

Новое поколение решений для корпусирования интегральных схем

Часть 3

К. Фелтон¹, Д. Вертянов, к. т. н.², С. Евстафьев, к. т. н.³, В. Сидоренко⁴

УДК 004.9.621.31 | ВАК 05.13.12

Рост популярности гетерогенных конструкций корпусов требует наличия проверенных, автоматизированных систем проектирования с проверкой физических, электрических, тепловых и технологических параметров. В третьей части статьи описываются масштабируемость и широкий функционал средств проектирования, необходимый для разработки современных и будущих сложных корпусов ИС. Рассмотрены требования к передаче проекта на производство с предоставлением безошибочных данных по изготовлению и сборке, которые соответствуют технологическим правилам полупроводниковых фабрик или OSAT-компаний.

Многокристалльная разнородная (гетерогенная) и однородная (гомогенная) сборка кристаллов продолжает оставаться перспективным подходом More than Moore (Больше чем Мур) для уменьшения геометрических размеров и увеличения функциональности электронных устройств, а также остается проверенным способом интеграции нескольких кристаллов, изготовленных по различным технологическим процессам. Технологии гетерогенной интеграции предлагают решения по расширению функциональности электронных устройств, более быстрому выходу на рынок и устойчивости их к проблемам, связанным с выходом годных кристаллов.

В первой части статьи были рассмотрены и проанализированы основные проблемы современных технологий корпусирования ИС, апробированный маршрут проектирования, верификации, подготовки к производству гетерогенных многокристалльных и многоподложечных сборок по технологии цифрового двойника. Вторая часть статьи была направлена на многоуровневую и межплатформенную интеграцию (реализовать которую позволяет технология цифрового двойника) с анализом целостности сигналов на уровне корпуса микросхемы, микросборки, а также экстракция параметров поведенческой модели.

В этой части описываются масштабируемость и широкий функционал средств проектирования, необходимый для разработки современных и будущих сложных корпусов ИС, рассмотрены требования к проекту сложного корпуса микросхемы, микросборки для безошибочной передачи его на производство.

МАСШТАБИРУЕМОСТЬ И ШИРОКИЙ ФУНКЦИОНАЛ

Скорость внедрения инновационных гетерогенных технологий корпусирования возрастает по мере того, как увеличивается спрос на повышение производительности изделий, меньшую потребляемую мощность, меньшие габариты и большие функциональные возможности. Такие новые современные технологии корпусирования становятся все более сложными в проектировании, изготовлении и сборке, что потенциально ограничивает их доступность для всех, кроме ведущих полупроводниковых компаний и самых продвинутых дизайн-центров.

К счастью, комплексный маршрут проектирования и полного цикла производства и сбыта может сыграть важную роль в свободном распространении этих технологий, сделав их доступными для всех разработчиков и компаний – точно так же, как это получилось в полупроводниковой промышленности с внедрением технологических комплектов для проектирования (PDK), которые распространились повсеместно.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКТЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРПУСОВ / СБОРОК

Автоматическая верификация ИС определяется правилами проектирования, созданными производителем

¹ Mentor, A Siemens Business, маркетинг-менеджер в области корпусирования, ru_soft@mentor.com.

² Институт НМСТ НИУ МИЭТ, руководитель УНЦ, vdv.vertyanov@gmail.com.

³ Институт НМСТ НИУ МИЭТ, доцент, madcatse@gmail.com.

⁴ АО «ЗНТЦ», руководитель центра корпусирования и 3D-сборки микросхем, sidorenko@zntc.ru.

