

# Встраивание электронных компонентов – общие рекомендации

А. Чернышов<sup>1</sup>

УДК 621.3.049.75:004.3'12 | ВАК 05.27.06

Существует несколько технологий встраивания компонентов в печатную плату (рис. 1). И хотя некоторые из них уже достаточно широко применяются в массовых изделиях бытовой электроники и активно рекламируются поставщиками специальных материалов и изготовителями плат, технологии изготовления плат со встроенными элементами все еще достаточно дороги. Поэтому их применение в средне- и мелкосерийных партиях плат (до нескольких сотен дм) весьма ограничено с финансовой точки зрения.

**С** точки зрения миниатюризации, вероятно, максимальное преимущество дает встраивание в плату пассивных элементов.

Самые известные технологии встраивания пассивных элементов предполагают применение стандартных материалов с резистивными или конденсаторными слоями таких известных фирм, как Ohmega Technologies, 3М™, и других. Тем не менее, по нашим данным, именно эти технологии являются наиболее сложными при проектировании и дорогими при изготовлении.

По этой причине следует рассмотреть другие методы встраивания элементов, например, готовых дискретных электронных компонентов (корпусных пассивных и бескорпусных активных компонентов) в тело платы.

Необходимо отметить, что, несмотря на доступность технологий встраивания электронных компонентов и определенный опыт их применения в мире, получить от заводов какие-то четкие рекомендации все еще затруднительно. Очевидно, это связано с наличием нескольких применяемых технологий и доступных

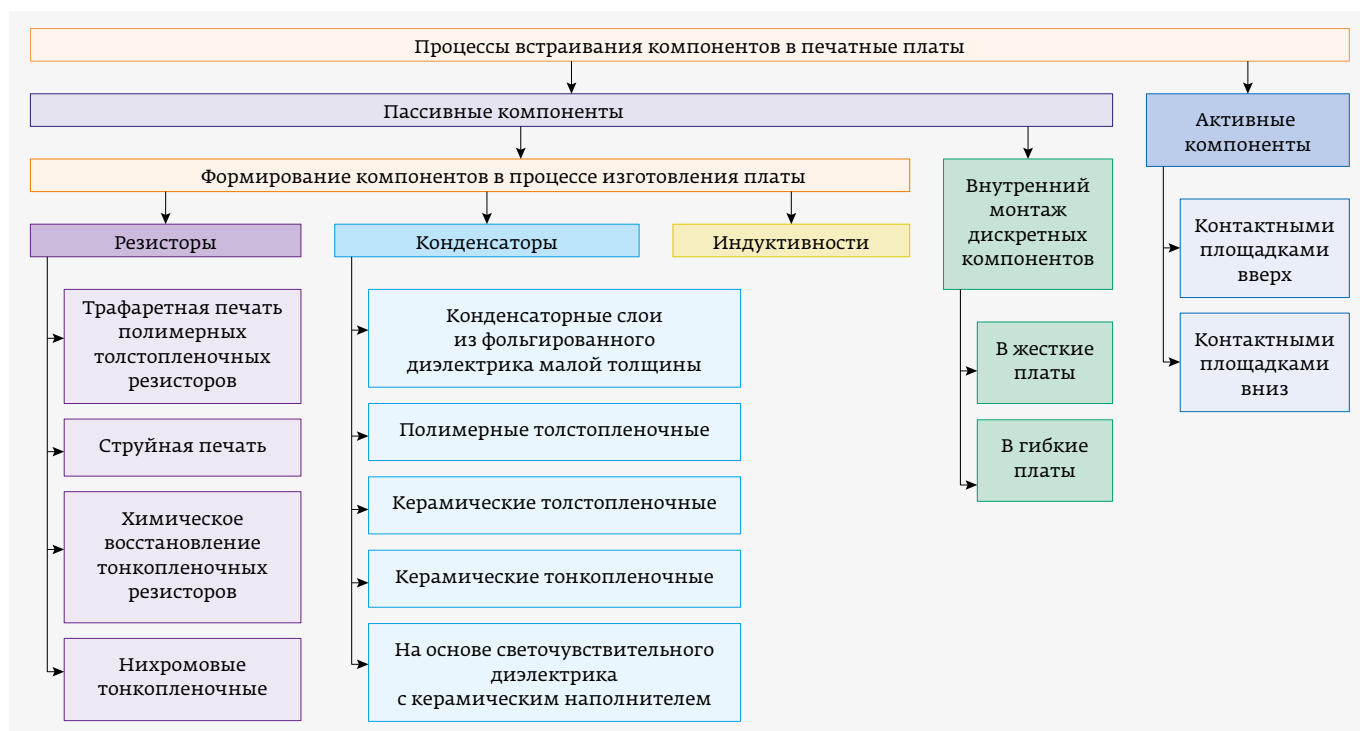


Рис. 1. Пример классификации процессов встраивания компонентов в печатные платы [1]

<sup>1</sup> ООО «ПСБ технологии», инженер, a.chernishov@pcbtech.ru.

конструктивных решений, скрывающихся под одним общим понятием.

В Интернете можно найти множество вариантов применения технологии встраивания компонентов от разных изготовителей плат. Большинство из них описывает отдельные примеры без существенных технических подробностей и численных значений, а потому не дает четкого представления о возможностях технологии и существующих ограничениях.

Подобная ситуация создает трудности при проектировании плат. Исходя из нашего реального опыта, мы рискуем дать общие рекомендации для проектирования плат со встроенными электронными компонентами.

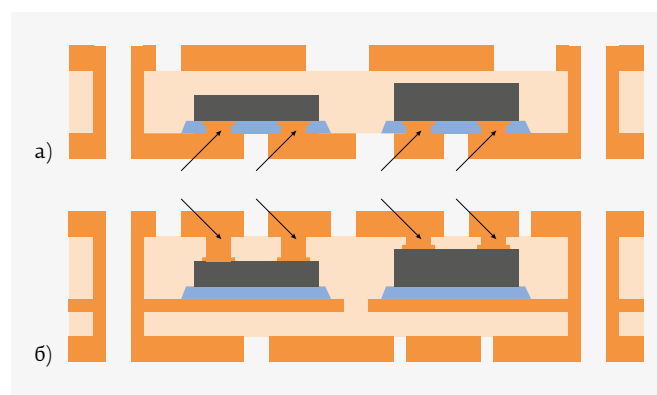
## ВНУТРЕННИЙ МОНТАЖ ПАССИВНЫХ ДИСКРЕТНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

При внутреннем монтаже пассивных дискретных электронных компонентов в тело платы внедряются практически те же стандартные корпусированные электронные компоненты, что и при планарном монтаже на внешние стороны платы. Отличия состоят в том, что корпуса компонентов имеют наименьшую доступную толщину и устанавливаются не на внешние, а на внутренние сигнальные слои платы. Для уменьшения высоты активные компоненты обычно встраиваются без корпусов.

