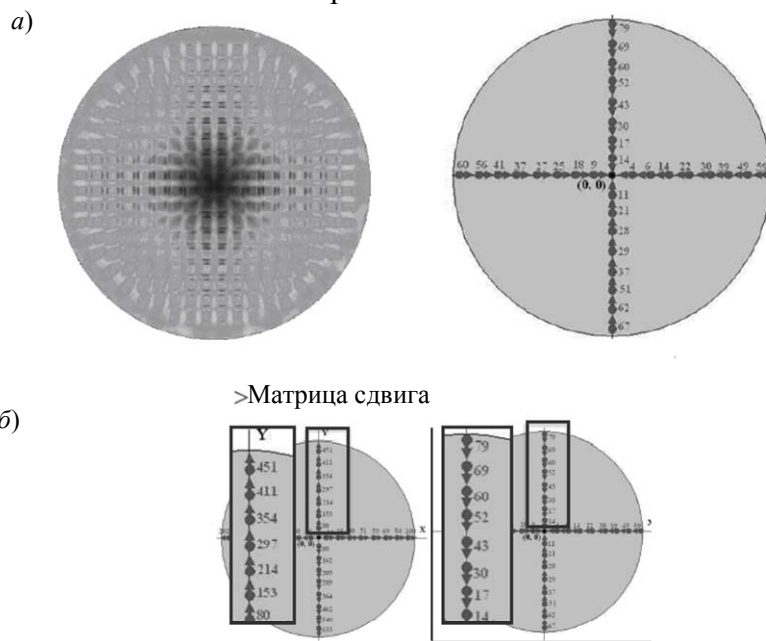


Рис. 3

Качество герметизации зависит от физико-механических свойств (плотности, теплопроводности, механической прочности, термостойкости, электроизоляционных свойств) полимеров и технологических процессов их литья. В зависимости от типа герметизируемых приборов те или иные характеристики приобретают особое значение. К параметрам технологических процессов относятся текучесть, скорость отверждения и усадка. Защитные свойства полимерного корпуса характеризуются скоростью проникновения через его материал газов и паров, количеством адсорбируемой влаги, адгезией пластмассы к металлу рамки и выводов. Поэтому помимо проведения обязательных в процессе моделирования проверочных расчетов по оценке тепловых режимов работы, анализу характеристик надежности работы и определению

обеспечения влагозащиты для повышения эффективности методов диагностирования и контроля качества герметизации полимерных корпусов (пористости, неоднородностей, трещин, инородных включений, адгезии к выводной рамке, состояния межсоединений после герметизации) применяются методы неразрушающего контроля: лазерное фотоакустическое диагностирование и рентгенотелевизионная дефектоскопия [5].

**Заключение.** Полученные в настоящей статье результаты необходимы для последующих исследований в области создания корпусов электронных компонентов методом инъекционно-компрессионного литья с применением специализированных программных комплексов для проведения виртуального моделирования технологических процессов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прищепа М. М., Погребняк В. П. Микроэлектроника. Ч. 1. Элементы микроэлектроники. М.: Высшая школа, 2004. С. 431—435.
2. Linke B. Understanding Flip-Chip and Chip-Scale Package technologies and their applications // Maxim Integrated circuits, 2007.
3. Wimer J. J. 3-D Chip Scale with Lead-Free Processes // J. Semiconductor International. 2003. N 10.
4. Яблочников Е. И., Брагинский В. А., Восоркин А. С. Применение систем виртуального моделирования при выборе и проектировании полимерных композиционных материалов // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55, № 7. С. 75—80.
5. Ланин В., Волкеништейн С., Ключева С. Контроль качества герметизации пластмассовых корпусов интегральных схем // Технологии в электронной промышленности. 2009. № 8.

#### Сведения об авторах

- Евгений Иванович Яблочников** — канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения, Санкт-Петербург; заведующий кафедрой; E-mail: eugeny@beepitron.com
- Павел Васильевич Смирнов** — аспирант; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения, Санкт-Петербург; E-mail: pavelsmirnov2011@gmail.com
- Анатолий Сергеевич Воробьев** — аспирант; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения, Санкт-Петербург; E-mail: delarge@mail.ru

Рекомендована кафедрой  
технологии приборостроения

Поступила в редакцию  
09.04.14 г.