

НЕКОТОРЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.Хохлун micro@ostec-group.ru

Современное производство электронной техники характеризуется тенденциями миниатюризации и повышения плотности функциональных элементов, так называемого "сращивания" традиционной электроники и микроэлектроники. Именно поэтому для выявления и анализа ключевых факторов развития современной электроники необходимо комплексно рассматривать международные проекты (дорожные карты) развития различных отраслей. Это – традиционный Международный проект развития полупроводниковых технологий (International Technology Roadmap for Semiconductors, ITRS), проекты Ассоциации IPC по коммутационным структурам в электронике и Консорциума международной инициативы производителей электроники (iNEMI). На основе данных этих проектов известных мировых организаций в области информационного обеспечения производителей электронной техники проанализируем главные направления развития мировой электроники.

В проектах развития различных отраслей электроники постоянно встречаются ссылки на смежные разделы в общем технологическом маршруте ее развития, которые отражают комплексный подход к анализу состояния отрасли в целом. В прогнозах IPC 1990-х и даже начала 2000-х годов прослеживалось четкое разделение понятий электронные компоненты (микросхемы, дискретные активные и пассивные компоненты) и печатный узел, электронная сборка или изделие. Сейчас главное, что бросается в глаза при анализе проекта IPC развития современной электроники и радиоэлектроники на период до 2020 года, – это размытие границ между собственно производством электроники (разработкой, сборкой и тестированием печатных узлов, электронных модулей и блоков, проведением испытаний) и микроэлектроникой (производством электронных компонентов) (рис.1). Интересно, что в проекте развития технологий сборки и формирования межсоединений IPC 2011 года (т.е. в прогнозе собственно сборки электронных модулей) огромный раздел (не меньше 30–40% всего объема)

посвящен тенденциям развития методов корпусирования, создания так называемых систем в корпусе и технологиям встраивания компонентов.

Хотя однокристалльный корпус, все еще доминирующее (в том числе и по объему производства) решение при корпусировании полупроводниковых компонентов, многокристалльные корпуса уже заняли значительную долю рынка портативной электроники. Для увеличения степени миниатюризации и повышения функциональности электронных устройств выполнены прорывные разработки в области многокристалльных решений и систем в корпусе (SiP).

Существуют четыре основные категории систем в корпусе, представляющие варианты двух- (2D) и трехмерного (3D) корпусирования полупроводниковых компонентов с помощью методов создания межсоединений проволоочной разваркой выводов и монтажа перевернутых кристаллов (flip chip) (рис.2, 3):

- корпуса с расположением кристаллов друг над другом (stacked dies). К этой категории относятся все стандартные корпуса с вертикальным

		2000 г.				2010 г.				2020 г.																				
Технология сборки на ПП	Метод присоединения	63Pb/37Sn				Сплавы SAC				Сплавы, отличные от SAC																				
						Без пайки																								
		Размер компонента				0402				0201				01005																
Технология изготовления ПП	Платы изделий	Ширина проводника / зазор		75 мкм				65 мкм				50 мкм																		
		Диаметр переходного отверстия		250 мкм				200 мкм				150 мкм																		
	Подложки	Ширина проводника / зазор		30 мкм				20 мкм				15 мкм																		
		Диаметр переходного отверстия		150 мкм				100 мкм				25 мкм																		
	Встроенные компоненты		Резисторы/конденсаторы				Активные компоненты																							
	Материал ПП		С улучшенными характеристиками				Бессвинцовые/безгалогенные				Жидкокристаллический полимер																			
		Многофункциональные				FR-4																								
Технология корпусирования	Шаг выводов компонента WL CSP		0,4 мм				0,4–0,3 мм				0,2–0,16 мм				<0,16 мм															
	Шаг выводов компонента BGA		0,8 мм				0,65 мм				0,65 мм				0,5 мм															
	Шаг выводов компонента CSP		0,3 мм				0,2 мм				0,15 мм				0,10 мм															
	Кол-во выводов в матрице		3500				4800				7900																			
	Шаг выводов компонента QFP		0,4 мм				0,3 мм				0,15 мм																			
	Интеграция при корпусировании		SIP				POP				SOP (встроенные активные компоненты)																			
	Компонент SIP со стекованием кристаллов (кол-во кристаллов) Корпус на корпусе		2–4 1/1				2/1				2–8 2/1–2+/1				+8 2+/1				10+ 2+/2+											
Микроструктурная технология	Интеграция на кремнии		КМОП				Стекование кристаллов				Утонение пластин				3D-интеграция, TSV															
	Шаг определения	Проволочная разварка		В один ряд				45 мкм				30 мкм				25 мкм														
		Flip Chip		Повышенные характеристики				150 мкм				135 мкм				120 мкм				100 мкм										
	Полушаг DRAM		130				90				65				45				32				22				18			
	Размер пластины														450 мм ² /18 дюймов															
			200 мм ² /8 дюймов																											
<p>Возможности использования технологий промышленностью</p> <p>Слабые/отсутствие Некоторые возможности Высокие возможности</p>																														