В общем случае структура печатной платы формируется на основе стандартных материалов – ламинатов и препрегов. В зависимости от того, на какой внутренний слой предполагается устанавливать встроенные компоненты, под них в соседних ламинатах или препрегах формируются специальные полости, соответствующие габаритам и высоте монтируемых компонентов. Если в проекте предусмотрено несколько близко расположенных элементов, при изготовлении платы маленькие одиночные полости под компоненты могут быть объединены в одну большую. При проектировании платы разработчик определяет размещение компонентов на нужных слоях и выполняет настройку/учет правильного расположения запретных областей по слоям для размещения проводящих элементов. Вопрос правильного формирования полостей под размещенные разработчиком компоненты – задача производителя плат.

Соединение выводов компонентов с контактными площадками в сигнальном слое может осуществляться одним из следующих методов [2]:

- прямой контакт (direct contact), похожий на пайку оплавлением, где выводы компонентов



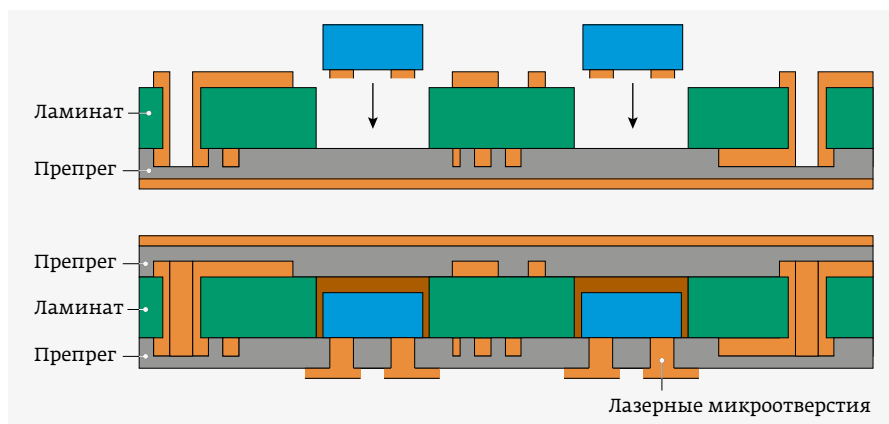
**Рис. 2.** Примеры подсоединения проводящего рисунка к выводам компонентов [3]: а – подсоединение снизу; б – подсоединение сверху

напрямую подключены к контактными площадкам сигнального слоя. Пайка для подключения компонентов на внутренних слоях считается менее надежным методом;

- не прямой (косвенный) контакт (indirect contact) – соединение с помощью лазерных микроотверстий между контактными площадками внутреннего сигнального слоя и выводами компонентов.

В соответствии с тем, на какой стороне осуществляется контакт вывода электронного компонента с контактной площадкой сигнального слоя, варианты соединения можно разделить на соединения с контактными площадками сверху или снизу – аналогично встраиванию активных компонентов контактными площадками на кристалле вверх или вниз (рис. 2).

В зависимости от размещения слоя для установки встроенных компонентов в структуре платы, полость для их установки формируется в препреге или ламинате (рис. 3).



**Рис. 3.** Размещение встроенных компонентов в полости, выполненные в ламинате [4]

Полость под компонент может быть ограничена толщиной только одного межслойного диэлектрика или распространяться сразу на несколько слоев диэлектриков и сигнальных слоев, в зависимости от высоты электронного компонента и требований к толщинам диэлектриков. При этом программа проектирования должна по возможности учитывать геометрические размеры компонента и области запрета для размещения проводников и переходных отверстий (рис. 4).

При проектировании платы со встроенными электронными компонентами необходимо учитывать следующие виды ограничений:

- минимальное расстояние до контура механической обработки, например запретная область фрезеровки. Обычно имеется в виду фрезеровка, но в общем случае контур платы может быть обработан скрайбированием со своей запретной областью для размещения компонентов;

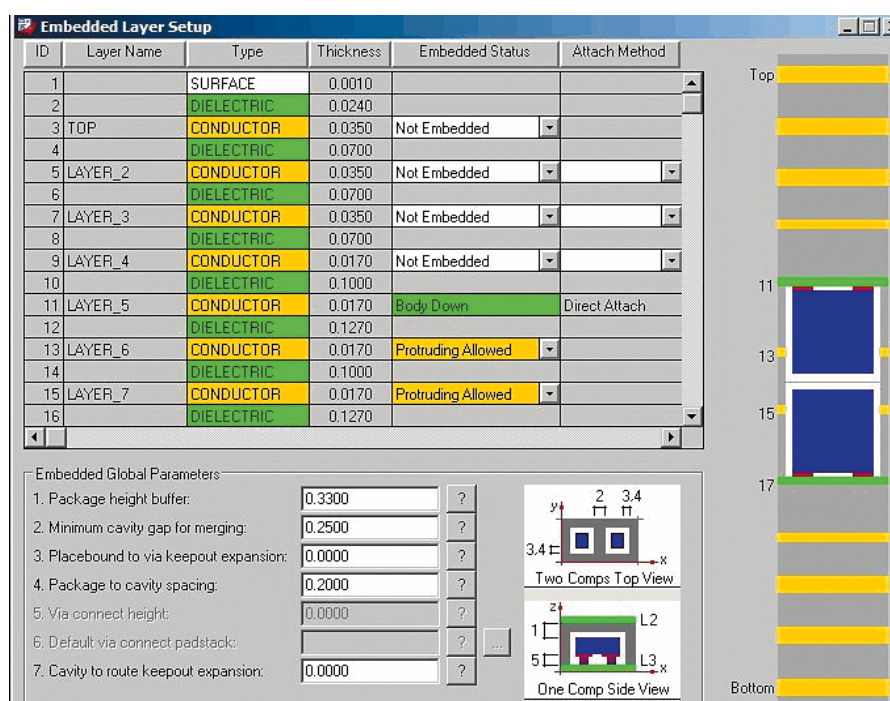


Рис. 4. Размещение встроенных компонентов на нескольких слоях [2]

- минимальное расстояние до переходного отверстия (запретная область для переходного отверстия) – минимальное расстояние от встроенного компонента до ближайшего переходного отверстия;
- минимальные расстояния между внедренными компонентами.

Два встроенных компонента можно поместить параллельно или один над другим. Компоненты может разделять перемычка диэлектрика, и в этом случае каждый компонент получает собственную полость.

Если компоненты разместить слишком близко, отдельные участки разделяющего их диэлектрика могут оказаться слишком тонкими, и тогда под размещение компонентов может быть выполнена одна общая полость. Геометрия такой полости должна обеспечивать возможность ее качественного заполнения смолой препрега при прессовании. В зависимости от расположения компонентов перемычки между компонентами могут располагаться поперек или вдоль слоев диэлектрика (рис. 5).

