Компания LPKF в технологии изготовления печатных плат

LPKF®
Laser & Electronics

Компания LPKF в технологии изготовления печатных плат

1 Введение

Компания LPKF быстро сделала себе имя благодаря использованию нетрадиционной технологии изготовления печатных плат (ПП). Фрезерные станки в сочетании с системами автоматического проектирования заняли своё место на рынке, будучи экологически чистой альтернативной технологии травления.

Компанией LPKF разработаны лазерные системы для изготовления ПП, что существенно расширило спектр предлагаемой фирмой продукции.

В настоящее время LPKF входит в число ведущих мировых производителей оборудования для производства прототипов ПП и лазерной обработки.

LPKF®
Laser & Electronics

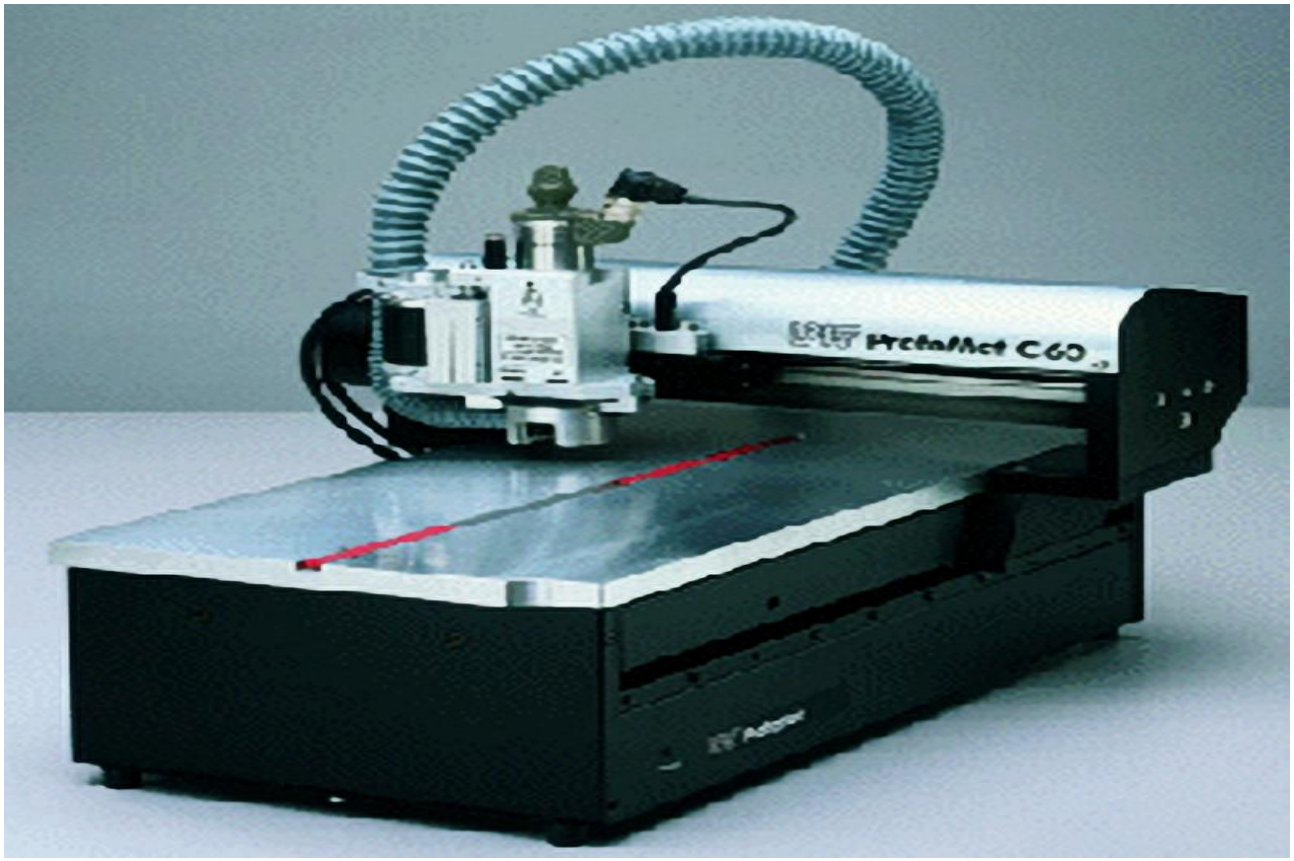
Компания LPKF в технологии изготовления печатных плат

Бурное развитие электронной техники в последние годы привело к значительному сокращению времени активной жизни многих современных электронных устройств. Наверное, заметнее всего этот процесс можно наблюдать в области производства мобильных телефонов, где ассортимент выпускаемой продукции полностью обновляется за 1...2 года. В таких условиях жизненно важной становится проблема быстрого макетирования вновь разрабатываемых приборов и выпуска первых небольших партий готового изделия.

LPKF®
Laser & Electronics

Одно из ведущих мест в области производства макетных вариантов и небольших партий печатных плат занимает разработанный станок для фрезеровки печатных плат компанией LPKF. Благодаря методу прямой фрезеровки изолирующих дорожек на поверхности фольгированного стеклотекстолита или фторопласта и отсутствию химических процессов обработки стало быстрое изготовление рабочего макета печатной платы.

2 LPKF ProtoMat - станок для фрезеровки печатных плат

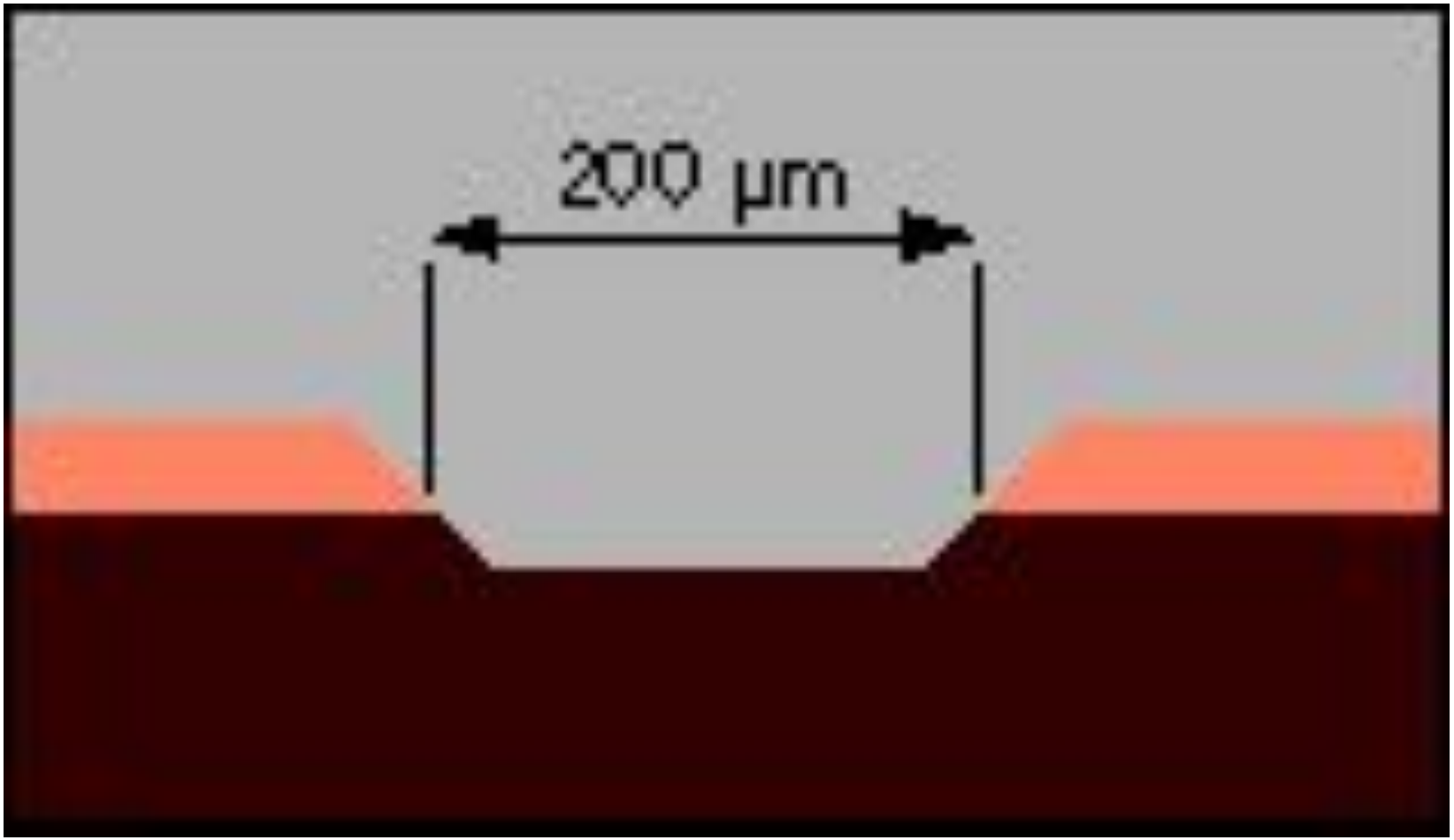


Давайте немного представим себе конструкцию станка.
Для высокоточной обработки печатной платы используются специальные микрофрезы. Рабочий диаметр стандартной фрезы составляет всего 200 мкм. Диаметр специальной микрофрезы и того меньше - всего 100 мкм.

