

«Кристалл-на-плате» (COB): новая эра сборочной технологии

После многих лет исследований и мелкосерийного применения гибридная технология монтажа полупроводникового кристалла на печатную плату, наконец, достигла уровня, позволяющего существенно сократить себестоимость изделий, а также уменьшить их габариты. В данной статье рассматриваются основные технологические приемы монтажа «чип-на-плате» (COB), а также описывается оборудование, необходимое для постановки такого процесса на предприятии.

**Фархад Фарассат
Сергей Валеv**

valev@ivtec.ru

Гибридная технология: краткий экскурс в историю возникновения технологии COB

Тенденции в электронике всегда были направлены на интеграцию все большего числа функций, компонентов и возможностей в миниатюрный корпус отдельного, функционально-законченного прибора. Гибридная технология стала в деле интеграции ключевой и позволила достичь сегодняшнего уровня интеграции и плотности монтажа электронных приборов. Обычно прибор с высокой степенью интеграции компонентов представляет собой схему, имеющую в своем составе активные и пассивные компоненты, элементы логики, памяти, цепи входных и выходных сигналов. На рис. 1 показан корпус интегральной микросхемы размером 40×40 мм, содержащий более трех тысяч электрических соединений тонкой золотой проволокой.

В ходе технологического процесса изготовления такого прибора на основную подложку (чаще всего керамическую) монтируются активные компоненты (полупроводниковые кристаллы), пассивные компоненты (резисторы, конденсаторы), а за-

тем проводится микросварка, обеспечивающая функционирование электрических цепей прибора. При проектировании разработчику необходимо учитывать множество факторов: ширину проводников, расстояние между проводниками и контактными площадками, характеристики материалов на предмет свариваемости, высоту петь проволоки, получающихся в ходе сварки, эффективный теплоотвод от элементов, подверженных нагреву и т. п.

В толстопленочной гибридной технологии проводники и пассивные компоненты (резисторы) формируются методом трафаретной печати: пасты различного состава наносятся на подложку в несколько слоев, проходя промежуточную сушку и вжигание при температуре 650–950 °С. В тонкопленочной гибридной технологии проводящие слои формируются посредством нанесения слоев металла методом осаждения его паров при низком давлении и/или гальванической металлизации керамической подложки. Резисторы и другие пассивные компоненты затем наносятся трафаретной печатью или припаиваются в виде дискретных компонентов. После монтажа пассивных компонентов на подложку монтируются полупроводниковые кристаллы активных компонентов цепи.

Установка монтажа кристаллов (die bonder) — специально предназначенное для этого процесса оборудование. Как правило, допуск на посадку кристалла не превышает нескольких микрон; от подобного оборудования требуются универсальность, гибкость внутренней архитектуры и стабильность работы. Зачастую монтаж кристаллов должен сопровождаться термическим воздействием (так называемая эвтектическая посадка), притиркой кристалла к поверхности подложки, переворотом кристалла для монтажа лицевой стороной вниз (flip-chip). Такие требования, в принципе, исключают применение обычных установок поверхностного монтажа на этой операции. На рис. 2 показан пример установки монтажа кристаллов модели F&K Delvotec 4500 (Германия).

Электрические соединения между контактными площадками кристаллов и подложки выполняются

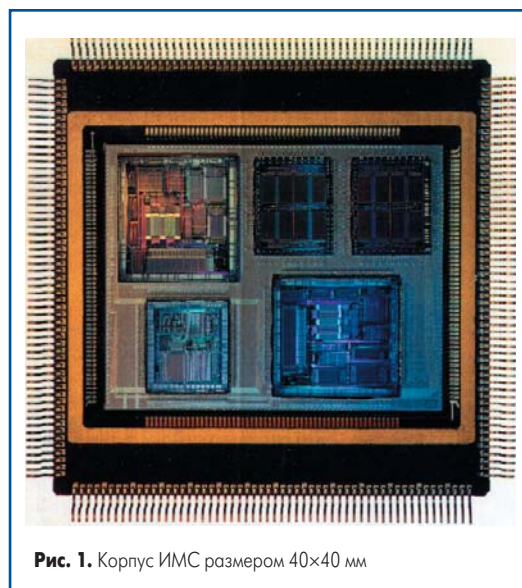


Рис. 1. Корпус ИМС размером 40×40 мм



Рис. 2. Установка монтажа кристаллов. Внешний вид с системой загрузки/разгрузки магазинов

алюминиевой или золотой проволокой на установках сварки (wire bonder), а затем собранный прибор в зависимости от конструкции либо герметизируется, либо монтируется во внешний корпус.