## ВСТРОЕННЫЕ КОМПОНЕНТЫ В СТРУКТУРЕ ПЛАТЫ

Как уже было сказано, соединение выводов компонентов с контактными площадками в сигнальном слое может выполняться методом прямого контакта (direct contact, аналогично пайке оплавлением для внешних слоев) и методом непрямого (косвенного) контакта (indirect contact, соединение с помощью лазерных микроотверстий).

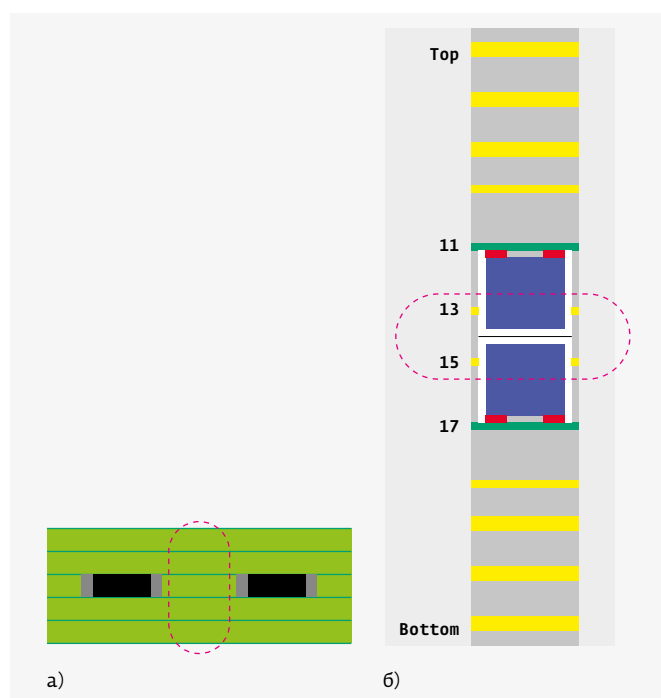


Рис. 5. Варианты размещения перемычек диэлектрика между соседними встроенными компонентами [2]: а – поперек слоев диэлектрика; б – вдоль слоев диэлектрика


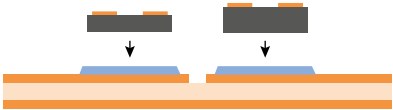
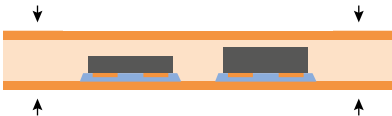
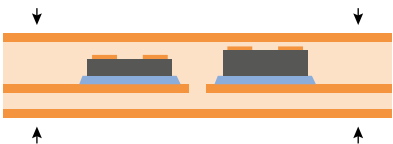


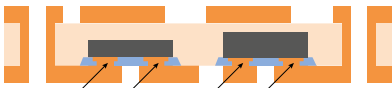
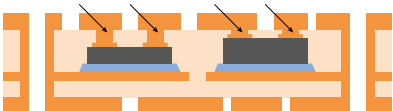
Метод прямого контакта заключается в предварительном формировании тонкой, например, двухслойной платы со смонтированными электронными компонентами, которая в дальнейшем прессуется с остальными частями общей структуры платы. В этом случае для изготовления промежуточной платы и установки на нее электронных компонентов используется ламинат — диэлектрик, облицованный медной фольгой с одной или двух сторон. С учетом этого легко найти место в структуре платы для расположения встроенных компонентов (рис. 2–4). Для данного метода встраивания контактные площадки компонентов должны располагаться вниз.

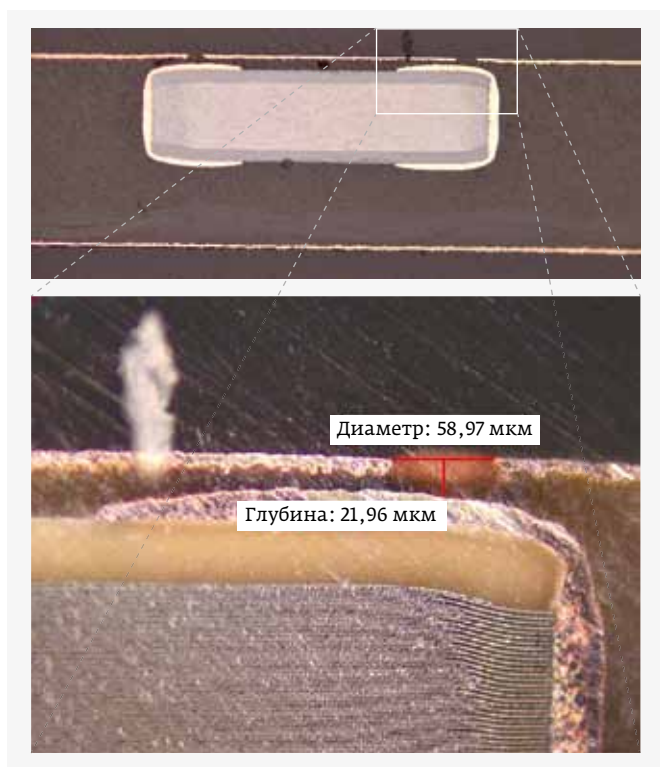
Метод встраивания с непрямым (косвенным) контактом допускает расположение контактных площадок электронных компонентов как вниз, так и вверх. В зависимости от этого будут различаться структура платы и процесс изготовления.

Для непрямого контакта, в зависимости от стороны осуществления контакта вывода электронного компонента с контактной площадкой сигнального слоя, варианты соединения можно разделить на соединения с контактными площадками сверху или снизу (аналогично встраиванию активных компонентов контактными площадками на кристалле вверх или вниз), как показано в табл. 1.

Микропереходные отверстия и их контактные площадки, используемые для подключения встроенных компонентов к проводящему рисунку, могут иметь технологически минимально допустимые значения, например, отверстие 50–75 мкм и площадку 200–250 мкм (допустимые значения следует заранее согласовать с выбранным заводом изготовителем). Примеры микроотверстий для подключения встроенных компонентов представлены на рис. 6, 7.

**Таблица 1.** Примеры выполнения подсоединения проводящего рисунка к выводам компонентов [3]

Подсоединение компонентов снизу	Подсоединение компонентов сверху
 <p>В качестве основы для установки компонентов используется медная фольга, на которую в нужных местах приклеиваются электронные компоненты</p>	 <p>В качестве основы для установки компонентов используется двухслойный ламинат, на который в нужных местах приклеиваются электронные компоненты. Слой установки компонентов должен быть заранее протравлен</p>
 <p>На фольгу с установленными и приклеенными электронными компонентами накладывается препрег с заранее подготовленными вырезами. Полученная сборка прессуется в заготовку на два сигнальных слоя</p>	 <p>На ламинат с установленными и приклеенными электронными компонентами накладывается препрег с заранее подготовленными вырезами и слой фольги. Полученная сборка прессуется в заготовку на три сигнальных слоя</p>
 <p>В заготовке формируются слепые микроотверстия для подключения встроенных электронных компонентов. Также могут формироваться сквозные отверстия, которые в готовой плате образуют скрытые переходные отверстия</p>	
 <p>На заключительном этапе в заготовке со встроенными компонентами выполняется металлизация отверстий</p>	
Дальнейшие этапы производства аналогичны соответствующим этапам изготовления обычных видов плат	