Специальные микрофрезы

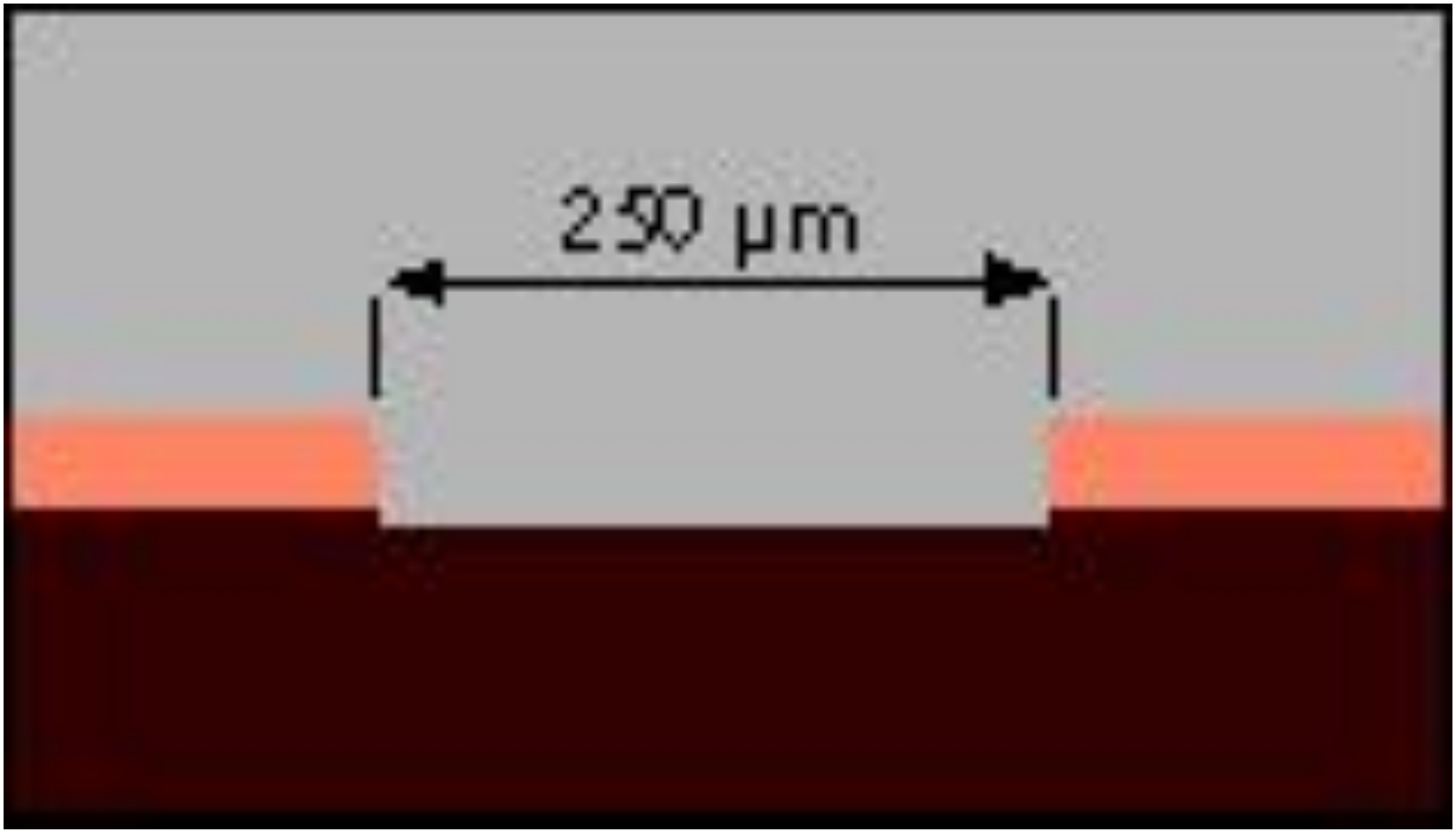
1. Универсальные фрезы

предназначены для фрезеровки изолирующих промежутков в медном покрытии толщиной 5...70 мкм при минимальной ширине изолирующей дорожки 0.2 мм.



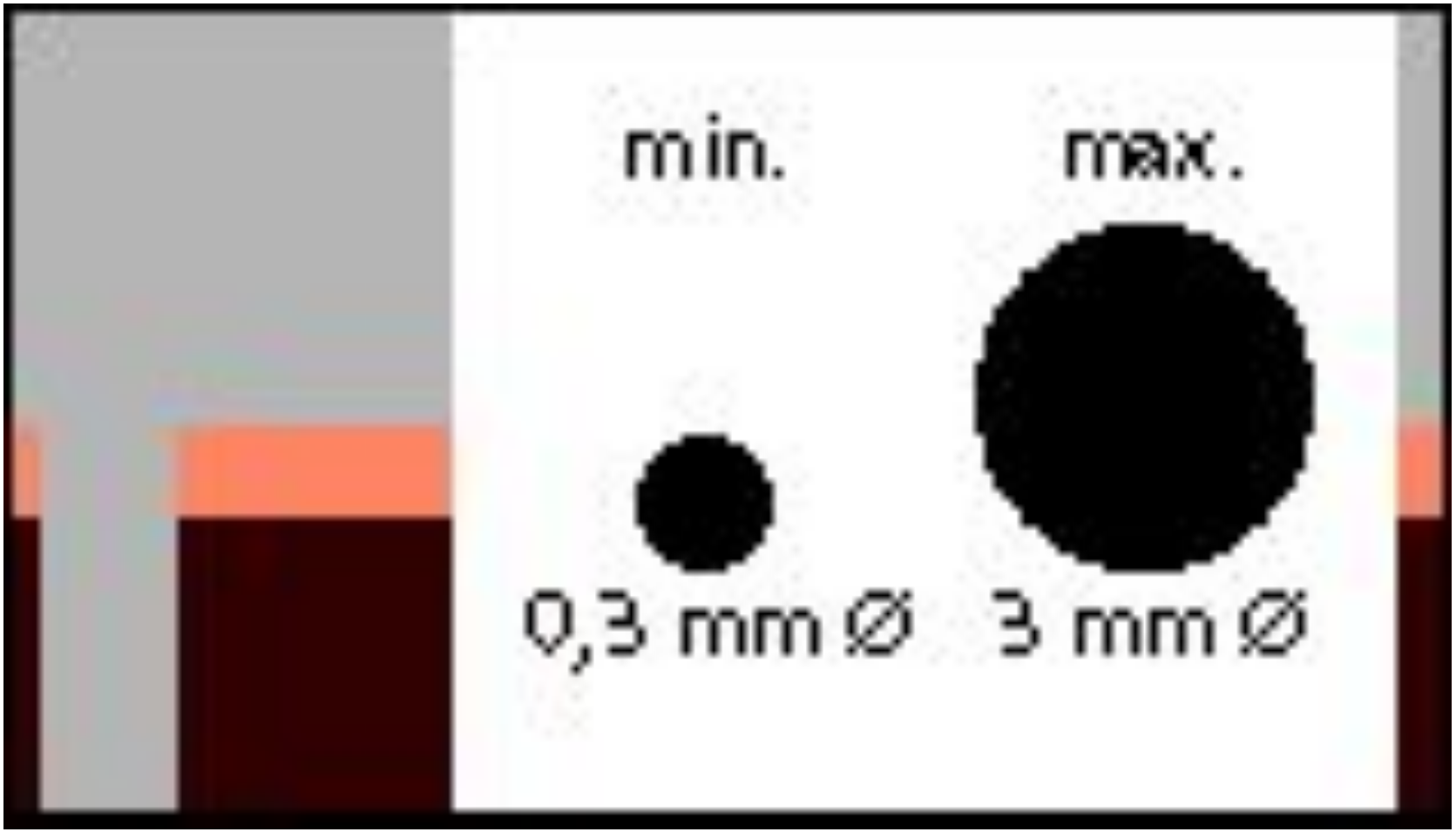
2. Фрезы для высокочастотных плат

фрезы с номинальным диаметром 0.25 мм или 0.4 мм для обработки высокочастотных печатных плат (используются в станках с регулируемой скоростью вращения)