Как сказано ранее, гибридная технология позволяет интегрировать большое количество компонентов в миниатюрном корпусе. Эквивалентная схема, выполненная на печатной плате, заняла бы в 20 раз больше площади. Однако производство гибридных модулей требует знания особенностей производства полупроводников и нюансов технологии монтажа кристаллов. Обычно сотрудники небольших или вновь созданных фирм не имеют таких знаний и ограничиваются традиционным поверхностным монтажом. Производство гибридных модулей мелкими сериями оказывается очень затратным, что еще больше сужает их применение. В ряде приборов (медицинских, авиакосмических, телекоммуникационных, применяемых в военной, автомобильной и СВЧ-электронике) гибридные технологии незаменимы.

Вполне естественно, что попытки совместить преимущества гибридных технологий с дешевой традиционной поверхностной технологией монтажа к середине 1980-х годов увенчались созданием COB-технологии.

Технология «чип-на-плате» (Chip-on-Board): движущие силы

С момента возникновения идеи «скрестить» гибридную и SMD-технологии основные усилия специалистов были направлены на снижение себестоимости изделий при сохранении преимуществ гибридной технологии. В результате проведенных работ оказалось, что старая добрая печатная плата может быть использована в качестве носителя для кристаллов. Разумеется, для перехода на монтаж кристаллов на печатную плату требуется некоторая доработка технологии ее производства. Разработаны дополнения в стандарты для производителей печатных плат (IPC и прочие), а также практические рекомендации относительно качества и состава металлизации, топологии, содержания органических и неорганических загрязнителей

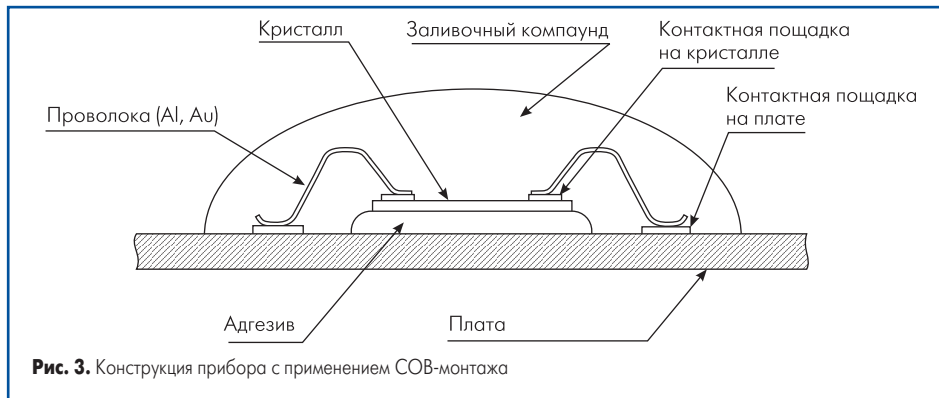


Рис. 3. Конструкция прибора с применением COB-монтажа

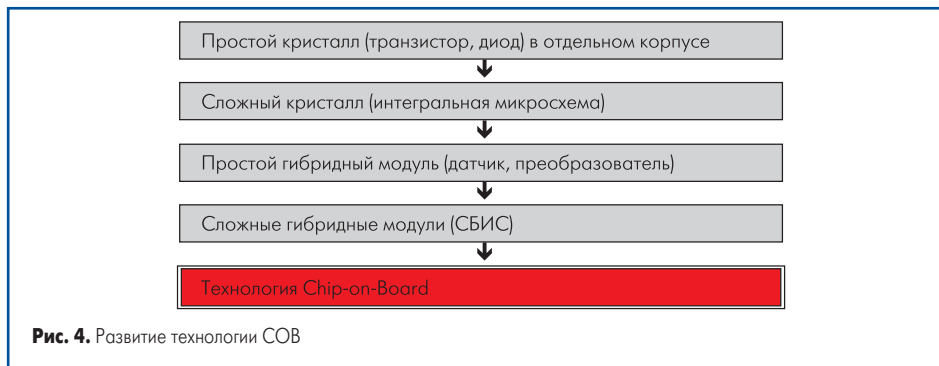


Рис. 4. Развитие технологии COB

Таблица 1. Площадь, занимаемая кристаллом ИМС в различных корпусах

	Кристалл	Технология COB	Корпус СС 24	Корпус SOP 24	Корпус DIP 24
Размер, мм	3×3	5×5	11,8×11,8	15,4×10,24	31×15,24
Площадь, мм ²	9	25	139,24	157,70	472,44
Кратность площади компонента относительно площади самого кристалла	1	2,8	15,6	17,4	52,4

на плате, позволяющие сделать процесс монтажа кристаллов повторяемым и надежным. На рис. 3 показана типичная конструкция прибора, при изготовлении которого применялся COB-монтаж.

