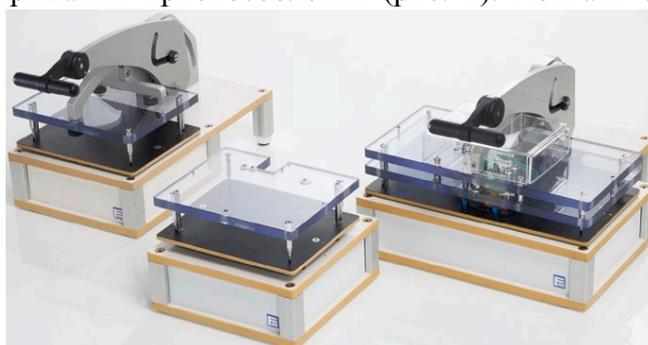


## **Внутрисхемное и функциональное тестирование при помощи подпружиненных тестовых щупов**

В статье рассмотрено тестирование печатных плат при помощи тестовых щупов, возникающие при этом сложности и способы их преодоления.

Одной из важнейших областей применения подпружиненных тестовых щупов является тестирование смонтированных печатных плат, узлов и оборудования. Тестируемые устройства вставляются в специальное приспособление (тестовую установку) и перемещаются к тестовым щупам при закрывании приспособления (рис. 1). Контакт с точками тестирования на печатной плате осуществляется, как правило, снизу. Некоторые платы разрабатываются таким образом, что требуется также контакт сверху. В этом случае тестовое приспособление должно обеспечивать дополнительный контакт с верхней поверхностью платы. Сигналы, взятые сверху, обычно передаются вниз по проводам.



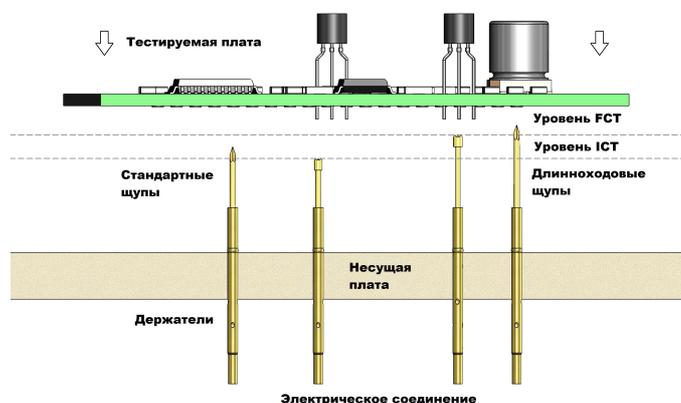
При тестировании печатных плат следует учитывать разницу между внутрисхемным (ICT) и функциональным (FCT) тестами. При внутрисхемном тестировании тестируются отдельные компоненты или электрические соединения на плате. Таким образом, можно обнаружить дефекты дорожек (например, короткое замыкание или разрыв), а также дефекты пайки или неисправные компоненты. В большинстве случаев требуется контактировать с большим количеством точек на плате. При функциональном тестировании тестируется функционирование платы. Это значит, что тестируются не отдельные компоненты, а соответствие входных и выходных параметров заданным. Для функционального тестирования обычно требуется контакт с несколькими точками.

На практике внутрисхемное и функциональное тестирование часто проводятся в два этапа на одной тестовой установке. Контактные щупы выбираются так, чтобы было два уровня контактов. На нижнем уровне располагаются все щупы для внутрисхемного тестирования, тогда как на втором располагаются только длинные щупы для функционального тестирования.

### **Соотношение высот щупов в тестовых приспособлениях**

Для контакта с печатной платой все используемые щупы должны иметь примерно одну высоту выступа и одинаковый номинальный ход, чтобы при закрывании приспособления все щупы сжимались на величину номинального хода и обеспечивали надёжный контакт во всех точках тестирования. Но при более детальном рассмотрении структуры печатной платы видно, что высота в отдельных точках тестирования различается. Для контакта со штырьком, например, требуется несколько более короткий щуп, чем для контакта с контактной площадкой или перемычкой. Для компенсации этих небольших различий большинство контактных щупов выпускается с двумя вариантами длины (например, стандартной длины и чуть более длинные, обозначаемые как L-версии).

Дополнительная сложность состоит в реализации внутрисхемного и функционального тестирования в два этапа на одном тестовом приспособлении. В этом случае сначала выполняется внутрисхемное тестирование на большом ходу, когда все щупы контактируют с тестируемым устройством. Далее для функционального тестирования ход уменьшается и с тестируемым устройством контактируют только длинноходовые щупы с большей высотой выступа. В этом случае не нужна дополнительная тестовая установка для проведения функционального тестирования платы. Оптимальная комбинация стандартных и длинноходовых щупов важна, поскольку длинные щупы для функционального тестирования также должны обладать большим ходом, чем щупы для внутрисхемного тестирования (рис. 2).