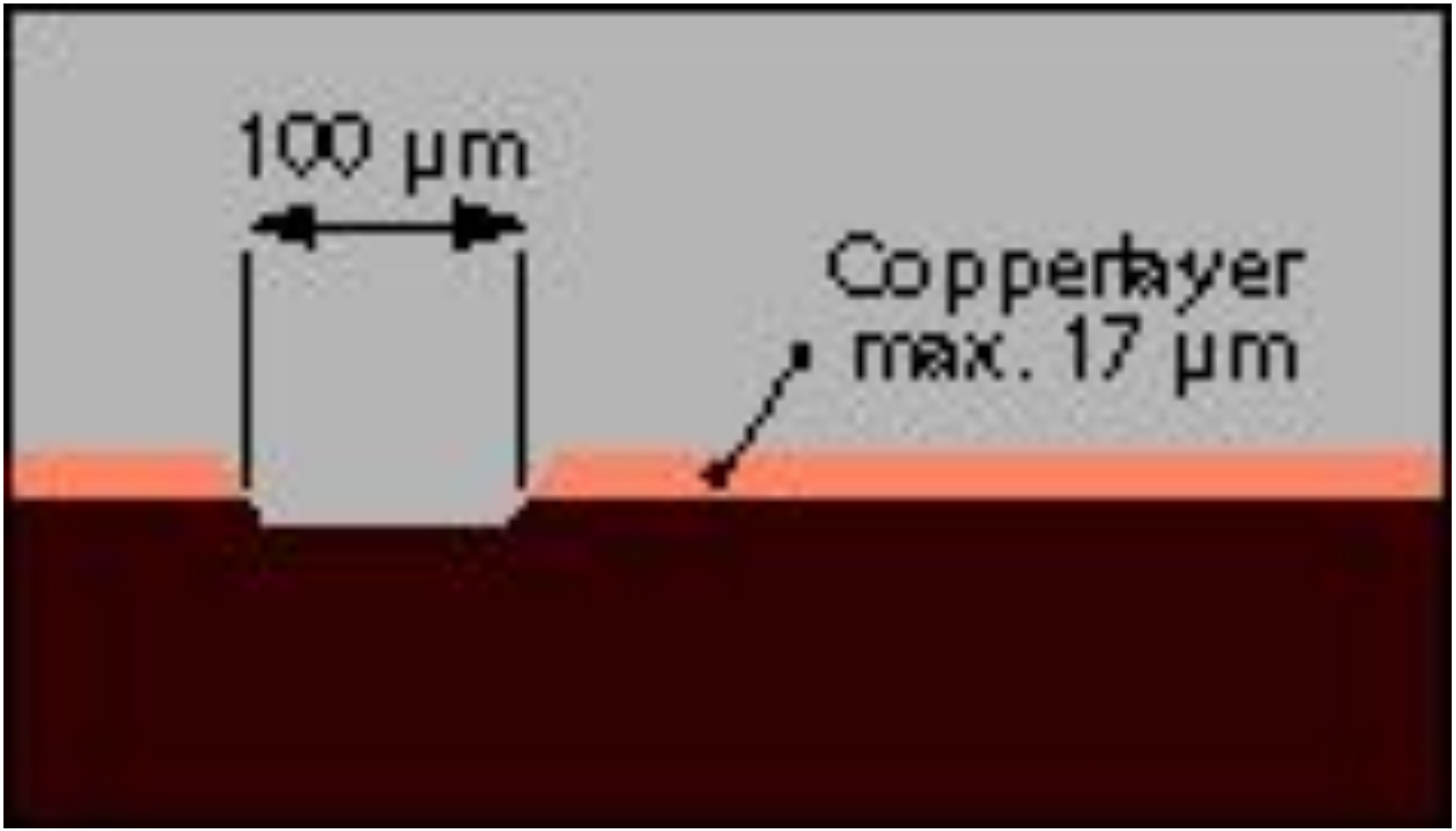
3. Спиральные сверла

для сверления отверстий диаметром 0.3...3 мм в печатных платах



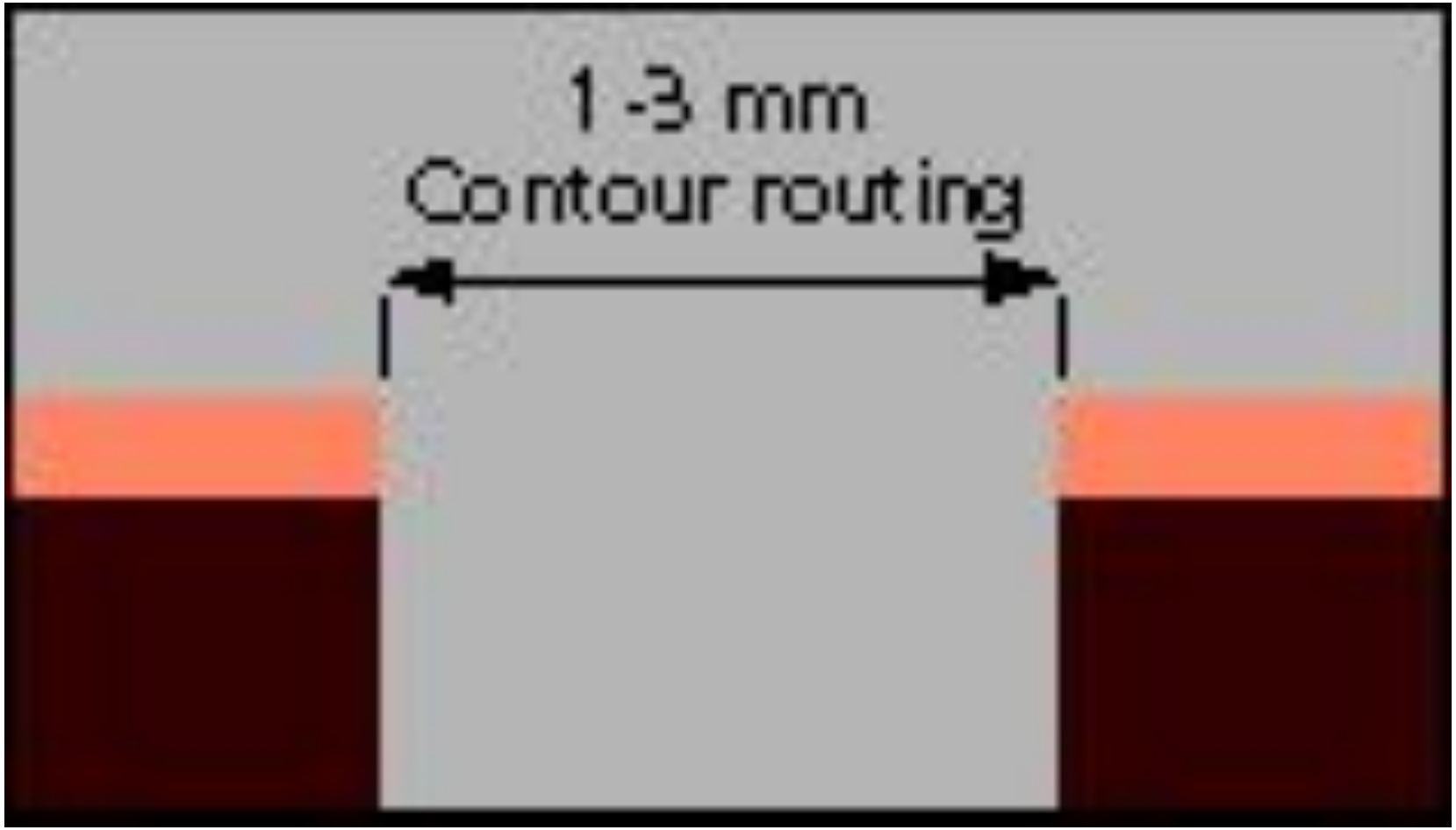
4. Микрофрезы

для фрезеровки дорожек шириной 0.1 мм в медном покрытии толщиной 5...17 мкм



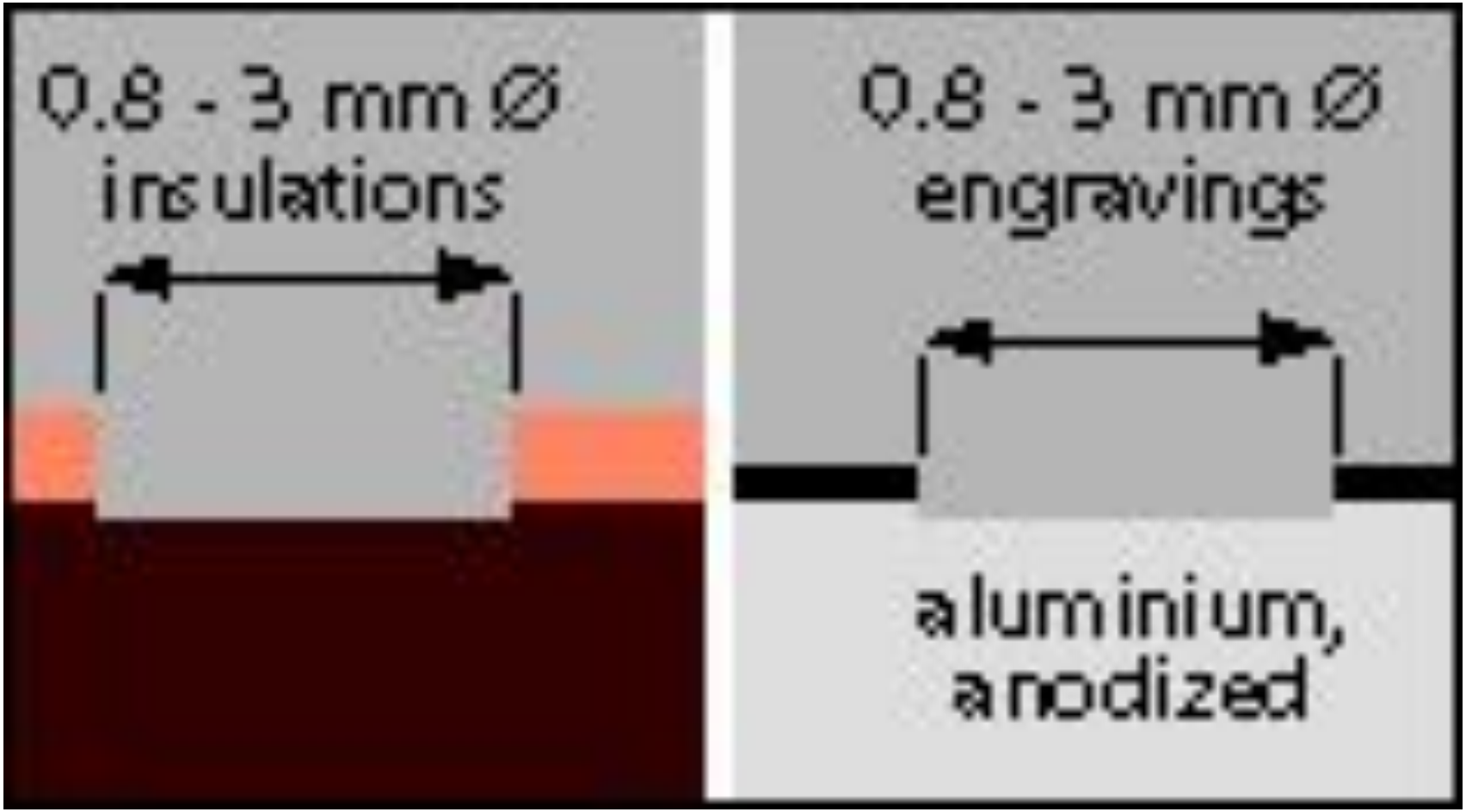
5. Контурные фрезы

для фрезеровки сквозных контуров (диаметр 1...3 мм)



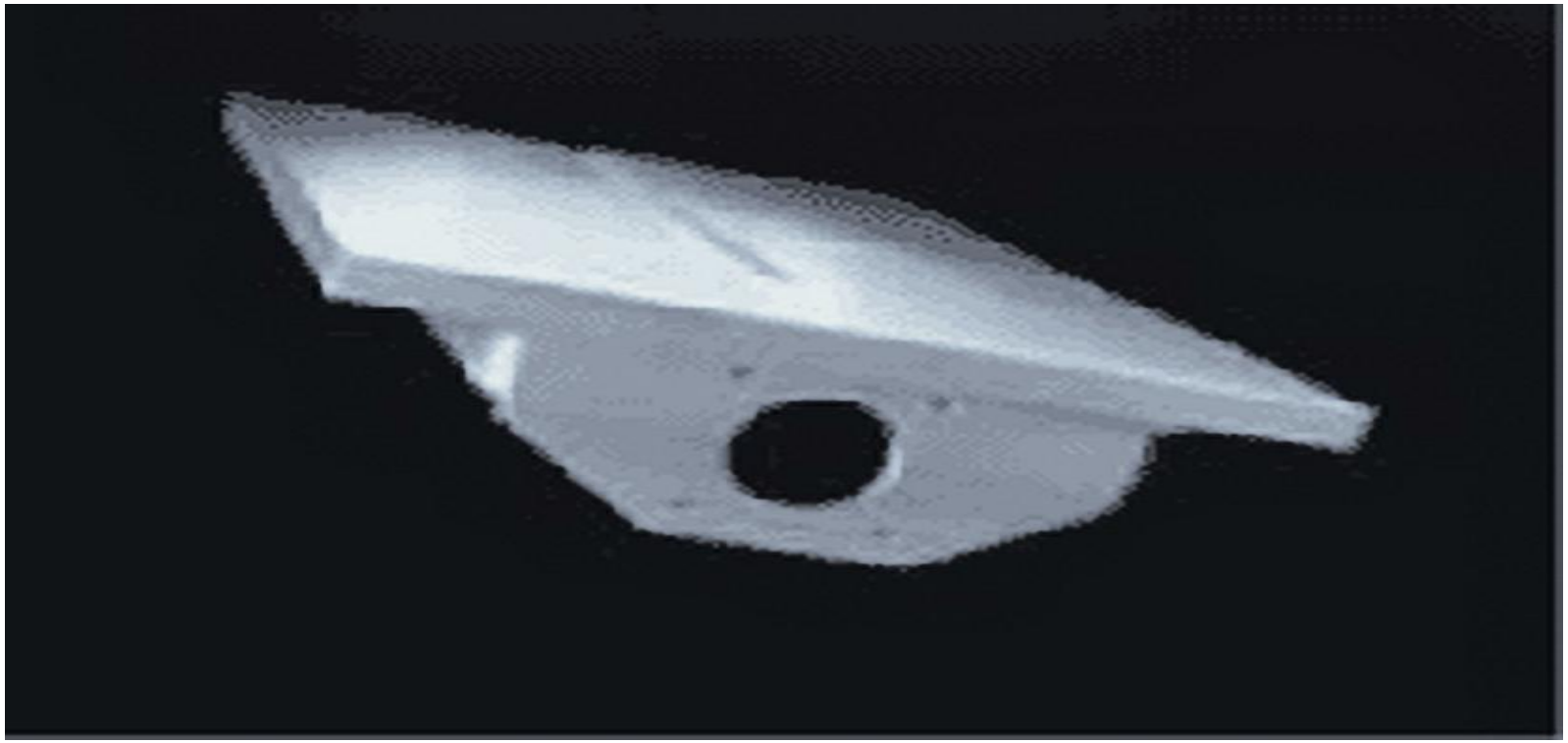
6. Торцевые фрезы

для гравировки алюминиевых передних панелей и фрезеровки широких изолирующих промежутков



Для фрезеровки материала при помощи такого инструмента требуется огромная скорость вращения. Скорость вращения рабочего инструмента в некоторых моделях семейства ProtoMat достигает 100 000 оборотов в минуту.