Массовое применение технология COB впервые нашла в производстве электронных часов. В этих изделиях на печатной плате располагается один кристалл, покрытый защитным составом (технология glob-top). Теперь COB используется при создании 100% видеокамер, карманных калькуляторов, телефонных и смарт-карт. Что касается более сложных применений, это, например, головка лазерного принтера с массивом из 5000 кристаллов светодиодов и соответствующего количества кристаллов драйверов. Другой пример — 32-битный компьютер HP 9000, в составе которого — 22 кристалла СБИС и модем, смонтированные на одной плате. Развитие технологии COB показано на диаграмме, рис. 4.

В настоящий момент серийно выпускаются многокристалльные модули, содержащие более 100 кристаллов на печатной плате. В Японии большинство игровых систем и мобильной электроники производится с применением COB. В некоторых областях технология COB уже фактически вытеснила поверхностный монтаж.

Анализ себестоимости показывает, что микросхема в DIP-корпусе стоит в 3 раза больше, чем кристалл, который она несет. Технология COB отбрасывает необходимость в корпусе, таким образом, производи-

тель получает значительную экономию, которая тем больше, чем больше серийность производимого изделия. В таблице 1 представлены показатели площади, занимаемой одним и тем же кристаллом в различных корпусах, по сравнению с площадью самого кристалла, $3 \times 3 = 9$ мм². Как видно из таблицы, занимаемая кристаллом площадь может увеличиться в 20 раз только из-за наличия корпуса! Кроме занимаемой площади надо учитывать высоту и массу корпуса, которые не лучшим образом сказываются на габаритах конечного изделия. Надо также заметить, что паяные соединения при вибротесте и термоциклировании гораздо менее надежны, чем сварные.

В Европе развитие COB-технологии происходило медленнее, чем в Японии и США. Однако с 1990-х годов его темпы возросли. Задающим параметром является минимизация толщины конечного изделия (к примеру, светодиода) и максимизация плотности установленных компонентов.

Сборка изделий с COB: техпроцесс, базовые материалы

Процесс сборки COB-содержащих изделий схож с процессом сборки гибридных модулей. Разница лишь в базовых материалах (в COB в качестве подложки используется печатная плата, а не керамика) и типе корпуса (полупроводниковый кристалл герметизируется заливкой (glob-top), а не покрывается металлическим или пластиковым корпусом).

По сравнению с традиционной технологией поверхностного монтажа и гибридная, и СОВ-технологии требуют гораздо меньше числа технологических операций (рис. 5).

В производстве печатных плат используются десятки видов химических веществ: фенольные и полиамидные полимеры, полиуретаны, силиконы, эпоксидные смолы, тефлон и другие. Например, тефлон повышает термическую стойкость платы, а полиуретан улучшает поведение изделия при термоциклировании — важное качество в автомобильной электронике. Там, где требуется минимальное тепловое расширение платы при высоком нагреве, предпочтителен тефлонсодержащий базовый материал.

При проектировании топологии печатной платы под СОВ-технологии необходимо учесть некоторые специфические аспекты задачи, такие как размер и шаг между контактными площадками. В целом топология печатной платы для СОВ-технологии не отличается от традиционной, но контактные площадки, предназначенные для сварки, требуют специальной подготовки. Обычно ограничиваются металлизацией медного проводника печатной платы. На медь осаждается слой химического никеля толщиной 2–4 мкм, а на него — слой химического золота толщиной от 0,1 до 0,2 мкм. В современных изделиях на печатной плате для СОВ получают контактные площадки шириной менее 100 мкм и шагом между проводниками менее 100 мкм.

Наиболее распространенным методом является монтаж кристаллов на серебросодержащий эпоксидный адгезив, который отверждается и проходит дегазацию при температурах до 150 °С. Однако наиболее гибкие модели установок монтажа кристаллов поддерживают также монтаж кристаллов на припойную пасту (как правило, это паста «тип 3» по грансоставу). Адгезивы (припойная паста или эпоксидный компаунд) могут наноситься в самой установке монтажа кристаллов методом дозирования или прецизионного штемпеования. Проблема теплоотвода от силовых компонентов решается монтажом таких кристаллов на металлические теплоотводы, смонтированные в печатную плату. При последующей сборке теплоотвод соединяется с основным радиатором изделия.

