

Гибкие платы. Преимущества и применение

Аркадий МЕДВЕДЕВ,
д. т. н., профессор МАИ
medvedevam@bk.ru
Геннадий МЫЛОВ
Юрий НАБАТОВ
Валентина ЛЮЛИНА
pcb@grpz.ryazan.ru

Гибкие платы разнообразны в своих конструкциях и применениях. Тенденция к дальнейшему расширению их использования обусловливается большими преимуществами, которые они создают в технике межсоединений. Сейчас они стали очень привлекательным способом обеспечения межсоединений в современной электронной аппаратуре.

Преимущества гибких плат

В таблице 1 приведены примеры использования гибких плат в различных отраслях приборостроения [1].

Существует много причин использования гибких плат в качестве средства межсоединений в электронных устройствах. В некоторых случаях, когда необходима устойчивость гибких плат к динамическим нагрузкам, использование гибких плат очевидно. По крайней мере, в этом они не имеют альтернативы. Намного больше других обла-

стей использования гибких плат, в которых они помогают решить проблемы уплотнения компоновки аппаратуры [1–3].

Уменьшение габаритов

Гибкие платы используют самое тонкое диэлектрическое основание из всех доступных сегодня материалов, предназначенных для создания межсоединений. В некоторых случаях из этих материалов можно изготовить гибкие платы, имеющие полную толщину меньше 50 мкм, включая защитный слой. Для справки: жесткие монтажные подложки с той же функциональностью оказываются в два раза толще.

Мало того, что малая толщина гибких плат привлекательна сама по себе, возможность ее складывать за счет гибкости также позволяет сокращать объемы и габариты электронных устройств.

Уменьшение массы

Дополнительное преимущество малой толщины гибких плат — малая масса. Сами по себе они легче аналогичных жестких плат на 75%.

Малая масса межсоединений, реализуемая гибкими платами, оказалась настолько привлекательной в аэрокосмической аппаратуре, что эта область их использования стала конкурировать по объемам производства с портативной электроникой.

Уменьшение времени и стоимости сборки

Гибкие платы олицетворяют простую и быструю технологию создания межсоединений для узлов и блоков электронной аппаратуры. Альтернатива гибким платам — проводной монтаж и гибкие кабели — связаны с необходимостью прокладки проводов по назначенным трассам соединений и их закрепления, зачистки и пайки каждого провода по отдельности. Жгутовой проводной монтаж требует еще и дополнительных трудозатрат на обозначение адресов связей.

Гибкие платы дают возможность использования групповых методов сборки и монта-

жа изделий. Кроме того, само их изготовление намного дешевле благодаря использованию групповых технологий изготовления и маркировки.

Уменьшение ошибок сборки

В то время как проводной монтаж неизбежно связан с человеческим фактором — источником ошибок, гибкие платы не имеют источников ошибок человеческой природы. Ручной монтаж — постоянный риск возникновения ошибок.

Гибкие платы проектируются в составе системы межсоединений и затем воспроизводятся машинными методами, предотвращающими влияние человеческого фактора. В результате, за исключением неизбежных ошибок производства, гибкие платы не позволяют создать соединения, не соответствующие спроектированной схеме.

Увеличенная системная надежность

Специалисты по надежности всегда при поиске источников отказов электронной аппаратуры ищут дефекты межсоединений. Академик Берг в свое время заявил: «Наука о надежности — это наука о контактах. Чем их больше, тем менее надежна система». Гибкие платы — идеальное средство для уменьшения контактов. Когда они сконструированы должным образом и рационально применяются в электронной компоновке, они способствуют увеличению надежности, сокращая количество межсоединений в пределах электронного модуля или блока.

Замена проводного монтажа

В среде специалистов по гибким схемам бытует правило, по которому гибкие платы рентабельно использовать, когда нужно иметь больше 25 межсоединений от точки к точке. Это число несколько произвольно, но основная концепция верна.

Для выбора решения нужно сопоставлять стоимость проводного и печатного гибкого монтажа с учетом объема и других факторов

Таблица 1. Примеры использования гибких плат

Автомобильная электроника	Приборные панели
	ABS-системы
	Схемы управления
	Средства управления
Потребительские товары	Товары для развлечения
	Цифровые и видеокамеры
	Карманные калькуляторы
Медицинская аппаратура	Мониторы
	Слуховые аппараты
	Дефибрилляторы
	Кардиологические устройства
Телекоммуникации	Ультразвуковая диагностика
	Сотовые телефоны
	Высокоскоростные линии
	Базовые станции
Компьютеры и внешние устройства	Смарт-карты
	Дисководы
	Точечные матричные печатающие головки
	Шлейфы головок принтера
Контроллеры	Печатающие головки струйного принтера
	Индуктивности
	Лазерное измерение
	Катушки нагревателя
Приборы	Копирующие устройства
	ЯМР-анализаторы
	Счетчики частиц
	Рентгеновское оборудование
Военная и космическая аппаратура	Инфракрасные анализаторы
	Спутники
	Приборные панели
	Плазменные дисплеи
	Средства управления
	Радарные системы
Тяжелое вооружение	Системы ночного видения
	Лазерные гироскопы
	Торпеды
	Электронная защита
	Системы наблюдения
	Связь



