

# Как изготовить печатную плату

*В статье рассматривается технология, которая позволяет быстро изготовить высококачественные печатные платы в лабораторных и домашних условиях без значительных затрат*

## Проектирование платы

Прежде чем вы приступите к изготовлению печатной платы, вам понадобится ее схема. Имеется много способов планировки схемы. В данной статье не обсуждаются способы создания схемы, поскольку это достаточно сложный процесс. Для того чтобы спроектировать схему, требуется некоторый опыт. Лучше всего взять готовую схему, например из журнальной статьи или книги.

Далее обсудим методы и материалы, используемые в процессе переноса рисунка схемы на печатную плату.

Во-первых, возникает вопрос: где купить фольгированный диэлектрик? В Москве есть НПФ «Росламинат» поставщик фольгированного диэлектрика, производимого компанией «Молдовизолит» (Мол-

дова). Лучше всего использовать стеклотекстолит марки МИ-1222-1-35 (односторонняя плата толщиной 1,5 мм, толщина слоя меди 35 мкм) или МИ-1222-2-35 (двухсторонняя плата). По качеству не уступает зарубежным маркам класса FR-4, но существенно дешевле.

Если схема простая, то ее можно рисовать непосредственно на материале платы. Для этого используются стойкие к травлению чернила. Имеется множество компаний, которые производят подобные четежные ручки.

Прежде чем рисовать на плате, необходимо очистить поверхность меди. Для этого ее нужно протереть тканью, смоченной в изопропиловом или этиловом спирте. После этого вы можете нарисовать дорожки на медной поверхности. При рисовании надо стараться не касаться меди руками.

Жир на коже рук окисляет медь, и в результате места касания рукой будут стойкими к травлению. Удостоверьтесь, что чернила полностью высохли.

Можно использовать так называемые средства сухого переноса. Они представляют собой пластиковые листы, на которых нарисованы все виды символов. Вы можете перенести их на плату, как переводные картинки. Протрите карандашом символ, который вы хотите передать. Он прилипнет к меди. После этого вы можете травить медь. Такие комплекты предоставляет компания Churchin Associates Ltd.

Если схема более сложная, можно использовать термотрансфертные пленки. На такую пленку можно перенести готовую схему с помощью лазерного принтера. После этого пленка помещается отпечатком на чистую медь. Далее надо прижать пленку к плате и равномерно прогреть ее утюгом. Но лучше всего для переноса использовать специальные термические presses. Температурный режим должен быть около 95 °С. Ваша печать будет перенесена на печатную плату. Дайте ей возмож-

ность остыть и затем термотрансфертную пленку можно удалять. Если вы все сделаете правильно, то получите печатную плату, готовую к травлению.

Термотрансфертные пленки поставляют фирмы DynaArt Designs, (пленка TTS) и Techniks, Inc (пленка Press-n-Peel). Пленки эти односторонние, так как процесс зависит от специального покрытия на пленке. Главный недостаток этих пленок — дороговизна. Кроме того, с помощью обычного утюга получить хороший результат трудно, и, как уже было сказано выше, необходим термопресс, стоимость которого порядка \$1000.

Если схема сложная, то в этом случае не обойтись без фоторезистов и фотолитографического процесса. Прежде чем перейти собственно к фотолитографическому процессу, вам необходимо иметь проект печатной платы на прозрачном материале — оригинал-макет. Под прозрачным материалом здесь подразумевается материал, который пропускает ультрафиолетовый свет. Дело в том, что все фоторезисты поглощают свет в ультрафиолетовом и не поглощают в видимом диапазоне спектра. Ультрафиолетовый диапазон спектра — это 200–400 нм. Оконное стекло прозрачно для

видимого света, но не пропускает ультрафиолетовый свет. Если вы не уделите достаточного внимания изготовлению качественного оригинал-макета, то дальше в фотолитографическом процессе у вас возникнет много проблем.

### Создание оригинал-макета

Как изготовить качественный оригинал-макет? Для сложной схемы необходим компьютер или качественный копировальный аппарат. Если вы сами разрабатываете схему с помощью программ для создания печатной платы, то ее можно вывести на печать. Если вы имеете готовую схему и вам надо перенести ее на прозрачный материал, то воспользуйтесь копировальным устройством или сканером.

### Печать схемы

#### Использование принтера или копировального аппарата

С появлением средств для усиления оптической плотности тонера наилучшие результаты достигаются с помощью лазерных принтеров.