После монтажа кристалла и отверждения адгезива наступает очередь формирования электрических связей между выводами изделия и контактными площадками кристаллов. В подавляющем большинстве случаев такие связи делаются ультразвуковой сваркой алюминиевой проволокой (тип соединения «клин-клин») или термозвуковой сваркой золотой проволокой (тип соединения «шарик-клин»). Преимущество ультразвуковой сварки алюминиевой проволокой в том, что процесс выполняется при комнатной температуре. Недостаток — почти в три раза большая, чем в случае термозвуковой сварки, длительность образования сварного соединения. Несмотря на это, надежность алюминиевой проволоки гораздо выше при терми-

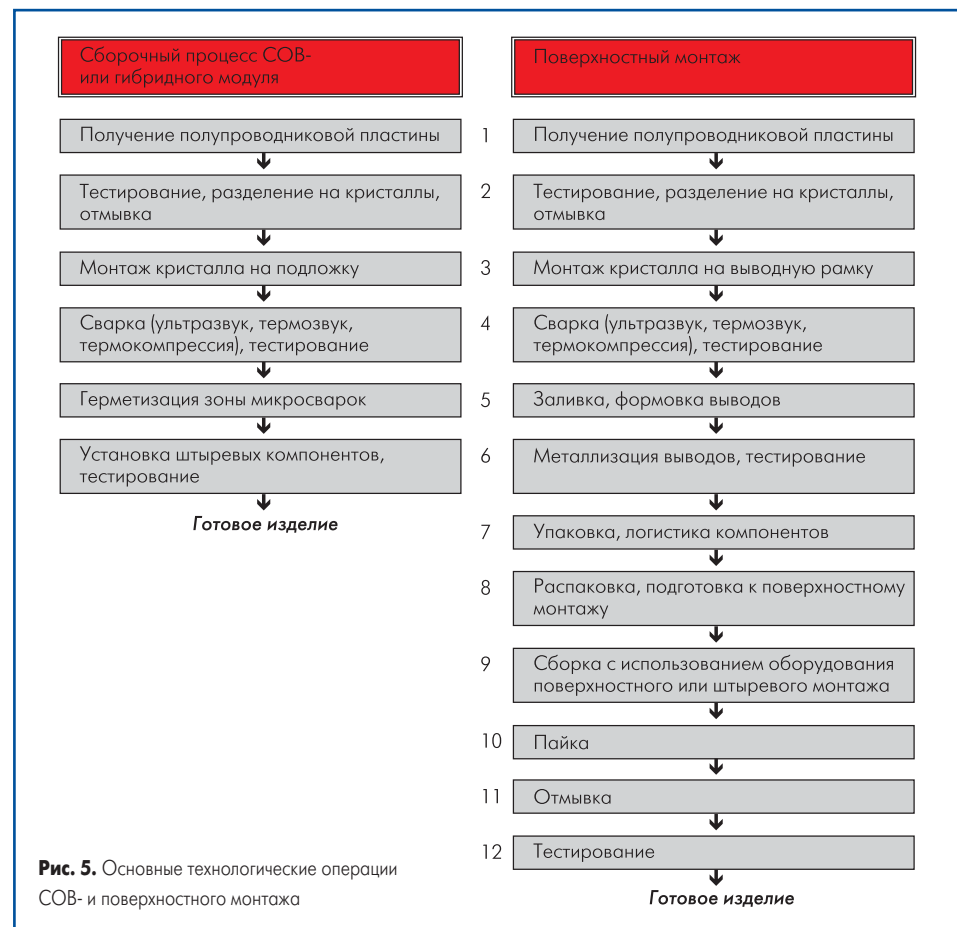


Рис. 5. Основные технологические операции СОВ- и поверхностного монтажа

ческих нагрузках на изделие или при термоциклировании. В основном алюминиевая проволока применяется в силовой, автомобильной электронике и бытовой технике.

