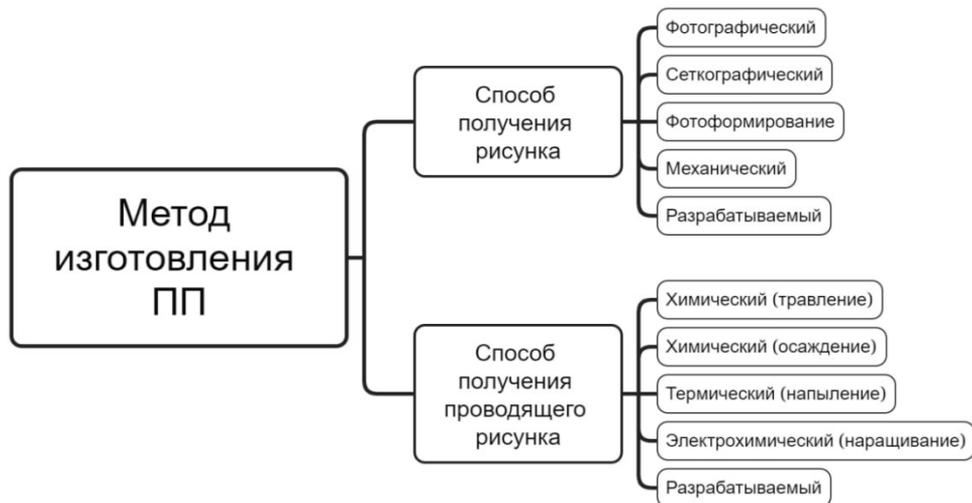


## 1.5. СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ РИСУНКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

**Цель лекции:** рассмотрение способов получения рисунка печатной платы с указанием сущности способа, основных этапов процесса, используемых в процессе материалов, инструментов и установок, а также получаемой точности воспроизведения рисунка.

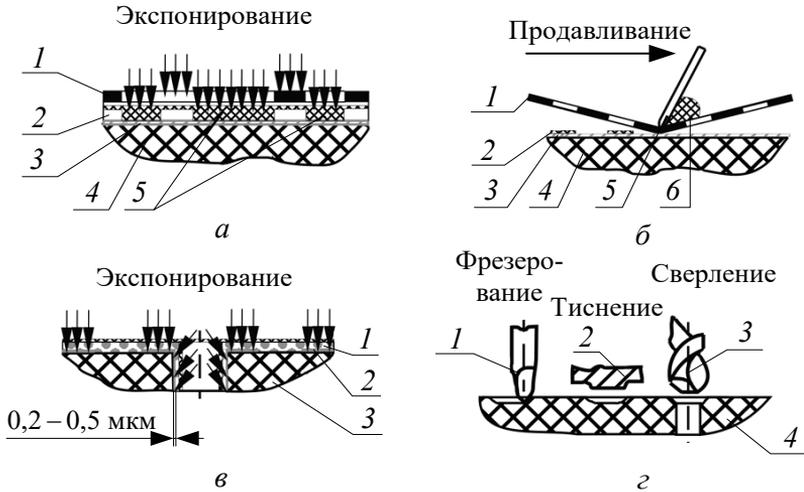
### 1.5.1. АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ РИСУНКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Большинство промышленных методов изготовления ПП включают два основных этапа: получение рисунка схемы и придание ему проводящих свойств (проводящий рисунок). Зная способы получения рисунка и проводящего рисунка, их разрешающую способность, уровень механизации, можно выбрать один из известных методов изготовления ПП или синтезировать новый метод для заданного класса точности ПП и объема выпуска. На рис. 1.20 предлагается системный подход к анализу способов получения рисунка и проводящего рисунка ПП, для дальнейшего синтеза их в том или ином методе изготовления платы. Рассмотрим способы получения рисунка печатной схемы.



**Рис. 1.20.** Системный подход к анализу способов получения рисунка и проводящего рисунка ПП

Схемы основных способов представлены на рисунке 1.21.