### Трудности при тестировании печатных плат

Существует много сложностей в тестировании печатных плат и изготовлении тестирующих устройств. Многие печатные платы содержат нестандартные элементы или обладают конструкцией, которая требует индивидуального подхода. Например, трудно интегрировать управляющие элементы, реализовать боковой контакт или анализировать оптические сигналы (например, от светодиодов). Данные задачи нельзя решить только с помощью подпружиненных щупов, для решения требуются дополнительное оборудование и индивидуальная конструкция тестового приспособления.

Но и в том, что касается применения самих контактных щупов, есть определённые сложности.

### Печатные платы с бессвинцовой пайкой

С 2006 года свинцовосодержащий припой запрещён из-за вреда, который он наносит здоровью и окружающей среде. Однако, контакт с бессвинцовыми точками пайки вызывает определённые сложности. Например, бессвинцовая пайка приводит к образованию вязких остатков флюса, через которые трудно проникнуть, а головка щупа быстро загрязняется. Данные загрязнения накапливаются и значительно ухудшают электрические характеристики, сокращая, таким образом, срок эксплуатации щупа.

Для решения данных проблем созданы специальные контактные щупы, в которых используются три способа для обеспечения контакта с бессвинцовыми точками пайки или, в общем, для проникновения сквозь загрязнения (рис. 3):

- Специальная продольная заточка наконечника. Грани обладают вогнутой формой, благодаря этому кромки очень острые и легко достигают контактной поверхности.



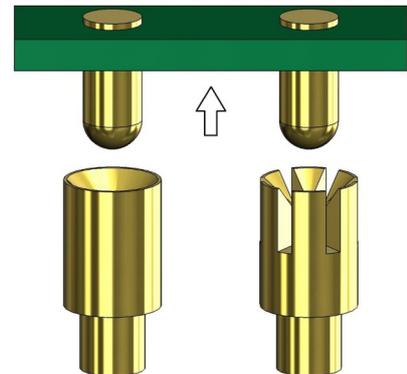
- Благодаря специальному покрытию твёрдость втрое выше, чем при обычном золотом покрытии. Кроме того, поверхность менее чувствительна к загрязнениям наконечника остатками пайки и грязью. По сравнению с обычными щупами срок эксплуатации значительно увеличивается.
- Увеличенная предварительная нагрузка пружины ведет к увеличению силы контакта уже в начале. Это приводит к оптимальному проникновению к контактной поверхности. Номинальный ход и номинальное усилие пружины остаются неизменными, так что общая нагрузка при закрывании тестовой установки не возрастает

### Платы с органической защитой поверхности (OSP)

Сегодня для защиты плат от окисления всё чаще применяют органическую защиту поверхности. Печатные платы можно хранить несколько месяцев без потери качества. Однако, если печатную плату нужно протестировать после нанесения данного покрытия, при использовании стандартных щупов могут возникнуть сложности. Органическая защита обладает большой твердостью и её трудно пробить. В данном случае для обеспечения надёжного контакта следует использовать специальные контактные щупы. Данные щупы также очень острые, обладают специальным покрытием и повышенной предварительной нагрузкой. На практике данные щупы надёжно проникают сквозь органическое покрытие и обладают большим сроком эксплуатации.

### Загрязнение контактных головок

Для достижения длительного срока эксплуатации подпружиненных тестовых щупов следует избегать загрязнения головок. С учётом сферы применения и конфигурации тестируемого устройства это не всегда возможно. Особенно сложно избежать жирового загрязнения контактных головок, которое накапливается после большого числа контактов и ведёт к росту электрического сопротивления. Особенно чувствительны к этому незаострённые наконечники с большой поверхностью, например, конические или зубчатые (рис. 4, слева.) В этом случае хорошим решением будет применение самоочищающихся наконечников (рис. 4, справа). В данных наконечниках загрязнения между щупом и тестируемым устройством стекают сквозь прорези.



### Обеспечение контакта при очень малом расстоянии между осями щупов

В настоящее время для печатных плат характерны всё более малые размеры и все более плотный монтаж. Данная тенденция также приводит к новым сложностям при тестировании.

Для обеспечения контакта при малом расстоянии между осями щупов существует два подхода: с такой платой можно контактировать напрямую, используя очень тонкие щупы или контакт можно реализовать при помощи тестового приспособления с неподвижными щупами. В данных специальных тестовых приспособлениях тестовые точки контактируют

с неподвижными слегка наклонёнными иглами и сигнал передаётся на плату с большими расстояниями между контактными точками на другом уровне. Со вторым слоем данной платы можно осуществлять контакт при помощи стандартных щупов.

Полупроводниковые компоненты (микросхемы) часть обладают очень малым шагом между выводами (десятые доли миллиметра). С ними можно осуществлять контакт при помощи специальных тестовых головок. Данные тестовые головки обеспечивают соединение между компонентом и печатной платой, которая обеспечивает простое соединение с тестовой системой. Тестовые головки обычно делают на основе тонких щупов с двумя плунжерами, которые вставляют в плату-«сэндвич» (рис. 5). Данные платы обычно делают из специального синтетического материала или из керамики.