Рис. 1. Пример раскладки жгутового проводного монтажа автомобиля, где гибкие платы уступают по техническим возможностям

производства. Некоторые проектировщики изделий находят гибкие платы более рентабельными уже начиная с двух или трех связей. Тем не менее, в ряде случаев существует обоснованность использования жгутового монтажа в противовес гибким платам. К примеру, на рис. 1 показан жгутовой проводной монтаж силовых цепей, не подлежащий замене на гибкие платы.

На выставке Productronica-2001 [2] были показаны примеры гибких плат длиной до 8 м, способных обеспечить требования по применению в автомобильном транспорте.

Динамическая гибкость

Устойчивость к многократным динамическим изгибам — одно из важнейших свойств гибких плат. Другие решения для гибких межсоединений, типа плоского ленточного кабеля, тоже можно удовлетворительно использовать в подобных случаях, но гибкие платы превосходят их как стандартный метод создания надежной взаимосвязи между перемещающимися частями (рис. 2). Малая толщина материалов оснований, в сочетании с очень тонкой медной фольгой, дает гибким платам значительные преимущества в создании динамически устойчивых межсоединений.



Рис. 2. Гибкие платы в приводе дискового

Управляемое волновое сопротивление линий связи

Почти все материалы оснований гибких плат имеют электрические характеристики, благоприятно сказывающиеся на формировании линий передач: однородность материалов и электрические свойства на высокой частоте. Благодаря этому относительно просто реализовывать гибкие схемы с высоким быстродействием линий передач.

При наличии однородности материалов единственное требование производства — обеспечить адекватную однородность проводников на всей их длине, то есть точно воспроизводить их геометрию, чтобы достичь требуемого значения характеристик линии связи. Обычно используют линии с волновым сопротивлением 50 Ом — для гибких печатных плат это достигается без затруднений. Более высокие значения волнового сопротивления обеспечиваются большей толщиной гибкой платы, из-за чего она теряет в гибкости. Чтобы решить эту проблему без увеличения толщины, приходится выполнять линию передачи весьма тонкими проводниками, а это может повлечь за собой потерю точности воспроизведения ширины проводника и сокращение выхода годной продукции.

К счастью, для быстродействующих линий передач уменьшение сечения проводника мало сказывается на их работоспособности, поскольку на больших частотах довлеет явление скин-эффекта — вытеснение тока на поверхность проводника, за счет чего эффективно используемое сечение проводника уменьшается в большей мере, чем площадь его физического сечения.

Улучшенное тепловое рассеивание

Плоские проводники имеют намного большую поверхность, чем круглый провод, за счет чего более эффективно рассеивается тепло. Это первое преимущество. Далее, если сравнивать гибкие и жесткие платы, очевидно, что путь теплопередачи из жесткой платы больше, чем из тонкого гибкого основания. Мало того, рассеивание тепла из гибкой платы идет на обе стороны, что намного увеличивает эффективность теплоотвода. Тем не менее, следует учесть, что в жестких платах, в отличие от гибких, можно использовать толстый внутренний слой теплоотвода.

Объемная компоновка

Преимущества проектирования трехмерных структур межсоединений очевидны [2]. Особенно эффективны они в пространственных компоновках кристаллов микросхем (рис. 3). В более ранние времена, начиная с конца 1970-х годов, такие же компоновки использовали для ступенирования многослойных жестких плат.

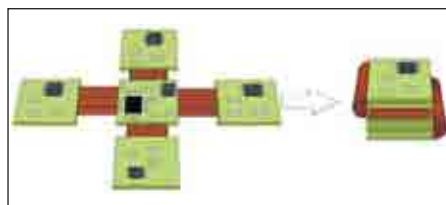


Рис. 3. Пример использования гибких оснований для ступенирования кристаллов микросхем

Уменьшенное сопротивление охлаждающему потоку воздуха

Однородная плоская конструкция гибких плат позволяет разместить их в корпусе прибора так, чтобы не создавать большого сопротивления потоку воздушного охлаждения. В противовес этому массивные переплетения проводов действуют как барьеры воздушному потоку, препятствуя эффективному охлаждению блока.