**Рис. 6.** Микроотверстия между сигнальным слоем и медным выводом конденсатора до металлизации отверстия [3]

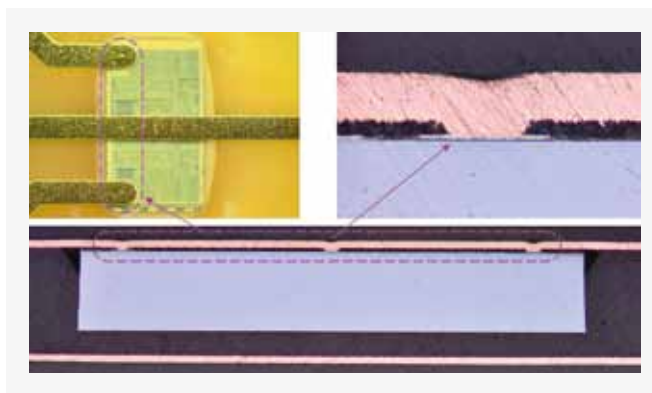
## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАТ СО ВСТРОЕННЫМИ ДИСКРЕТНЫМИ ЭЛЕКТРОННЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Проектирование плат со встроенными дискретными электронными компонентами имеет свои особенности по сравнению с обычным расположением компонентов на внешних сторонах платы.

Лучше всего, если пакет проектирования изначально поддерживает технологию встраивания электронных компонентов и имеет широкие возможности настройки для проверки нарушений взаимного расположения проводящего рисунка и электронных компонентов. Если такие возможности в пакете проектирования отсутствуют, то проектирование плат со встроенными электронными компонентами хотя и возможно, но, скорее всего, будет сопровождаться определенными сложностями.

Дело в том, что типичные переходные отверстия, выполняемые механической сверловкой, а также лазерные микропереходные отверстия предполагают расположение в проекте только между сигнальными слоями (рис. 8).

Расположение переходных отверстий вне сигнальных слоев в обычных программах проектирования не предусмотрено. Но выполнение именно таких соединений требуется в проектах со встроенными дискретными



**Рис. 7.** Микроотверстия между сигнальным слоем и медным выводом микросхемы после металлизации [3]

элементами. Данные типы отверстий должны реально присутствовать в проектах печатных плат и передаваться на производство в виде отдельных файлов сверловки или Gerber-файлов.

Если используемая программа проектирования номинально не поддерживает применение встроенных компонентов и переходных отверстий вне сигнальных слоев, их проектирование может выполняться одним из следующих методов:

- встраиваемые планарные электронные компоненты образуют соединения контактных площадок с проводящим рисунком с помощью микропереходных отверстий. Внутренние слои, к которым они подключаются, могут не содержать (не дублировать) типичные посадочные места (контактные площадки) под эти компоненты. Однако контактные площадки микропереходных отверстий с поясками металлизации достаточной ширины на подключаемых внутренних сигнальных слоях должны наличествовать. Поскольку микропереходные отверстия реально присутствуют лишь в одном сигнальном слое, без специальной настройки типа переходного отверстия сформировать данные для их сверловки в используемом пакете проектирования может быть



**Рис. 8.** Типичные переходные отверстия «начинаются» и «заканчиваются» в проекте только на сигнальных слоях



затруднительно. По этой причине можно ввести в проекте дополнительный сигнальный или несигнальный слой, где площадки переходных отверстий будут дублироваться окружностями, диаметры которых будут соответствовать диаметрам отверстий. Очевидно, подобный метод достаточно легко можно реализовать в таком распространенном пакете проектирования, как P-CAD200x, или ином. При подготовке платы к производству дополнительный слой экспортируется вместе с остальными слоями проекта. На производстве он будет преобразован в слой сверловки и использован для формирования микроотверстий, соединяющих сигнальный слой со встроенными электронными компонентами;

- формирование реальных переходных отверстий с возможностью экспорта настоящего файла сверловки может быть обеспечено применением реальных пастеков переходных отверстий. Поскольку контактные площадки встраиваемых компонентов не располагаются на основных сигнальных слоях, а размещение диапазона сверловки в пределах единственного сигнального слоя может вызвать ошибки при экспорте сверловки, парные контактные площадки микропереходных отверстий можно разместить на дополнительных, вспомогательных, «формально» сигнальных слоях. Дополнительные слои используются не для проектирования основного проводящего рисунка, а только для формирования данных о расположении и диаметрах микропереходных отверстий, соединяющих встроенные компоненты с внутренними сигнальными слоями. Таким образом, контактные площадки микропереходного отверстия для встроенного компонента должны располагаться на основном проводящем и дополнительном сигнальном слоях.

Для удобства на дополнительных слоях можно разместить и контактные площадки встроенных компонентов, но основным является размещение контактных площадок реальных пастеков микропереходных отверстий. При этом микропереходные отверстия могут быть введены прямо в посадочное место встроенного компонента.

Микропереходные отверстия размещаются в проекте по центрам контактных площадок встраиваемых компонентов. В дальнейшем при подготовке платы к производству информация о микропереходных отверстиях экспортируется в стандартный файл сверловки обычным методом, аналогично другим отверстиям проекта. Такой метод, очевидно, также достаточно легко может быть реализован как в P-CAD200x, так и в другом пакете проектирования.

## ПРИМЕРЫ ПРОЕКТОВ ПЛАТ СО ВСТРОЕННЫМИ ЭЛЕКТРОННЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

**Пример 1.** Рассмотрим вариант проекта со встроенными компонентами [3] (рис. 9, 10):

- плата шестислойная гибко-жесткая: один слой на гибком основании и пять слоев на жестком (Rigid-Flex 1F-5Ri);
- два слоя встроенных электронных компонентов, технология встраивания микросхем ECT-Flip Chip;
- микроотверстия с верхней и нижней сторон платы (HDI-build-up 1-2b-2b-1);
- встроенные микроотверстия.