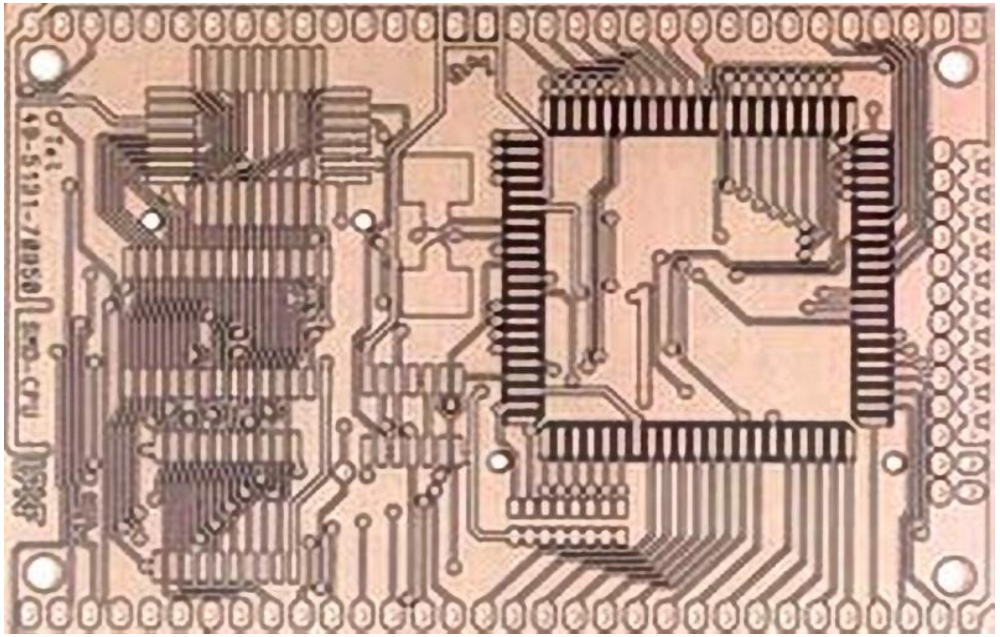
А теперь представьте себе, что этот узел необходимо перемещать по всему рабочему полю станка с точностью около 5 мкм! И вы поймете, какой точностью и жесткостью должен обладать его привод. Ведь, например, только для того, чтобы обеспечить необходимую жесткость, в станке ProtoMat используется несущий рабочий стол, изготовленный из литой алюминиевой плиты толщиной 75 мм.



На следующем рисунке приведен образец печатной платы, изготовленной на станке семейства ProtoMat. Чтобы немного представить производительность станка ProtoMat отметим, что суммарное время обработки такой печатной платы составляет 48 минут.

Но это пока только односторонняя плата, а развести необходимую схему вам удалось только на двух сторонах. Как же изготовить двустороннюю плату? Достаточно просто обработать одну сторону платы, перевернуть ее на направляющих штифтах, снова подобрать правильную глубину обработки и совместить рисунок с уже просверленными отверстиями по специальным реперным точкам. Теперь можно начинать фрезеровку и второй стороны.

И вот печатная плата вроде бы готова, хотя двусторонняя печатная плата без металлизации отверстий - вещь весьма условно пригодная для использования. Эту заботу тоже взяли на себя инженеры компании LPKF.

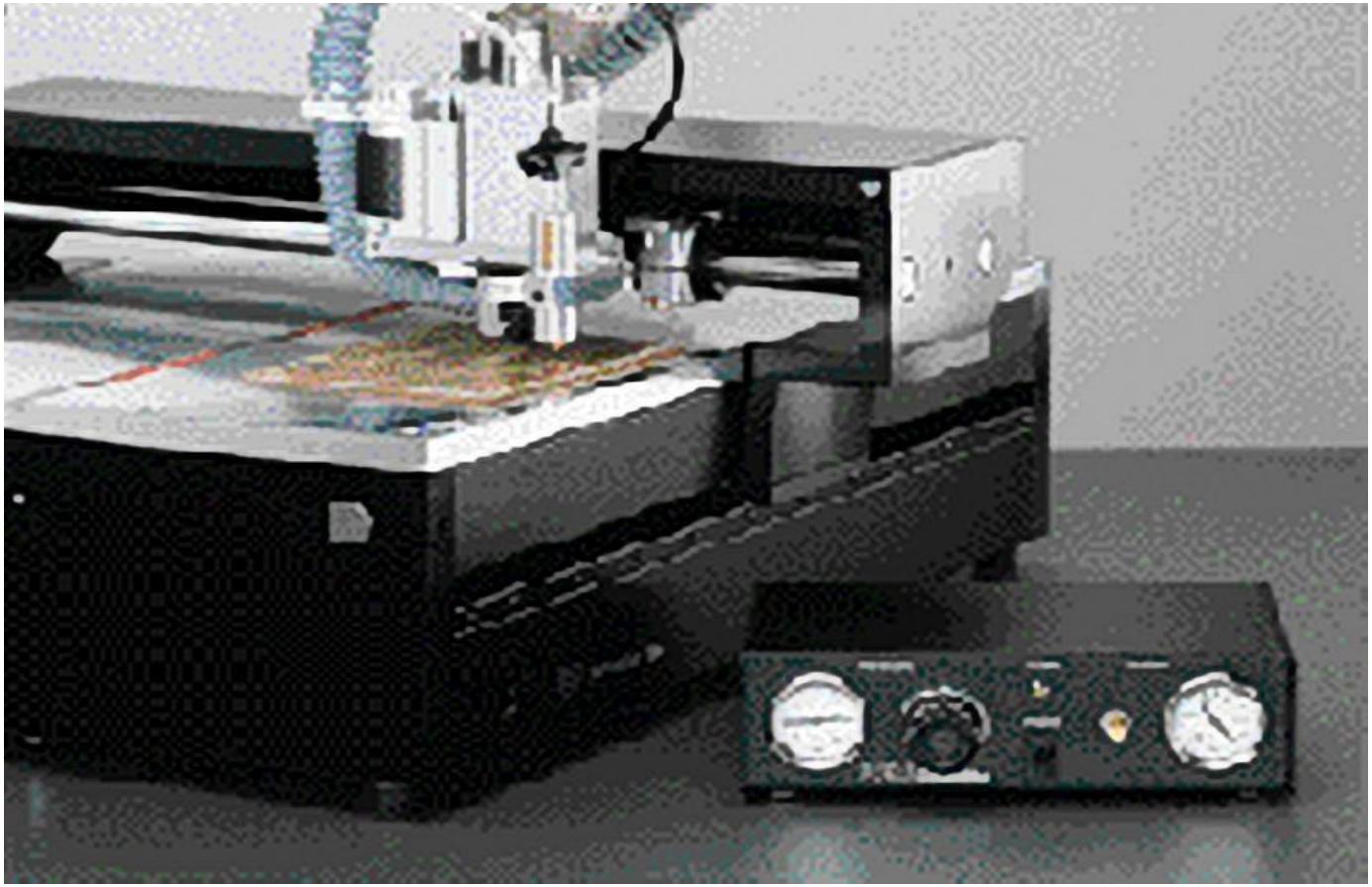


3 Оборудование для металлизации отверстий и изготовления многослойных печатных плат

3.1 Оборудование для металлизации отверстий

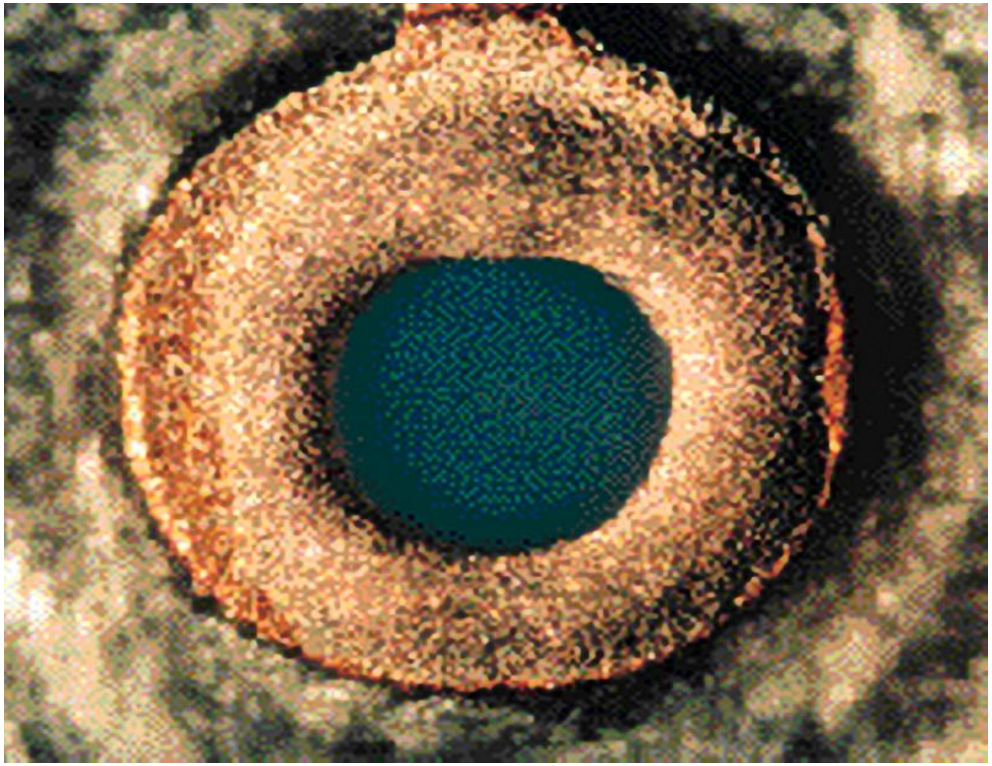
Для полного завершения цикла производства двусторонних печатных плат были предложены несколько различных способов. От наиболее простого и дешевого ручного инструмента для запрессовки в отверстия металлических пистонов до практически полностью автоматизированного комплекса для гальванической металлизации отверстий.

Компания LPKF предлагает своим заказчикам уникальный комплект оборудования для металлизации отверстий печатных плат - LPKF AutoContac (см. слайд ниже). Нанесение электропроводящего покрытия на стенки отверстий осуществляется после фрезеровки платы с помощью того же самого станка ProtoMat и специально разработанной проводящей пасты. Оборудование обеспечивает практически полностью автоматизированный процесс производства двусторонних печатных плат средней сложности (до 400 отверстий) из различных фольгированных материалов.