Податливость материалов оснований гибких плат для поверхностного монтажа

Технология поверхностного монтажа на первых этапах ее освоения наталкивалась на ряд затруднений, связанных с несоответствием температурных коэффициентов расширения компонентов и монтажной подложки. Это несоответствие создавало большие термомеханические напряжения в соединениях выводов компонентов с контактными площадками монтажных оснований, которые становились причиной многочисленных отказов.

Разработки новых базовых материалов с лучшей размерной устойчивостью и новые инженерные решения в конструкциях монтажных изделий обеспечили решение большинства проблем. Но одно из решений, которое оказалось наиболее эффективным, заключается в использовании гибких материалов оснований. Они, как правило, обладают меньшим коэффициентом температурного расширения и более податливы для возникающих термомеханических напряжений без разрушения соединений.

Разнообразие конструкций линий передач

В дополнение к преимуществам применения гибких плат в конструкциях линий передач необходимо отметить их свойство меньше искажать цифровые сигналы при больших длинах линий связи. Относительно малые значения диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь — только один из факторов меньшего ослабления сигнала, чем в других конструкциях линий, использующих жесткие диэлектрики.

Кроме того, что гибкие платы обеспечивают переход от одного устройства к другому без разъемов, создающих неоднородности в линии связи, их гибкость позволяет проек-

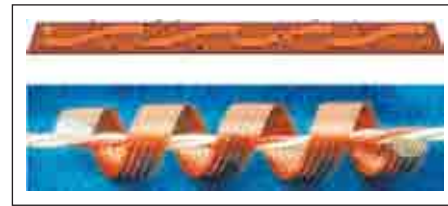


Рис. 4. Гибкие печатные платы предоставляют возможность создания необычных конструкций линий связи

тировать без ограничений такие экзотические конструкции, которые невозможно выполнить с использованием жестких материалов. Пример одной из таких конструкций показан на рис. 4.

SMT и гибко-жесткие платы

Увеличение плотности компоновки обеспечивается сочетанием поверхностного монтажа на жесткое основание монтажной подложки с выводом связей на гибком основании, как показано на рис. 5.



Рис. 5. Пример использования гибких плат в сочетании с поверхностным монтажом

Выполненный на гибкой подложке SMT-монтаж отличается хорошим сочетанием температурных расширений материалов компонентов и гибкого слоя, наклеенного на жесткое основание. Кроме того, низкий модуль упругости гибкого материала компенсирует небольшое несоответствие температурных коэффициентов.

Многослойные гибкие платы могут сами служить основанием для монтажа выводов в отверстия и для поверхностного монтажа (рис. 6).



Рис. 6. Многослойная гибкая плата (8 слоев)

Еще больший выигрыш в компоновке блоков создают гибко-жесткие платы (рис. 7), полностью вытесняющие объемный проводной монтаж [4]. Можно представить, какой была бы конструкция миниатюрного блока с разъемами, если бы не использовалась гиб-

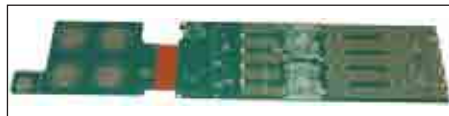


Рис. 7. Гибко-жесткая многослойная плата, монтируемая на двух стенках электронного блока

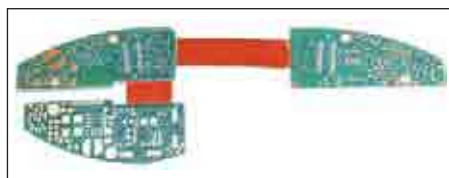


Рис. 8. Гибко-жесткая многослойная плата, монтируемая на трех стенках миниатюрного электронного устройства (4 жестких слоя, 2 — гибких)

ко-жесткая плата, показанная на рис. 8. Преимущество таких конструкций заключается в повышенной их надежности за счет отсутствия разъемных или паяных соединений.

Технология

«кристалл-на-гибкой плате» (Chip-on-Flex — COF)

В противовес технологии «кристалл-на-плате» (Chip-on-Board — COB) технология COF позволяет обеспечить большую плотность компоновки, а значит, меньшую массу и габариты. К тому же, COF-технология лишена многих недостатков COB-технологий, связанных опять-таки с разными коэффициентами термического расширения кристалла и подложки. В связи с этим COF-технология успешно используется в аэрокосмической аппаратуре. В сочетании с возможностью складывать монтаж на гибкой плате в стопки COF-технология имеет значительные преимущества особенно там, где кристалл микросхемы не требуется герметизировать.

Еще один пример практического использования COF-технологии — монтаж кристаллов на ленте (TAB-технология), на ее основе создаются всевозможные конструкции с плотной упаковкой компонентов (рис. 9).

