

Печатные платы.

Гальваническое осаждение металлов резисторов

В производстве печатных плат широко используется травление рисунка по металлов резисторам — металлам, защищающим медь от растворения в определенных травящих растворах. Металлов резисторы гальванически наносят на медный рисунок вслед за основным электрохимическим меднением в общей гальванической линии. Наряду с защитой от травления металлов резисторы несут еще одну важную функцию: они служат покрытием под пайку или в ряде случаев — под микросварку. В тех случаях, когда для обеспечения пайки используются другие финишные покрытия (например, иммерсионные [1]), металлов резисторы нужно удалять. Поэтому они должны обладать способностью к избирательному растворению приемлемыми химическими способами. Так или иначе, все эти требования должны быть удовлетворены при выборе металлов резисторов.

Аркадий Медведев,
д. т. н., профессор МАИ

Металлов резисторы сочетаются с определенными травящими растворами, как показано в таблице 1, где представлены наиболее распространенные сочетания травящих растворов и материалов, используемых в производстве электроники [2, 3]. Конечно, список травящих растворов можно продолжить [4]. Особенно это актуально для технологий печатных плат со встроенными пленочными компонентами [5], например, для формирования резисторов из двуслойной фольги медь-нихром, когда нужно травить медь, не трогая нихром, и нихром, не трогая меди. Или травить и то и другое вместе. Но об этом — в другой статье.

Ко всему прочему нужно иметь в виду, что при травлении меди по металлов резистору происходит не только химическое растворение подложки,

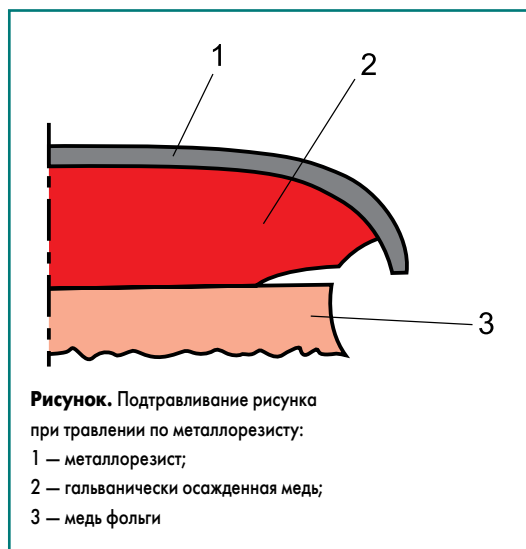


Рисунок. Подтравливание рисунка при травлении по металлов резистору:
1 — металлов резистор;
2 — гальванически осажденная медь;
3 — медь фольги

но и электрохимический процесс подтравливания гальванической пары металлов резистор-медь (рисунок).

Таблица 1. Травители для различных материалов

Травитель	Материал												
	Алюминий (Al) и его сплавы	Свинец (Pb)	Золото (Au)	Железо (Fe) и его сплавы	Медь (Cu) и ее сплавы	Хром (Cr)	Молибден (Mo)	Никель (Ni) и его сплавы	Серебро (Ag)	Цинк (Zn)	Олово (Sn)	Стекло	Эпоксидная смола
Хлорное железо	×	×		×	×			×			×		
Серная кислота													×
Соляная кислота	×					×		×		×			
Азотная кислота				×		×		×	×				
Соляная и азотная кислоты	×		×				×						
Плаваковая кислота												×	
Плаваковая и азотная кислоты												×	
Хромовая кислота						×							
Хромовая и серная кислоты					×			×	×				
Хлорная медь					×								
Персульфат аммония					×			×					
Едкий натр	×												
Соляная кислота и перекись водорода					×								

Серебрение

Изначально в производстве печатных плат использование серебра было обусловлено его устойчивостью к травлению в хлорном железе. Оно хорошо сочеталось с фоторезистом на основе поливинилового спирта с хромовым ангидридом. Только потом перешли на металлов резистор из гальванического сплава олово-свинец, когда нашли соответствующие ему травители на основе аммиачных комплексов хлорной меди.