**Рис. 1.21.** Схемы способов получения рисунка:

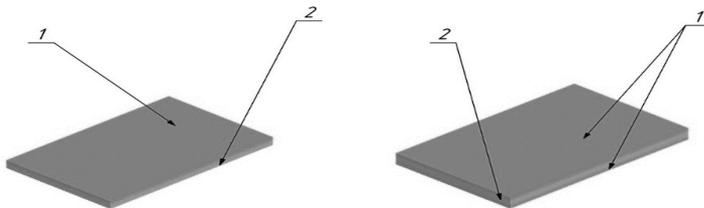
*а* – фотографический способ (*1* – фотошаблон; *2* – фоторезист; *3* – медная фольга; *4* – основание ПП; *5* – маска (экспонированные участки фоторезиста));

*б* – сеткографический способ (*1* – сетчатый трафарет; *2* – маска из краски; *3* – медная фольга; *4* – основание ПП; *5* – ракель; *6* – запас краски);

*в* – способ фотоформирования (*1* – водный раствор солей металлов; *2* – тонкий (0,2–0,5 мкм) проводящий рисунок; *3* – основание ПП – нефольгированный диэлектрик);

*г* – механический способ (*1* – фреза; *2* – пуансон; *3* – сверло; *4* – основание ПП – нефольгированный диэлектрик)

Материалом, на котором формируется печатная плата, чаще всего является фольгированный стеклотекстолит (рис. 1.22). Фольгированный стеклотекстолит представляет собой слоистый прессованный материал, изготовленный на основе ткани из стеклянного волокна, пропитанной термореактивным связующим, и покрытый с одной или двух сторон слоем меди толщиной 35 или 18 мкм.



**Рис. 1.22.** Виды стеклотекстолита: односторонний текстолит (слева) и двусторонний текстолит (справа). 1 – металлическая фольга; 2 – стеклотекстолит.

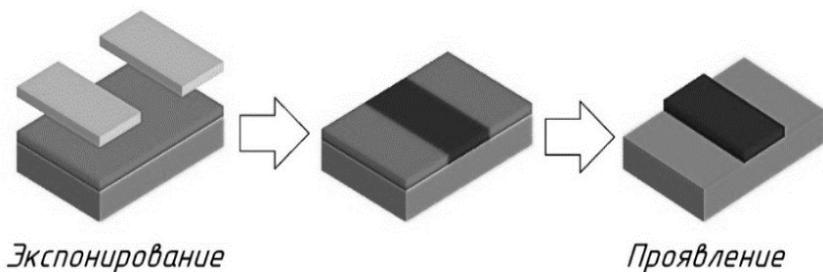
### 1.5.2. ФОТОГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ РИСУНКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

**Фотографический способ** (рис. 1.21, *a*). Сущность способа – перенос изображения печатной схемы с инструмента – фотошаблона на заготовку ПП, поверхность которой покрыта светочувствительным слоем фоторезиста. Экспонирование осуществляется методом контактной печати, т. е. фотошаблон без зазора совмещен с заготовкой ПП (обрезанный под размер и обезжиренный фольгированный стеклотекстолит). Заготовку и фотошаблон ориентируют друг относительно друга с помощью базовых отверстий и штырей приспособления. В этом случае с фотошаблона на заготовку переносится изображение реперных знаков, относительно которых на заготовке получают пробивкой или сверлением базовые отверстия для использования их на последующих операциях, например при сверлении монтажных отверстий. Засвеченные участки фоторезиста проявляют и задубливают. На поверхности заготовки ПП образуется позитивная маска при использовании негативного фотошаблона и наоборот. Точность воспроизведения рисунка  $\pm 0,03$  мм определяется точностью фотошаблона  $\delta = \pm 0,005 \div \pm 0,01$  и погрешностями при экспонировании (дифракция) и задубливании (размытие границ) изображения. В качестве светочувствительного слоя используют сухой пленочный фоторезист (СПФ) толщиной 20; 40; 60 мкм, наносимый механически на тщательно подготовленную (промывка, травление) поверхность заготовки.