Термозвуковая сварка золотой проволокой предусматривает нагрев печатной платы до температуры 120 °С и выше, что может привести к разжижению материала печатной платы и потере точности положения контактных площадок на ней. При использовании золотой проволоки в сочетании с кристаллами, на которых контактные площадки выполнены из алюминия, возникает риск образования интерметаллических соединений и постепенной деградации соединения под воздействием высокой температуры, что также ограничивает применение термозвуковой сварки в СОВ-технологии. Тип подобной деградации, приводящей иногда к отрыву проволоки от контактной площадки, носит в материаловедении название эффекта Киркендала.

Решение о том, какой тип проволоки применять в сборке изделий, обуславливается видом изделия и условиями его последующей эксплуатации. Подробнее оба метода сварки будут описаны далее в этой статье.

В таблице 2 приведены основные требования к печатной плате, предназначенной для ультразвуковой/термозвуковой сварки после монтажа кристаллов.

После проведения сварки кристаллы герметизируются или заливаются жидким компаундом. Этот процесс можно проводить разными методами, в зависимости от типа изделия. Применяются силиконовые составы, сохнувшие при комнатной температуре; эпоксидные составы, требующие отвержде-

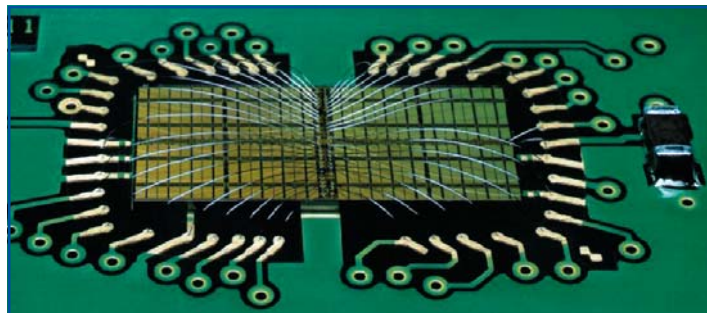
Таблица 2. Требования к печатной плате для СОВ

Отсутствие перепадов высоты	
Отсутствие царапин и сколов	
Высоты в пределах $\pm 0,01$ мм	
Шероховатость поверхности в зависимости от типа проволоки $\pm 1-2$ мкм	
Оптимальные поверхности для сварки:	
алюминиевая проволока	золотая проволока
медные проводники	медные проводники
Ni (2 мкм)	Ni (2 мкм)
Au (0,1 мкм)	Au (1–2 мкм — оптимально, от 0,1 мкм — сварка возможна)
Отсутствие загрязнений, предпочтительна плазмохимическая очистка	

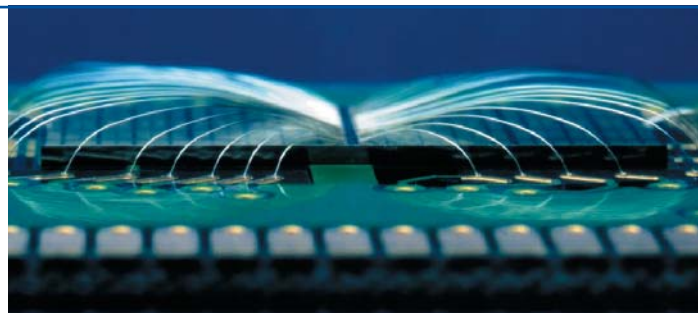
ния при температурах от 60 °С, и другие полимеры ультрафиолетового и инфракрасного отверждения. В некоторых случаях поверхность заливки устанавливается пластиковый или металлический корпус. В конце концов изделие получает внешние соединения, разъемы, зажимы, электрически тестируется и проходит окончательную сборку и приемку. На этой стадии применяются селективная пайка, зажимы, винтовые соединения и прочие традиционные методики.

Ультразвуковая сварка алюминиевой проволокой

Обычно алюминиевая проволока используется при повышенных требованиях к качеству соединения и надежности изделия. Скорость ультразвуковой сварки, как правило, ниже, чем в случае сварки типа «шарик-клин», но конечный продукт имеет более низкую себестоимость вследствие менее кри-



а)



б)

Рис. 6. Модуль памяти с кристаллом и алюминиевыми проводниками

тичных требований к качеству поверхностей контактных площадок.

На рис. 6а и 6б показан модуль с кристаллом микросхемы памяти, смонтированной методом СОВ и разваренной алюминиевой проволокой.