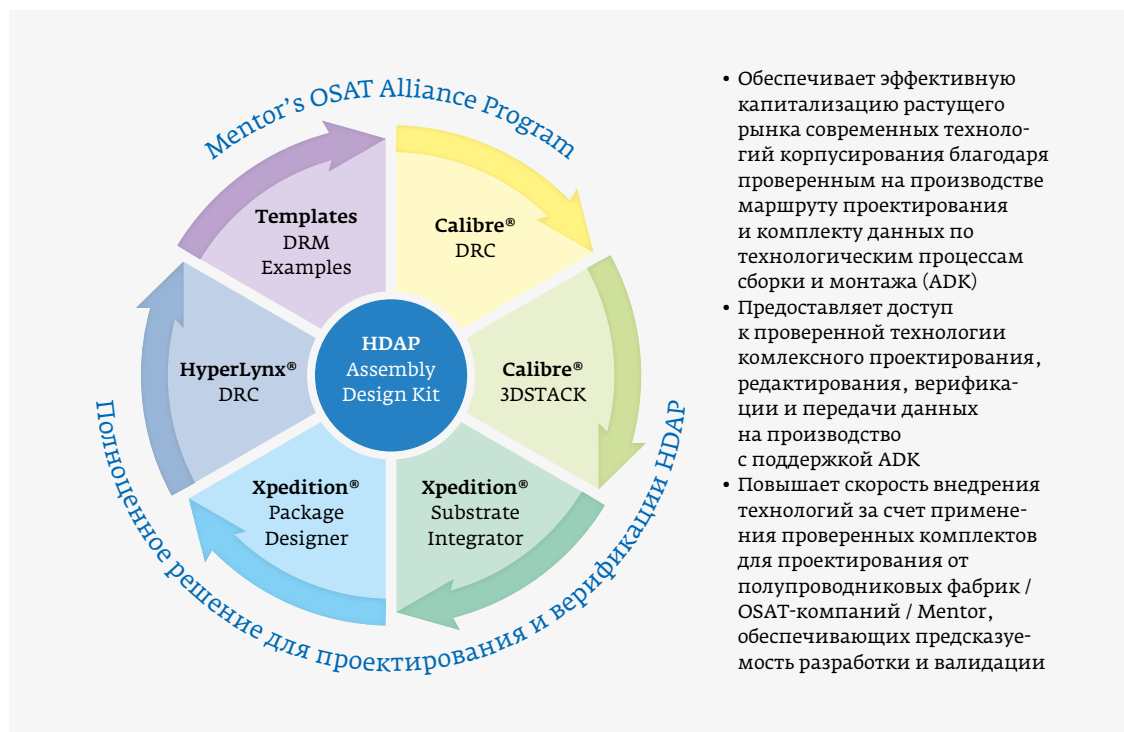


Рис. 1. Программа OSAT Alliance компании Mentor содействует более широкому освоению на рынке PADK

полупроводниковой продукции и предоставленными PDK для дизайн-центров. Поставщики EDA-решений квалифицируют свои наборы программного обеспечения в соответствии с этими правилами для обеспечения того, чтобы их средства верификации предоставляли проверенные, воспроизводимые, качественные результаты. Назначение комплекта правил проектирования в соответствии с технологическими процессами сборки и монтажа (Process assembly design kit – PADK) аналогично назначению комплекта PDK – обеспечение технологичности и производительности с использованием стандартизированных правил, обеспечивающих согласованность в рамках всего процесса изготовления.

Amkor, второй в мире поставщик аутсорсинговых услуг по сборке и тестированию изделий микроэлектроники (OSAT), является пионером в области PADK для современных технологий корпусирования ИС. В недавнем пресс-релизе Рон Хьюмеллер, корпоративный вице-президент по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам, заявил: «Компания Amkor лидирует в технологии HDFO среди OSAT-компаний, и с появлением сложных микросхем, микросборок с большим количеством кристаллов мы отдали предпочтение созданию PADK на основе программных решений Mentor, что позволяет значительно сократить время цикла разработки».

Очевидно, что PADK должен включать в себя решения, как для физической верификации, так и для экстракции параметров, при этом должен также уметь работать с данными по тепловым характеристикам и напряжениям

в конструкции корпуса. Все эти процессы должны быть независимы от какого-либо конкретного средства разработки или процесса, используемого при проектировании сборки. Кроме того, комплексный PADK должен работать как с данными по кристаллу, так и с данными по корпусу. Это значит, что маршрут проектирования должен поддерживать несколько форматов. Наконец, все эти процессы верификации должны быть одобрены компаниями, занимающимися корпусированием микросхем, изготовлением микросборок (OSAT).

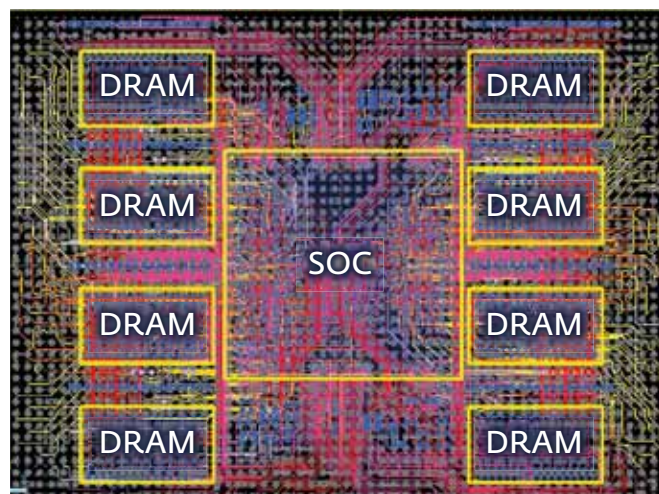


Рис. 2. Современные корпуса ИС следующего поколения представляют собой серьезный вызов традиционным средствам проектирования