Серебро обладает высокой электропроводностью, отражательной способностью и химической устойчивостью во многих агрессивных средах, особенно в щелочах и большинстве органических кислот. Поэтому в электротехнической и радиоэлектронной промышленности серебрение применяют для создания функциональных покрытий с высокой электропроводностью и стабильной величиной переходного сопро-

Таблица 2. Состав цианистых ванн серебрения и режимы их работы

Состав	№ 1	№ 2	№ 3
Серебра дицианоаргентат	50–60	35–45	45–60
Калий цианистый	60–70	45–60	90–100
Калий углекислый	40–60	30–50	50–60
Калий азотокислый	–	50–70	–
Каптакс	–	–	0,25–0,5
Температура, °С	15...25	1...25	15...25
Плотность тока, А/дм ²	0,2	0,8–1,2	2–3
Аноды	Серебро марки 999,9		

тивления в местах контактов. Сегодня серебро используется лишь в СВЧ-платах, а в массовом производстве печатных плат не нашло широкого применения. С учетом скин-эффекта на СВЧ-частотах требуется толщина всего лишь 2,5–5 мкм. Однако для устойчивости к процессу травления серебро как металлорезист должно иметь толщину 6–9 мкм.

Существенным недостатком серебряных покрытий является их высокая чувствительность к действию сероводорода и других соединений серы. В атмосфере, содержащей даже незначительные примеси этих соединений, серебряные покрытия быстро тускнеют, покрываясь пленкой сернистого серебра.

Для гальванического серебрения практически применяют только комплексные электролиты, из которых оно осаждается при повышенной поляризации.

Наибольшей катодной поляризацией при осаждении серебра обладают цианистые электролиты, которые и до настоящего времени остаются наилучшими по качеству получаемых покрытий в гальванической практике. Цианистые электролиты серебрения состоят из цианистых комплексов серебра, свободного цианида щелочного металла и его карбоната, который постепенно образуется в электролите. Цианистые электролиты обладают высокой рассеивающей способностью и хорошей мелкозернистой структурой осадка. Разработаны также железосинеродистые, пиррофосфатные и другие электролиты, которые могут частично по технологическим свойствам заменять токсичные цианистые растворы.

Основными компонентами цианистых электролитов серебрения являются комплексные соли серебра — дицианоаргентат натрия или дицианоаргентат калия. Калиевые соли по сравнению с натриевыми обладают лучшей растворимостью и позволяют применять ток с более высокой плотностью.

Состав электролитов и режим осаждения могут изменяться в широких пределах в зависимости от назначения покрытия. Для улучшения равномерности распределения серебряного покрытия и растворения анодов в электролит вводят дополнительно азотнокислый калий, а для повышения электропроводности раствора — углекислый калий. Для повышения рассеивающей способности электролита, а также для нормального растворения серебряного анода необходим избыток свободного цианида. Для получения блестящих осадков серебра в цианистый электролит вводят сероуглерод (1,5–2 мл/л), гипосульфит (1 г/л) и другие специальные добавки, содержащиеся в основном

Таблица 3. Дефекты при эксплуатации цианистых электролитов серебрения и способы их устранения

Дефект	Причина дефекта	Способ устранения
Шелушение и отслаивание покрытия при полировании и нагревании	Некачественная подготовка к покрытию	Улучшить подготовку перед амальгамированием
	Плохое качество амальгамирования	Проверить состав ванны амальгамирования
		Скорректировать время выдержки
Покрытие темное и пятнистое. Аноды покрыты темным налетом	Низкая концентрация свободного цианида	Добавить цианистый калий
Покрытие рыхлое и крупнокристаллическое	Завышена катодная плотность тока	Снизить плотность тока
Темные пятна на покрытии. Аноды светлые	Загрязнение электролита анодным шламом и примесями других металлов	Отфильтровать электролит. Ввести аммиак (1–2 мл/л) или гипосульфит (1–2 г/л)
	Обеднение электролита серебром	Ввести в электролит азотокисловое серебро
Плохая рассеивающая способность электролита (плохо покрываются профилированные детали)	Недостаток свободного цианида	Откорректировать электролит
	Отсутствие карбонатов	

сернистые соединения. Широко используют электролит с добавкой каптакса (2-меркаптобензотиазола) в качестве блескообразователя, хотя со временем каптакс склонен к разложению. Состав некоторых электролитов (г/л) и режимы серебрения приведены в таблице 2.