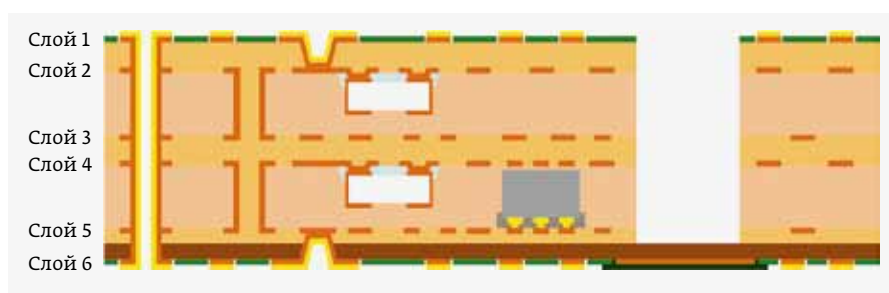


Рис. 9. Размещение встроенных компонентов и переходных отверстий

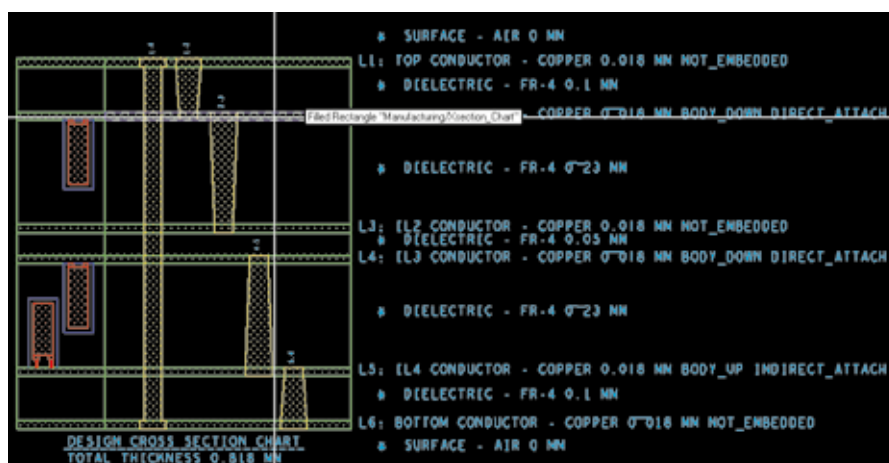


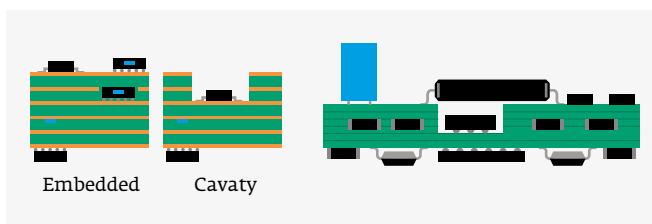
Рис. 10. Структура платы в Cadence Allegro. Наличие гибкой части в составе структуры условно не показано

Изготовление платы начинается с формирования двух частей со встроенными электронными компонентами между сигнальными слоями C2–C3 и C4–C5:

- пассивные компоненты устанавливаются и приклеиваются к фольге слоя C2. На фольгу укладывают слой препрега с заранее выполненными нишами под компоненты. На препрег укладывается фольга слоя C3;
- пассивные компоненты устанавливаются и приклеиваются к фольге слоя C4. Активные элементы устанавливаются и приклеиваются на слой C4 выводами вверх. На фольгу укладывают слой препрега с заранее выполненными нишами под компоненты. На препрег укладывается фольга слоя C5.

Полученные комплекты прессуют, формируя таким образом заготовки перед нанесением нужного проводящего рисунка внутренних слоев C2–C3 и C4–C5. Дальнейшее изготовление платы практически не отличается от стандартного:

- в заготовках выполняют межслойные отверстия C2–C3 и C4–C5. Лазерные микроотверстия пассивных компонентов со стороны слоев C2 и C4, а для активных компонентов со стороны слоя C5;
- производится металлизация всех выполненных в заготовках отверстий и формирование проводящих рисунков слоев C2, C3, C4 и C5;

