

# Травление печатных плат

## и регенерация травильных растворов

**Современная аппаратура связи и другие электронные устройства приобретают все меньшие размеры при выполнении все большего числа функций. При этом возрастают плотности упаковки элементов и самих печатных плат, на которые они монтируются. Чтобы не отстать от элементной базы с увеличенным числом вводов/выводов, необходимо обеспечивать рисунок разводки с более узкими зазорами между проводниками. Уже сегодня в коммутационных платах для монтажа неупакованных кристаллов требуется ширина проводников 20 мкм и более короткая длина разводки. Уменьшение шага между проводниками позволяет размещать большее число проводников между контактными площадками для осуществления разводки от модуля ИС, что позволяет уменьшать число требуемых отверстий и слоев. Меньшая длина проводников позволит перейти к более высоким частотам на плате, что важно для работы, например, мобильных телефонов и вычислительной техники.**

**Валентин Терешкин,**  
к. т. н.  
**Жанетта Фантгоф,**  
к. т. н.  
**Лилия Григорьева**

info@elmaru.com

В настоящее время большинство печатных плат изготавливаются субтрактивным способом, как правило, с применением процесса травления распылением (струйного травления). Эта технология основана на эффективном массо-переносе травящих агентов к подлежащей травлению поверхности. Осуществление этой задачи становится все труднее по мере уменьшения ширины зазоров между проводниками. Предельные возможности контролируемого процесса травления достигаются при приближении ширины зазоров к 75–50 мкм, в зависимости от толщин меди и резиста. Скорость и направление травления строго определяются соотношением ширина/глубина зазора. Если начальная глубина зазора равна толщине резиста, то по мере травления глубина будет увеличиваться, и конечное ее значение будет зависеть от толщины травливаемой меди.

В областях с широкими зазорами поток травителя может легко проникать в полость зазора и обеспечивать эффективное травление. На участках же с узкими зазорами массо-перенос будет затруднен и значительно снижена скорость травления. Именно поэтому все факторы, влияющие на интенсификацию процесса подачи травильного раствора в зону травления, определяют качество травления. В зарубежной практике принято оценивать качество травления с помощью показателя, который называется фактором травления. На рис. 1 схематически представлено поперечное сечение проводников после травления. Приведем формулу расчета фактора травления:

$$\Phi = \frac{2(F + G)}{(D - d)},$$

где  $\Phi$  — фактор травления,  $F$  — толщина фольги,  $G$  — толщина гальванической меди,  $D$  — размер проводника на диэлектрике,  $d$  — размер проводника на поверхности.

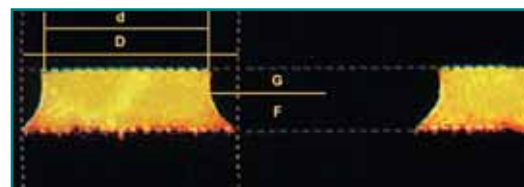


Рис. 1. Поперечное сечение проводников после травления

На фактор травления влияют:

- химические свойства раствора и режимы процесса;
- конструкция оборудования.

Рис. 2 и 3 иллюстрируют зависимость фактора травления от конструкции форсунок и типа осцилляции коллекторов с форсунками.

При травлении распылением на конвейерной установке существует также значительное различие

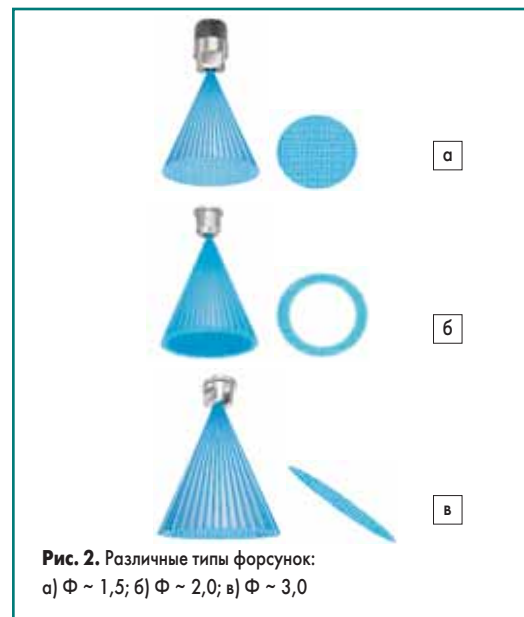


Рис. 2. Различные типы форсунок:  
а)  $\Phi \sim 1,5$ ; б)  $\Phi \sim 2,0$ ; в)  $\Phi \sim 3,0$

