

Разработка металлокерамических корпусов в АО «ЗПП» с использованием САПР

Ш. Шугаепов¹, Е. Ермолаев², В. Егошин³, А. Решетников⁴

УДК 621.3 | ВАК 05.27.01

АО «Завод полупроводниковых приборов» (АО «ЗПП») начал выпускать металлокерамические корпуса для интегральных схем (ИС) уже в конце 1970-х годов. С 2009 года ведется перевооружение производственно-технической базы на предприятии с целью выйти на один уровень с ведущими мировыми производителями. Этой цели было бы трудно достичь, не обновив работу конструкторских и технологических бюро предприятия. В статье рассказывается о разработке металлокерамических корпусов с использованием САПР, а также приводятся примеры изделий, созданных в АО «ЗПП».

Требования к корпусам для ИС изменились в последние годы, потребность в электронных приборах со сложной конструкцией и необходимость уменьшения размеров микросхем привели к появлению новых требований к корпусам:

- установка в один корпус нескольких кристаллов – микросборки;
- установка на корпуса дополнительных пассивных элементов;
- предъявление к проводникам требований по скорости передачи сигнала;
- минимизация габаритных размеров и максимальное увеличение функциональной нагрузки и др.

Повысились требования к скорости разработки, минимизации ошибок на этапе проектирования, а также к функциональной безопасности изделий.

Имеющиеся на 2009 год на предприятии САПР не позволяли надежно выполнить все эти требования. С конца 2000-х годов мы начали поиск САПР, которые обеспечили бы выполнение всех необходимых для нас основных требований:

- разработка топологии с возможностью задания правил проектирования;

- импорт конструктива подложки/корпуса из DXF-файла;
- редактор стека слоев, калькулятор импеданса;
- индикация имени цепи на проводнике, полигоне и выводе;
- поддержка трассировки дифференциальных пар;
- автоматическая «доводка» связей;
- возможность использования формул для задания правил выравнивания по длине;
- электрические правила и ограничения (задержки, перекрестные помехи и др.);
- учет задержек в переходных отверстиях;
- контроль прохождения проводников над прорезями в полигонах;
- экспорт файлов DXF, ODB++, PDF;
- трассировка сигналов группами;
- динамические полигоны с автообновлением;
- создание и редактирование 3D-стека для быстрой сборки и оптимизации стека;
- проектирование проволочных соединений с разными слоями подложки, а также сборка нескольких чипов в одну «этажерку»;
- автоматическое выравнивание задержек распространения сигнала;
- динамический контроль фазы сигнала;
- наборы правил для DFM / DFA.

Таким образом, рассматриваемый программный продукт должен повысить скорость и качество разработки корпусов для изделий микроэлектроники, обеспечивая разработчиков современными инструментами прототипирования, верификации и тестирования СБИС.

¹ АО «ЗПП», главный конструктор – начальник управления; ФГБОУ ВО «МарГУ», ассистент, shnshugaepov@zppi2.ru.

² АО «ЗПП», заместитель главного конструктора по новым разработкам; ФГБОУ ВО «МарГУ», преподаватель, ermolaev_ev@zppi2.ru.

³ АО «ЗПП», заместитель главного конструктора по материалам; ФГБОУ ВО «МарГУ», старший преподаватель, vaegoshin@zppi2.ru.

⁴ ООО «Инженерные решения», генеральный директор, ar@ensol-ltd.ru.