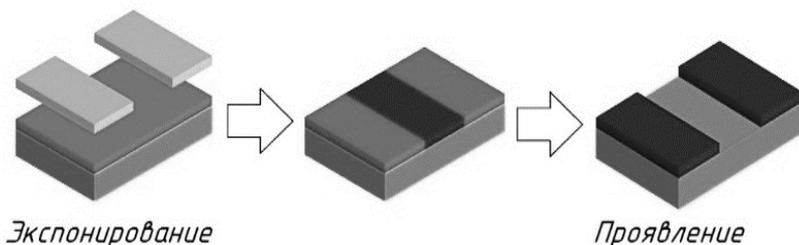
Фоторезист является светочувствительным материалом, применяемым в планарно-эпитаксиальной технологии и технологии ПП для формирования рельефного покрытия заданной конфигурации и защиты нижележащей поверхности от воздействия технологических сред в процессе изготовления платы. Для того чтобы фоторезист выполнил защитную функцию, необходимо обеспечить качественную адгезию, то есть надежное сцепление поверхностных слоев фоторезиста и меди между собой. Для этого в первую очередь надо тщательно зачистить, промыть, обезжирить и просушить поверхность заготовки из фольгированного стеклотекстолита.

Особенность этих материалов заключается в том, что при воздействии светового потока с определенной длиной волны, в слое фоторезиста начинают проходить химические реакции для получения прочного нерастворимого материала, или наоборот разрушения связей между молекулярными группами и растворение полимера. По реакции на воздействие светового излучения фоторезисты делятся на негативные и позитивные.

Негативные фоторезисты (рис. 1.23) под действием света (в процессе экспонирования) образуют нерастворимые соединения; позитивные фоторезисты (рис. 1.24) при обработке светом образуют растворимые соединения.



**Рис. 1.23.** Пример обработки негативного фоторезиста



**Рис. 1.24.** Пример обработки позитивного фоторезиста

Следовательно, при проявке (экспонировании) засвеченный позитивный фоторезист смывается, а негативный оставляет маску засвеченного проводящего рисунка.

По способу нанесения на поверхность фоторезисты разделяют на жидкие и сухие. Жидкий фоторезист наносится при помощи центрифуги или выпускается в аэрозольной упаковке. Сухой пленочный фоторезист представляет собой полимерную пленку, защищенную с двух сторон защитными светонепроницаемыми плёнками.

При помощи фотографического способа в лабораторных условиях возможно получить рисунок 3 класса точности. В условиях специализированного производства этот способ позволяет получить высокие точность и плотность монтажа, характерные для 4 и 5 классов точности.

### 1.5.3. СЕТКОГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ РИСУНКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

**Сеткографический способ** (рис. 1.21, б). Сущность способа – перенос изображения печатной схемы с инструмента – сетчатого трафарета на заготовку ПП путем продавливания краски. В исходном состоянии трафарет находится на небольшом расстоянии от поверхности заготовки, а в зоне продавливания краски соприкасается с ней. Продавливание краски осуществляется специальным шпателем (ракелем), перемещаемым вручную или автоматически вдоль поверхности трафарета. В результате продавлива-

ния на поверхности заготовки образуется маска из краски, которую сушат на воздухе или в камере. Точность воспроизведения рисунка  $\pm 0,1$  мм зависит от точности линий на сетчатом трафарете  $\delta = \pm 0,01 \div \pm 0,07$ ; материала сетки (шелк, нейлон, металл) и размера её ячеек; свойств краски (основа: винил, масляная краска, целлюлозные и асфальтовые лаки); подтекания краски (вязкость) и смазывания (оттенения) изображения. Заготовку ПП ориентируют с помощью базовых отверстий на штифтах, а сетчатый трафарет – на раме устройства трафаретной печати.

Данный метод обеспечивает высокую производительность и экономичен в условиях массового производства.