Если распылить жидкость Densitone Spray на поверхности отпечатка схемы, полученного лазерной печатью или копировальным устройством, и дать подсохнуть несколько минут, то можно получить почти профессиональный оригинал-макет. Исходная оптическая плотность составляет 1,3–1,7 и может быть усилена до 3–3,6 (рис. 1).

На чем лучше всего печатать? Существуют прозрачные пластмассовые листы для лазерной печати и копировальных аппаратов. Такие листы прекрасно пропускают ультрафиолетовый свет. Их недостаток заключается в том, что при печати лазерным принтером и при установке максимальной плотности нанесения тонера, он «разбрызгивается». В результате рисунок смазывается. По этой причине лучше использовать кальку или матовую полимерную пленку для лазерных принтеров. Эти материалы хорошо держат форму линий, хотя и «зарезают» ультрафиолетовый свет. Так, например, стандартная калька уменьшает пропускание ультрафиолетового света в пять раз, а пленка Folaproof Laserfilm DM — в 3,5 раза. Калька значительно дешевле, но дает усадку при нагреве в лазерном принтере, что существен-

но при высоких разрешениях. Пленка Folaproof Laserfilm — безусадочная и используется при изготовлении прецизионных печатных плат.

#### Использование плоттера

Другой способ — использование плоттера. Так как эти приборы используют жидкую краску, результаты будут хорошими. Кроме того, качество вычерчивания линий намного лучше, чем у принтера. Вы можете использовать различные перья для каждой ширины линии. Главный недостаток состоит в том, что чертежи становятся дорогостоящими. Дорог не только сам плоттер, перья и бумага специального назначения тоже стоят денег.

#### Использование фотоплоттера

Это методика, используемая в промышленном производстве печатных плат. Плоттер оснащен источником УФ-света. Перо заменено волоконнооптическим кабелем. В качестве механизма передвижения пера вверх-вниз выступает электронно-оптический затвор, обычно жидкокристаллический.

Чертеж делается в темной комнате на фотографической пленке. Когда чертеж закончен, пленку проявляют точно так же, как в обычной фотографии. Это единственный метод изготовления очень тонких дорожек.

#### Перенос схемы на печатную плату. Фотолитографический процесс

Для начала нам необходим светочувствительный материал для печатной платы — фоторезист. Здесь имеются две возможности: купить готовый чувствительный фольгированный диэлектрик либо самим нанести фоторезист на плату. Проще купить готовый чувствительный материал, который представляет собой плату, медный слой, который покрыт светочувствительным лаком. Лак закрыт черной бумагой.

Самостоятельно сделать светочувствительную печатную плату — довольно трудоемкая работа, которая отнимает много времени. Вам придется купить аэрозольный баллончик с нужным типом лака. Далее вы должны будете очистить медную фольгу печатной платы и промыть ее изопропиловым спиртом. После сушки вы должны распылить фотолак на медный слой и удостовериться, что лак нанесен на всю поверхность. Теперь надо высушить лак в темном месте в течение 24 ча-

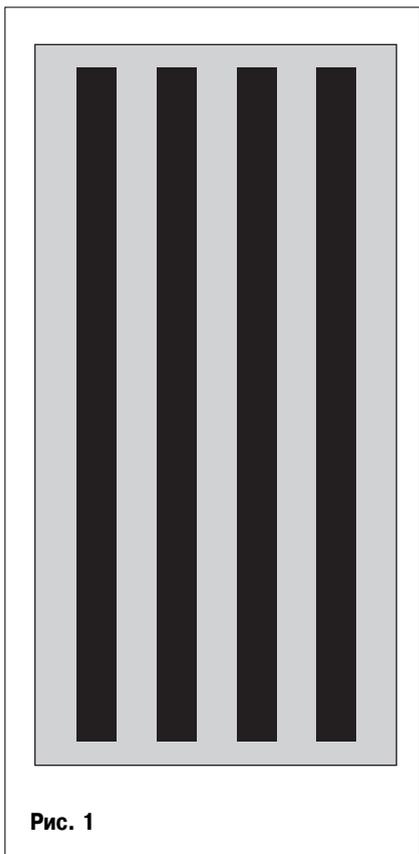


Рис. 1

сов. Если сделать все правильно, то это будет работать.

При покупке готового материала нужно иметь в виду, что существует два доступных типа диэлектрика: позитивный и негативный. Около 95% проданных материалов относятся к позитивным. Негативный материал используется в промышленном производстве печатных плат. Единственное его преимущество состоит в том, что с ним легче делать многослойные печатные платы. Но так как это практически невозможно сделать дома, то об этом можно забыть.