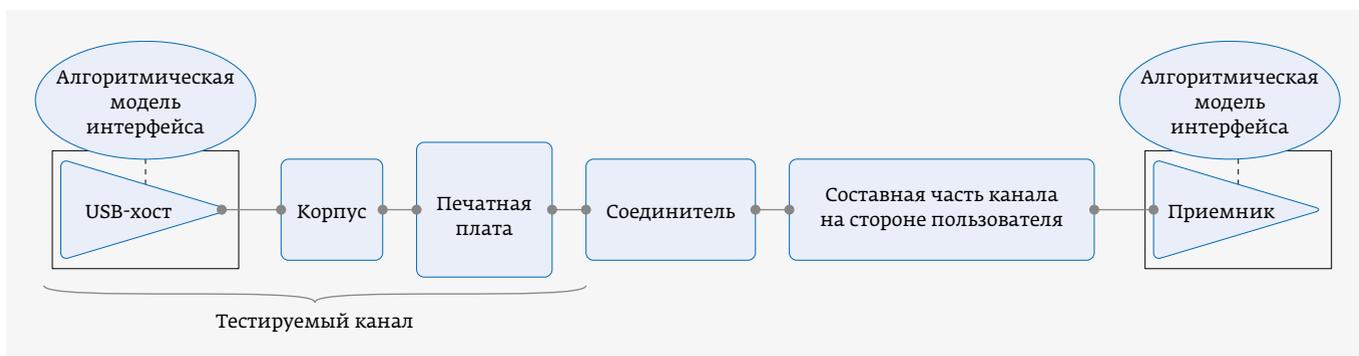


Рис. 1. Типовой канал интерфейса USB 3.0 Host-TX

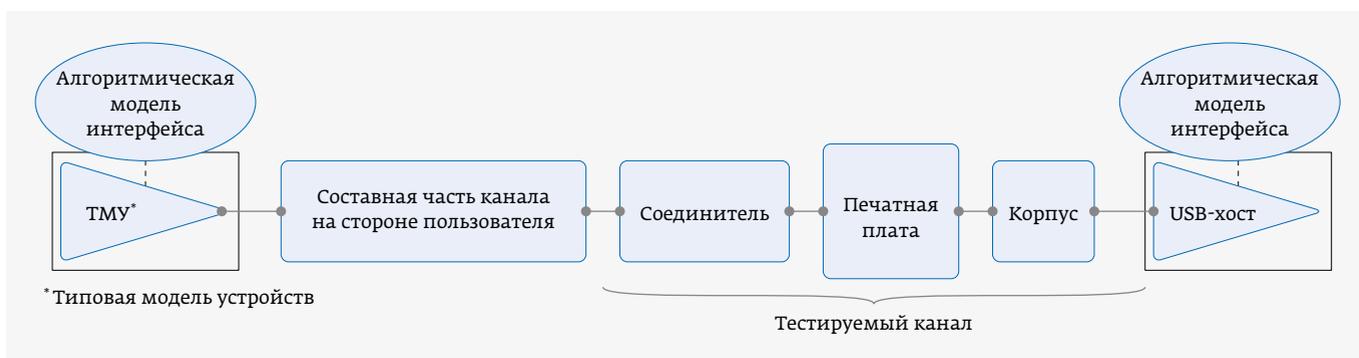


Рис. 2. Типовой канал интерфейса USB 3.0 Host-RX

Кроме того, потребность в увеличении скорости создания изделий требовала запараллелить процессы разработки чипа, корпуса, платы и изделия. Также возникла сложность совместимости механических и электрических САПР.

Так как АО «Завод полупроводниковых приборов» обладает полным циклом изготовления металлокерамических корпусов (от приготовления материала до конечного изделия) и работает со многими потребителями и поставщиками услуг, а также учитывая, что на смежных предприятиях внедрены разнообразные САПР, мы не смогли остановиться на выборе какого-то определенного продукта. Нам пришлось освоить несколько САПР, позволяющих закрыть все наши текущие задачи.

Совместно с компанией ООО «Инженерные решения» ведутся работы по математическому моделированию топологии корпусов микросхем, печатных плат и систем в целом. Проводится анализ распределения токовых нагрузок и падений напряжения, с учетом теплового состояния электронного модуля. Оцениваются создаваемые электронным модулем электромагнитные излучения (ЭМИ), оптимизируются системы питания для обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС). Верифицируется целостность сигналов высокоскоростных интерфейсов (DDR / LPDDR – 3 / 4 / 5,

PCIe gen. 2 / 3 / 4 / 5, SATA, USB, SPFF+, Gigabit Ethernet, 10GBase и др.).

Основная идея нашего сотрудничества заключается в том, что мы с нашими заказчиками создаем дополняющие инженерные команды. Такой подход позволяет обеспечивать высочайший уровень компетенций при реализации самых сложных проектов.