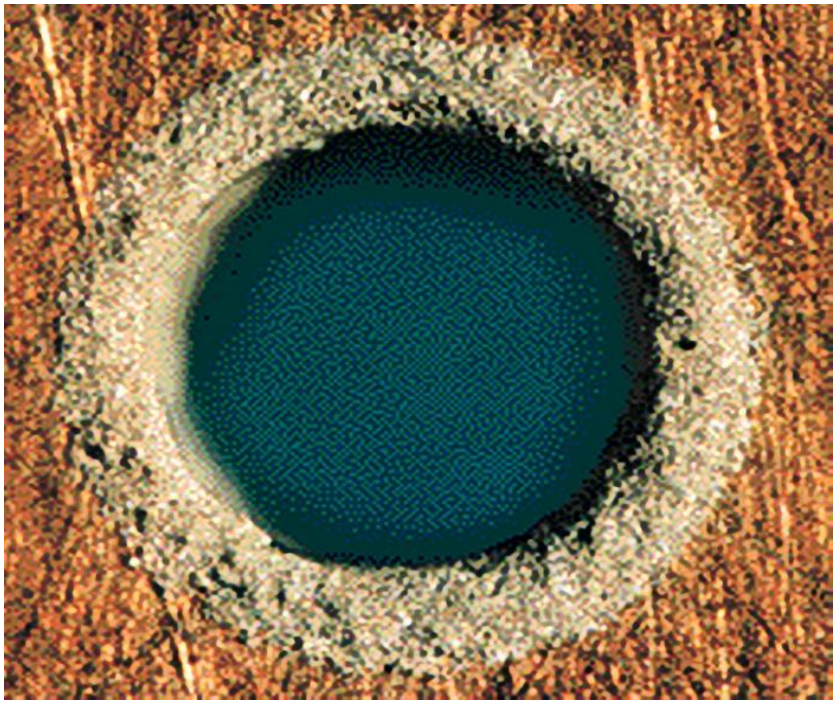


Оборудования для металлизации отверстий печатных плат - LPKF AutoContac

Результат работы станка LPKF AutoContac проиллюстрирован на следующих трёх слайдах.



Вид на отверстие с верхней стороны печатной платы



Вид на отверстие с нижней стороны печатной платы

Металлизированное отверстие печатной платы с припаянной деталью

3.2 Оборудование для изготовления многослойных печатных плат

До недавнего времени процесс макетирования многослойной печатной платы в лабораторных условиях был сопряжен с огромными проблемами. С одной стороны приобретение оборудования для серийного производства многослойных плат было неоправданно дорогим удовольствием, да и само производство совсем было совсем не адаптировано для изготовления одного или нескольких макетов.

Поэтому компанией LPKF была предложена специальная методика производства многослойных печатных плат в лабораторных условиях. Гравировка отдельных слоев платы осуществляется при помощи стандартного станка семейства LPKF ProtoMat, объединение отдельных проводящих слоев в единую многослойную плату осуществляется с помощью специального пресса LPKF MultiPress II (см. слайд ниже) с микропроцессорным управлением, а необходимая металлизация отверстий может быть выполнена при помощи оборудования LPKF Contac II/ MiniContac II.

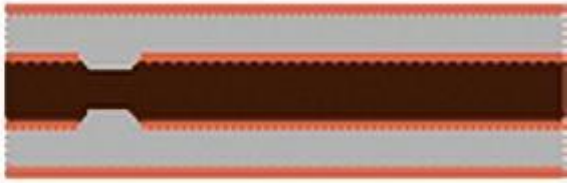
Специальный пресс LPKF MultiPress II с микропроцессорным управлением

Процесс производства многослойной печатной платы можно рассмотреть на примере 4-слойной платы

1

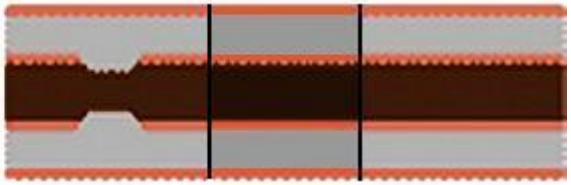
1. На первом этапе осуществляется фрезеровка двух внутренних слоев печатной платы при помощи стандартного станка семейства ProtoMat. На этом этапе процесс обработки платы ничем не отличается от изготовления макета двусторонней печатной платы.

2



2. Затем плата ламинируется с использованием LPKF MultiPress II и специальной фольгированной пленки. После чего полученная 4-слойная заготовка оставляется в покое по крайней мере на 2 часа. Это необходимо для снятия внутренних напряжений в материале.

3



3. После необходимой выдержки в печатной плате при помощи станка ProtoMat сверлятся отверстия.

4

4. С помощью оборудования LPKF Contac II/ MiniContac II осуществляется металлизация отверстий. Это обеспечивает необходимые электрические соединения между наружными и внутренними слоями печатной платы.

5

5. И, наконец, станок ProtoMat снова используется для фрезеровки токопроводящих дорожек на наружных поверхностях платы.

4 Оборудование для лазерной обработки печатных плат

По мере миниатюризации современных электронных приборов и повсеместного перехода на поверхностный монтаж значительно возросли и требования к точности изготовления печатных плат. Даже предельно достижимое для механических фрезерных станков значение минимальной ширины изолирующих дорожек в 100 мкм уже перестало удовлетворять разработчиков печатных плат.

Идя навстречу требованиям заказчиков, сотрудники LPKF предложили для начала промежуточный вариант решения проблемы. Для одной из старших моделей фрезерных станков был освоен выпуск специальной приставки LPKF ProtoLaser для лазерной гравировки печатных плат.

Удаление проводящего медного покрытия сфокусированным лазерным излучением позволило практически вдвое увеличить точность изготовления платы, доведя минимальную ширину проводников до 60 мкм и ширину изолирующих дорожек до 40 мкм.

Рабочая головка LPKF ProtoLaser закрепляется непосредственно на станке LPKF ProtoMat 95s и позволяет осуществить комбинированную обработку печатной платы как при помощи механических, так и при помощи лазерных методов. Сверление, фрезеровка и обрезка печатной платы осуществляется в едином технологическом цикле при помощи одного и того же станка.

Станок LPKF ProtoMat 95s

В дальнейшем основной уклон разработчиков компании LPKF был сделан на развитие **лазерных методов** обработки материалов. Это позволило обеспечить прецизионную обработку печатных плат и других элементов конструкции приборов.

4.1 LPKF ProtoLaser

Первоначальный (промежуточный) вариант станка для лазерной обработки печатных плат – LPKF ProtoLaser (см. следующий слайд). Это устройство позволило не только почти вдвое повысить точность изготовления (проводники шириной 60 мкм с зазором между ними 40 мкм), но и сохранить своеобразную преемственность поколений. Ведь ProtoLaser представляет собой дополнительную приставку к стандартному сверлильно-фрезерному станку ProtoMat.

Лазерная головка ProtoLaser закреплена непосредственно на рабочей головке станка ProtoMat. Такая комбинированная конструкция совместила в себе лучшие черты обеих технологий – механической и лазерной.

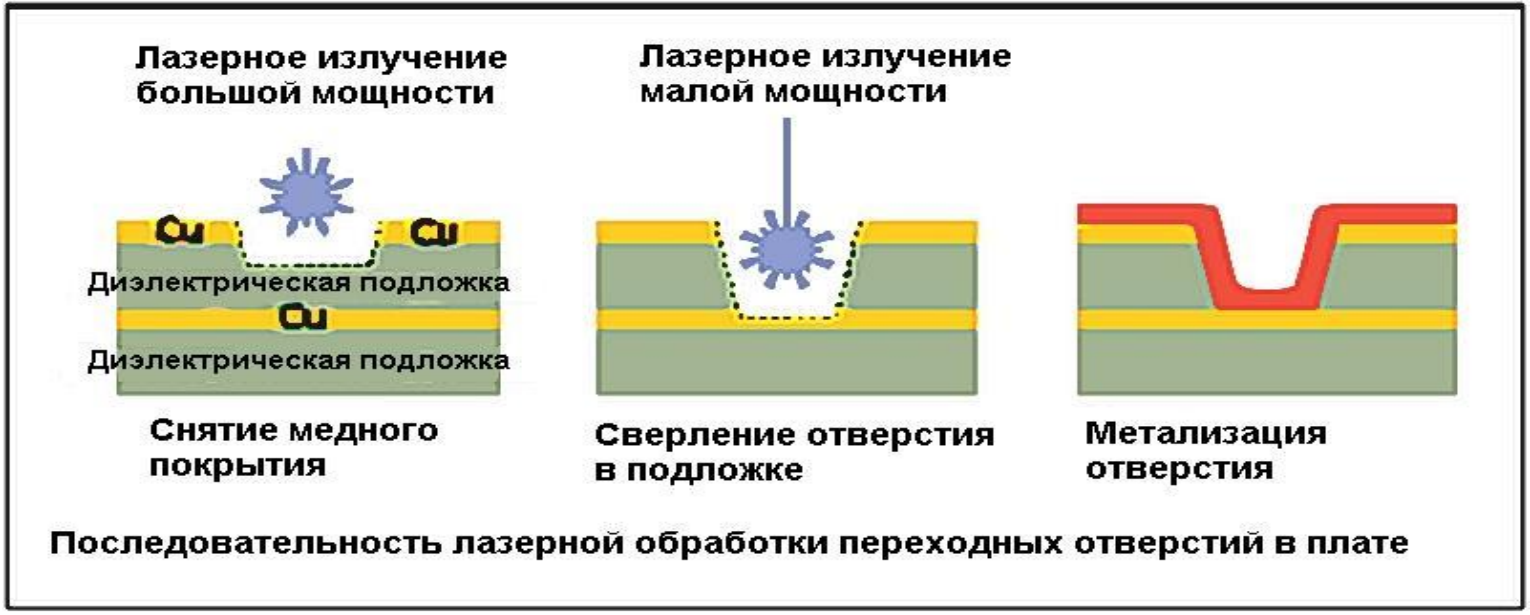
Станок LPKF ProtoLaser

4.2 LPKF MicroLine Drill

Приведенная выше концепция была реализована компанией LPKF в приборе, получившем название MicroLine Drill. В качестве источника излучения в станке MicroLine Drill используется лазер, работающий на 3-й гармонике. Излучение лазера с длиной волны 355 нм хорошо поглощается как полимерными материалами подложек печатных плат, так и медью или другими металлами, используемыми для формирования проводящего покрытия.