Кроме того, вам будет необходим проявитель для этого материала. На рынке имеется множество различных проявителей, но в основном все они содержат натрий гидроксид. При использовании этого продукта необходимо соблюдать меры предосторожности и надевать перчатки. Возможно, он не причинит ожогов, но все-таки не стоит погружать незащищенные руки в продукт или раствор. Если вы вошли в контакт с этим продуктом, ополосните руки водой.

Для экспонирования материала необходим источник ультрафиолетового света. В России выпускается такой источник — ОРК-21М. Удобство его заключается в том,

что он расположен на штативе и можно варьировать расстояние от лампы до платы. Можно также использовать люминесцентную лампу ДРЛ. Сама лампа практически не излучает ультрафиолетовый свет. Но если аккуратно срезать алмазным кругом верхнюю колбу по максимальному диаметру, то внутри можно обнаружить маленькую лампу ультрафиолетового света. Таким образом, мы получаем хороший источник ультрафиолетового света. Остаток люминесцентной колбы будет защищать глаза от попадания ультрафиолетового света.

Время экспозиции зависит от мощности лампы, расстояния от лампы до платы, толщины пленки фоторезиста. На установке ОРК-21М с расстояния 25–30 см время экспонирования составляет примерно 30 секунд.

Для экспонирования необходимо произвести следующие действия: поместить оригинал-макет тонерной стороной на печатную плату, прижать оргстеклом оригинал-макет к пленке фоторезиста и начать экспонирование.

Ультрафиолетовый свет опасен. Никогда не смотрите в источник света, когда он включен. Всегда закрывайте крышку установки при включенных лампах.

Экспонирование надо производить при слабом освещении и ни в коем случае не при ярком дневном свете. Хотя материал печатной платы чувствителен только к ультрафиолетовому свету, имеется риск разрушения чувствительного слоя прямыми солнечными лучами или сильным дневным светом. Солнечный свет также содержит ультрафиолетовое излучение, а яркий дневной свет будет постепенно ухудшать резкость изображения.

Печатную плату необходимо использовать сразу после снятия защитного слоя. Не оставляйте плату на столе в течение 2 минут. Светочувствительный слой ухудшит свое качество.

После экспонирования печатной платы ее необходимо поместить в проявитель (обычно — каустическая сода (NaOH)). Для проявления потребуются две пластмассовые кюветы и пара резиновых перчаток.

Процесс проявления занимает приблизительно 30 секунд, максимум — 2 минуты. Печатная плата

помещается в жидкость. После нескольких секунд вы увидите изображение на печатной плате. Примерно через полминуты вы должны увидеть области с чистой медью и области, которые закрыты фоторезистом. Теперь печатную плату можно вынуть и промыть ее водой. Печатная плата готова к травлению.

## Травление платы

### Травление с хлоридом железа ( $Fe_3Cl$ )

Хлорид железа ( $Fe_3Cl$ ) — твердое вещество, которое растворяется в воде до тех пор, пока образуется насыщенный раствор желто-золотого цвета. Процесс травления в этом растворе продолжается от 30 до 60 минут. Его можно ускорить нагреванием и перемешиванием раствора. Затем следует промывка в проточной воде. Остатки кислоты на плате нейтрализуются в мыльном растворе. К недостаткам процесса относятся образование отходов, низкая скорость травления, существенное изменение скорости травления при изменении концентрации травителя.

### Травление с аммонием персульфатом ( $(NH_4)_2S_2O_8$ )

Аммоний персульфат — светлое кристаллическое вещество, растворяющееся в воде. Соотношение в растворе: 35 г  $(NH_4)_2S_2O_8$  в 65 мл воды. Время травления  $(NH_4)_2S_2O_8$  составляет около 10 мин. и зависит от площади медного покрытия, которое подвергается травлению. Требуется умеренно теплый ( $40\text{ }^\circ\text{C}$ ), перемешиваемый раствор. Затем следует промывка в проточной воде.

### Современная методика

В состав раствора для травления входит 200 мл соляной кислоты ( $HCl$  35%), 30 мл перекиси водорода ( $H_2O_2$  30%) и 770 мл воды ( $H_2O$ ).

Преимуществами этой методики являются высокая скорость травления и сравнительная химическая безопасность. Однако тщательное соблюдение мер безопасности при работе с химикатами, прежде всего с перекисью водорода, является очень важным.