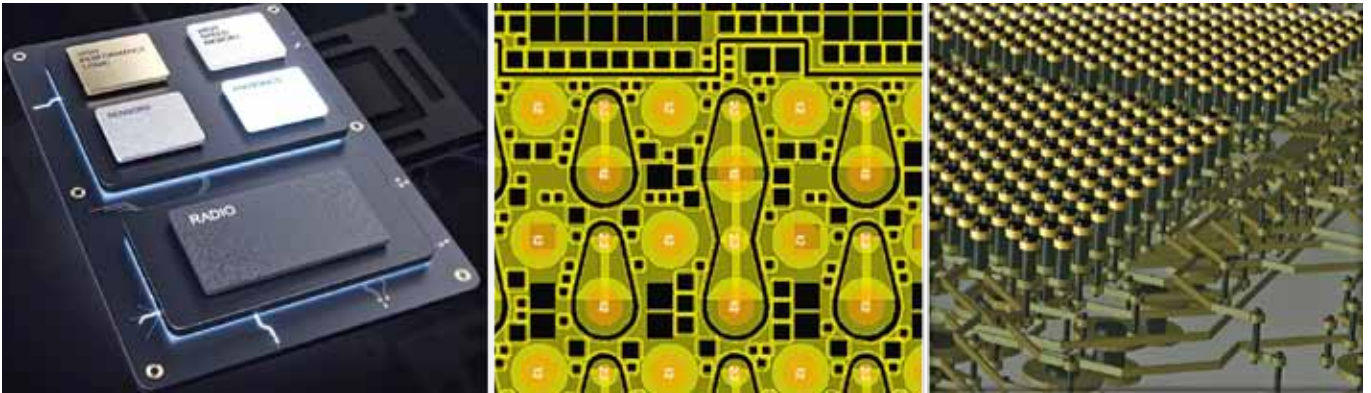


Рис. 3. Корпуса ИС следующего поколения нуждаются в совершенно новом подходе к проектированию

СЕГОДНЯШНИЙ ПОТЕНЦИАЛ ДЛЯ БУДУЩИХ РАЗРАБОТОК

Передовые корпуса ИС очень отличаются от традиционных органических корпусов BGA, с которыми знакомо большинство разработчиков.

Сейчас современные корпуса ИС часто имеют больше общего с проектом ИС, что подразумевает большие проблемы при работе с традиционными программными средствами проектирования корпусов для ИС. Такие традиционные программные средства не смогут обеспечить ожидаемый уровень производительности, возможностей и скорости разработки при реализации этих все более сложных и гетерогенных корпусов. Многие OSAT и полупроводниковые компании, не имеющие своего полупроводникового производства, уже сталкиваются с проблемами достижения и поддержания пропускной способности и производительности на сложных конструкциях с количеством выводов 250 тыс. и более.

Сложность этих конструкций сразу же оказывает давление на разработчика и календарный план-график

выполнения работ, который часто приходится продлевать. В последнее время популярным подходом к решению данной проблемы является одновременное проектирование в команде, когда несколько разработчиков параллельно работают над одним и тем же проектом в локальных или глобальных сетях, сохраняя при этом способность визуализировать всю проектную деятельность без необходимости испытывать какие-либо ограничения по настройке или управлению процессами.

Еще одной общей проблемой является время, необходимое для проведения верификации проекта перед изготовлением. Проверенный способ избежать этого «узкого места» и связанных с ним проблем (задержка проекта или незапланированная трата дополнительных ресурсов) заключается во внедрении процесса и методологии комплексной и непрерывной проверки, чтобы процесс окончательной верификации был контролируемым и управляемым.

ПЕРЕДАЧА ПРОЕКТА НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ

Проще говоря, это означает предоставление безошибочных производственных данных по изготовлению и сборке, которые соответствуют технологическим правилам полупроводниковых фабрик или OSAT (PDK или PADK). Основная цель состоит в том, чтобы достичь этого с первого раза.

Устранение итераций требует наличия среды проектирования с возможностями и функциями, отвечающими технологическим правилам, не полагаясь на ручные методы, которые, скорее всего, потребуют многократной переделки проекта для достижения критериев передачи данных на производство. Для того чтобы избежать многократного пересмотра проекта, необходимо полностью обеспечить соблюдение правил и норм производителя, а также автоматизацию таких задач, как снятие напряжения – формирование сетчатых областей, зигзагообразных линий, многослойной структуры для дегазации и т. д.