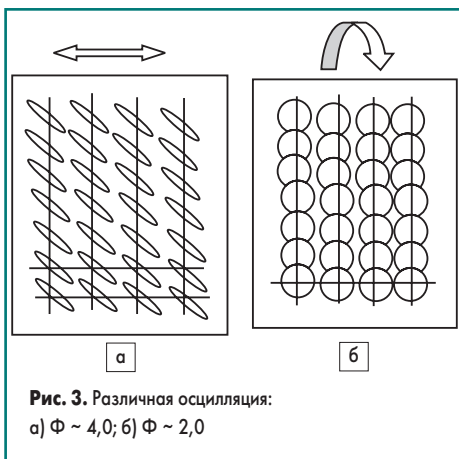


Рис. 3. Различная осцилляция:  
а)  $\Phi \sim 4,0$ ; б)  $\Phi \sim 2,0$

в условиях обработки между верхней и нижней сторонами панели, так как при прохождении через горизонтальную камеру травления продукты травления и сам травитель задерживаются на верхней стороне заготовки. На нижней стороне эта проблема отсутствует, поскольку раствор сразу же падает вниз под действием силы тяжести, что способствует более равномерному воздействию свежего травителя.

Плохое соотношение скоростей травления для участков с высокой и низкой плотностью монтажа или с разными зазорами между проводниками, а также между двумя сторонами панели ведет к снижению качества процесса.

Для того чтобы не отставать от новых требований, предъявляемых к травлению, оборудование струйного травления совершенствовалось в направлениях, позволяющих уменьшить разброс скоростей травления и повысить общую точность формирования прецизионного рисунка, оптимизировались конструкции и способ движения форсунок, давление распыления. С этими усовершенствованиями удается получать рисунок с шириной линий и зазоров 75–50 мкм при приемлемом выходе годных.

Однако качество выполнения процесса травления и достигаемые характеристики в значительной степени определяются также составом применяемых травителей и режимами травления.

Травление меди может осуществляться в различных кислых и щелочных растворах. При выборе травителя необходимо в первую

очередь обратить внимание на совместимость травильного раствора с травильным резистом. Так, например, такие металлорезисты, как олово или олово–свинец, совместимы со щелочными травителями и кислым травителем на основе перекиси водорода (или персульфата) и серной кислоты.

Щелочеснимаемые фоторезисты и краски совместимы со всеми кислыми травителями.

В настоящее время подавляющее число производителей печатных плат используют кислые и щелочные травители на основе хлорной меди, поскольку они отвечают главным требованиям производителей ПП:

- имеют высокую скорость травления;
- обеспечивают хорошее качество;
- не воздействуют на защитный рисунок;
- поддаются регенерации, а значит, имеют длительный срок службы.

Ниже рассмотрены основные закономерности процессов травления на примере щелочного травильного раствора.

Назначение процесса щелочного травления — обеспечить растворение участков меди, не покрытых металлорезистом (оловом, сплавом олово–свинец, серебром).

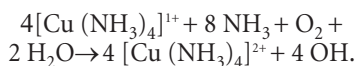
Компоненты раствора и их назначение:

- $\text{Cu}^{2+}$  — служит окислителем и реагирует с металлической медью, растворяя ее;
- $\text{NH}_4\text{OH}$  — служит комплексообразователем, сохраняя растворимость стравленной меди;
- $\text{NH}_4\text{Cl}$  — ускоряет процесс травления, увеличивает стабильность раствора.

В процессе травления незащищенная медь с печатной платы с помощью окислителя переходит в ионное состояние и соединяется с гидроксидом и хлоридом аммония, образуя раствор медно-аммиачного комплекса, который после окисления воздухом обеспечивает растворение меди.

Реакции, проходящие при травлении, в общем виде выглядят следующим образом:

- окисление металлической меди
- $$\text{Cu} + [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightarrow 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{1+},$$
- окисление медного комплекса воздухом



Составы применяемых растворов варьируются, но оптимальным можно считать следующий состав:

- медь в виде аммиачного комплекса (по металлу) — 80–100 г/л;
- аммоний хлористый — 40–100 г/л;
- аммиак водный или сжиженный — 5–20 г/л.

В качестве компонента, стабилизирующего рН раствора, вводят углеаммонийные соли.

Условия эксплуатации:

- рабочая температура — 40–45 °С;
- рН — 8,2–8,8 (при 45 °С);
- плотность раствора — 1,13–1,17 г/см<sup>3</sup>.

После травления обязательна промывка раствором аммиака или аммонийно-аммиачная промывка для полного растворения и удаления продуктов травления с поверхности ПП.