Раствор соляной кислоты 35-процентной концентрации имеет острый запах, образует бесцветные пары, воздействующие на кожу и слизистые, разъе-

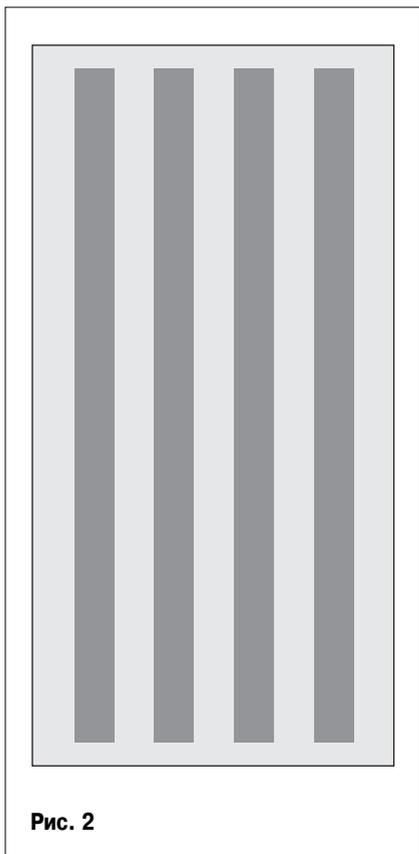
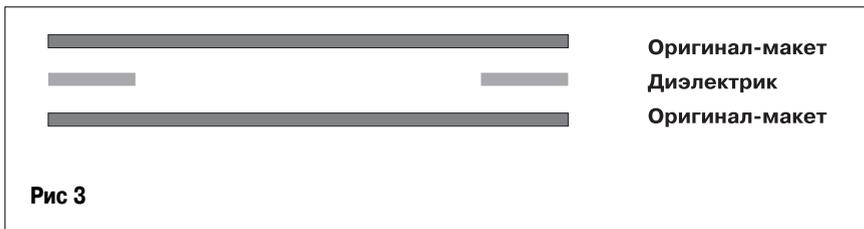


Рис. 2



дает одежду. Хранится раствор при низкой температуре в герметичных стеклянных или пластмассовых бутылках. Раствор  $H_2O_2$  30 % концентрации — бесцветная жидкость, не имеющая запаха, сильно воздействующая на кожу (вызывает появление светлых пятен и ощущение жжения). При попадании перекиси водорода на кожу, ее нужно немедленно промыть водой. Хранится раствор перекиси водорода в темных бутылках в прохладном месте. При разложении  $H_2O_2$  внутри бутылки генерируется избыточное давление. Раствор нельзя взбалтывать. Испорченный раствор выливается в канализацию после сильного разбавления.

Смесь имеет слегка острый запах, производит легкие пары и должна использоваться с особой осторожностью. Необходимо избегать любого контакта кожи с раствором, но если это произошло, зона воздействия раствора на кожу должна быть немедленно промыта. Смесь также воздействует на одежду и другие материалы, и избыточная осторожность в обращении не помешает. Необходимо также защищать глаза.

Плату фиксируют с помощью самоклеющейся ленты и погружают в ванну травления. Время травления очень зависит от перемешивания и температуры ванны и составляет приблизительно 10 минут в хорошо перемешанном и свежем растворе при комнатной температуре. Реакция ускоряется при нагреве ванны максимум до  $50^\circ C$ .

Затем платы необходимо промыть проточной водой. Раствор травителя может быть восстановлен добавлением  $H_2O_2$ . Оценка количества перекиси водорода, требуемого для восстановления травителя, осуществляется визуально: погруженная медная плата должна перекрашиваться из красного цвета в темно-коричневый. Образование пузырей в травителе сигнализирует об избытке  $H_2O_2$ , что ведет к остановке химической реакции травления. Это можно ис-

править добавлением  $HCl$ . Одного литра подготовленной смеси достаточно для травления приблизительно  $10\text{ м}^2$  медной поверхности при постоянном добавлении  $H_2O_2$ .

### Покрывание защитным лаком, золотом, серебром или оловом

Прежде всего нужно удалить остатки фотослоя. Лучше всего использовать для этого ацетон: печатная плата погружается в ацетон в течение приблизительно 15 секунд, при этом должен раствориться весь фотослой. Вы можете использовать ацетон многократно. После удаления остатков фотослоя плату надо вытереть сухой чистой тканью.

После этого вы можете покрыть вашу плату паяльным лаком для припоя. Это предотвратит окисление (зеленый налет). Лак PLASTIK в аэрозоле имеет преимущество — с ним легче паять. Для этого распылите тонкую пленку этого продукта на печатную плату и дайте высохнуть полностью. Это может занять некоторое время (от 1 до 2 часов).