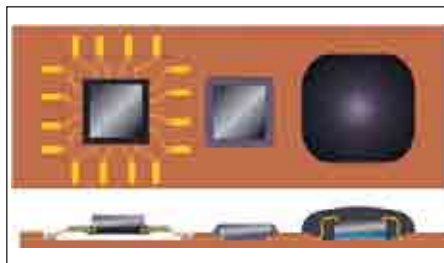


Рис. 9. Примеры монтажа кристаллов микросхем на гибкую подложку

Гибкие платы

в тонких конструкциях

Возможность перфораций в тонких основаниях гибких плат позволяет осуществлять межсоединения непосредственно с кристаллом микросхемы на периферию электронных устройств, как это показано для примера на рис. 10. Эта технология, которая стала весьма популярной за последние 10 лет, исполь-

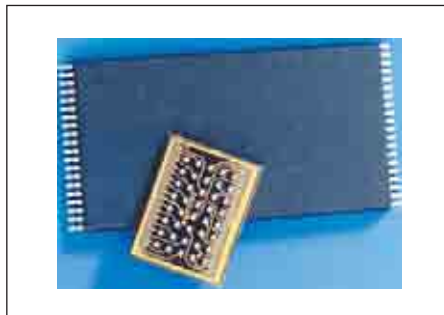


Рис. 10. Присоединение гибкой платы непосредственно к микросхеме на кристалле

зуется для упаковки микросхем в SIM-картах, всевозможных картах памяти (SD, MMC, MS, MS Pro, CF, Flash Memory Card) и т. п., которые требуют внешних выводов. Массовость производства этих устройств по существу обеспечена применением миниатюрных гибких плат. Этот упаковочный формат теперь широко известен как монтаж μ BGA по CSP-технологии (Chip-Scale Package — CSP). Эта технология монтажа сегодня доминирует в микроминиатюрных, карманных и портативных устройствах.

Технологии гибких плат

Последовательность сборки кристаллов микросхем в трехмерную структуру

Другой подход к уплотнению компоновки микросхем в сочетании с согласованием характеристик линий связи показан в последовательности сборки на рис. 11. Ключевая особенность этой структуры — возможность создания многослойного пакета с присоединениями к микросхемам через металлизированные глухие отверстия. Этот новый подход нацелен на упрощение электронного проектирования и процессов производства.

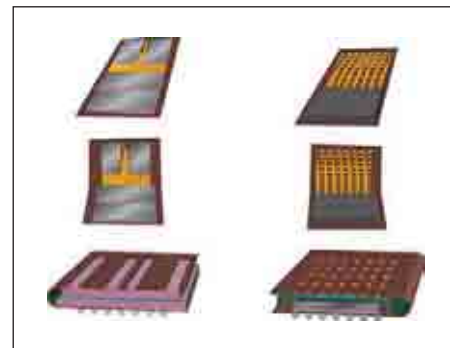


Рис. 11. Пошаговая схема сборки пакета кристаллов микросхем

Многослойные гибкие платы

Гибкие печатные платы, собранные в многослойные структуры, в некоторой степени теряют свою гибкость. Но за ними остаются значительные преимущества: близость коэффициентов термического расширения к таковому у компонентов и податливость материалов оснований, компенсирующих небольшие рассогласования в термическом расширении. Еще один неблагоприятный эффект отсутствует в многослойных гибких структурах — склонность к электрохимическим отказам. В композиционных материалах это проявляется в прорастаниях металлических мостиков вдоль слоев по капиллярам «несплошностей». В материалах гибких плат отсутствуют такие неоднородности вдоль слоев, по которым могли бы проходить миграционные процессы, заканчивающиеся обычно образованием металлических дендритов — мостиков коротких замыканий.

Трехмерная монтажная подложка

Зачастую разводка кристалла не умещается в одном или даже в двух слоях. Незначительная толщина пленок, используемых в технологиях гибких плат, позволяет использовать по крайней мере трехслойную структуру, позволяющую создать копланарные внешние соединения с монтажной подложкой, как показано на рис. 12. Незначительная разница в положении монтажных плоскостей компенсируется соответствующими размерами шариковых выводов.