Рис.1. Основные технологические инновации (источник: проект IPC)

(стековым) набором двух или более компонентов и с основанием в виде выводной рамки, печатной платы, гибкой или керамической платы. Основная область применения - память для мобильных устройств;

- расположение корпусов друг над другом - корпус на корпусе (Package-on-Package, PoP) или корпус в корпусе (Package-in-Package, PiP). Категория PoP представляет собой заключенные в корпус компоненты, установленные один над другим. В этой категории применяются

выводные рамки или промежуточная подложка. Вариант PiP - конструкция с корпусами, установленными друг над другом, в которых один из них содержит в себе другой (разновидность многокристального корпуса);

- модули (микросборки) на основе низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (Low Temperature Cofired Ceramic - LTCC) и печатных плат, объединяющие один или несколько бескорпусных кристаллов и интегральные и/или дискретные пассивные компоненты

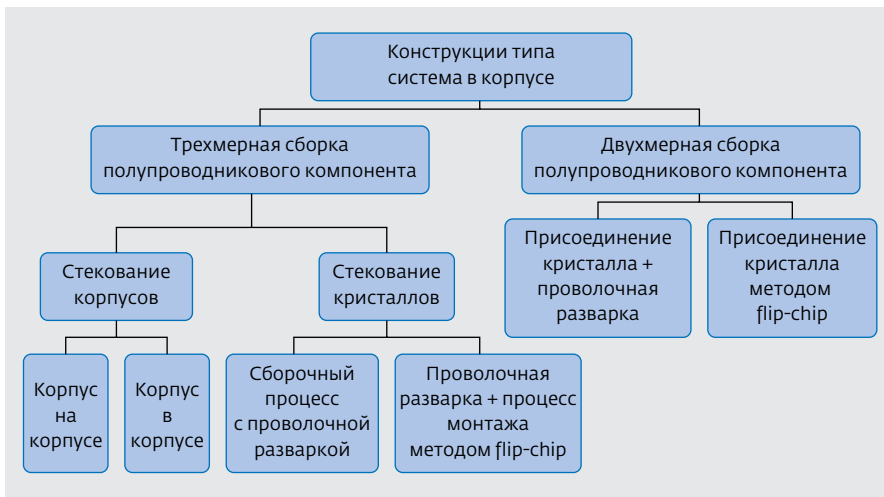


Рис.2. Классификация систем в корпусе (SiP)

Основные стратегические задачи, решаемые с помощью многокристалльных устройств и компонентов типа система в корпусе, – уменьшение размеров, повышение функциональности, обеспечение более гибкого конструирования, улучшение электрических характеристик.

Базовым основанием (подложкой) современной системы в корпусе может служить органическая или керамическая плата. Основание со встроенными компонентами (рис.4), реализуемое с помощью технологий

в корпусе типа BGA или LGA либо в корпусе с зубчатыми металлизированными контактами. Большинство конструкций модулей крупносерийного производства предназначены для ВЧ- и СВЧ-изделий, таких как усилители мощности мобильных устройств, модули Bluetooth и модули активных фазированных решеток (АФАР);

- многокристалльные 3D-модули (Multi Chip Modules – MCM 3D), содержащие в корпусе стандартных габаритов несколько бескорпусных микросхем и, возможно, пассивных компонентов, расположенных рядом друг с другом, а также микросхемы, установленные друг на друге. Примеры – блоки, объединяющие графические процессоры и память, а также модули ЦПУ и памяти.