Если вы хотите придать вашей печатной плате профессиональный вид, ее можно покрыть оловом. Если вы нуждаетесь в печатной плате для агрессивных сред, ее можно покрыть серебром или золотом. Такие химикаты для покрытия металлом имеются в продаже. В основном они представляют собой жидкости, в которых растворен металл. Все они содержат определенный вид кислоты, так что обращаться с ними нужно очень осторожно, используя резиновые перчатки и защищая глаза.

Сам процесс металлизации очень быстр, но требует некоторых мер предосторожности. Медь должна быть хорошо очищена. Кроме того, необходимо следить, чтобы другие продукты не попали в жидкость, которая очень чувствительна к другим химикалиям и даже к воде.

Наилучший способ следующий:

- удалить фотолак ацетоном;
- протереть плату сухой чистой тканью;
- погрузить плату в изопропиловый спирт для удаления жировых пятен;
- снова вытереть плату сухой чистой тканью;
- ополоснуть плату водой;
- снова вытереть плату сухой чистой тканью;
- поместить плату в электролит и оставить ее там в течение одной-двух минут;
- ополоснуть плату водой;
- немедленно вытереть насухо, так как плата очень быстро окислится, если этого не сделать;

- теперь можно нанести защитный лак.

В результате у вас получится печатная плата, готовая к сверлению.

Если посмотреть на коммерческую печатную плату, подобную той, которая стоит в телевизоре, то можно отметить, что расположение компонентов изображено на печатной плате. Процесс, используемый в промышленном производстве печатных плат, довольно трудно воспроизвести дома, так как там применяются сеткотрафаретная печать и фотоотверждаемые краски. Но вы можете использовать пленки соответствующего типа, которые имеются в продаже.

### Изготовление двухсторонних печатных плат

При изготовлении двухсторонних печатных плат методом, описанным выше для односторонних плат, существует одна проблема. Поскольку плата непрозрачна, невозможно увидеть, как совмещаются рисунки с двух сторон.

Один из простых способов обойти эту проблему заключается в следующем. Изготовьте две полоски фольгированного диэлектрика шириной приблизительно 10–15 см и длиной чуть больше длины печатной платы. Истинные размеры полосок не имеют значения, необходимо зафиксировать только толщину. После этого приготовьте двухстороннюю плату с пленкой фоторезиста с обеих сторон. Для

---

этого на одну сторону будущей печатной платы наносится фоторезист. Далее пленка фоторезиста сушится в течение 10 минут при 40°C. Потом плата переворачивается и на другую сторону платы также наносится фоторезист. Сушить плату нужно при температуре 70–80 °С в течение 15 минут.

Теперь два оригинал-макета помещаются друг на друга печатной стороной внутрь и точно совмещаются. Подрежьте их ножницами или скальпелем до требуемого размера. Необходимо помнить, что вокруг чертежа нужно оставить границу по крайней мере в 25 мм. Теперь верхний оригинал-макет снимается, и две полоски приготовленного фольгированного диэлектрика помещаются между этими двумя оригинал-макетами (рис. 3).

Совместите оригинал макеты и приклейте их к полоскам фольгированного диэлектрика куском липкой ленты. Продвиньте аккуратно между оригинал-макетами искомую печатную плату с нанесенным с двух сторон фоторезистом. Совмещение рисунков будет хорошее. Теперь вы можете экспонировать, проявлять и травить получившуюся двухстороннюю печатную плату как одностороннюю.

## **Межслойные соединения**

Как соединить две стороны печатной платы друг с другом? Имеется множество способов.

Можно использовать куски провода и пропустить их через отверстия. Лучше взять специальные медные штырьки с ободком, которые можно приобрести. Этот метод имеет недостаток, поскольку невозможно поместить компонент в отверстие.

При проектировании двухсторонней печатной платы нужно попробовать сделать так, чтобы межслойные связи образовались непосредственно в составляющих штырьках компонентов. Тогда можно просто припаять вывод компонента с обеих сторон и, таким образом, иметь связь двух сторон.

Если использовать гнезда для интегральных схем с обработанными на станке контактами, то эту методику можно применять даже для штырьков интегральной схемы. В промышленности это делается путем химического осаждения металла в отверстиях.

Получить консультацию по технологии и приобрести фоторезисты, заготовки светочувствительных печатных плат и расходные материалы вы можете, обратившись в ЗАО «Фраст-М» по тел. (095) 530-78-88, e-mail: info@frast.ru.