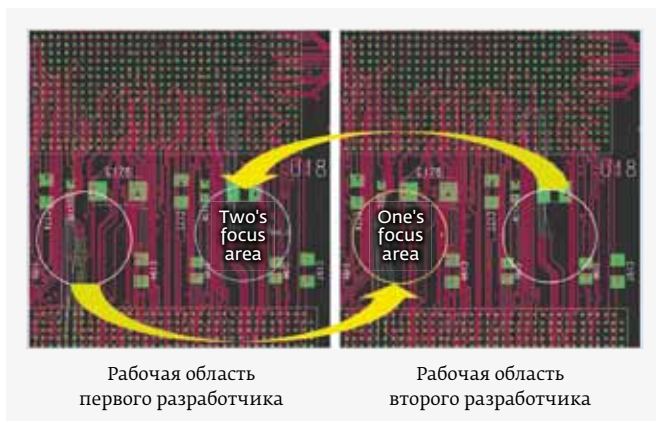


Рис. 4. Одновременное многопользовательское проектирование командой разработчиков может сократить время выполнения работ и оптимизировать ресурсы

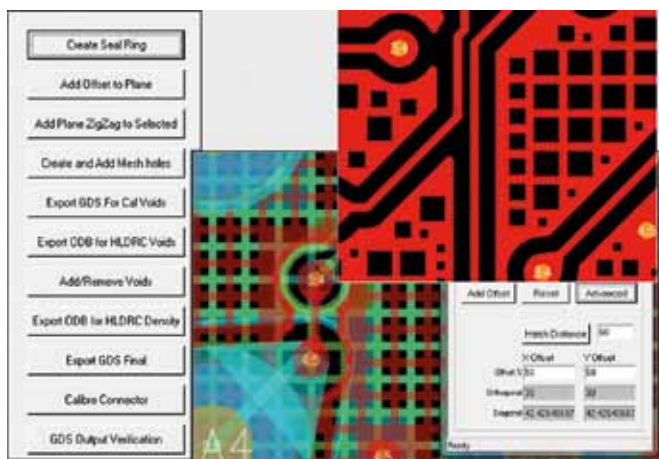


Рис. 5. Точное создание конструкции в соответствии с требованиями производства имеет решающее значение, если нежелательны простои при производстве

Одна из особенностей, которая отличает современные корпуса ИС от традиционных корпусов – это производственные форматы, используемые для изготовления. Передовые корпуса ИС почти всегда изготавливаются с использованием GDSII, в то время как традиционные корпуса ИС используют Gerber, ODB++ или в редком случае IPC2581. Именно формат GDSII будет проверен изготовителем, полупроводниковой фабрикой или OSAT на соответствие их производственным правилам и ограничениям. Что, конечно, приводит к общей для всех проблеме: GDSII-файл экспортируется из родной базы данных CAD-системы проектирования, и именно тут могут возникать проблемы.

Независимо от того, насколько хорошо САПР может обрабатывать и генерировать геометрию, соответствующую правилам изготовления производителя, именно GDSII-файл, полученный в результате постобработки, будет использоваться для проверки изготовителем, и это «Ахиллесова пята» большинства программных средств проектирования корпусов ИС на сегодняшний день. В то время как проект в САПР может пройти проверку на совместимость с производством, полученный из него GDSII-файл редко проходит из-за плохого качества постобработки геометрии, и именно это обычно приводит к возникновению множества итераций проекта по мере того, как разработчик пытается получить приемлемый GDSII.

* * *

Рост популярности гетерогенных конструкций корпусов требует наличия проверенных, автоматизированных систем с проверкой физических, электрических, тепловых и технологических параметров. Единая среда проектирования нового поколения необходима для того, чтобы разработчики могли управлять всеми этими процессами

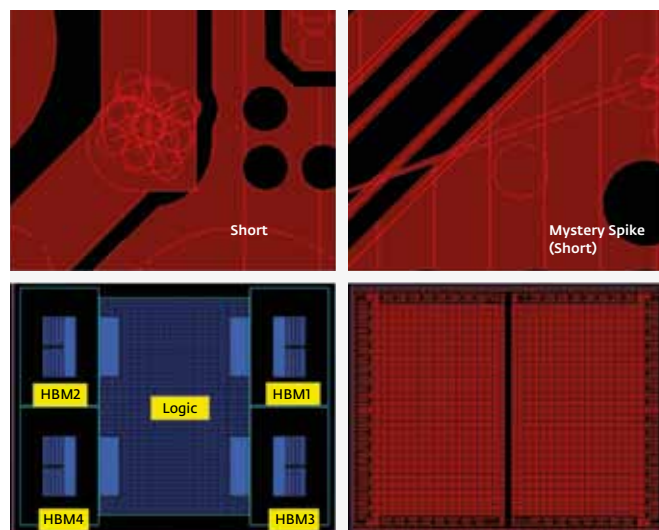


Рис. 6. Традиционные программные средства проектирования корпусов ИС имеют проблемы с созданием безошибочного GDSII

в эффективном, воспроизводимом и автоматизированном маршруте проектирования.