Скорость травления сильно зависит от концентрации меди в растворе и температуры. Как видно из рис. 4, при слишком малом и слишком большом содержании меди в растворе происходит резкое изменение скорости травления, что является показателем нестабильности процесса, неприемлемой для эксплуатации. Рабочей является зона в области от 80 до 100 г/л меди по металлу.

Значительно влияет на процесс травления температура раствора (рис. 5). С повышением температуры скорость травления повышается, но ее ограничивает разложение аммиачного комплекса.

Значение рН почти не влияет на скорость травления, но значительно влияет на растворяющую способность хлористого аммония, т. е. его способность связывать медь в комплекс.

Особенностью процесса является то, что при его выполнении кроме вертикального травления меди (по глубине) неизбежно идет процесс горизонтального, т. е. бокового травления, приводящего к искажению профиля проводника.

Это явление называют боковым подтравливанием.

На величину бокового подтравливания влияет ряд факторов: химические свойства раствора, конструкция оборудования, режим проведения процесса.

Выше говорилось, что рН щелочного меднохлоридного раствора не слишком сильно влияет на скорость травления, но он значи-



Рис. 4. Зависимость скорости травления от концентрации меди в растворе

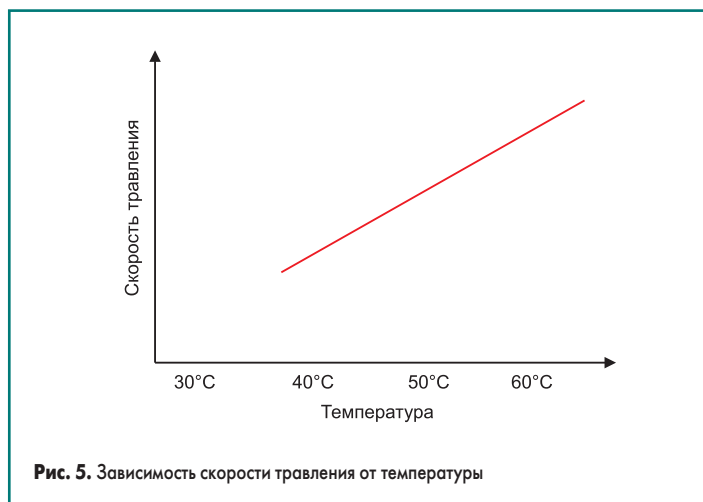
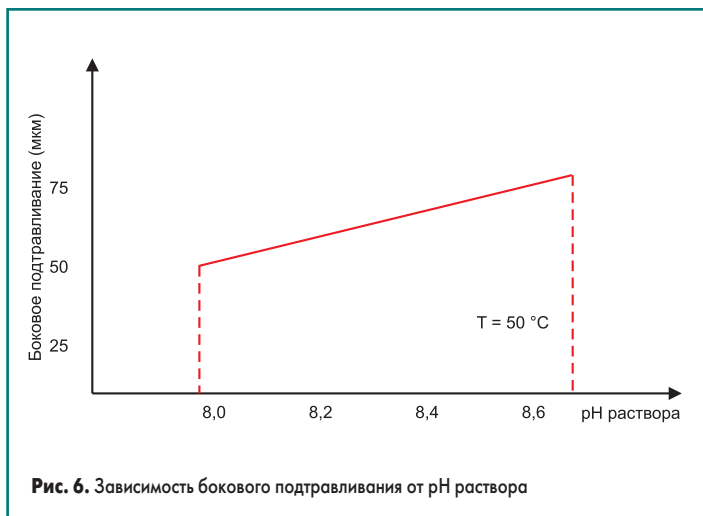
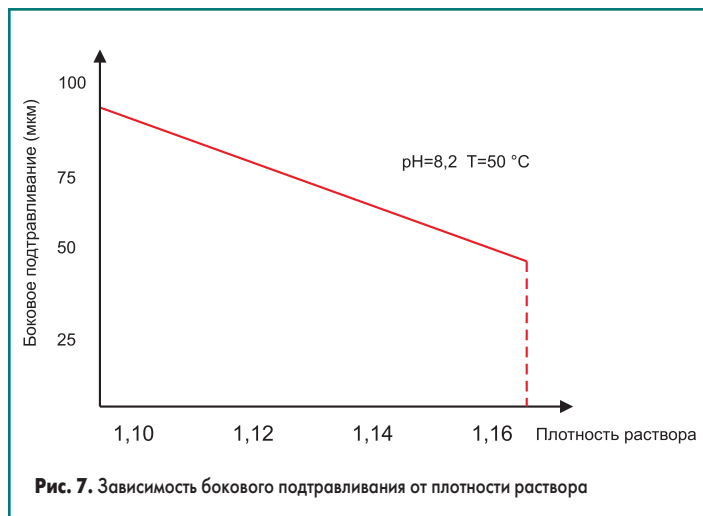


Рис. 5. Зависимость скорости травления от температуры


**Рис. 6.** Зависимость бокового подтравливания от pH раствора

**Рис. 7.** Зависимость бокового подтравливания от плотности раствора

тельно влияет на боковое подтравливание проводящих элементов схемы (рис. 6). Аналогичный результат получается и при изменении плотности раствора (рис. 7).