#### 1.5.4. СПОСОБ ФОТОФОРМИРОВАНИЯ РИСУНКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

**Способ фотоформирования** (рис. 1.21, в). Сущность способа – восстановление под действием УФ-излучения на поверхности нефольгированного основания заготовки ПП ионов металлов из водных растворов солей металлов на базе фотохимической реакции. В результате образуется рисунок в виде металлической пленки толщиной 0,2–0,5 мкм. При экспонировании металлическая пленка может быть получена и на стенках металлизированных отверстий. После химической подготовки поверхности нефольгированного диэлектрика с поверхностным адгезионным слоем на нее наносят водный раствор солей металлов и высушивают его. В результате экспонирования рисунка с помощью фотосаблона или лучом лазера на поверхности диэлектрика и в отверстиях восстанавливаются ионы металла, прочно сцепленные с подложкой. Для способа фотоформирования характерна высокая разрешающая способность изображения, так как толщина светочувствительного слоя чрезвычайно мала.

#### 1.5.5. МЕХАНИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ РИСУНКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

**Механический способ** (рис. 1.21, г). Сущность способа – получение рисунка печатной схемы в объеме диэлектрического основания ПП путем механического или термического воздействия на материал. Технологически отработанным методом механического воздействия является фрезерование нефольгированного диэлектрика с образованием рельефа ( $\delta = \pm 0,05$ ). Монтажные и переходные отверстия получают сверлением с двух противоположных сторон заготовки ПП. При этом соосность отверстий должна находиться в пределах 0,1 мм. В качестве инструментов применяют твердосплавные резцы (фрезы) с трехгранной, полукруглой и лопаточной заточкой и твердосплавные сверла. В качестве оборудования используют сверлильные станки с ЧПУ с числом шпинделей от одного до четырех. Необходима

высокая точность базовых отверстий заготовок ПП. При ширине рельефных проводников 0,125–0,127 мм возможна прокладка их с шагом  $t_c = 0,25$  мм. Переходные отверстия должны находиться в пределах ширины рельефного проводника. Менее распространен метод выдавливания (тиснения) рельефа в диэлектрическом основании. Рисунок рельефа на плате-пуансоне получают лазерным фрезерованием на оборудовании с ЧПУ. Перед тиснением рельефа диэлектрическую заготовку подогревают. При лазерном «фрезеровании» рельефа на основании ПП применяют оборудование с ЧПУ, погрешность линий не превышает 0,01 мм, а погрешность по глубине – 0,008 мм.

### **1.5.6. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ РИСУНКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЛУТ**

**Лазерно-утюжная технология**(ЛУТ) получила широкое распространение в лабораторных условиях, поскольку она не требует специализированного оборудования. В данной технологии рисунок будущей маски печатается при помощи лазерного принтера на термотрансферной бумаге или простой глянцеваы бумаге. От качества печати зависит точность будущего рисунка. Конструктивной особенностью лазерного принтера является термический перенос изображения с разогретого вала на конечный носитель изображения. Распечатанный рисунок маски накладывается на очищенную поверхность фольгированного диэлектрика тонером вниз. Бумага прижимается к заготовке при помощи разогретого бытового утюга, тонер расплавляется и смачивает поверхность заготовки, прилипая к ней. При прекращении нагрева тонер застывает, образуя рисунок на поверхности фольгированного стеклотекстолита. Бумага удаляется путем размачивания в воде. Оставшийся на поверхности тонер является маской. Данная технология позволяет стабильно получать проводящий рисунок 3 класса точности при оценке ширины дорожек проводящего рисунка.