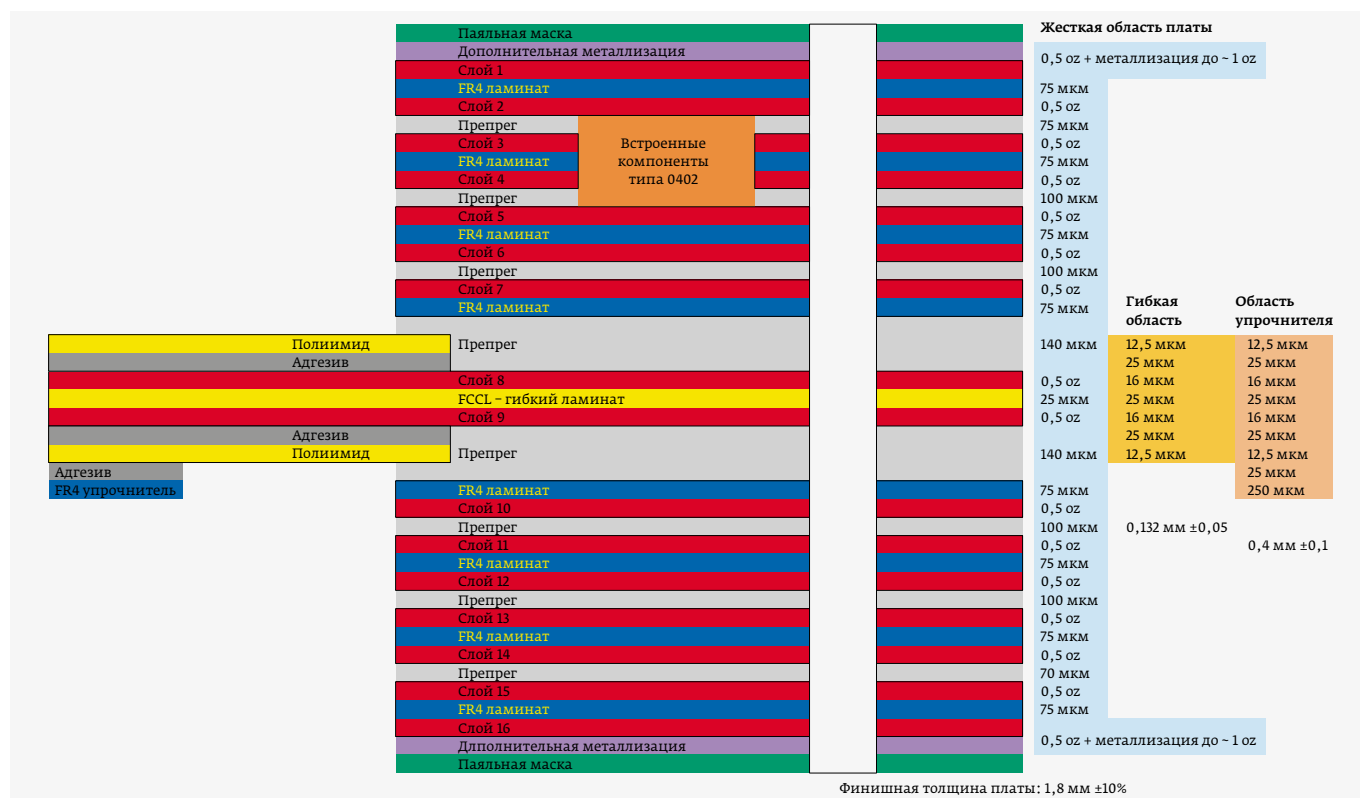


**Рис. 11.** Компоненты с полным встраиванием в тело платы и встраиванием в специальные открытые полости [2]

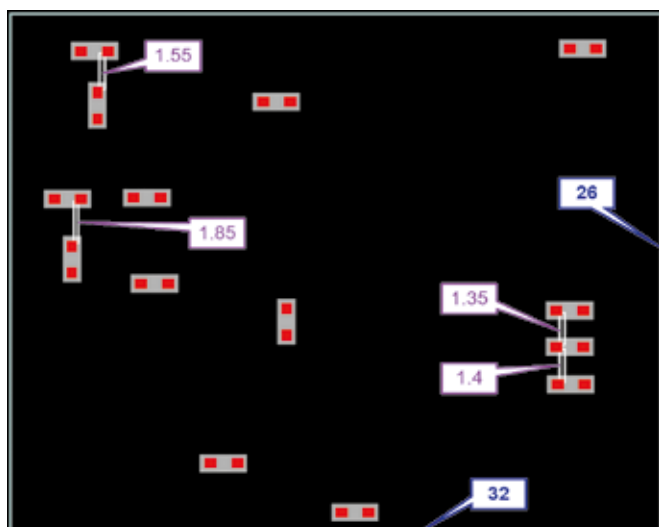
- собирается и прессуется общий пакет структуры платы с учетом внутренних и внешних слоев;
- выполняется сверловка и металлизация сквозных отверстий C1–C6 и лазерных микроотверстий C1–C2 и C6–C5.

**Пример 2.** В одном проекте могут присутствовать как компоненты, полностью встроенные в тело платы (Embedded), так и встроенные в специальные открытые полости (Cavity) (рис. 11).

**Пример 3.** Плата с гибко-жестким основанием, спроектированная в «ПСБ технологии» и изготовленная на заводе (рис. 12, 13).



**Рис. 12.** Структура платы с гибко-жестким основанием



**Рис. 13.** Расположение встроенных компонентов на внутреннем слое; габариты платы и расстояния между элементами указаны в миллиметрах

**Пример 4.** Одним из самых простых примеров технологии встраивания компонентов может служить структура четырехслойной платы с одним слоем встроенных компонентов (рис. 14).

**Пример 5.** Пример миниатюрной платы со встроенной планарной индуктивностью.

Эта плата разработана компанией, которая производит аппарат, предназначенный для удлинения костей человека при лечении врожденной или травматической патологии конечности. В состав аппарата входит штырь, который встраивается в кость, и присоединенный к нему миниатюрный электронный прибор, содержащий несколько пассивных и активных компонентов и большую катушку индуктивности.

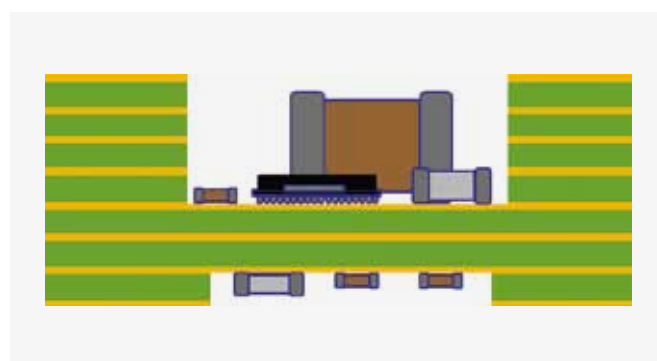
Изначально конструкция прибора представляла собой печатную плату с компонентами и размещенную вокруг компонентов катушку, выполненную из тонкого провода. Однако качество, надежность и повторяемость прибора были низки, и инженеры задумались о том, чтобы

Паяльная маска			12
Дополнительная металлизация	0,5 oz +	металлизация	25
Слой 1			18
FR4 двухслойный ламинат	0,1 мм		100
Слой 2	0,5 oz		18
Препрег	0,4 мм	Встроенные компоненты 0402	400
Слой 3	0,5 oz		18
FR4 двухслойный ламинат	0,1 мм		100
Слой 4	0,5 oz +		18
Дополнительная металлизация		металлизация	25
Паяльная маска			12
Финишная толщина платы: 0,75 мм ±0,1 746 мкм			

**Рис. 14.** Структура четырехслойной платы со встроенными электронными компонентами



**Рис. 15.** Начальный вариант печатной платы с компонентами и катушкой

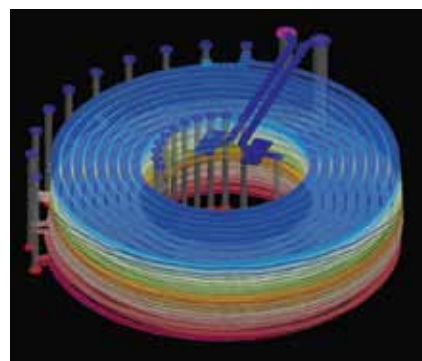


**Рис. 16.** Сечение многослойной печатной платы со встроенными компонентами и катушкой в сигнальных слоях

перейти к конструкции, представляющей собой многослойную печатную плату со встроенной катушкой индуктивности (рис. 15).

В связи с необходимостью минимизации веса и габаритов платы решено было выбрать вариант структуры слоев, представленный на рис. 16.

Разработка многослойной печатной платы была выполнена в САПР Cadence Allegro, которая предоставляет возможность размещать компоненты на внутренних слоях и разрабатывать многослойные встроенные катушки (рис. 17–20).