Электролит № 3 требует предварительной проработки током (30–35 А · ч/л), после чего вводят блескообразователь. Получению блестящих осадков способствует также электроосаждение с реверсированием тока.

Для приготовления цианистого электролита серебрения используют азотнокисловое серебро. Приготовление электролита производится при затемнении или красном свете. Отдельно растворяют цианистый калий. При доливании цианистого калия к раствору азотнокислого серебра сначала выпадает осадок цианистого серебра, который затем легко растворяется в избытке цианистого калия. Образующийся при этом азотнокислый калий улучшает процесс электроосаждения серебра.

При погружении печатных плат с медными проводниками в цианистый электролит серебрения происходит контактное осаждение серебра, обладающее плохим сцеплением серебряного осадка с медью, так как в этих растворах серебро более электроположительно, чем медь. Контактный слой серебра служит основной причиной отслаивания серебряного покрытия от деталей. Для обеспечения надежного сцепления с покрытием детали из меди и ее сплавов подвергают специальной операции — амальгамированию. Детали погружают на 3–5 с в раствор цианистой или хлористой ртути при +15...25 °С. Состав раствора амальгамирования:

- окись ртути — 6–8 г/л;
- калий цианистый — 6–8 г/л.

Проводники плат после амальгамирования имеют ровный белый цвет с голубым оттенком, без черных пятен и непокрытых мест. Затем платы тщательно промывают и помещают в электролит серебрения, где они находятся под током (!).

Последнее время операцию амальгамирования все чаще заменяют серебрением в цианистом электролите с пониженным содержанием серебра и большим избытком свободного цианида. Состав раствора и режим амальгамирования:

- серебро цианистое — 6–8 г/л;
- калий цианистый — 80–100 г/л;
- температура — +15...25 °С;
- плотность тока — 2–3 А/дм².

Детали вывешивают в ванне под током на несколько секунд. После амальгамирования или предварительного серебрения детали переносят в рабочий электролит для дальнейшего осаждения серебра до требуемой величины. В таблице 3 перечислены дефекты при эксплуатации цианистых электролитов серебрения, причины их возникновения и способы устранения.

Несмотря на все хорошие свойства цианистого электролита серебрения, он чрезвычайно ядовит. В настоящее время разработан целый ряд электролитов (табл. 4), которые можно применять вместо цианистого. Это электролиты на основе дицианоаргентатных солей, железосинеродистого калия, йодистые, пиррофосфатные, роданидные, сульфосалицилатные и др. [6].

Таблица 4. Составы электролитов

Компоненты ванн	Состав № 1	Состав № 2
Серебро азотнокисловое (в пересчете на металл), г/л	40–50	–
Дицианоаргентат (в пересчете на металл), г/л	–	40–50
Калий железосинеродистый, г/л	100–120	–
Калий углекислый, г/л	50–60	20–30
Калий роданидный, г/л	120–150	200–250
Плотность тока, А/дм ²	0,2	1
Скорость осаждения	10 мкм/ч	1 мкм/мин.

При переходе к слаботочной технике серебро было заподозрено в склонности к миграции, состоящей в том, что при определенном напряжении и влажности серебро будет мигрировать по поверхности изоляционного зазора и через композиционный материал диэлектрического основания платы, создавая каналы утечки с низким электрическим сопротивлением. Но последующие исследования показали, что к электрохимическому отказу склонны все металлы [7], хотя серебро — в большей степени. И для предотвращения этого явления нужно обеспечивать стерильность поверхности изоляции, чтобы на ней не образовывалась среда для электрохимических процессов миграции.

Серебро, использованное в качестве металлорезиста, хорошо смачивается припоем после дополнительной обработки — осветления. В этом отношении серебро имеет преимущество перед таким металлорезистом, как олово-свинец; его не нужно оплачивать, и по нему можно наносить паяльную маску.