Многие из таких систем в корпусе, которые сегодня подразделены на 2D- и 3D-системы (или пространственные), выполняют все функции системы или подсистемы. 2D-устройство может содержать две и более бескорпусные микросхемы, расположенные рядом друг с другом на общей промежуточной подложке. Для обеспечения полной функциональности подсистемы в корпус часто добавляются пассивные и другие необходимые компоненты.

Несколько сложнее 3D-структуры, поскольку секции компонентов или корпусов располагаются в вертикальной плоскости. Эти системы используются в портативных компьютерах, телекоммуникационной, потребительской, промышленной и автомобильной электронике. Существуют перспективы их применения в изделиях военного назначения.

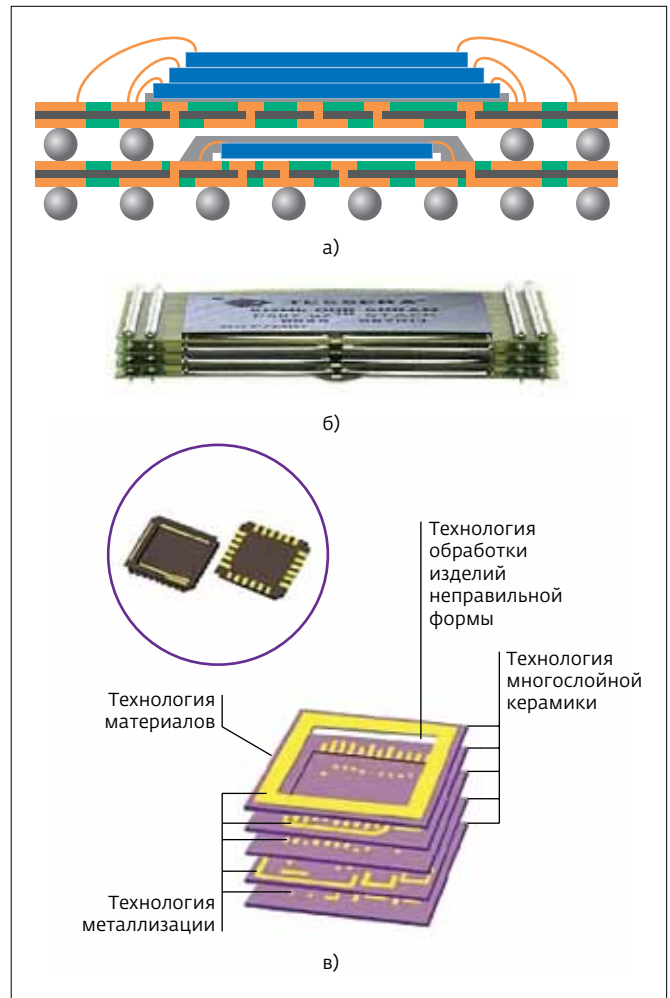


Рис.3. Примеры многокристалльного корпуса PoP (а), четырехуровневой стековой сборки СОЗУ (б), металлокерамического многокристалльного корпуса типа QFN (в) (источник Tessaera)

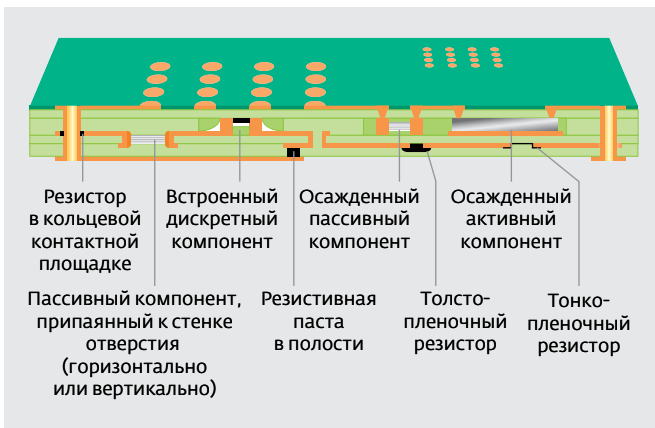


Рис.4. Базовое основание современной системы в корпусе со встроенными компонентами

поверхностного монтажа или монтажа в сквозные отверстия, может быть законченной системой или подсистемой. Кроме того, оно может представлять собой специальный "бутерброд", отсылаемый компании-сборщику для монтажа компонентов на верхней и нижней поверхностях основания.