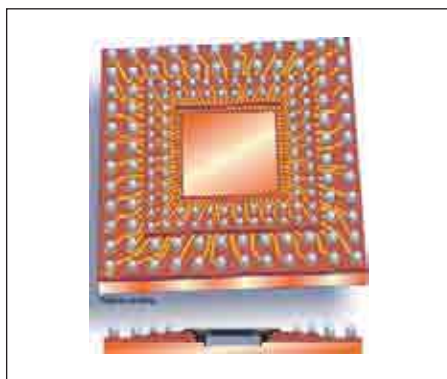


Рис. 12. Пример разводки микросхемы на трехслойном носителе

Материал основания с предварительно просверленными отверстиями

Один из способов удешевления производства высокоплотных многослойных гибких плат предложила компания Sheldahl (теперь Multek). Он заключается в поставках гибких пленок с множеством мелких отверстий, выполненных в узлах стандартной координатной сетки. Технологии лазерного сверления позволяют с большой производительностью (до 300 сверлений в секунду) выполнить отверстия с большой плотностью размещения (до 400 на см²) и с высокой точностью позиционирования.

Компания Sheldahl пыталась создать стандарт на размещение отверстий, чтобы проектировщики могли использовать их в своих конструкциях, и планировала пойти дальше — поставлять свои материалы с металлизированными отверстиями.

К сожалению, этот метод не был реализован по множеству причин. Но идея все еще остается интересной и может найти применение в будущем.

Технологии трансверсальных соединений

Другая область исследований формирования высокоплотных соединений в гибких структурах относится к обеспечению связей по оси Z в конструкциях многослойных плат. Технология образования Z-связей в гибких основаниях заметно отличается от технологий послойного наращивания, используемых в производстве жестких многослойных плат. Эти исследования проводят с целью умень-

шения стоимости плат высокой плотности и увеличения устойчивости металлизации отверстий к термомеханическим нагрузкам для улучшения надежности трансверсальных межсоединений.

Общая идея обеспечения надежности Z-связей одинакова для жестких и гибких плат: улучшить прочность металлизации и уменьшить термомеханические нагрузки за счет сближения термического расширения металлизации и материала основания. Но материалы гибких плат, как правило, создаваемые на основе полиимидов, имеют высокую температуру стеклования и, следовательно, относительно низкий коэффициент термического расширения в рабочем диапазоне температур. Кроме того, податливость материалов гибких оснований, как уже упоминалось выше, все-таки компенсирует существующую разницу в этих коэффициентах.

Анизотропные Z-связи

Анизотропные клеящие пленки используются много лет, однако только в последнее время они получили новое развитие благодаря введению в клеящий слой проводящего компонента, например, металлической пыли. Такая комбинация позволяет создавать Z-связи между слоями.

В результате, любые металлизированные оппозитные площадки двух половинок схемы будут электрически связаны. Анизотропность проводимости клеящей пленки обеспечивает электрическую связь по оси Z и не обнаруживает проводимости вдоль слоев, исключая короткие замыкания между контактными площадками. Схема этого процесса показана на рис. 13. Таким образом, например, реализуются межсоединения в жидкокристаллических дисплеях и плазменных панелях.

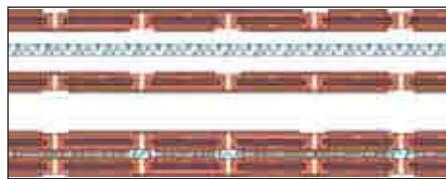


Рис. 13. Анизотропная клеящая пленка с токопроводящим наполнителем позволяет реализовать Z-связи в многослойной структуре межсоединений

Программируемые межсоединения

Альтернатива анизотропных межсоединений — семейство программируемых структур связи в предназначенных для этого точках. Одна из таких версий была разработана в компании Tesser (США). На рис. 14 показано, как используется эта технология в создании программируемых Z-связей.

Другие методы этого семейства включают технологию столбиковых межсоединений, прокалывающих межслойную изоляцию

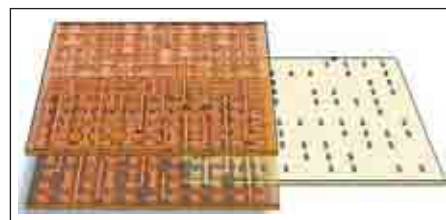


Рис. 14. Схема формирования программируемых Z-связей

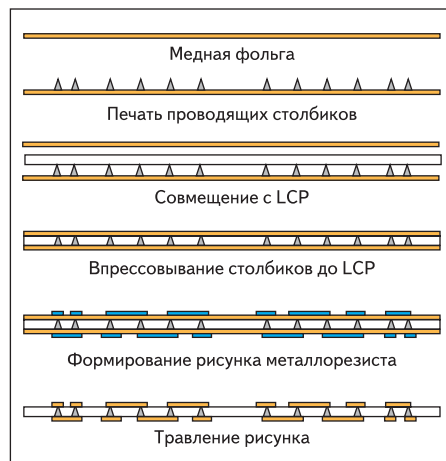


Рис. 15. Схема формирования межсоединений в LCP-панелях

с образованием Z-связей (рис. 15). Эта технология, известная под именем B21T, была разработана компанией Toshiba для изготовления LCP-дисплеев, затем была использована компанией Yamaichi Electronics (Япония) и под именем Any Layer Interstitial Via (ALIV) стала принадлежностью компании Matsushita.