АО «ЗПП» совместно с компанией ООО «Инженерные решения» проводила верификацию корпуса

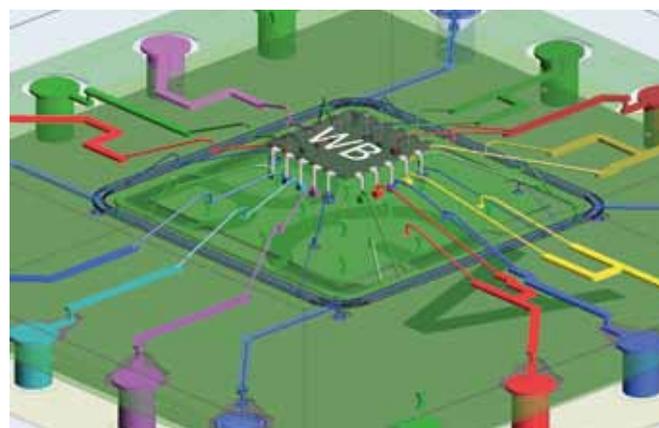


Рис. 3. Модель типового корпуса

Таблица 1. Характеристики металлокерамического корпуса МК 8317.783-1

Параметр	Значение
Количество выводных площадок	783
Количество контактных площадок	2 096
Шаг выводных площадок, мм	1,0
Габаритные размеры тела корпуса, не более, мм	29,3×29,3×4,4
Масса основания корпуса, не более, г	12
Масса крышки, не более, г	1,4
Способ герметизации	Контактная шовная сварка
Конструктивные особенности	Ободок электрически изолирован от всех токопроводящих частей основания корпуса
Расположение выводных площадок	В виде матрицы 28×28 с шагом 1 мм. Вывод А1 отсутствует
Покрытие металлизированных поверхностей и металлических частей основания	Хим.НЗ.Хим.Зл0,1-0,5
Максимальное значение повышенной рабочей температуры среды при эксплуатации, °С	155
Минимальное значение пониженной температуры среды при эксплуатации, транспортировании и хранении, °С	-60
Значение атмосферного пониженного давления при эксплуатации, Па (мм рт. ст.)	$1,3 \cdot 10^{-4}$ ($1 \cdot 10^{-6}$)
Значение повышенного давления при эксплуатации, Па (мм рт. ст.)	$5,1 \cdot 10^5$ (3 800)
Сопротивление изоляции между изолированными токопроводящими элементами корпуса в нормальных климатических условиях (НКУ) (при постоянном напряжении 100 В), не менее, Ом	10^8
Изоляция между изолированными токопроводящими элементами корпуса должна выдерживать (в НКУ без пробоя и поверхностного перекрытия) испытательное напряжение, не менее, В	200
Сопротивление токоведущих дорожек и выводных площадок из групп:	
• цифровые сигналы и аналоговые сигналы (R_{DIG}), не более, Ом	2,5
• шина VDD25 (R_{S2}), не более, МОм	100
• шины GND, VDD12 (R_{S1}), не более, МОм	4
Емкость проводников цифровых сигналов (на шину GND), не более, пФ	5,0
Емкость связи корпуса (между проводниками группы цифровых сигналов), не более, пФ	5,0
Максимальное значение тока, пропускаемого через токопроводящие элементы, А	0,5
Индуктивность токоведущих дорожек и выводных площадок, не более, нГн	17,7
Внутреннее тепловое сопротивление, не более, °С/Вт	3,0



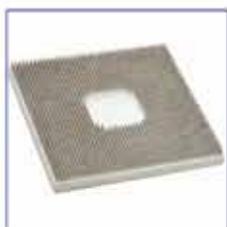
**ЗАВОД
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
ПРИБОРОВ**

ЙОШКАР-ОЛА, РЕСПУБЛИКА МАРИЙ ЭЛ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЗАВОД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ»



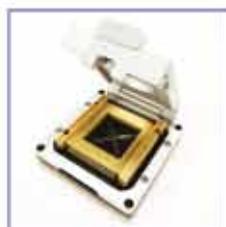
Выводные рамки



Металлокерамические
корпуса



Нагревательные
элементы



Контактные
устройства



Графитовая
оснастка



Оптоэлектронные
корпуса



424003, Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Суворова, 26
Тел.: +7-8362-45-70-09, 45-67-68.
info@zpp12.ru marketing@zpp12.ru

zpp12.ru

Таблица 2. Характеристики металлокерамических корпусов ЯЛГК.301176.305 и МК 5165.44-1