В четвертой и заключительной части статьи будут рассмотрены основные этапы и программные модули лучших в своем классе решений тестирования сложных корпусов микросхем для эффективной и быстрой передачи проекта на производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ramadan T.** Crossing the chasm: Bringing SoC and package verification together with Calibre 3DSTACK // Mentor, a Siemens business. January 2017. <https://go.mentor.com/4QLSO>.
2. **Petranovic D., Chow K.** 3D-IC system verification methodology: solutions and challenges // Electronic Design Process Symposium. April 2011. https://www.researchgate.net/publication/268208901_3D-IC_System_Verification_Methodology_Solutions_and_Challenges.
3. **Ramadan T.** Package designers need assembly-level LVS for HDAP verification // Mentor, a Siemens business. December 2017. <https://go.mentor.com/4WDVi>.
4. **Decoin C., Kourkoulos V.** Fast and accurate extraction of 3D-IC layout structures // Mentor, a Siemens business. July 2012.
5. **Mastroianni T.** eSilicon tackles the challenges of advanced IC package design using Xpedition Substrate Integrator and Calibre 3DSTACK // May 2019. <https://go.mentor.com/58xrP>.
6. Amkor Delivers Industry's First Package Assembly Design Kit to Support Mentor's High-Density Advanced Packaging Tools July 2018. <https://ir.amkor.com/news-releases/news-release-details/amkor-delivers-industrys-first-package-assembly-design-kit>.

7. **Райнболд К., Фелтон К., Вертянов Д., Никеев К.** Проектирование многокристалльных модулей и систем в корпусе // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2020. № 2 (00193). С. 144–150.
8. **Vertyanov D. V., Timoshenkov S. P., Sidorenko V. N., Pogudkin A. V., Belyakov I. A.** Effects of Multilayer Structures Made of Epoxy Compounds with Different Filler Contents on Thermo-Mechanical Stresses in 3D packages // Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2021.
9. **Чугунов Е. Ю., Тимошенко С. П., Погалов А. И., Вертянов Д. В.** Конструирование и расчеты трехмерных микроэлектронных модулей с высокой степенью интеграции компонентов // Электронная техника. Серия 3. Микроэлектроника. 2020. № 2 (178). С. 42–48.
10. **Вертянов Д. В., Бураков М. М., Кручинин С. М., Сидоренко В. Н., Брыкин А. В.** Трехмерная микросборка на основе коммутационных плат из кремния и бескорпусных элементов МЭМС // Наноиндустрия. 2018. № 5 (82). С. 521–531.

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 760 руб.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ: Учеб. пособие

Кондрашин А. А., Лямин А. Н., Слепцов В. В.
2-е изд., испр. и доп.

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2019. – 210 с.,
ISBN 978-5-94836-504-6

С развитием высоких технологий становится реальным выпуск трехмерных электронных устройств (ТЭУ). Решением данной задачи являются еще только разрабатываемые гибридные технологии, названные в данной работе квази-4D-технологиями формирования ТЭУ. В то же время создана классификация 4D-объектов (способных менять свою форму или структуру после их создания в зависимости от внешних условий, например при изменении температуры, при механическом воздействии и т.д.) ТЭУ и технологий для их формирования.

Данное учебное пособие является первой книгой по технологиям изготовления, сканирования и визуализации трехмерных электронных устройств. Во второй книге будут рассмотрены технологии сканирования трехмерных электронных устройств различных диапазонов, в том числе нанометрового диапазона. Отдельный раздел второй книги будет посвящен возможностям изготовления трехмерных электронных устройств нанометрового диапазона с применением методов сканирующей микроскопии. Третья книга будет посвящена технологиям визуализации (средствам отображения информации) для контроля параметров ТЭУ, создания новых ТЭУ и технологий реинжиниринга ТЭУ.

Учебное пособие может быть рекомендовано бакалаврам и магистрам высших учебных заведений.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru



Российская неделя
высоких технологий
РНВТ



Минцифры
России



НП «ГЛОНАСС»
Федеральный сетевой оператор



ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВЯЗЬ

«Информационные и коммуникационные
технологии»

26–29 апреля 2022

34-я международная выставка

12+

Реклама



ЭКСПОЦЕНТР

Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

www.sviaz-expo.ru