Наиболее явное преимущество этой технологии заключается в способности формировать чрезвычайно короткие межсоединения между компонентами. Этот короткий путь маршрутизации по узлам координатной сетки часто упоминается как «маршрутизация Манхэттена» вследствие ее подобия структуре улиц Нью-Йорк Сити и его небоскребов. Использование стандартных координатных сеток и способов столбиковых межсоединений, подобных описанному, может в будущем стать банальной технологией компоновки электронных устройств.

Отдельные примеры использования гибких плат

Высокоскоростные длинные линии связи

Гибкие печатные платы с согласованными линиями связи представляют жизнеспособную альтернативу СВЧ-линиям на дистанции от платы к плате до 75 см с производительностью вплоть до 10 Гбит/с. Преимущество гибкой платы заключается еще и в возможности взаимного перемещения соединяемых плат, перегибов во всех направ-

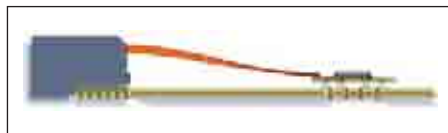


Рис. 16. Длинная линия высокоскоростной связи, выполненная гибким шлейфом

лениях, что не свойственно другим видам высокочастотной связи (рис. 16).

Слуховые аппараты

Малый вес слуховых аппаратов, размещение их позади уха стали возможны после изобретения транзистора. И они стали первыми электронными изделиями на транзисторах, получившими массовое распространение.

До этого использовались аппараты на миниатюрных радиолампах. Они были тяжелы и дороги. В их работу приходилось постоянно вмешиваться из-за большого энергопотребления и необходимости замены батареи. С изобретением транзистора слуховые аппараты стали меньше, дешевле, эффективнее и намного экономичнее по сравнению с ламповыми приборами. Слуховые аппараты сегодня размещаются почти незримо в ухе пользователя (рис. 17). Во многом миниатюризация технологии слухового аппарата была обеспечена применением гибких плат, которые позволяют схеме быть свернутой в малом объеме аппарата.



Рис. 17. Слуховой аппарат, вживляемый в ухо. Рядом показаны используемые в нем монтажные изделия на гибких платах.

Микрокатушки

Микрокатушки наиболее часто используются в сенсорных датчиках. На рис. 18 показано изображение микрокатушки, полученное на электронном микроскопе. Здесь ширина проводников 10 микрон, а их высота —

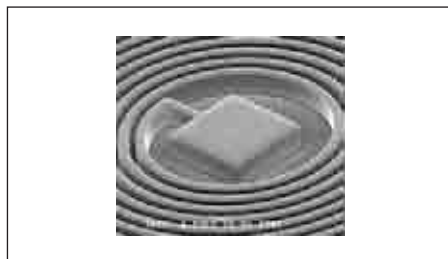


Рис. 18. Фрагмент микрокатушки под электронным микроскопом

25 микрон. Зазоры между проводниками — также 10 микрон. Размерная точность — меньше чем один микрон.

Электроника в эндоскопии

Медицинская электроника — истинно современное чудо, и часто гибкие платы — неперенный элемент конструкции таких изделий. Гибкие платы доказали свою незаменимость в разнообразных приборах медицинской диагностики и терапии, в физиологических исследованиях, в дистанционном мониторинге состояния здоровья пациентов с использованием телеметрии. На рис. 19 показана модель прибора, используемого для многостороннего исследования сердца.



Рис. 19. Пример использования гибких плат в зонде, внедренном в модель сердца

Ультразвуковые преобразователи

Возможно, одно из наиболее успешных их применений технологии гибких плат было связано с пьезоэлектрическими головками ультразвуковых преобразователей. Гибкие платы используются в них для связи с пьезо-керамическим приемопередатчиком ультразвуковых акустических волн, позволяя создать на мониторе изображение, полученное с помощью отраженного звука. Из всех медицинских приложений это самая известная технология интроскопии. Впоследствии его применение перешло на техническую диагностику производственных процессов из-за его способности обнаруживать поры и каверны в объемах изделий.

Пример использования гибких плат в ультразвуковой головке показан на рис. 20.



Рис. 20. Гибкая плата используется в датчике, с помощью которого формируется акустическое изображение объекта диагностики

Панель автомобиля

Гибкие платы имеют длинную историю применения в автомобильной промышленности. Самое давнее применение связано с электрической приборной панелью автомобиля (рис. 21). За прошедшее время функциональность приборной панели автомобиля возросла, и значимость межсоединений с помощью гибких плат пропорционально увеличилась.