Процесс сварки алюминиевой проволокой является фрикционным (нагрев осуществляется трением свариваемых поверхностей). Чистые металлы прижимаются друг к другу с заданным усилием; затем при помощи пьезопреобразователя колебаний к месту сварки по рабочему инструменту подается механическое колебание ультразвуковой частоты (как правило, 60, 100 или 140 кГц) до тех пор, пока не произойдет плавление металлов в месте контакта и не образуется слой взаимно диффундировавших из противоположных слоев молекул алюминия. Амплитуда таких колебаний составляет 1–2 мкм.

Процесс сварки разделен на три явно выраженные фазы: очистка поверхностей, прорыв поверхностного оксида алюминия и, наконец, фаза взаимной диффузии молекул металлов. Металлы при ультразвуковой сварке прижимаются друг к другу, пока расстояние между их поверхностями не сравняется с одним межатомным расстоянием их кристаллической решетки. В результате получается соединение высокой прочности и абсолютно стабилизированное, то есть лишнее каких-либо механических напряжений. Более подробно о процессе ультразвуковой сварки можно прочесть на сайте <http://www.ivtec.ru/publication.php>.

Металлизация контактных площадок большинства кристаллов выполняется из алюминия или его сплава толщиной 0,8–2 мкм, оптимально подходящего для ультразвуковой сварки алюминиевой проволокой. Идеальная контактная площадка печатной платы состоит из медного проводника, покрытого слоем химического никеля толщиной 2–4 мкм, покрытого слоем химического золота толщиной 0,1–0,2 мкм. Слой золота в данном случае имеет исключительно защитную функцию. Поскольку никель — химически активный и пористый по структуре металл, без такого консервирующего покрытия в ходе технологического процесса возможны органические загрязнения поверхности и окисление никеля в ходе термообработки изделий. Во время начальной стадии притирки при сварке золото мгновенно снимается с места контакта проволоки и контактной площадки, а фрик-

ционное сварное соединение образуется между никелем и алюминием. По оценкам специалистов, соединение никеля и алюминия является самым стабильным, надежным и прочным, имеет отличную электропроводность, что особенно важно при повышенной температуре. Разумеется, механические повреждения, царапины и загрязнения в месте сварки недопустимы.

Ультразвуковая сварка — процесс, проходящий при комнатной температуре без каких-либо посторонних катализаторов. Наиболее важные моменты — прочный захват и прижим печатной платы во время сварки. Вибрации платы или ее перемещения по рабочему столу могут существенно ухудшить результаты процесса. Лучшим способом фиксации платы является вакуумный прижим. Разумеется, производитель должен быть уверен в качестве адгезии медных проводников к основе печатной платы, поскольку смещение проводника в ходе процесса сварки даже на 1 мкм приводит к отсутствию сварного соединения.

Другим важным фактором, влияющим на качество сварки, является однородность поверхности проводников печатной платы. При неравномерности слоя химического никеля (если толщина никеля уменьшается до 0,5 мкм) стабильность процесса сварки снижается, а в худшем случае сварное соединение не получится вовсе. Шероховатость медного проводника в зоне сварки тонкой проволокой должно составлять менее 2 мкм. Рабочий инструмент может компенсировать такой перепад высот ультразвуковыми колебаниями в ходе фазы притирки проволоки.

Термозвуковая сварка золотой проволокой

В отличие описанного типа, сварка «шарик-клин» не может быть проведена при комнатной температуре. Для достижения приемлемого качества рекомендуется нагрев платы до температуры 120 °С. Практические данные говорят о том, что отлаженная установка сварки в сочетании с материалами хорошего качества способна снизить температуру нагрева до 85–90 °С, расширяя окно процесса. Остальные требования схожи с требованиями для ультразвуковой сварки: поверхность платы должна быть ровной и чистой (во избежание разницы температу-

ры на поверхности платы и потерь передаваемой на рабочий инструмент энергии).

В идеальных условиях поверхность печатной платы для скоростной термозвуковой сварки должна иметь металлизацию химическим никелем толщиной от 1 мкм, покрытую слоем иммерсионного золота толщиной от 1,5 до 2 мкм. Такой тип металлизации приводит к удорожанию печатной платы, поэтому производители стараются не использовать скоростную термозвуковую сварку на печатной плате для СОВ-технологии. Существует класс сварочных установок, обеспечивающих хорошее качество термозвуковой сварки даже в сочетании с тонким (0,1–0,2 мкм) слоем иммерсионного золота. Такие установки имеют несколько меньшую производительность, но достаточно «всеядны» и надежны.

