

К. т. н. З. СТЕВИЧ, д. т. н. М. РАЙЧИЧ-ВУЯСИНОВИЧ,
д. т. н. З. СТОИЛЬКОВИЧ

Дата поступления в редакцию
04.07 2003 г.

Югославия, г. Бор, Технический факультет; г. Белград, Электро-
технический факультет
E-mail: zstevic@ptt.yu

Оппоненты
д. т. н. Й. РАДУНОВИЧ (Белградский университет),
д. т. н. О. ГИЛЕНЕ (Ин-т химии, г. Вильнюс)

УПРАВЛЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫМ РЕЖИМОМ В ГАЛЬВАНОТЕХНИКЕ

Описана компьютерная система управления реверсным импульсным током в гальванотехнике. Приведено экспериментальное подтверждение эффективности системы.

В гальванотехнике часто приходится решать сложные задачи, связанные с получением высококачественного покрытия (твердость, блеск, равномерность слоя, соблюдение острых граней, плотное прилегание к основе). Иногда эти условия просто невозможно выполнить в классическом режиме, основанном на применении постоянного тока [1, с.10; 2; 3, с. 193].

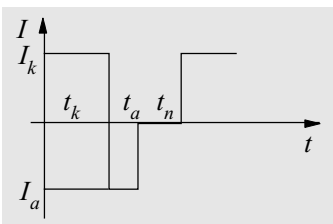


Рис. 1. Общий вид импульса тока

Как оказалось [4; 5, с. 186], эти проблемы вполне разрешимы при использовании импульсного режима. Вместо постоянного тока используют периодические импульсы, как показано на **рис. 1**, при этом среднее значение тока ($I_{ср}$) равно или даже

немного больше его предельного значения ($I_{пр}$) для данной гальванической системы:

$$I_{ср} = \frac{I_k t_k - I_a t_a}{t_k + t_a + t_n} \geq I_{пр},$$

где I_k — сила катодного тока;
 I_a — сила анодного тока;
 t_k — длительность катодного импульса;
 t_a — длительность анодного импульса;
 t_n — длительность паузы.

Коллектив авторов Технического факультета Белградского университета разработал систему управления импульсным током для лабораторных исследований гальванических импульсных режимов, которая базируется на персональном компьютере Pentium [6, с.120]. Аппаратная часть, кроме самого PC-компьютера, содержит также коммерческий AD-DA-конвертер и электронный интерфейс, разработанный и изготовленный авторами данной статьи. Программа для данной системы — аппликация, которая выполнена в LabView 6.1 [7]. Используемая программа позволяет регулировать силу тока в пределах 0—10 мА, а временные интервалы могут быть от нуля до бесконечности, что является большим преимуществом по

сравнению со стандартными решениями, применяемыми на сегодняшний день. Относительно малый диапазон силы тока можно легко увеличить с помощью обычного усилителя тока, что позволяет использовать эту систему управления процессом в промышленных целях.

На базе описанной системы проведен ряд экспериментов без использования специальных труднообезвреживаемых добавок. Эти эксперименты убедительно доказали возможность получения высококачественного покрытия.

Эксперименты проводились в электролите состава 0,3 моль/дм³ CuSO₄+0,5 моль/дм³ H₂SO₄ с импульсным током поляризации. В качестве вспомогательного электрода была использована ровная платиновая пластина площадью 2 см². Выполнено осаждение меди как на ровной основе, так и на детали со сложной поверхностью. Образцы ровной формы подвергались тщательной очистке, а образцы сложной формы (ножки основания интегральных схем, винты и др.) обработаны лишь снятием маслянистого слоя и однократным полосканием, т. к. ранее уже были покрыты качественной противокоррозионной пленкой.

Поверхность покрытия наблюдали с помощью оптического микроскопа ЛОМО МИН-9 и фотографировали цифровой камерой (увеличение на всех микроснимках составляет 40 раз).

Толщина покрытия измерялась ультразвуковым цифровым прибором MITUTOYO DIGI-DERM 2100.

Из группы экспериментов с образцами ровной формы рассмотрим эксперимент, в котором основой является ровная пластинка меди размерами 3×5×0,5 мм.

В предполагаемом интервале предельного тока до 20 мА/см² была получена сила тока 6 мА и произведена поляризация постоянным током в течение одного часа. Затем на другом таком же образце применили импульсный режим, при этом средняя величина тока была также 6 мА. Длительность импульса составляла 14 с, а реверсия длилась 2 с. Процесс осаждения длительностью в 1 час осуществлялся 225 периодами, так что количество электричества (а значит, и ожидаемая толщина покрытия) было то же, что и в предыдущем эксперименте. Измеренная толщина покрытия в этих двух образцах составила 25 мкм.