Боковое подтравливание является важным показателем процесса травления и приобретает тем большее значение, чем более узкие проводники необходимо выполнять на плате. Поэтому глубину подтравливания необходимо контролировать. Наиболее точный контроль бокового подтравливания — это контроль по шлифам.

В ходе процесса травления состав раствора меняется, в нем накапливается медь, плотность увеличивается. Для поддержания параметров процесса на постоянном уровне необходимо восстановление травящей способности раствора, т. е. его регенерация.

Различают химическую и электрохимическую регенерацию.

**Химическая регенерация** состоит в том, что при достижении заданной плотности травильного раствора часть его сливается и в установку вводится раствор, содержащий только хлористый аммоний и аммиак. При необходимости корректировки pH вводится газообразный (сжиженный) или водный раствор аммиака.

Сливаемый с установки в результате химической регенерации раствор содержит большое количество меди. Ее необходимо извлекать, т. е. утилизировать.

Существует химический способ утилизации меди. При его выполнении отработанный травильный раствор помещают в аппарат, нагревают до температуры 75–85 °С и при постоянном перемешивании вводят в него раствор щелочи до получения pH 12–13. При этом медь осаждается в виде окиси. Ее отфильтровывают, промывают и сушат.

Такая система утилизации меди достаточно трудоемка и связана с загрязнением окружающей среды применяемыми химикатами. Поэтому наибольшее развитие получил другой способ регенерации травильного раствора, сочетающий регенерацию травящей способности раствора с утилизацией меди.

**Электрохимическая регенерация** совмещает оба процесса: регенерацию, т. е. восстановление травящей способности раствора, и утилизацию из него стравленной меди.

В связи с разработками систем электрохимической регенерации возник интерес к сульфатным медноаммиачным травителям, и связано это с тем, что они позволяют полностью исключить проблему возможного выделения хлора на аноде при проведении электролиза.

Однако поскольку скорость травления в нем существенно ниже, чем в хлоридном медноаммиачном травителе, в его состав вводятся специальные катализаторы.

При работе с сульфатным травителем надо знать, что:

- скорость травления в нем повышается пропорционально повышению температуры и при повышении температуры от 45 до 65 °С возрастает почти вдвое. Но с учетом гарантийной устойчивости конструктивных материалов оборудования она должна быть не выше 55 °С;
- скорость травления резко растет с увеличением содержания меди. Но при повышении содержания меди свыше 105–110 г/л по металлу из раствора может выпадать труднорастворимый осадок.

Для регенерации сульфатного травителя СПбЦ «ЭЛМА» разработал и изготавливает установку электрохимической регенерации.

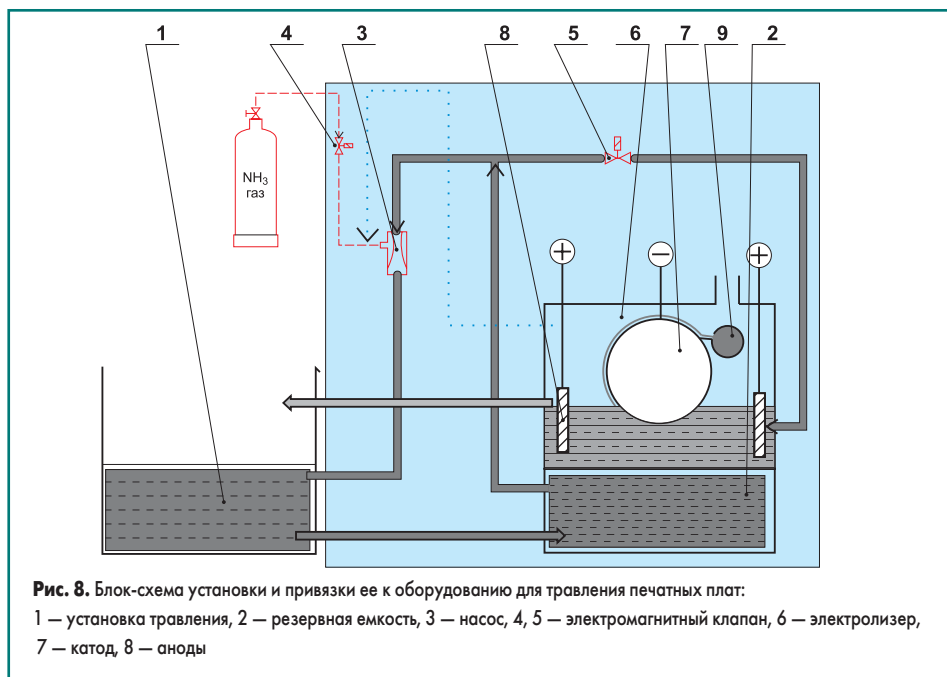
Установка предназначена для поддержания на постоянном уровне характеристик раствора травления меди и одновременно для утилизации меди, накапливаемой в растворе в ходе процесса.