Таким образом, производитель всегда стоит перед выбором: дорогой и скоростной процесс термозвуковой сварки либо медленный, сложный (из-за необходимости вакуумной или механической фиксации платы), но более надежный процесс ультразвуковой сварки. Иногда в производстве стоит задача использовать и золотую, и алюминиевую проволоку. Для этого существует промежуточный тип оборудования, например автоматы серии F&K Delvotec 6400 или полуавтоматы 5430, которые могут выполнять сварку типа «клин-клин» золотой проволокой при подогреве платы аналогично тому, как это делается для термозвуковой сварки. В любой момент проволоку в такой установке можно заменить на алюминиевую, нагреватель рабочей поверхности выключить и перейти на ультразвуковую сварку. Такая гибкость важна для мелкосерийного многономенклатурного производства и спецтехники.

Технологии герметизации кристаллов: корпус или СОВ?

Полупроводниковый кристалл в изделии должен быть изолирован от внешней среды защитным слоем. Традиционно речь идет о корпусе, также выполняющем роль носителя межкомпонентных соединений с внешней электрической цепью изделия.

Стандартные корпуса приборов, несмотря на кажущееся богатство вариантов, предоставляют конструкторам довольно скудный выбор: регламентировано количество и расположение выводов, размер и форма корпуса. Кроме того, многие производители корпусов

поставляют их только после проведения дорогостоящей разработки и подготовки производства. Если ваш кристалл содержит 190 выводов, а ряд стандартных корпусов состоит из вариантов с 188 и 244 выводами, вам поневоле придется ставить кристалл в гораздо больший по габаритам и более дорогой корпус. При таком подходе страдают изготовители специальной и мелкосерийной техники, разработчики новой техники. Корпуса с количеством выводов от 100 довольно дороги (стоимость металлокерамических корпусов с 256 выводами достигает 250 евро за штуку!). Зачастую стоимость сложного специализированного кристалла меньше, чем стоимость корпуса для него. Вследствие особенностей расположения контактных площадок в стандартных корпусах разработчику кристалла, и особенно технологу сборочного производства, приходится проявлять чудеса изобретательности, чтобы провести сварку. Нередко креативный подход к движению рабочего инструмента автомата сварки приводит к повреждению кристалла или самого инструмента. Кристаллы ASIC-систем (специализированных ИМС, например GPS-контроллер) производятся, как правило, в небольших количествах, а ассортимент корпусов еще меньше, чем для стандартных функциональных микросхем (к примеру, для RAM-памяти или логических преобразователей).

Разумеется, чем сложнее ваше изделие, тем сложнее и дороже подобрать к нему готовый корпус.

Технология COB предлагает гибкий, недорогой и универсальный путь, альтернативный применению корпусов. С некоторыми оговорками он может заменить корпусные изделия. Печатную плату с заданным количеством выводов можно неоднократно модифицировать, изменяя топологию (рис. 7а и 7б).

Применение COB позволяет разработчикам на этапе проектирования и отработки конструкции выпускать функционально годные изделия серий от 10 штук, не затрачивая при этом больших средств на производство заказных корпусов.

После сварки кристалл и зона сварки заливаются компаундом, который надежно герметизирует чувствительную к внешней среде часть изделия. Заливка непрозрачным компаундом кристалла, помимо утилитарной, имеет еще одну функцию: она затрудняет идентификацию, разборку изделия и копирование примененных в нем технических решений, в то время как корпус позволяет легко получить доступ к топологии микросхемы или специализированного ASIC-кристалла. Дополнительным преимуществом COB-монтажа является возможность «спрятать» или разместить на той же плате, что и кристалл, пассивные и вспомогательные компоненты практически без ограничений.

Таким образом, технология COB, помимо миниатюризации изделия, снижения его толщины/габаритов/массы, уменьшает время и стоимость разработки нового изделия, сохраняя сравнительно высокий уровень безопасности интеллектуальной собственности.