MicroLine Drill - используется Nd:YAG лазер

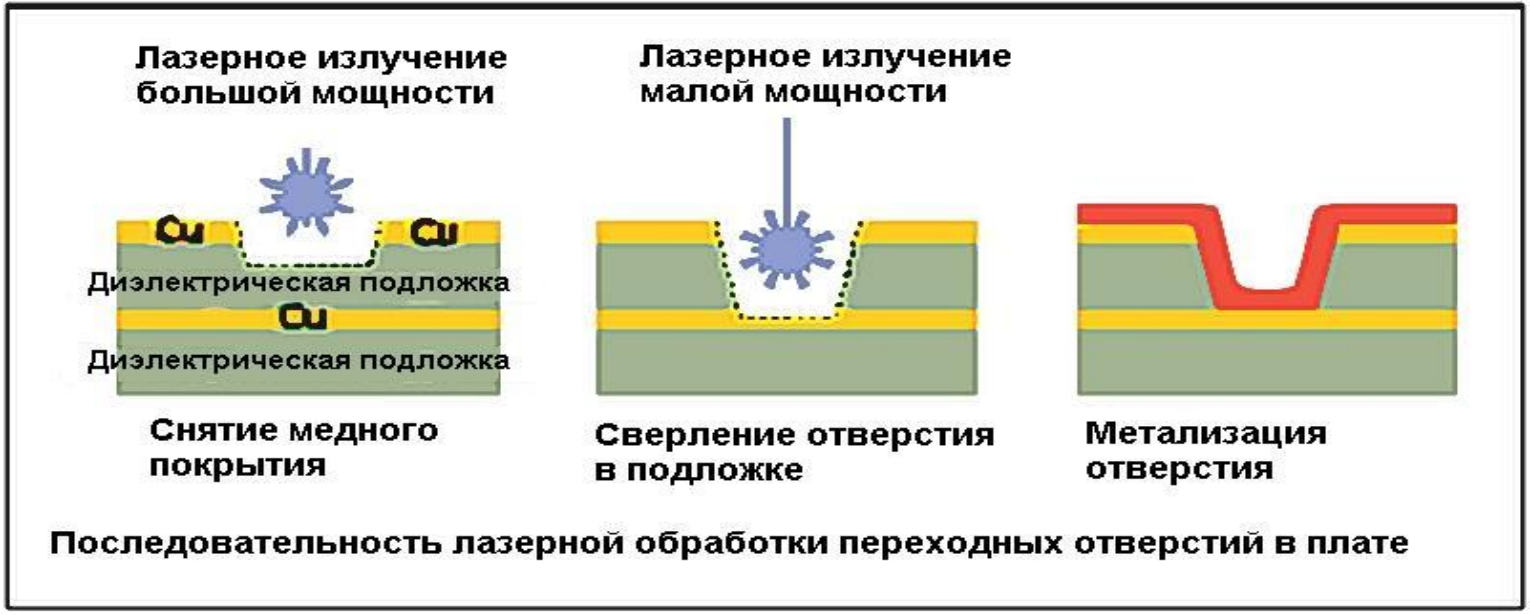
Оптическая конструкция станка состоит из источника лазерного излучения, зеркальной отклоняющей системы, работающей под управлением компьютера, и специальной фокусирующей системы. Отклоняющая система обеспечивает векторное управление сканированием луча по участку рабочей поверхности площадью 55x55 мм^2. Затем обрабатываемый материал перемещается под лазерной головкой при помощи координатного стола, и осуществляется обработка других участков платы. Фокусирующая система всегда обеспечивает необходимое направление лазерного луча под прямым углом к поверхности обрабатываемого материала.



Последовательность лазерной обработки переходных отверстий в плате

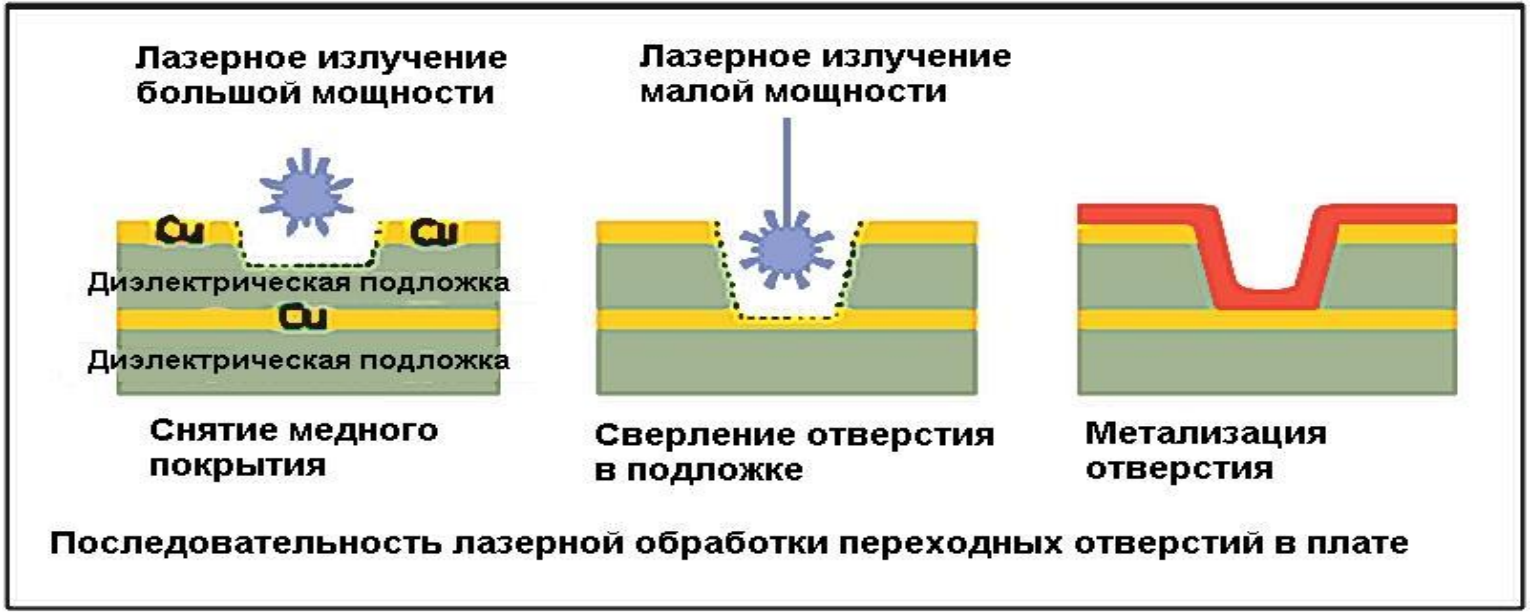
Обработка прецизионных переходных отверстий в многослойных материалах осуществляется **в три этапа**:

1. С необходимого участка поверхности платы снимается проводящее покрытие. Когда на поверхности платы остается достаточно тонкий слой металла, излучение лазера начинает частично проникать сквозь него, достигая материала подложки. Поэтому окончательное удаление проводящего покрытия осуществляется за счет испарения самого металла и за счет взрывообразного разрушения материала подложки.

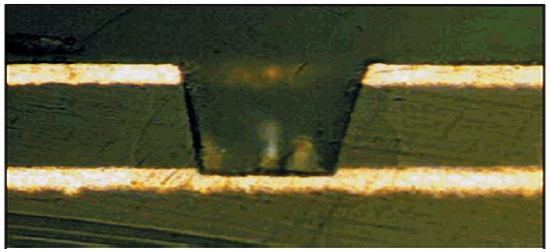


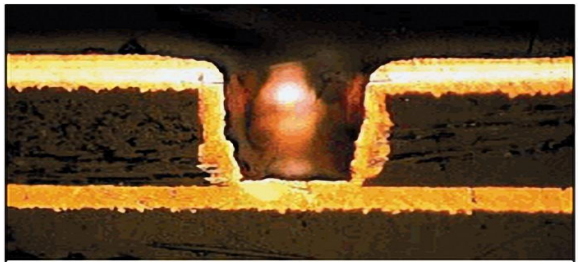
Последовательность лазерной обработки переходных отверстий в плате

2. Плотность мощности лазерного излучения снижается до уровня, оптимального для обработки полимерного материала подложки, и осуществляется дальнейшая обработка отверстия. Поскольку мощности излучения уже не хватает для испарения металла, то когда отверстие достигает следующего слоя фольги, его разрушения не происходит — поверхность фольги покрывается микроскопическими раковинами, обеспечивающими необходимую шероховатость поверхности.

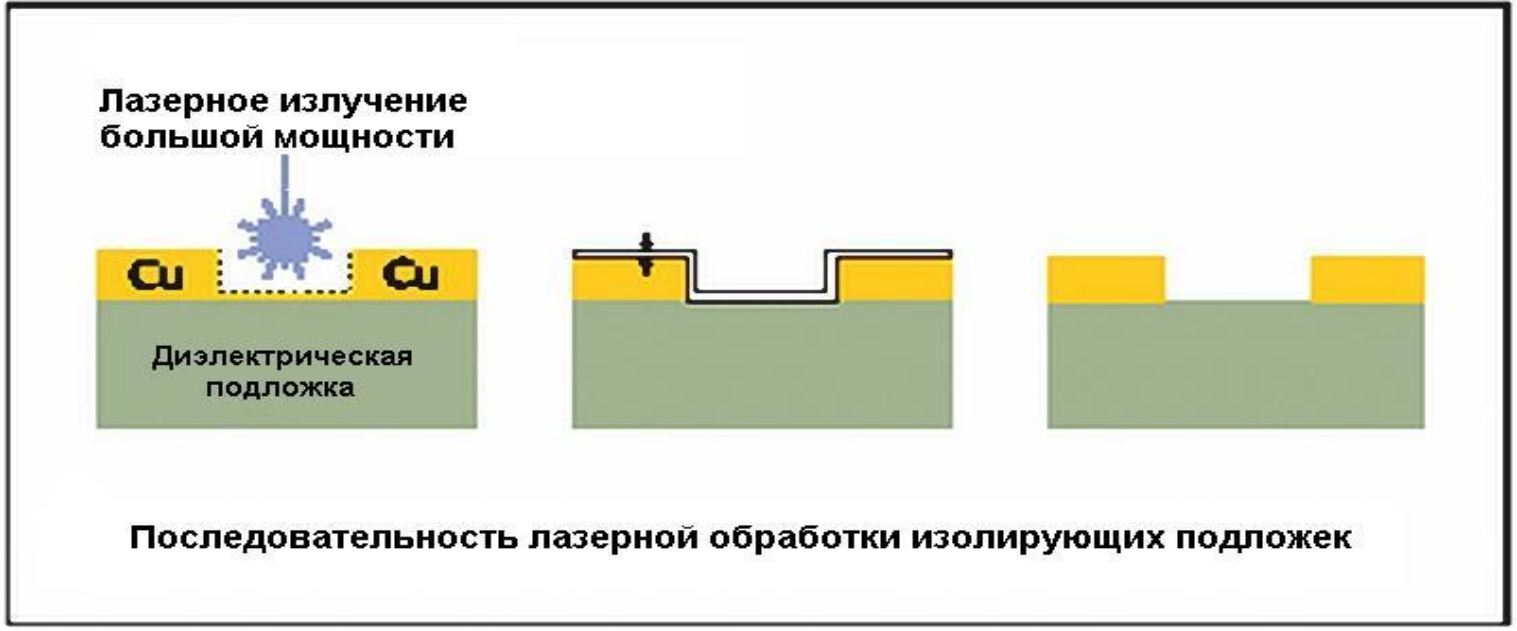


3. На третьем этапе осуществляется металлизация переходного отверстия любым доступным способом. Пример данного метода металлизации приведен ниже.