Гальванический сплав олово-свинец

Сплав олово-свинец (61^{+5%} олова, 31^{-5%} свинца) используется в качестве металлорезиста при травлении в аммиачном комплексе хлорной или сернокислотной меди и после определенной обработки служит финишным покрытием для пайки. Электрохимические потенциалы олова и свинца столь близки ($E^0_{\text{Sn}/\text{Sn}^{2+}} = -0,14 \text{ В}$; $E^0_{\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}} = -0,13 \text{ В}$), что их совместное выделение на катоде для образования эвтектического сплава возможно даже при самых низких значениях плотности тока.

Имеющиеся в настоящее время растворы для нанесения покрытий состоят из высококонцентрированной борфтороводородной кислоты с пептоном, а также низкоконцентрированной борфтороводородной кислоты без пептона, и органического акрила с сульфоновой кислотой (без борфтороводородной кислоты). Эти процессы подбираются для обеспечения высокой рассеивающей способности и равномерного состава сплава [6]. Процесс с применением сульфоновой кислоты имеет преимущество: это шарообразные аноды из сплава свинца и олова. В таблице 5 приводятся подробные сведения об эксплуатации и управлении двумя ваннами с высокой рассеивающей способностью для свинца и олова (припой).

Циркуляция электролита осуществляется фильтрационным насосом, без допуска воздуха. Необходимо использовать полипропиленовый фильтр 3–10 мкм для устранения помутнения раствора и шероховатости осаждаемого слоя. Раствор подвергается периодической обработке активированным углем при комнатной температуре раз в 4–12 месяцев. Если раствор прозрачный и бесцветный, то в него вносятся добавки на основании анализа с помощью ячейки Хулла. Не следует применять слишком измельченный уголь и использовать для очистки перекись водорода.

Классификация загрязнений электролита:

- **Органические.** Это загрязнение обусловлено использованием пептона, разрушением органических добавок и частичным растворением резистов. Для очистки от органических загрязнений требуется периодическая обработка активированным углем.
- **Металлические.** Медь относится к наиболее серьезным из этой категории загрязнителей. Она вызывает осаждение слоя темного цвета при низкой плотности тока (в отверстиях), а ее осадок может появиться на анодах. Максимально допустимый уровень металлического загрязнения составляет:
 - для меди — 15 ppm;
 - для железа — 400 ppm;
 - для никеля — 100 ppm.
- **Ионные.** Максимально допустимый уровень для хлор-иона составляет 2 ppm, а для сульфат-иона — 2 ppm.
- **Проработка ванны (фиктивное осаждение).** Присутствие примеси меди в электролите в количестве более 0,1 г/л нежелательно, так как медь легко осаждается с основным сплавом, окисляет олово в растворе, может способствовать пассивации и снижает па-

Таблица 5. Борфтороводородные электролиты для нанесения покрытия из олова и свинца

Тип электролита	HBF_4 + пептон	Низкоконцентрированная HBF_4 + патентованный состав
Рабочий режим		
Свинец, г/л	8–14	10–20
Двухвалентное олово (Sn^{2+}), г/л	12–20	20–30
Свободная борфтороводородная кислота, г/л	350–500	100–200
Борная кислота	Подвешенный мешок в ванне	То же самое
Добавки	Используются при необходимости с помощью ячейки Хулла и согласно использованным Ач	Используются при необходимости с помощью ячейки Хулла
Температура, °С	+20...25	+25...30
Плотность катодного тока, А/дм ²	1,5–1,8	1–3
Перемешивание	Циркуляция раствора	Механическое и циркуляция раствора
Аноды		
Тип	Пластина	
Состав анода	60% олова и 40% свинца	
Мешки на аноде	Полипропилен	
Крючки	Плакированные	
Длина анода	Длина штанги минус 50 мм	
Плотность тока, А/дм ²	1–2	

яемость сплава. Медь удаляют из раствора фиктивным осаждением при низкой плотности тока 0,3–0,5 А/дм² в течение нескольких часов раз в неделю. (Фиктивным называют осаждение при низкой плотности тока, при использовании в качестве катода рифленых листов металла или обрезков заготовок.) Другие металлы, такие как железо и никель, при недопустимо высокой концентрации могут способствовать образованию не смачиваемых припоем участков и плохо поддаются удалению. Убедитесь, что медная поверхность покрыта слоем сплава олова и свинца, прежде чем устанавливать низкую плотность тока для фиктивного осаждения.

