

ЛИТЕРАТУРА

1 Ашуйко, В.А. Получение никельсодержащих пигментов осаждением из отработанных электролитов никелирования / В.А. Ашуйко, И.Н. Кандидатова, Л.Н. Новикова // Труды БГТУ. Химия и технология неорган. в-в. – 2015. – № 3. – С. 127–131.

2 Ашуйко, В.А. Переработка отработанных хромсодержащих растворов гальванических производств / В.А. Ашуйко, И.Н. Кандидатова, Л.Н. Новикова // Сборник докладов IV Междунар. научной экологической конф. «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства», Краснодар, 24–25 марта 2015 г. : Краснодар, 2015. – С. 624–629.

3 Кандидатова, И.Н. Синтез цинксодержащих пигментов из отработанных электролитов цинкования / И.Н. Кандидатова, А.В. Степанцевич, Т.А. Алексеева // Материалы Международной научной конференции молодых ученых «Молодежь в науке – 2015», Минск, 1–4 декабря 2015 г. – Минск, 2015. – С. 349.

УДК. 621.791

А.М. Гиро, вед. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук;
А.А. Глушков, науч. сотр.
(БГУИР, г. Минск)

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК ИМПУЛЬСНОГО ТОКА С ВЫСОКИМ ВЫХОДНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Одним из путей дальнейшего увеличения плотности межсоединений в интегральных схемах является 3-D интеграция с помощью сквозных отверстий в кремниевых подложках. С этой целью, сквозные отверстия с высоким аспектным соотношением в кремниевых подложках заполняются материалом с высокой электропроводностью. Заполнение отверстий производится методом электрохимического осаждения, а в качестве проводящего материала может быть использована медь, имеющая высокую электропроводность и токонесущую способность.

При электрохимическом заполнении отверстий на постоянном токе наблюдается сильная неоднородность распределения плотности тока, что приводит к неравномерному росту покрытия и появлению пустот в отверстиях [1].

Одним из путей получения беспористых покрытий в отверстиях с высоким аспектным соотношением является использование электро-

лиза на импульсном токе с программным изменением режимов. Исследования показали, что для обеспечения стабильности тока в таком процессе требуется повышенное рабочее напряжение.

Для реализации процесса заполнения сквозных отверстий с высоким аспектным соотношением в кремниевых подложках в БГУИР разработан и изготовлен экспериментальный образец высоковольтного программно управляемого источника импульсного тока, который обеспечивает стабилизированные импульсные токи до $\pm 3\text{ А}$ при напряжениях до $\pm 100\text{ В}$ и длительности импульсов от 40 микросекунд и более (рисунок 1). Источник работает как в режиме стабилизации тока, так и в режиме стабилизации напряжения. Встроенный электрометрический усилитель позволяет подключать электрод сравнения и работать по трехэлектродной схеме подключения нагрузки.

В данном источнике использован разработанный нами универсальный микропроцессорный узел управления и индикации, обеспечивающий работу, как под управлением персонального компьютера, так и в автономном режиме.



Рисунок 1 - Программно-управляемый источник импульсного тока с высоким выходным напряжением

- В автономном режиме обеспечиваются следующие функции:
- выбор одной из ста рабочих программ, созданных предварительно на персональном компьютере и записанных в энергонезависимой памяти;
 - пуск и автоматическая остановка технологического процесса в соответствии с выбранной программой;

- звуковое оповещение об окончании технологического процесса;
- пауза произвольной длительности с последующим возобновлением прерванного технологического процесса;
- ручная остановка процесса;
- программирование простых технологических факторов: выбор стабилизируемого фактора (ток или напряжение); вид рабочего тока (напряжения) – постоянный либо импульсный; амплитуда тока и напряжения; длительность импульса и паузы;
- индикация: номера выбранной программы; времени, прошедшего с момента пуска процесса;
- индикация измеренного значения амплитуды тока и напряжения (только при работе на постоянном или импульсном униполярном токе);
- мониторинг выходного тока и напряжения при помощи осциллографа.

В режиме работы под управлением персонального компьютера, помимо перечисленных выше, обеспечиваются следующие функции:

- * программирование через порт USB сложных последовательностей, содержащих до десяти серий биполярных импульсов стабилизированного тока до $\pm 3\text{A}$ при рабочем напряжении до $\pm 100\text{V}$;
- * запись созданных программ в энергонезависимую память;
- * запись созданных программ во внешней памяти компьютера (на жесткий диск компьютера, внешний USB флэш накопитель и др.);
- * слежение за состоянием технологического процесса – индикация текущего положения в сложной последовательности импульсов.