**Рис. 17.** Трассировка катушки в слоях платы



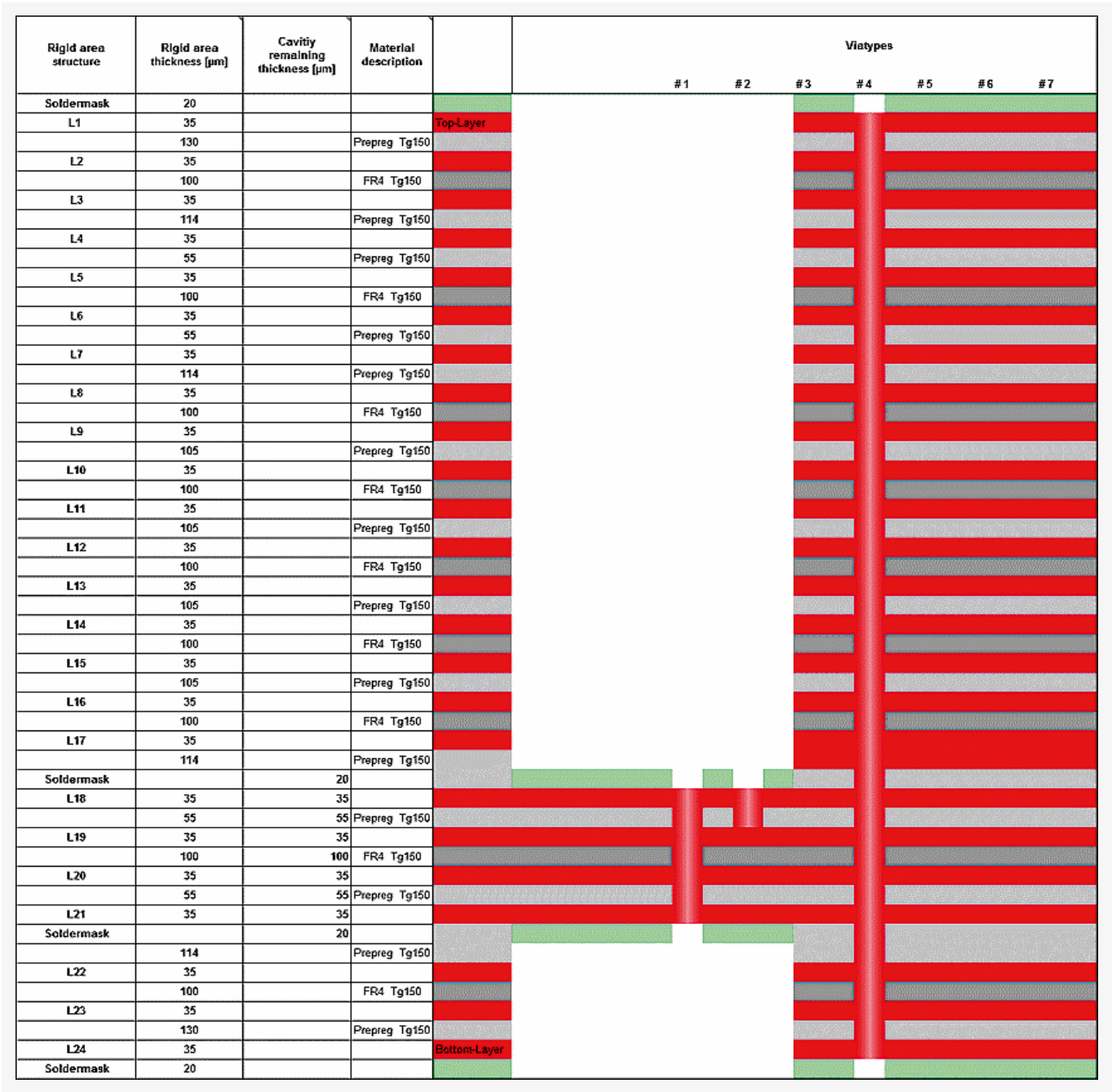


Рис. 18. Результирующая заводская структура

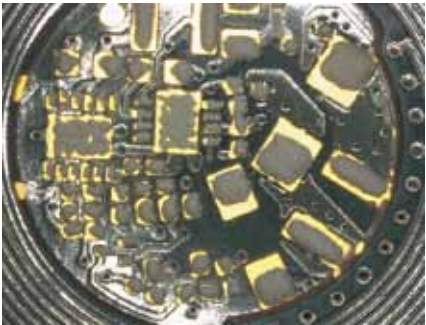


Рис. 19. Новый вариант печатной платы с паяльной пастой, нанесенной на площадки

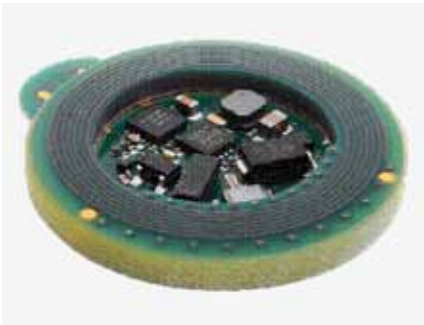


Рис. 20. Смонтированная печатная плата

## ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

При проектировании печатных плат следует как можно раньше начинать консультирование с заводом-изготовителем, чтобы учесть возможности конкретного производства. Но для плат со встроенными электронными компонентами предусмотреть все нюансы заранее нереально, и завод-изготовитель не сможет дать какие-то конкретные рекомендации, пока нет ни предварительной структуры, ни предварительной расстановки элементов на плате.

При необходимости проектирования и изготовления плат со встроенными электронными компонентами мы рекомендуем придерживаться такой последовательности действий:

- должна быть подготовлена схема электрическая принципиальная на печатную плату;
- необходимо сформировать список (пассивных и, если надо, активных) элементов, которые нужно встроить в плату;
- при предварительной расстановке элементов в пределах конструктива платы требуется оценить площадь, занимаемую встроенными компонентами, и рассчитать количество слоев, которые должны быть выделены под встроенные компоненты. Расположение встроенных компонентов не должно быть предельно плотным. Контактные площадки разных компонентов не должны накладываться одна на другую, а между компонентами должно оставаться какое-то расстояние;
- на основании предварительных данных о количестве и порядке слоев и расчетного количества слоев под встроенные компоненты уточняется структура платы. Если в проекте нужно использовать несколько слоев под встроенные компоненты, то их желательно симметрично расположить в структуре платы;
- после уточнения количества сигнальных слоев и слоев размещения электронных компонентов можно уточнить требования к толщинам отдельных диэлектриков в соответствии с высотой встраиваемых компонентов;
- в зависимости от слоя расположения встроенных компонентов в структуре платы и метода соединения выводов компонентов с контактными площадками в сигнальном слое уточняется необходимость применения в структуре платы тех или иных слепых микроотверстий;
- проект на данном этапе может быть отправлен на согласование с заводом-изготовителем. Дополнительно можно уточнить параметры проводников, требующих контроля импеданса. Завод-изготовитель должен подтвердить:

## Пример параметров встраиваемых дискретных чип-конденсаторов [5]

Размеры компонентов L × W, мм

Код	Длина	Ширина	Ширина вывода
1	0,60±0,03	0,30±0,03	0,1 минимум
2	1,00±0,05	0,50±0,05	0,1 минимум
3	1,60±0,10	0,80±0,10	0,2 минимум
4	2,00±0,20	1,25±0,20	0,2 минимум

Толщина «Т», мм

Код	Толщина
T	0,22 мм, максимум
A	0,33 мм, максимум
S	0,5 мм, максимум
B	0,55 мм, максимум
C	0,65 мм, максимум

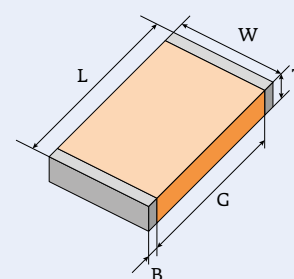


Рис. 21. Размеры чип-конденсатора

- количество и расположение слоев со встроенными компонентами;
- структуру платы – толщины отдельных диэлектриков под встраивание компонентов и финишную толщину платы;
- расчетные параметры проводников, требующих контроля импеданса;
- уточнить иные требования и ограничения;
- после согласования с заводом структуры платы и толщин диэлектриков по необходимости скорректировать расположение встроенных компонентов и сформировать в проекте зоны запрета по слоям для расположения проводников, полигонов и переходных отверстий. В зависимости от пакета проектирования они могут быть сформированы автоматически (например, в Cadence Allegro) или вручную;
- после выполнения всех предыдущих пунктов можно приступать к основному этапу проектирования платы – трассировке сигнальных слоев и формированию слоев питания с соблюдением допустимых технологических норм в отношении минимальных проводников и зазоров и указанных заводом требований и ограничений;
- если при трассировке проекта все сигналы удалось успешно развести в ранее определенном количестве слоев, то плату можно повторно отправить на завод для подтверждения возможности изготовления.