Рис. 21. Приборная панель автомобиля с монтажом с помощью гибких плат

Гибкие платы имеют значительные преимущества в использовании технологий межсоединений в автомобильной электронике. Они сочетают в себе возможности реализации силовых цепей и тонких высокоплотных межсоединений электронных компонентов. На рис. 22 показан фрагмент гибкой платы панели приборов, предназначенный для монтажа BGA-компонента.



Рис. 22. Фрагмент монтажного поля для BGA-компонента

Высокопроизводительные линии связи между микросхемами

Непосредственная связь между микросхемами типа «чип-чип» — довольно новое применение гибких плат, которое было обусловлено необходимостью обеспечения быстродействия и функциональности электронных устройств. Один из прежних способов реализации таких связей — выделение быстродействующих линий и формирование их как согласованных линий связи в многослойных структурах. В многослойных платах формирование таких быстродействующих линий встречает затруднения из-за неизбежных неоднородностей в их составе: выводы

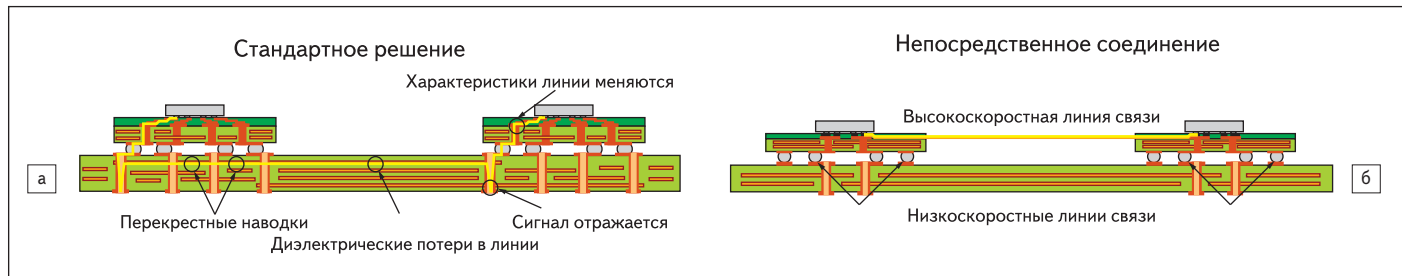


Рис. 23. Высокопроизводительные линии связи:

а — в многослойных платах, б — реализуемые гибкой платой непосредственно между микросхемами со скоростью передачи информации 25 Гбит/с

корпуса микросхемы, металлизированные отверстия. Эти неоднородности искажают сигнал и уменьшают скорость передачи за счет увеличения времени успокоения переходных процессов, обусловленных отражениями от неоднородностей. Альтернатива этому — использование линий связи на основе гибких плат (рис. 23).

Солнечные панели

Эффективность современных светодиодных солнечных панелей может достигать 50%. Но их широкому применению препятствовала их дороговизна относительно других «альтернативных» источников энергии. Технологии солнечных панелей значительно продвинулись за счет использования гибких плат. Гибкость межсоединений создавала удобство использования панелей в космосе за счет сворачивания в компактный объем и последующего разворачивания при выходе в космическое пространство. Благодаря этому солнечные панели могут разворачиваться на площадь футбольного поля, снабжая энергией космические объекты, в частности Международную космическую станцию. Солнечные панели в развернутом виде могут давать десятки киловатт мощности с напряжением до 160 В (рис. 24).



Рис. 24. Солнечная панель Международной космической станции на испытаниях в НАСА (США)

Гибкие платы в видеокамерах

Японские инженеры раньше других осознали большие преимущества гибких плат во всевозможных применениях в портативной электронной аппаратуре. Одно из ранних применений они нашли в миниатюрных видеокамерах. Автоматические функции видеокамеры: управление микродвигателями,



Рис. 25. Видеокамера в деталях межсоединений гибкими платами

выбор экспозиции, автофокус и другие реализованы с использованием гибких плат (рис. 25).

Смарт-карты

Другая область применения, обуславливающая существенный рост производства гибких плат, — смарт-карты. Гибкие платы идеальны для смарт-карт из-за их незначительной толщины и возможности массового производства по низкой цене. Сами схемы смарт-карт обычно довольно просты, часто не сложнее, чем катушка со связанным с ней чипом.