На **рис. 2** изображены микроснимки пленок на ровной поверхности, полученные при воздействии постоянного тока и при использовании импульсного режима. При этом следует заметить, что поверхность образца **рис. 2, б** блестит больше и на ней

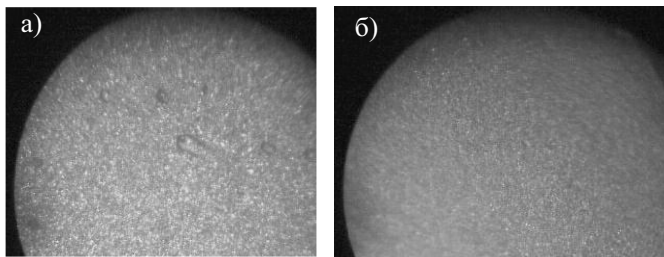


Рис. 2. Покрытие меди, полученное на ровной поверхности: а — при постоянном токе; б — при импульсном режиме

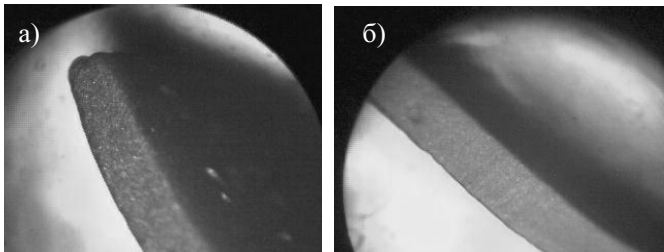


Рис. 3. Соблюдение граней:

а — при постоянном токе; б — при импульсном режиме

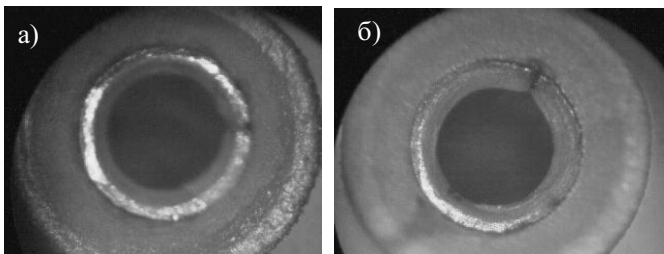


Рис. 4. Покрытие меди, полученное на сложной поверхности: а — при постоянном токе; б — при импульсном режиме

отсутствуют наросты (выпуклости), которые наблюдаются на образце рис. 2, а.

На рис. 3 представлены фотографии кромок тех же образцов, обработанных в двух режимах. При их сопоставлении отчетливо видны преимущества импульсного режима — на образце рис. 3, б намного четче прослеживаются острые кромки изделия.

Подобный эксперимент проводился и на образце сложной формы с целью проверки качества покрытия на этом типе основы. Площадь поверхности (30 мм²) и сила тока были те же, что и в эксперименте с образцом ровной формы. Длительность процесса осаждения в этих экспериментах, между тем, составляла 50 мин. Измеренная толщина покрытия составила 20 мкм.

На рис. 4 представлены микроснимки полученных покрытий, из которых видно, что пленка, полученная при импульсном режиме, гораздо лучшего качества.

Выводы

Результаты экспериментов показали, что в импульсном режиме гальванического осаждения при оптимальном выборе параметров в электролитах без труднообезвреживаемых добавок могут быть получены пленки высокого качества.

Также были подтверждены широкие возможности предложенной авторами компьютерной системы с целью генерирования импульса поляризации.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Черненко В. И., Литовченко К. И., Папанова И. И. Прогрессивные и импульсные переменноточковые режимы электролиза.— Киев: Наукова думка, 1988.
2. Maksimović M. D. Pulsirajuća i reversna struja u galvanotehnici / YUCORR.— Vrnjačka Banja, april 2000.— Knjiga radova, s. 131.
3. Popov K. I., Maksimovich M. D. Theory of the effect of electrodeposition at a periodically changing rate on the morphology of metal deposits / In: Modern Aspects of Electrochemistry. Vol. XIX.— New York: Plenum Press, 1989.
4. Radović G. Poređenje prevlaka legure cink-nikal dobijenih konstantnom i pulsirajućom strujom / YUCORR.— Vrnjačka Banja, april 2000.— Knjiga radova, s. 154.
5. Костин Н. А., Кублановский В. С. Импульсный электролиз сплавов.— Киев: Наукова думка, 1996.
6. Minasi M. The complete PC upgrade & maintenance guide.— London: Sybex Publishing, 2001.
7. LabView — analysis concepts.— National Instruments, 2002.

НОВЫЕ КНИГИ

НОВЫЕ КНИГИ

Киселев А. З. ТЕОРИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕКТОРОВ РАССЕЯНИЯ ЦЕЛЕЙ.— М.: Радио и связь, 2002.— 272 с.

Представлена теория радиолокационного обнаружения, основанная на использовании нового математического объекта — вектора рассеяния цели взамен фундаментальной характеристики — матрицы рассеяния цели. Эта замена привела практически к новой теории, изложенной применительно к наиболее актуальной проблеме — теории обнаружения целей на фоне пассивных помех (на фоне местных предметов, окружающих цель). Новая теория позволила решить задачи, актуальность которых осознавалась специалистами многие годы.

Общим итогом разработанной теории является создание математического аппарата, который позволяет главному конструктору рассчитать верхние границы надежности обнаружения целей или точности оценки их координат и оценить, насколько создаваемая им система далека от этих границ. В частности, новая теория, включающая поляриметрические характеристики целей, дает основу обнаружения не только движущихся объектов на фоне пересеченной (лесистой) местности, но и неподвижных (малоподвижных), что особенно актуально для современных радиолокаторов специального назначения.

Книга предназначена для специалистов, занимающихся исследованиями и разработками в области радиолокации, а также преподавателей вузов, аспирантов и студентов старших курсов с профилирующим образованием в области радиолокации.