Фторбораты олова и свинца являются источниками осаждаемого сплава. Необходимо строго соблюдать их концентрацию и соотношение, поскольку они непосредственно влияют на состав сплава. Борфтористоводородная кислота увеличивает проводимость и рассеивающую способность растворов. Борная кислота препятствует образованию фторида свинца. Добавки способствуют получению ровного, мелкозернистого осаждения металла. Избыток пептона (в три-четыре раза больше нормы) может привести к небольшим раковинам (кратерам) в осажденном слое при расплавлении гальванического сплава. Рекомендуются испытание ячейкой Хулла и периодическая обработка ванны активированным углем. Добавлять пептон следует по 1–2 л в неделю при емкости ванны в 2000 л. Для составления раствора можно использовать только деионизованную воду и чистые химические реактивы, например, борфтористоводородную кислоту с содержанием железа <10 ppm и сульфата <100 ppm. Чистота раствора поддерживается постоянной фильтрацией.

Требуемая толщина слоя сплава олова и свинца в 12 мкм осаждается за 15–17 мин. при плотности тока 1,5–1,7 А/дм². Наилучшие результаты получаются при осаждении с плотностью тока 1–2,5 А/дм² (выше, чем плотность тока при гальваническом меднении). Плотность тока более высокого значения приводит к образованию грубого осадка

и повышенному содержанию олова в сплаве. Избыточный ток вызывает древовидные наросты и образование шлама.

Перед погружением заготовки в электролит проводят химическую активацию заготовки погружением на несколько секунд в борфтористоводородную кислоту.

Осаждаемый металл должен содержать 60% олова и 40% свинца. Состав необходимо проверять химическим анализом осадка.

Тест ячейкой Хулла показывает общее качество осадка и указывает на необходимость применения пептона, добавок или обработку активированным углем, а также на наличие в растворе растворенной меди.

После осаждения припой имеет равномерную матовую внешнюю поверхность. Осажденный слой должен быть прикосновении гладким. Грубый, кристаллический осажденный слой обычно указывает на необходимость применения добавок или пептона, либо на излишне высокую плотность тока.

Управление процессом осаждения:

- Поддерживайте баланс состава раствора в ванне.
- Используйте только чистые химические реактивы.
- Выполняйте проработку ванны раз в неделю, используя плотность тока 0,3–0,5 А/дм².
- Используйте непрерывную фильтрацию электролита.
- Определяйте необходимые добавки с помощью ячейки Хулла и последующего химического анализа.
- Выполняйте химический анализ электролита на содержание меди, железа и никеля не реже чем раз в месяц.
- Вовремя проводите обработку активированным углем.

В дополнение к приведенным составам электролитов ГОСТ 23770-79 «Платы печатные. Типовые технологические процессы химической и гальванической металлизации» [6] предлагает ряд электролитов осаждения гальванического сплава олово-свинец и порядок работы с ними в условиях производства.

При электроосаждении сплавов следует более строго соблюдать режимы, для того

Таблица 6. Основные неполадки при осаждении сплава олово-свинец [8]