Параметр	Значение	
	Корпус ЯЛГК.301176.305	Корпус МК 5165.44-1
Количество выводных площадок	16	44
Количество контактных площадок	16	44
Шаг выводных площадок, мм	1,25	0,5
Габаритные размеры тела корпуса, не более, мм	33×12,95×2,75	6,4×6,4×1,88
Размеры монтажной площадки, не менее, мм	17,5×7	4×4
Глубина монтажного колодца, не менее, мм	1,3	0,74
Масса основания корпуса, не более, г	4,3	0,15
Масса крышки, не более, г	0,45	0,05
Способ герметизации	Пайка припоем ПСр2,5 ГОСТ 19738-2015	Шовно-роликовая сварка
Расположение выводных площадок	С одной стороны	По четырем сторонам
Покрытие металлических и металлизированных элементов конструкции корпуса (основания)	Н2.3л2	Н2.3л2
Покрытие металлизированных элементов керамической крышки	Хим.Н3	-
Максимальное значение повышенной рабочей температуры среды при эксплуатации, °С	155	155
Минимальное значение пониженной температуры среды при эксплуатации, °С	-60	-60
Сопротивление изоляции между изолированными токопроводящими элементами корпуса в НКУ (при постоянном напряжении 100 В), не менее, Ом	1·10 ⁹	1·10 ⁸
Изоляция между изолированными токопроводящими элементами корпуса должна выдерживать (в НКУ без пробоя и поверхностного перекрытия) испытательное напряжение, не менее, В	200	200
Электрическая прочность изоляции (максимальное испытательное напряжение), не менее, В		-
• между соседними выводами	200	
• между выводами и токоведущей шиной	3000	
Сопротивление токоведущих дорожек и выводных площадок основания корпуса, не более, Ом	0,04	0,2
Внутреннее тепловое сопротивление для максимального размера источника тепла, не более, °С/Вт	1,7	-
Емкость связи, не более, пФ	0,60	1
Емкость проводников, не более, пФ	0,85	1
Индуктивность токопроводящих элементов и выводов корпуса, не более, Гн	1,7	-
Максимально допустимый постоянный ток, проходящий через токопроводящие элементы, А	3,5	2,5

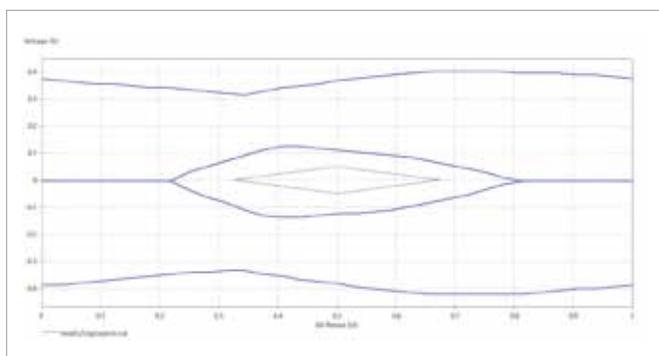


Рис. 4. Временная диаграмма в режиме Host-TX, скорость передачи данных 5 Гбит/с

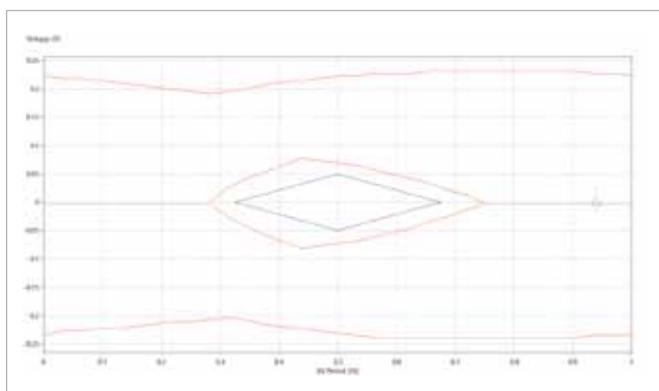


Рис. 5. Временная диаграмма в режиме Host-RX, скорость передачи данных 5 Гбит/с

с интерфейсом USB 3.0. Для исследования был взят типовой канал передачи данных (рис. 1 и 2).

В процессе расчета вместо типовых моделей корпуса (Pkg) микросхемы были использованы модели S-параметров извлеченных дифференциальных пар. На рис. 3 показана модель типового корпуса для представления об объекте исследования.