Конструктивная особенность электролизера регенератора состоит в том, что катод электролизера выполнен в виде барабана, погруженного в травильный раствор и вращающегося со скоростью, необходимой для электрохимического осаждения меди из раствора в виде металлического порошка. Это позволяет автоматически выгружать утилизированную медь из электролизера в приемник с помощью шнекового устройства.

На рис. 8 приведена блок-схема установки и привязки ее к оборудованию для травления печатных плат.

При эксплуатации травильный раствор из установки травления 1 поступает в резервную емкость 2, из которой с помощью насоса непрерывно циркулирует по контуру: емкость 2 — установка травления 1. Емкость оснащена устройствами для контроля и регулирования pH и плотности раствора травления.

При снижении pH ниже заданного значения в контур непрерывной циркуляции тра-


**Рис. 8.** Блок-схема установки и привязки ее к оборудованию для травления печатных плат:

1 — установка травления, 2 — резервная емкость, 3 — насос, 4, 5 — электромагнитный клапан, 6 — электролизер, 7 — катод, 8 — аноды



Рис. 9. Установка регенерация раствора травления печатных плат

вильного раствора подается газообразный аммиак до тех пор, пока pH не достигнет необходимого значения.

При повышении плотности травильного раствора до предельно заданного значения насыщения медью раствор травления подается в электролизер. При прохождении тока на катоде происходит осаждение меди, благодаря чему снижается плотность раствора и восстанавливается его травящая способность.

Медный порошок с помощью скребка автоматически снимается с катода и сыпается в желоб шнекового устройства, с помощью которого выгружается из электролизера в приемник.

На аноде при прохождении тока происходит восстановление травящих свойств раствора путем окисления одновалентной меди, образовавшейся в растворе при травлении печатных плат, до двухвалентной. Наряду с этим на аноде выделяется кислород, который вместе с прочими газами (аммиак, азот) отсасывается из электролизера и при пропускании через травильный раствор также окисляет одновалентную медь до двухвалентной, регенерируя раствор.

Раствор из электролизера, обедненный медью, самотеком сливается в установку травления печатных плат и снижает концентрацию меди в рабочем растворе. Процесс в электролизере продолжается до тех пор, пока концентрация меди в травильном растворе не достигнет за-

данного нижнего предела. Производительность установки регенерации до 2 кг меди в час.

На рис. 9 представлены фрагменты установки. При использовании электрохимического регенератора достигаются:

- возможность использования одного раствора без замены в замкнутом цикле;
- утилизация меди и исключение сбросов медьсодержащего раствора на очистные сооружения;
- автоматическая выгрузка выделенной из раствора меди;
- полная автоматизация процесса регенерации;
- улучшение условий труда.

Регенератор может быть подсоединен к любой установке травления.



## Автоматические линии металлизации печатных плат

# «Элгамет»

Предназначены для выполнения химико-гальванических процессов:

- химического меднения
- прямой металлизации
- перманганатной очистки отверстий МПП
- подготовки слоев МПП перед прессованием
- гальванического меднения и нанесения металлорезистов
- нанесения финишных покрытий (химический никель – иммерсионное золото, органическое защитное покрытие – ОЗП и пр.)





ООО Санкт-Петербургский центр «ЭЛМА (Электроник Менеджмент)»  
 195197, Санкт-Петербург, Полостровский пр., д. 5  
 Тел.: (812) 541-9106, факс: (812) 320-2957  
 Интернет: [www.elmaru.com](http://www.elmaru.com)  
 E-mail: [info@elmaru.com](mailto:info@elmaru.com), [vtresh@elmaru.com](mailto:vtresh@elmaru.com)