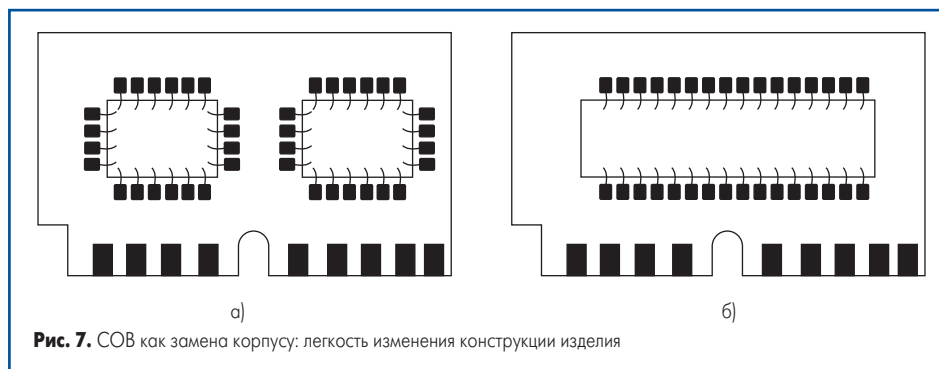


Рис. 7. COB как замена корпусу: легкость изменения конструкции изделия

Оборудование для COB: краткие технические требования

Статистические исследования в Азии и США показывают, что 90% изделий с элементами COB-технологии имеют печатные платы размером порядка 100×100 мм, содержащие 100 или менее кристаллов. Суммируя сказанное выше в отношении параметров и требований к процессу сварки, можно составить краткий перечень необходимых для автоматической установки требований.

- Рабочая зона сварки более 100×100 мм.
- Запоминание системой машинного зрения минимум 200 эталонных изображений для позиционирования сварных соединений.
- Программируемый фокус машинного зрения для адаптации под разную высоту кристаллов и подложек.
- Несколько типов подсветки для распознавания поверхностей с различной отражающей способностью и фактурой.
- Прецизионный датчик касания, исключающий повреждения кристаллов и компенсирующий неровности поверхности.
- Система контроля наличия и целостности проволоки в тракте, исключающая холостую работу.
- Увеличенная рабочая высота по оси Z для возможности работы с платами, на которых установлены высокие компоненты.
- Возможность подачи проволоки под углом 60° и 90° для работы в глубоких «колодцах» (среде плотного монтажа).
- Вакуумный прижим платы.

- Достаточная компактность сварочной головки, обеспечивающая работу в глубоких «колодцах».

- Возможность оснащения автоматической конвейерной системы для транспортировки плат шириной от 25 до 150 мм, наличие стандартного интерфейса для связи с другими установками в линии, например SMEMA.

Технические требования к установкам монтажа кристаллов можно суммировать, исходя из задачи быстроты перестройки на новое изделие, универсальности, «всеядности» к типу подложки и кристалла, к тару и методу их подачи.

- Рабочая зона более 100×100 мм.
- Запоминание системой машинного зрения минимум 200 эталонных изображений для позиционирования кристаллов на плате, возможность распознавания маркера бракованных кристаллов, возможность распознавания кристаллов по топологии, контуру или углу.
- Программируемый фокус машинного зрения для адаптации под разную высоту кристаллов и подложек.
- Несколько типов подсветки для распознавания поверхностей с различной отражающей способностью и фактурой.
- Монтаж кристаллов с пластины, пластиковой тары, гелевой упаковки и нестандартной тары заказчика.
- Программируемая система подкола кристалла для предотвращения его повреждения при подборе с липкого носителя.



Рис. 8. Автоматическая линия сборки по технологии COB



- Автоматическая смена инструментов дозирования, пневмопинцетов и инструмента подкола кристалла.
- Возможность проводить дозирование адгезива или припойной пасты для посадки кристалла непосредственно в установке.
- Возможность оснащения автоматической конвейерной системой для транспортировки плат шириной от 25 до 150 мм, наличие стандартного интерфейса для связи с другими установками в линии, например SМЕМА. На рис. 8 показана автоматическая линия сборки печатных плат по СОВ-технологии, состоящая из установки монтажа кристаллов, печи оплавления и установки сварки.

Заключение

Требования к процессу СОВ необходимо закладывать на этапе проектирования изделия. Несмотря на кажущуюся сложность задачи, постановка процесса на предприятии, как правило, проходит быстро и безболезненно. Технология СОВ предоставляет производителям целый ряд преимуществ: упрощение конструкции, увеличение плотности монтажа, повышение надежности и снижение себестоимости изделий по сравнению с традиционной технологией поверхностного монтажа.

Об авторах

Доктор технических наук Фархад Фарасат работает в фирме Delvotec с 1977 года, в настоящее время занимает пост президента компании. Он автор и держатель многочисленных международных и европейских изобретений и патентов в сфере микроэлектронных технологий, признанный специалист в этой области.

Сергей Николаевич Валев — директор ООО «Ай Ви Тек Электроникс», которая с 2001 года является эксклюзивным представителем ряда зарубежных компаний — производителей оборудования и материалов для электронного производства. ■