В ином случае понадобится добавить какое-то количество дополнительных проводящих слоев или внести иные изменения в проект.

При проектировании платы со встроенными электронными компонентами мы рекомендуем ориентироваться на значения основных технологических параметров, представленные в табл. 2.

Разные производства могут допускать большие или меньшие значения перечисленных и других технологических

параметров. Поэтому приведенные значения следует рассматривать только как рекомендацию.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение отметим, что, в отличие от методов формирования компонентов с помощью применения специальных материалов с резистивными и конденсаторными слоями или иных методов получения пассивных электронных компонентов, метод встраивания дискретных

**Таблица 2.** Основные технологические параметры

Типы встраиваемых компонентов	Пассивные и активные, в зависимости от типа корпуса (размеров и толщины), взаимного сочетания в проекте – требуется согласование с заводом
Количество слоев встраиваемых компонентов	1, 2 и более – требуется согласование с заводом
Минимальное расстояние между встроенными компонентами	1,5 мм минимум между контактными площадками
Минимальная толщина диэлектрика для выполнения встроенных компонентов	0,4–0,5 мм
Высота встраиваемых компонентов	0,4–2 мм (для примера см. рис. 21)
Соответствие стандартам	<p>ROHS5 – соответствует технологии подключения компонентов к проводящему рисунку по методу «прямой контакт» (direct contact), похож на пайку оплавлением и выполняется с применением паяльной пасты, соответствующей только ROHS5 (информация соответствует данным, полученным на момент написания статьи).</p> <p>ROHS6 – соответствует технологии подключения компонентов к проводящему рисунку по методу «непрямой (косвенный) контакт» (indirect contact) – соединение с помощью лазерных микроотверстий – соответствует требованиям отсутствия галогенов (halogen free) по ROHS6</p>
Максимальная толщина фольги внутренних слоев для платы со встроенными компонентами	3oz (105 мкм) – рекомендуемая максимальная толщина
Минимальное расстояние между контактными площадками разных встроенных компонентов	0,25 мм ( $\geq 0,2$ мм)
Минимальное расстояние от контактных площадок встраиваемого компонента до сквозного металлизированного и неметаллизированного отверстия	<p>Рекомендуется <math>\geq 0,3</math> мм</p> <p>(0,15 мм пояска металлизации +0,15 мм зазор от контактной площадки отверстия до контактной площадки встроенного компонента);</p> <p>допускается до 0,25–0,2 мм по согласованию с заводом</p>
Минимальное расстояние от контактных площадок встроенных компонентов до областей механической обработки	<p>До осей линий контуров платы: 1 мм;</p> <p>до осей линий скрайбирования: 1,5–2 мм.</p> <p>Меньшие значения возможны после согласования с заводом-изготовителем</p>



# ТЕХНОЛОГИЯ НАДЕЖНОСТИ

Проектирование, изготовление  
и монтаж печатных плат  
любой сложности

- ✓ Разработка печатных плат
- ✓ Изготовление печатных плат
- ✓ Изготовление экранов

- ✓ Контрактное производство
- ✓ Монтаж печатных плат, монтаж печатных плат с военной приёмкой, закупка комплектующих



Подробнее на сайте:  
[www.pcbtech.ru](http://www.pcbtech.ru)

Прием заказов на печатные платы и экраны:  
Контрактное производство:  
Общая почта по всем вопросам:



О нас:  
[www.pcbtech.ru/o-kompanii](http://www.pcbtech.ru/o-kompanii)

8 (499) 558-02-54  
8 (495) 988-83-24  
[pcb@pcbtech.ru](mailto:pcb@pcbtech.ru)

электронных компонентов более универсальный и обладает своими преимуществами:

- позволяет встраивать как пассивные, так и активные электронные компоненты;
- не требует применения дорогих материалов (Ohmega-Ply, 3М и др.) с резистивными и конденсаторными слоями;
- не требует применения дополнительного оборудования, химических процессов и существенной перестройки стандартного технологического процесса – основные вопросы встраивания касаются точности механической обработки ниш под электронные компоненты и обеспечения правильной технологической последовательности при изготовлении промежуточных частей структур плат со встроенными компонентами.

Применение метода встраивания дискретных электронных компонентов в нашей стране, вероятно, пока мало распространено. Это связано как с недостаточной осведомленностью разработчиков, так и низкой востребованностью в существенном уменьшении электронных изделий. Тем не менее метод встраивания в основание платы активных и пассивных дискретных

электронных компонентов может найти широкое применение как в единичных, так и малых и средних сериях изделий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Нисан А.** Встраивание пассивных и активных компонентов в печатные платы – альтернатива печатному монтажу // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2011. № 6. С. 84–92.
2. [www.flowcad.ch/en/products/allegro/allegro-pcb-designer/miniaturization-option](http://www.flowcad.ch/en/products/allegro/allegro-pcb-designer/miniaturization-option)
3. [www.we-online.com/web/en/index.php/show/media/04\\_leiterplatte/2014\\_1/webinare\\_2/embedded\\_components/2014-04-01\\_Webinar\\_-\\_ECT\\_Pioneering\\_Solutions\\_V7\\_final\\_Print.pdf](http://www.we-online.com/web/en/index.php/show/media/04_leiterplatte/2014_1/webinare_2/embedded_components/2014-04-01_Webinar_-_ECT_Pioneering_Solutions_V7_final_Print.pdf)
4. [www.we-online.com/2014-04-01\\_Webinar\\_-\\_ECT\\_Pioneering\\_Solutions\\_V7\\_final\\_Print.pdf](http://www.we-online.com/2014-04-01_Webinar_-_ECT_Pioneering_Solutions_V7_final_Print.pdf)
5. **Косарев Б. А., Корж И. А., Танская Т. Н.** Технология встраивания компонентов в печатные платы // Доклады Омского научного семинара «Современные проблемы радиофизики и радиотехники». Вып. 3. Омск, 2015.
6. [www.datasheet.octopart.com/CGB1T3X5R0J104M022BB-TDK-datasheet-37130040.pdf](http://www.datasheet.octopart.com/CGB1T3X5R0J104M022BB-TDK-datasheet-37130040.pdf)

## НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 760 руб.

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ: Учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп.

Кондрашин А. А., Лямин А. Н., Слепцов В. В.

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](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)



0+

ОРГАНИЗАТОР



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ФОРУМ «АРМИЯ-2020»**

**23–29 АВГУСТА  
ПАТРИОТ ЭКСПО**

**[WWW.RUSARMYEXPO.RU](http://WWW.RUSARMYEXPO.RU)**