Металлизация переходного отверстия



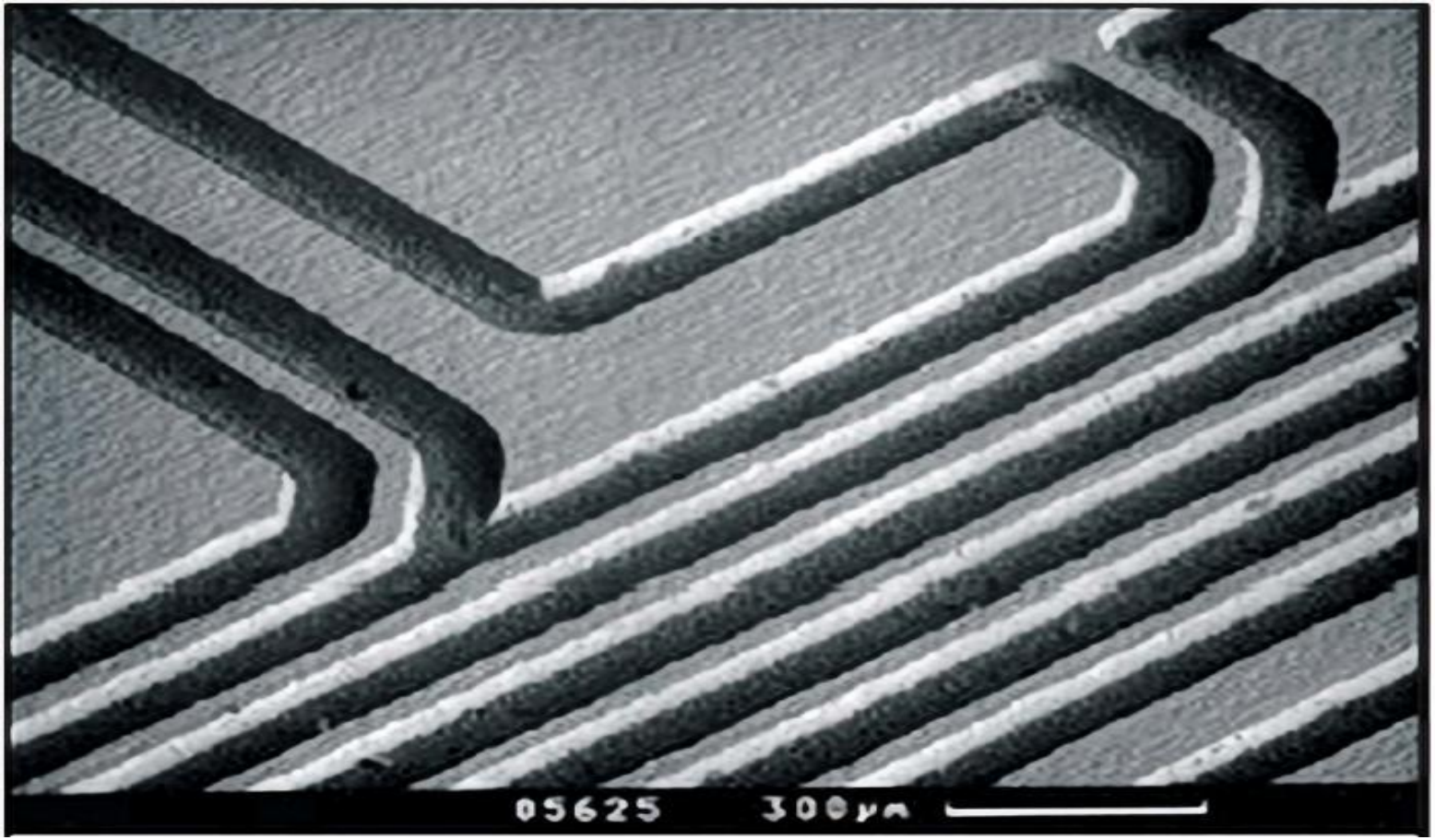
Последовательность лазерной обработки изолирующих подложек

Обработка дорожек на поверхности платы

Обработка изолирующих дорожек в проводящем покрытии печатной платы осуществляется также поэтапно. Дело в том, что при малой толщине фольги мощное излучение ультрафиолетового лазера начинает проникать сквозь слой металла и разрушает материал подложки под обрабатываемым участком.

1. Излучение ультрафиолетового лазера большой мощности используется для испарения металлического покрытия на поверхности платы. Когда остаточная толщина покрытия составляет всего единицы микрон, лазерная обработка прекращается, чтобы избежать разрушения материала подложки.
2. Дальнейшее удаление проводящего покрытия осуществляется стандартным химическим способом.

Фотография поверхности печатной платы после лазерной обработки представлена на следующем слайде.



Фотография поверхности печатной платы после лазерной обработки

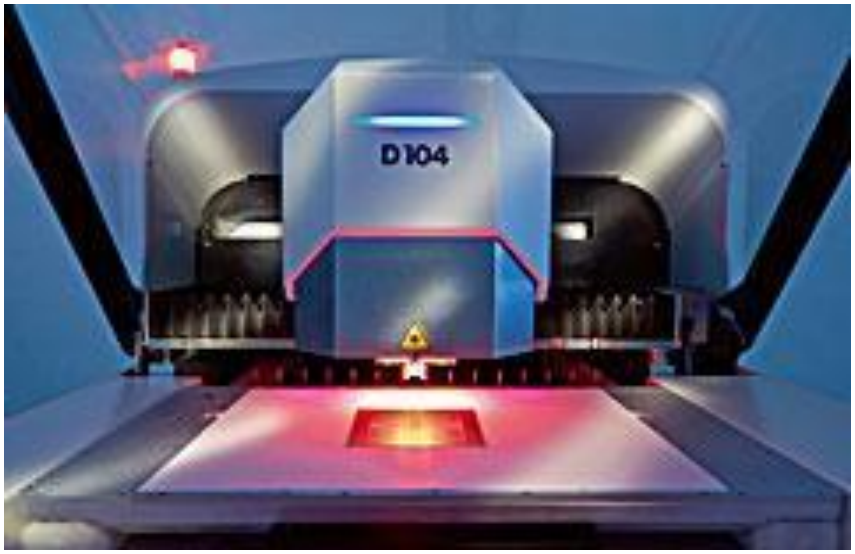
4.3 LPKF ProtoMat D 104 – новый плоттер с УФ лазером

Новая установка ProtoMat D 104 расширяет возможности плоттеров ProtoMats в сфере обработки особенно точных материалов. Благодаря интегрированному УФ лазерному инструменту , плоттер D 104 позволяет выполнять сверхточные элементы рисунка проводников.

В зависимости от типа материала, вертикально-фрезерный плоттер может выполнять элементы с шагом 200 мкм (100 мкм минимальная ширина элемента, 100 мкм минимальный зазор между элементами); с использованием лазерного инструмента шаг между элементами уменьшается до 80 мкм (50 мкм минимальная ширина элемента и 30 мкм минимальный зазор между элементами).

Лазерное излучение позволяет обработать даже керамические материалы. Помимо всего прочего, использование установки ProtoMat D 104 рекомендуется для создания прототипов ПП из-за чрезвычайно высокой точности обработки, низкого времени машинной обработки, высокоскоростной фрезерной/сверлильной обработки (100 000 оборотов в минуту), 15 возможных инструментов для автоматизированной замены, наличия инструмента с УФ источником лазерного излучения, бесконтактного инструмента регулировки по высоте рабочего инструмента и ограничения по обрабатываемой глубине, видеосистемы с измерительной камерой, а также удобным корпусом для технического обслуживания.

Установка ProtoMat D104 была разработана для использования в высоко требовательных лабораторных и инженерных разработках.



И еще одно интересное направление возникло в работе **компании LPKF** в последние годы. Оно связано с разработками в области производства своеобразных 3-мерных печатных плат. С такими конструкциями мы очень часто стали сталкиваться в нашей повседневной жизни.

Простым примером такого изделия может служить, например, корпус современного мобильного телефона. Повседневная борьба производителей за разработку наиболее эргономичного дизайна телефонного аппарата привела практически к полному отказу от использования внешней антенны. Во многих случаях она стала выполняться либо в виде отдельного модуля внутри устройства, либо непосредственно в виде определенной формы металлизации непосредственно внутренней поверхности корпуса телефона.

В противоположность многоступенчатой стандартной технологии производства подобного рода изделий, состоящей из предварительной подготовки поверхности, металлизации всей поверхности изделия, нанесения фотошаблона и химического травления слоя металлизации, была предложена революционная технология прямой металлизации полимерных изделий.

В результате избирательной лазерной обработки поверхности полимера возникают своеобразные ядра металлизации, используемые в дальнейшем для прямой избирательной металлизации поверхности. Необходимый рисунок просто рисуется лазером на поверхности специального полимера, и дальнейшее нанесение проводящего покрытия осуществляется только на возникших центрах металлизации. Таким образом, трудоемкость всего процесса сокращается всего до трех операций: подготовки поверхности, нанесению лазером рисунка будущих проводников и избирательной металлизации поверхности.

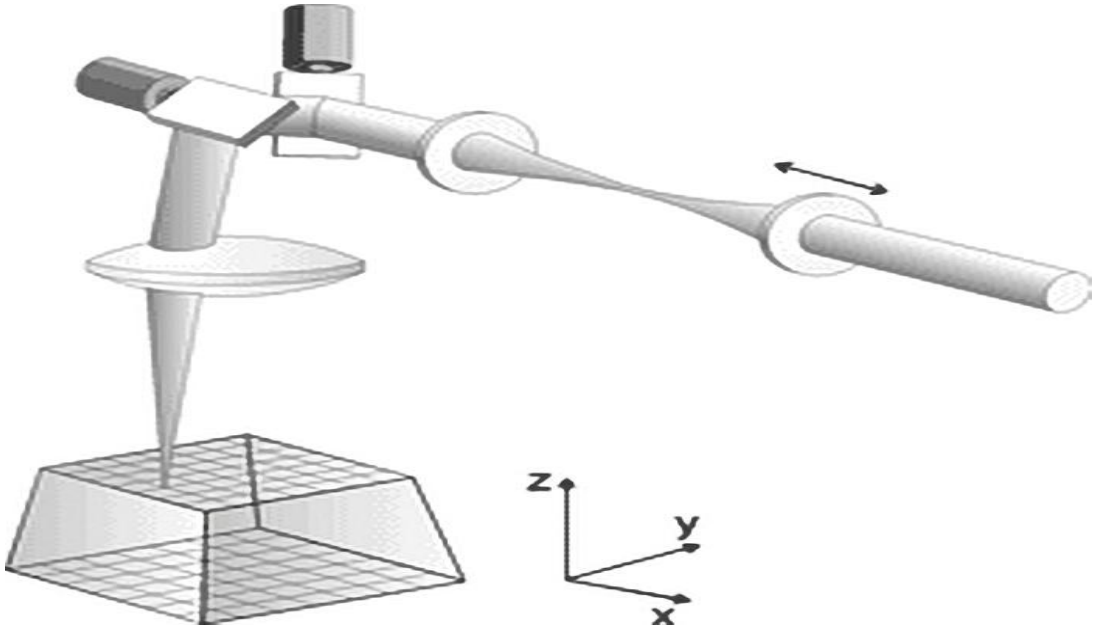
По сравнению с обычными методами лазерная обработка материалов позволяет не только значительно повысить точность изготовления печатных плат, но и выводит процесс производства на новые технические уровни — формирование соединительных плат высокой плотности или создание проводящей структуры на трехмерной поверхности изделий.