Вид дефекта	Возможная причина	Способ устранения
Наросты на острых краях	Высокая плотность тока	Снизить плотность тока
Крупнокристаллическая структура осадка (образование дендритных наростов)	Пониженное содержание борфтористоводородной кислоты	Произвести анализ, добавить борфтористоводородную кислоту до нормы
Плохая рассеивающая способность ванны	Недостаточно свободной борфтористоводородной кислоты	Произвести анализ и откорректировать электролит
Плохое сцепление покрытия	Неудовлетворительная подготовка поверхности перед покрытием	Улучшить подготовку плат
Полосчатость осадка	Избыток органической добавки	Разбавить электролит водой и откорректировать его по результатам анализа
Избыточное количество свинца в осадке	Избыточное количество свинца в электролите	Осадить избыточное количество свинца серной кислотой в отдельной порции электролита, объем которой зависит от объема ванны и количества избыточного свинца в электролите. Порцию отфильтровать от осадка сульфата свинца и раствор присоединить к основному электролиту
	Состав электролита в норме по свинцу, но количество органической добавки недостаточное	Добавить в электролит 1–2 г/л пептона. Ввиду того, что пептон со временем расходуется в осадке, необходимо вводить его по мере расхода (один раз в месяц)
	Недостаточное количество олова в электролите	Скомпенсировать недостаток олова в электролите
Низкая скорость осаждения сплава	Плохая растворимость анодов вследствие образования на них пассивной пленки. Или мала площадь анодов	Зачистить аноды крацовочной щеткой, зачистку проводить периодически через 1,5–2 ч работы. Увеличить анодную поверхность. Отношение площади анодов и катодов должно быть не менее 2:1
Плохая адгезия	Вуаль от фоторезиста (недопроявление) или конденсация органических пленок во время сушки	Улучшить подготовку поверхности плат
Обеднение электролита по олову и свинцу	Плохая растворимость анодов, образование пассивной пленки	Зачистить аноды крацовочной щеткой, зачистку проводить периодически через 1,5–2 ч работы. Увеличить анодную поверхность
Ухудшение способности к пайке	Изменение состава сплава, накопление меди в электролите более 0,05 г/л, наличие органических загрязнений	Произвести анализ и откорректировать электролит, проработать электролит для очистки его от загрязнений, очистить активированным углем

чтобы получить сплав требуемого состава. В зависимости от габаритных размеров платы и ее расположения в ванне металлический резист осаждается при различной плотности тока: в центре платы — меньшей, на краях — в 1,5–2 раза большей. Изменение плотности тока влияет на соотношение компонентов в покрытии, что, в свою очередь, отражается на паяемости. Электролитический сплав ОС-61 находится в соответствии с диаграммой состояния. Свинец и олово не образуют ни твердых растворов, ни интерметаллов, давая эвтектическую смесь. Точка плавления сплава ОС эвтектического состава (61% олова, 39% свинца) равна +183 °С. Это значение повышается, если нанесенное покрытие имеет более высокое содержание любого из составляющих, достигая +240...+260 °С, что может привести к короблению ПП. Во время перерыва в работе аноды следует удалять из электролита и закрывать ванну плотной крышкой.

Содержание олова в осадке ниже в средней части отверстия, где вследствие уменьшения плотности тока преобладает выделение свинца. Иногда при травлении схемы, где содержание олова больше 66%, наблюдается заволакивание меди на пробельных участках, покрытие «плывет», схема теряет четкость и плата бракуется (табл. 6). В разбавленном по солям металлов электролите наблюдается большая поляризуемость катода по сравнению с электролитом с более высоким их содержанием. Установлено [8], что введение в электролит органической добавки — пептона — увеличивает рассеивающую способность, влияет

на катодную поляризацию и способствует получению мелкокристаллических осадков. Повышенная рассеивающая способность обусловлена также высокой проводимостью раствора, которая возрастает при увеличении содержания борфтористоводородной кислоты до 400 г/л. Кроме того, электролит не имеет взвесей и осадка, что значительно облегчает его эксплуатацию и контроль состава.

Оловянно-свинцовый сплав выдерживает действие хромовой кислоты, хлоридов, щелочных металлов, персульфата аммония и щелочного раствора хлорной меди. Сплав разрушается в кислых растворах хлорной меди и хлорного железа.

Гальванически осажденный сплав ОС, имеющий развитую пористую поверхность, быстро окисляется, что ухудшает паяемость. Быстрое окисление покрытия объясняется, в основном, наличием в капиллярных порах остатков электролита, удалить которые промывкой практически не удается. Поэтому для получения хорошей паяемости гальваническое покрытие необходимо оплавлять. Кроме того, при травлении ПП происходит потемнение сплава ОС из-за образования пленок, препятствующих пайке. Для улучшения смачиваемости припоем необходимо проводить осветление поверхности металлического резиста. Растворы кислот не оказывают осветляющего действия на сплав ОС после обработки его в травильном растворе. Это дает основание полагать, что на поверхности сплава образуются не просто окислы олова и свинца, а соединения более сложного состава. Для освет-