Концепция сочетания поверхностного монтажа компонентов со встраиванием их в плату не нова и берет свое начало в 80-х годах прошлого столетия. Тогда она заключалась во встраивании резисторов. Начиная с 1990-х годов, внутри плат появились планарные слои с распределенной емкостью. За последнее десятилетие внедрение резисторов и конденсаторов в плату стало возможным благодаря миниатюризации поверхностно монтируемых резисторов и конденсаторов, толщина которых меньше обычной толщины слоя печатной платы.

Хотя сложность промышленного оборудования, необходимого для выполнения операции сборки на печатную плату, зависит от характера сборки, тем не менее, основное оборудование для сборки по технологии поверхностного монтажа – все еще установки, которые "печатают, устанавливают и оплаивают". При работе с внешними поверхностями эти процессы стало привычными, что привело к появлению технологий, с помощью которых можно производить высококачественные, недорогие и высоконадежные изделия электроники. Оборудование для производства изделий со встроенными

компонентами состоит из установок прессования многослойных пакетов и производственных систем обработки и сборки слоев платы с использованием ряда специфических материалов для создания соединений с внутренними слоями.

Технология корпусирования становится определяющей в процессе сборки. Решения, относящиеся к особенностям процесса и его операциям, принимаются на ранних стадиях цикла проектирования изделия, поэтому электрические сигналы и иерархия связей принципиальной схемы должны учитываться с того момента, как концепция корпусирования начинает принимать свои очертания.

Еще одним определяющим фактором развития современной электроники является окончательное и бесповоротное "да", сказанное мировой индустрией объемной технологии с прямыми переходными отверстиями через кремний (3D TSV). В настоящее время дискуссия относительно этой технологии переместилась из области "можно ли, как и какие проблемы?" в область "где еще и кто больше?"

Рассмотрим теперь реальную ситуацию в отечественной промышленности. Как представляется, она такова – все перечисленные инновации гораздо ближе нашей промышленности, чем может показаться на первый взгляд. Вот пример. Меня поразило высказывание корейского партнера, кандидата наук, технолога в области производства электроники с 30-летним стажем, истинного фаната компании Samsung. Грустно глядя на свой смартфон последней модели корейского электронного лидера, он как-то сказал: "Да, электроника теперь делится на "до Apple" и "после Apple".

Не вдаваясь в особенности дизайна и маркетинговых подходов, давайте рассмотрим

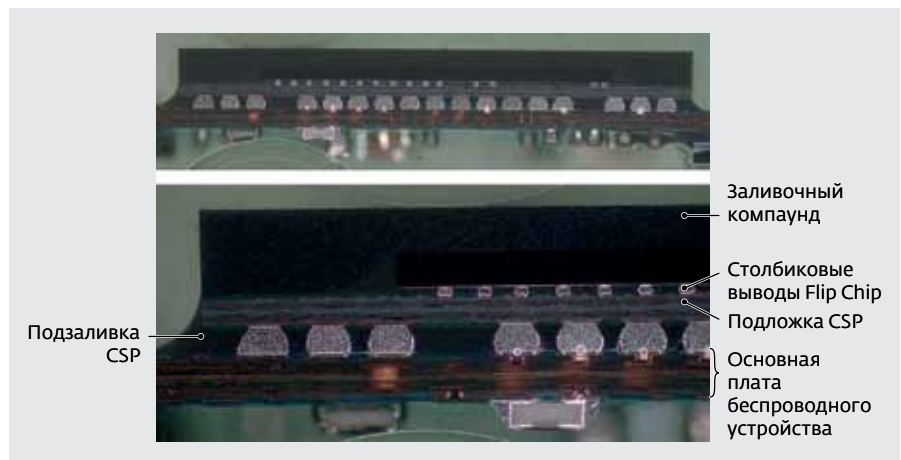


Рис.5. Система в соразмерном кристаллу (CSP) корпусе Flip Chip

внутренности одной из моделей iPhone (рис.5-7) и зададимся вопросом: какой интерес все эти инновации в области производства электроники могут представлять для российских производителей? Ведь iPhone у нас не производится, да и планов таких нет. Может быть, эти инновации все-таки от нас далеки и не нужны? Вопрос, конечно, резонный, мы часто обращаемся за примерами именно к мировому рынку. Но дело в том, что технологический уклад в производстве электроники сменился, и это относится к изделиям, представленным во всех сегментах рынка, в том числе и в так называемых нишевых сегментах мелкосерийных и многоменклатурных изделий отечественного рынка. К ним можно отнести сегменты электроники для:

- повышения энергоэффективности промышленности и коммунального хозяйства в целом;
- транспорта (авиационного, железнодорожного, морского грузового и автомобильного грузового);
- производства, транспортировки и распределения энергии (нефтегазовая, атомная и тепловая энергетика, умные распределительные электросети, накопители и рекуператоры энергии, системы распределения водорода и других подобных перспективных энергоносителей);
- средств телекоммуникации и связи, промышленной и силовой электроники, информационных и инфокоммуникационных сетей;
- ракетно-космических систем и систем военного назначения.



Рис.7. Приемопередатчик на многослойной LTCC-подложке со встроенными компонентами

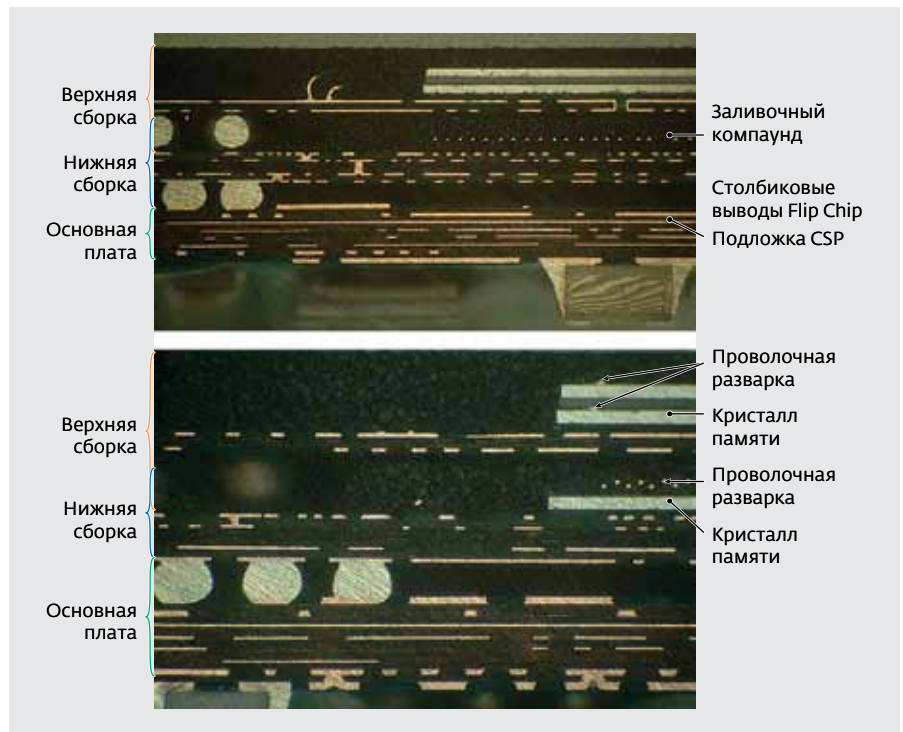


Рис.6. Система в корпусе типа PoP

Объемы этих рынков составляют для России десятки миллиардов рублей в год и именно на них отечественные производители могут быть наиболее конкурентоспособны. Очевидно, новые технологии производства электроники, используемые для изделий спецтехники, "мигрируют" в продукты массового применения и обратно, непрерывно повышая функциональные возможности на единицу объема/площади. И сегодня системы в корпусе, встроенные компоненты и интегрированные электронные 3D-модули применяются не только в современных сотовых телефонах и других модных гаджетах. Повышение степени интеграции электронных модулей и систем, обеспечиваемое современными технологиями, требует внедрения новых подходов к организации, структуре и оснащению производств, обеспечивающих изготовление изделий следующих поколений.

Для этого уже недостаточно просто модернизировать и обновлять существующие технологии и производственные линейки. Необходимо создавать новый технологический уклад с изменениями подходов к разработке, производству и испытаниям, подобными тем, которые происходили при замене вакуумной электроники полупроводниковой и внедрении многослойных печатных плат, сверхбольших интегральных схем и поверхностного монтажа. ●