4.4 LPKF система 3D Laser

Для обработки поверхности трехмерных изделий используется специально разработанная компанией LPKF лазерная система 3D Laser.

LPKF лазерная система 3D Laser

В качестве источника излучения в этой системе используется лазер, работающий на 3-й гармонике с длиной волны 355 нм. Малая длина волны лазерного излучения позволяет сфокусировать луч в пятно малого диаметра, что обеспечивает необходимую для обработки материала плотность мощности, и позволяет обрабатывать прецизионные проводящие дорожки шириной порядка 20 мкм.



Оптическая схема системы 3D Laser

4.5 LDS прототипирование от компании LPKF

Установка LPKF ProtoLaser

Технология 3D MID (Molded Interconnect Devices) - трёхмерных литых носителей монтажных схем прогрессировала не по дням, а по часам в течение последних нескольких лет, и привела к созданию **LDS (прямого лазерного структурирования).**

Более половины всех смартфонов теперь оснащены LDS антеннами. Технология LDS также закрепилась в автомобильной промышленности, в производстве медицинской технике и потребительских товаров.

Суть LDS процесса следующая: сначала лазерный луч активирует LDS добавку на подложке, а затем на активированных участках поверхности образуются структуры из меди путём химического осаждения металла.

Компания LPKF разработала новый продукт, который может использоваться для быстрого и экономического создания объёмных прототипов с помощью технологии прямого лазерного структурирования. С помощью своих продуктов серии прототипирования, компания LPKF закрывает большую прочность между теоретическим проектом и его массовым производством – создавая почти готовый прототип быстрее и проще, чем когда-либо прежде.

Прототипирование начинается с создания объёмной заготовки на основе данных модели – своими силами или сторонними организациями. Заготовка покрывается **краской LPKF PlotoPaint LDS**, которая содержит LDS добавку. Краска LPKF PlotoPaint LDS поставляется в специальном баллончике и активируется непосредственно перед первым использованием.

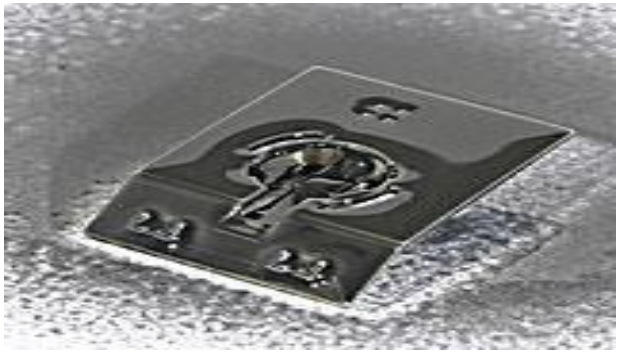
Для создания объёмных заготовок методом прямого лазерного структурирования, компания LPKF использует **установку ProtoLaser 3D**, которая позволяет регулировать по высоте рабочую платформу для структурирования деталей различных размеров. Рабочая область составляет 300x300x50 мм, в то время как поле сканирования – 100x1000x25 мм.

С помощью направленного лазерного излучения и технически сложной видеосистемы можно получить бесшовное структурирование различных элементов заготовки.

Система LPKF ProtoPlate LDS используется для бестоковой металлизации структурированных LDS компонентов. Она состоит из защитного основания для управления технологическим процессом и готовыми к использованию ваннами химическими реагентами. Процесс осаждения металла не требует специальных знаний в области химии и позволяет создать слой меди толщиной от 3 мкм до 10 мкм.

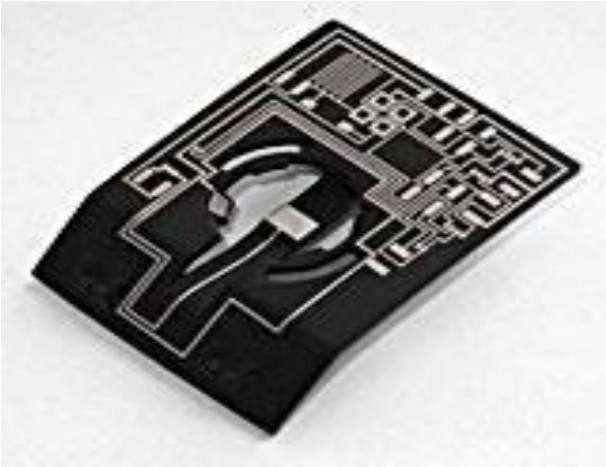
Пошаговый процесс LDS прототипирования:

1 Начальной точкой процесса LDS прототипирования служит объёмная заготовка.



2 Равномерное покрытие **краской LPKF PlotoPaint LDS**

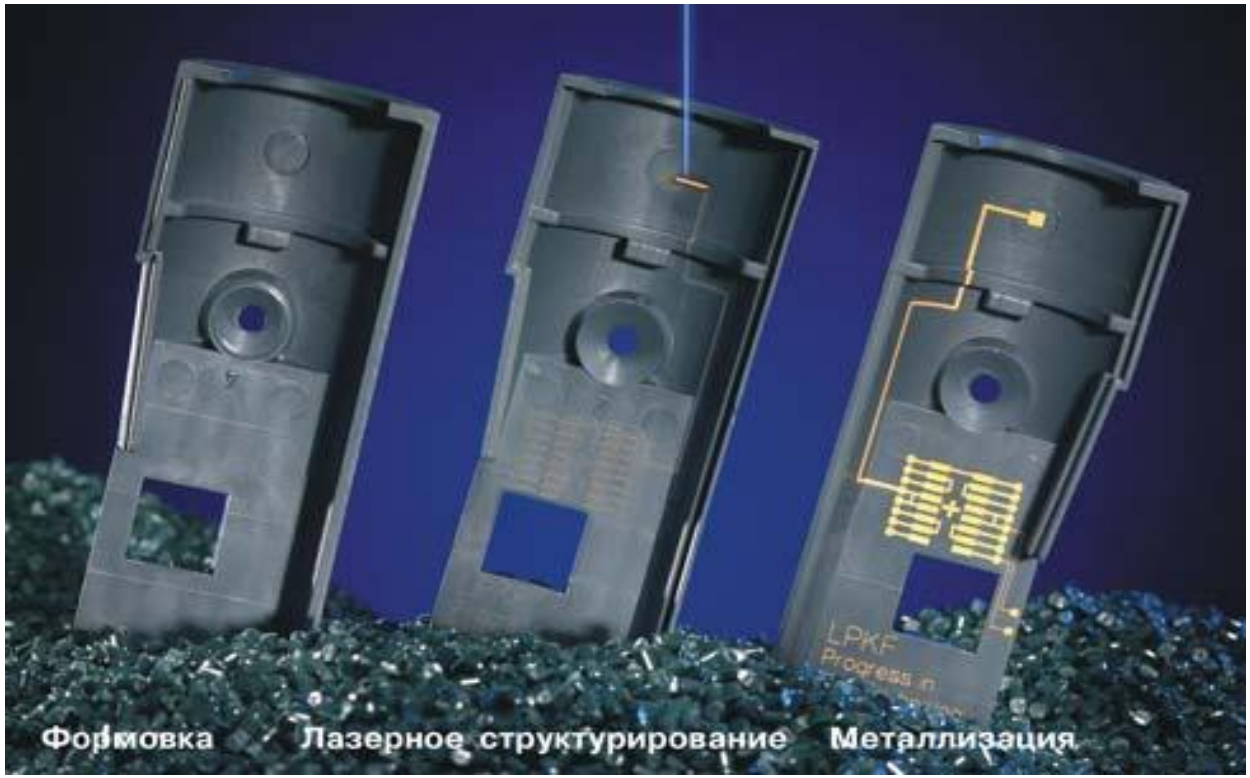
3 Окрашенная заготовка после высыхания.



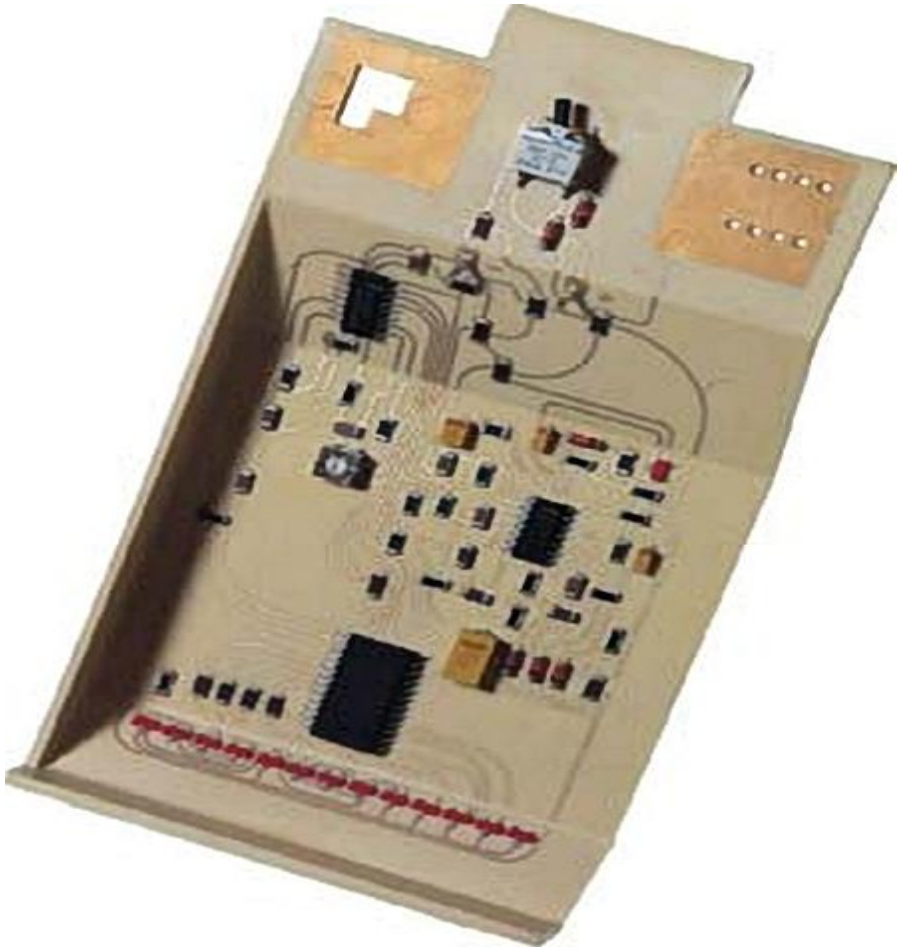
4 Структурирование прототипа на новой **установке LPKF ProtoLaser 3D**.

5 Химическое осаждение металла с помощью **системы LPKF ProtoPlate LDS** позволяет получить объёмную монтажную плату.

Пример изготовления изделия методом прямого лазерного структурирования.



Пример изготовления корпуса измерительного прибора методом прямого лазерного структурирования. Все детали измерительной схемы смонтированы непосредственно на внутренней поверхности корпуса.



Компания LPKF в технологии изготовления печатных плат

LPKF
Laser & Electronics