Расчеты полного канала передачи данных показывают, что без дополнительных тонких настроек временные диаграммы (рис. 4 и 5) обладают определенным запасом.

В результате проведенного исследования можно сделать вывод о возможности применения спроектированного корпуса в изделиях с учетом верификации полного канала передачи данных.

Приведем также для примера чертежи и характеристики нескольких корпусов, разработанных в АО «ЗПП» (рис. 6–8, табл. 1, 2).

На данный момент, благодаря техническому перевооружению и новым освоенным САПР АО «Завод полупроводниковых приборов» может проводить разработку на уровне мировых лидеров и поставлять первые партии изделий в срок от трех месяцев.

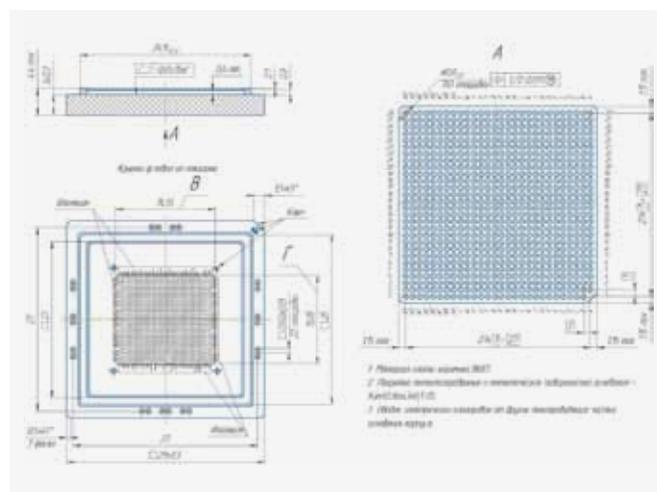


Рис. 6. Габаритный чертеж корпуса МК 8317.783-1

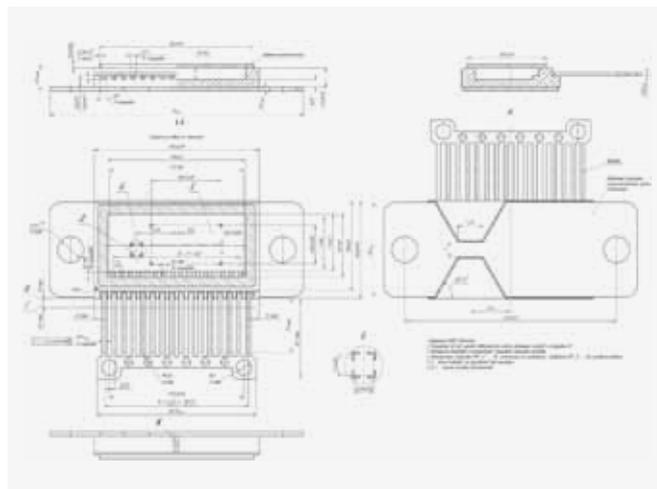


Рис. 7. Габаритный чертеж корпуса ЯЛГК.301176.305

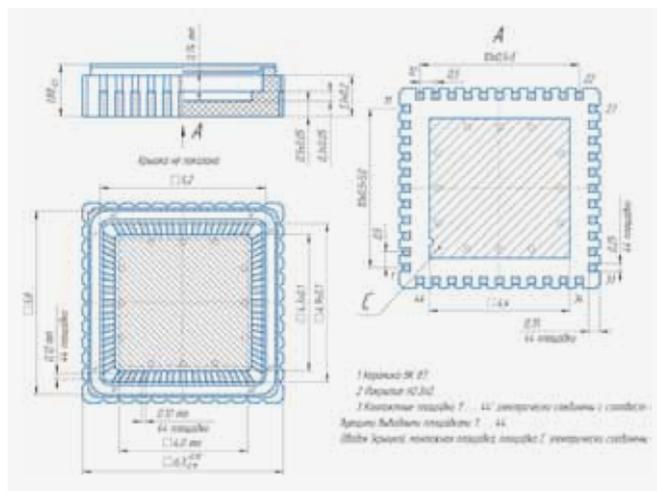


Рис. 8. Габаритный чертеж корпуса МК 5165.44-1