Таблица 7. Растворы для осветления сплава ОС

Компоненты раствора	I	II	III
Тиомочевина CS(NH ₂) ₂ , г/л	80	90	100
Борфтористоводородная кислота HBF ₄ , г/л	–	–	100
Соляная кислота (плотностью 1,19), мл/л	50–60	50–60	–
Спирт этиловый C ₂ H ₅ OH, мл/л	–	5	–
Синтанол ДС-10, г/л	–	1	–
Моющее средство «Прогресс»	До 1 л	–	3–5 г/л
Вода, л	–	До 1 л	До 1 л
Температура, °С	+18...25	+18...25	+60...65
Продолжительность обработки	5–15 с	1 мин.	2–3 мин.

ления используются растворы, содержащие в качестве основных реагентов тиомочевину и соляную кислоту. Осветляющая способность тиомочевинной CS(NH₂)₂ обусловлена взаимодействием ее растворов с оловом и свинцом. Тиомочевинные комплексы этих металлов устойчивы в кислой среде. Поэтому для осветления (табл. 7) применяются лишь кислые растворы тиомочевинной.

После операции осветления требуется тщательно промыть платы горячей водой, потом протереть их поролоновой губкой или волосяной щеткой и высушить. В одном литре раствора осветления можно, по данным предприятий, обработать 135–150 дм² поверхности заготовки, затем раствор нужно заменить. Разрыв во времени между осветлением сплава ОС и его оплавлением не должен превышать двух часов.

Одна из важнейших проблем покрытия ОС — значительное ухудшение паяемости ПП в процессе хранения. Причиной этого является образование на границе раздела Cu–Sn–Pb интерметаллических соединений типа Cu₃Sn и Cu₆Sn₅.

Чтобы исключить процессы взаимодиффузии меди и олова, необходимо создать барьерный слой между медью и сплавом олово-свинец. В качестве такого барьерного слоя используется тонкий (2 мкм) слой никеля. Подслой никеля осаждается из стандартного серноокислого электролита непосредственно перед осаждением сплава олово-свинец.

Для перевода гальванического сплава олово-свинец в металлургическое проводят его оплавление. Цель этой операции: улучшить способность к пайке, устранить «навесы» металлорезиста по кромке проводников, снизить рабочую температуру пайки на 15...30 °С. Оплавление осуществляют путем нагрева в нагревостойких жидкостях или воздействием инфракрасного излучения.

Сегодня, когда повсеместно используются паяльные маски, металлорезист олово-свинец при групповом нагреве для пайки плавится под маской с уменьшением объема, от чего под маской образуются пазухи. Это создает не только косметический дефект, но и каналы проникновения всевозможных загрязнений, грозящих отказами плат в составе изделий. Поэтому перед нанесением маски металлорезист олово-свинец с платы удаляют, а после нанесения и проявления маски обнаженные монтажные поверхности облуживают на специальных установках или наносят финишные покрытия различного содержания [1].

В следующей части статьи будет описано гальваническое осаждение других функциональных покрытий (никеля, золота, олова и др.).

Литература

1. Медведев А. М. Печатные платы. Иммерсионные финишные покрытия под пайку // Гальванотехника. 2012. № 4.
2. Медведев А. М. Технологические процессы травления металлов для формирования сложных изделий // Технологии приборостроения. 2006. № 2.
3. Терешкин В., Фантгоф Ж., Григорьева Л. Травление и защитные металрезисты в производстве печатных плат // Технологии в электронной промышленности. 2010. № 3.
4. Ямпольский А. М. Травление металлов. М.: Metallurgia, 1980.
5. Медведев А. Печатные платы. Встроенные компоненты // Технологии в электронной промышленности. 2011. № 8.
6. ГОСТ 23770-79. Платы печатные. Типовые технологические процессы химической и гальванической металлизации.
7. Медведев А. М. Миграционные явления в композитных диэлектриках слаботочной электроники // Надежность. 2010. № 1.
8. Федулова А. А., Устинов Ю. А., Котов Е. П. и др. Технология многослойных печатных плат. М.: Радио и связь, 1990.
9. Langford K. E., Parker J. E. Analysis of Electroplating and Related Solutions. R. Draper Ltd., 1971.