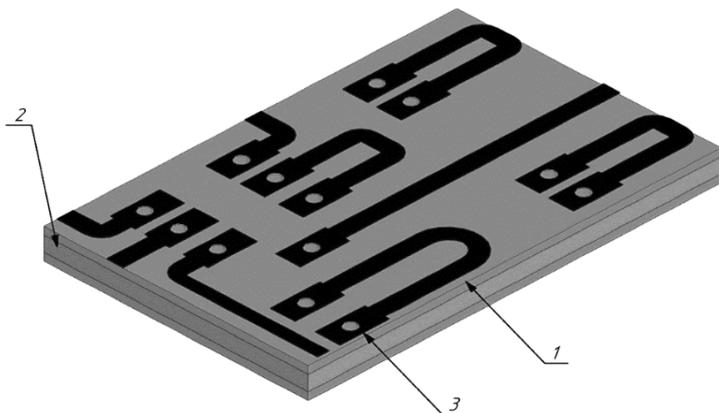
Технология изготовления печатных плат – одна из основ производства ЭА и её узлов. В серийном производстве отлажены методы, которые позволяют производить однослойные и многослойные ПП высокой точности с металлизированными переходными отверстиями, однако внедрять автоматизированные линии выгодно только при массовом производстве. Поэтому себестоимость изготовления даже самых простых плат в заводских условиях высокая. Но даже в производстве при массовом выпуске изделий часто возникает необходимость доработки или усовершенствования конструкции изделия, проведения опытной партии.

Существует ряд задач, требующих изготовления печатных плат не серийного производства:

- Макетирование ЭА и её узлов на различных этапах проектирования и отладки;
- Изготовление плат для штучного изготовления аппаратуры по частным заказам;
- Изготовление плат в радиокружках, учебных заведениях, научно-исследовательских лабораториях.

В вышеуказанных ситуациях решением могут стать различные технологии изготовления печатных плат, применяемые в домашних условиях и лабораторных условиях для опытного производства.

Наиболее нетребовательными к технологическим ресурсам методом изготовления рисунка на фольгированном диэлектрике являются методы нанесения перманентным маркером вручную (рис 1.25). Также перманентный маркер часто используется для прорисовывания плохо перенесенного рисунка, полученного лазерно-утюжной технологией или фотографическим способом в лабораторных условиях (такое случается при плохой подготовке фольгированного стеклотекстолита или при использовании некачественных материалов).



**Рис. 1.25.** Нанесение рисунка ПП при помощи маркера:

1 – металлическая фольга; 2 – стеклотекстолит; 3 – рисунок, образованный маркером.

Выбор промышленного способа получения рисунка зависит от требований к плате, ее сложности и требуемой точности, наличия металлизированных отверстий. Фотографический способ и способ формирования наиболее точные и подходят для создания сложных деталей. Сеткографический способ подходит для создания крупных элементов. Механический способ подходит для создания простых печатных плат с небольшим количеством компонентов.

## Тесты к лекции 1.5

1. Чем определяется точность воспроизведения рисунка ПП  $\pm 0,3$  мм?
  - а) Точностью фотошаблона и погрешностями при экспонировании (дифракция) и задубливании (размытие границ) изображения;
  - б) Точностью фотошаблона;
  - в) Погрешностями при экспонировании (дифракция) и задубливании (размытие границ) изображения.
  
2. Отметьте ответ, подходящий под описание: представляет собой полимерную пленку, защищенную с двух сторон защитными светонепроницаемыми плёнками.
  - а) Сухой пленочный фоторезист;
  - б) Жидкий фоторезист;
  - в) Фоторезист.
  
3. Продавливание краски при сеткографическом способе получения рисунка ПП осуществляется:
  - а) Шпателем (ракелем);
  - б) Руками;
  - в) Пинцетом.
  
4. Какой способ позволяет получить металлическую пленку на стенках отверстий?
  - а) Способ фотоформирования;
  - б) Механический способ;
  - в) Сеткографический способ.
  
5. Технологически отработанным методом механического воздействия при механическом способе получения рисунка ПП является:
  - а) Фрезерование нефольгированного диэлектрика с образованием рельефа;
  - б) Экспонирование рисунка с помощью фотошаблона или лучом лазера;
  - в) Лазерное фрезерование на оборудовании с ЧПУ.