Объемная системная миниатюризация и межсоединения

Уже установилась закономерность развития полупроводниковых приборов, заключающаяся в удвоении плотности элементов микросхем в два раза за период от 18 до 24 месяцев. Эта закономерность названа Законом Мура. Очевидно, что увеличение интеграции микросхем должно сопровождаться соответствующим увеличением плотности межсоединений. Отдельным, очень важным направлением этого процесса развития являются технологии гибких и гибко-жестких плат.

Даже без удвоения интеграции микросхем плотность компоновки электронной аппаратуры можно увеличить за счет использования гибкости и малой толщины монтажных подложек. Мы увидели, что гибкость подложек позволяет создавать пространственные трехмерные структуры, и уже только поэтому можно в разы увеличить плотность компоновки. Это более дешевый способ достижения высокой интеграции электронных ус-

тройств, чем интеграция компонентов, и поэтому он заслуживает внимания.

Переход к третьему измерению означает отказ от старых технологий межсоединений. В новых технологиях 3D-структур гибкие платы будут составлять основу пространственных межсоединений. В английской литературе эта технология получила название «объемная системная миниатюризация и технология межсоединений» (Volumetric System Miniaturization and Interconnection Technology, или для краткости VSMTI).

В семейство VSMTI-технологий включены все варианты 3D-компоновок: ступенирование компонентов в микрокорпусах, ступенирование кристаллов микросхем, ступенирование вафель с чипами микросхем, многокристальные модули и их сборки в многослойные структуры (рис. 26). Конечно, вместе с уплотнением компоновки нельзя забывать о проблемах теплоотвода, решение которых становится очень трудным по мере увеличения интеграции аппаратуры. Может случиться так, что массивные теплоотводы полностью разрушат всю концепцию увеличения плотности компоновки. Поэтому VSMTI-технологии должны учитывать и интеграцию теплоотводящих структур и включать их в структуру электрических межсоединений.

Другой ключевой элемент VSMTI-технологий — тестирование. С увеличением плотности компоновки тестирование может ока-

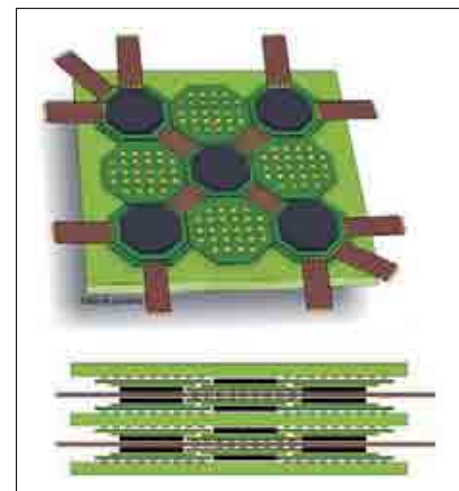


Рис. 26. Одна из трехмерных структур 3D-компоновок

заться упрощенным или чрезвычайно сложным в зависимости от того, в какой мере системный проектировщик удовлетворяет требования обеспечения электрического тестирования.

Риск наличия одного неисправного чипа среди многих других в составе многокристального модуля пугает разработчиков и пользователей своей безысходностью. Статистика этих рисков пока не вселяет оптимизма. Но разработчики VSMI-технологий ищут подходы к решению этой проблемы и вынуждены будут найти его, так как эта технология безальтернативна в дальнейшей интеграции электронной аппаратуры. И технологии гибких плат будут играть в этом решающую роль.

Тенденции развития технологий печатных схем

Поверхностный обзор патентов США, опубликованных за последние 10 лет, указывает, что технологии гибких плат интенсивно развиваются. Несмотря на то, что интенсивность поступления патентов стабилизировалась, уровень ее все еще высок: в Патентное Бюро США поступает в среднем более одного патента в день (табл. 2) [1].

Заключение

Очевидно, технологии гибких плат предлагают много жизнеспособных решений, среди которых особенно перспективны реше-

Таблица 2. Количество опубликованных патентов США в течение последнего десятилетия

Год	Кол-во патентов
1996	261
1997	305
1998	468
1999	497
2000	586
2001	686
2002	678
2003	681
2004	745
2005	646

ния, связанные с созданием пространственных структур межсоединений.

Возможности технологий гибких плат далеко еще не исчерпаны. Список их применения растет и будет расти по мере развития электроники.

Авторы надеются, что показанные примеры использования гибких плат зажгут новые идеи в умах читателей, помогая им видеть более ясный путь к решению проблем увеличения плотности межсоединений. ■

Литература

1. Fjelstad J. Flexible Circuit Technology. Third Edition. Publishing Inc. USA. 2006.
2. Медведев А. Productronica-2001. Первые впечатления // Компоненты и технологии. 2002. № 1.
3. Акулин А. Варианты применения и конструкции гибко-жестких плат // Технологии в электронной промышленности. 2007. № 5.