Проведены лабораторные испытания и изучение нагрузочных и динамических характеристик изготовленного образца источника импульсного тока. В качестве нагрузки использовали балластные активные резисторы. Сопротивление резисторов выбиралось так, чтобы охватить весь диапазон выходных токов и напряжений.

Испытания показали, что макет силового узла даже в условиях максимальной нагрузки обеспечивает требуемые динамические характеристики, как в режиме стабилизации тока, так и в режиме стабилизации напряжения. В исследованном диапазоне режимов длительность фронта выходного импульса не превышала трех микросекунд, а длительность среза импульса – четырех микросекунд.

На рисунке 2 показана осциллограмма выходного напряжения на нагрузке 33 Ом, при работе макета силового узла в режиме стабилизации тока на уровне 2,85 А.

Достигнутые технические параметры позволяют осуществлять формирование многослойных наноструктурированных покрытий на высокоомных подложках, а также заполнение проводящими материалами отверстий с высоким аспектным соотношением.

При разработке схемных решений использованы принципы высокочастотного преобразования энергии [2,3,4]. Структура и принцип действия отдельных узлов и в целом источника импульсного тока описаны ранее [5].

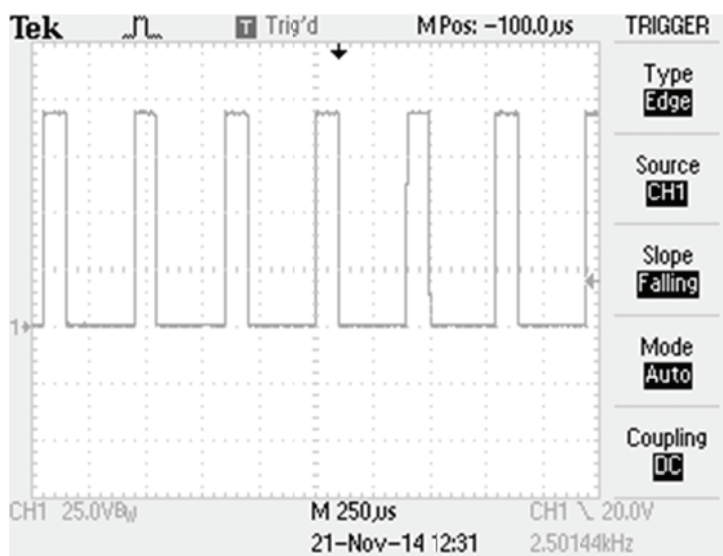


Рисунок 2 - Осциллограмма выходного напряжения на нагрузке 33 Ом, при работе источника импульсного тока в режиме стабилизации тока на уровне 2,85 А

Источник импульсного тока соответствует техническим регламентам Республики Беларусь «Низковольтное оборудование. Безопасность» (ТР 2007/001/ВУ) и «Электромагнитная совместимость технических средств» (ТР 2007/002/ВУ).

ЛИТЕРАТУРА

1 Хмыль А.А., Кушнер Л.К., Кузьмар И.И. и др. Металлизация отверстий при создании межсоединений элементов ИМС. – Материалы Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума «Новые горизонты 2015». – с. 202-204.

2 R.W. Erickson, D. Maksimovic Fundamentals of Power Electronics, Springer, 2001, 883 p.

3 С.Р. Basso Switch-mode Power Supply SPICE Cookbook, McGraw-Hill, New York, 2001, 263 p.

4 Мелешин, В. Транзисторная преобразовательная техника Москва, «Техносфера», 2005, 632 с.

5 Гиро, А.М., Глушков, А.А. Лабораторный программно-управляемый источник импульсного тока с высоким выходным напряжением. - Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий : материалы 4-го Республиканского научно-технического семинара, Минск, 4–5 декабря 2014 г. – Минск : БГТУ, 2014. – 142 с. ISBN 978-985-530-419-8. - с. 37-40.

УДК 621.357.74

А.А. Судас, технолог;
А.К. Крышалович, главный технолог
(ООО «Стеклопласт», г. Гродно)

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ НИКЕЛИРОВАНИЯ И НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЯ ОЛОВО-ВИСМУТ

Применение гальванических покрытий является одним из наиболее распространённых методов защиты от коррозии, повышения износостойкости деталей, электропроводности и других важных свойств.

Оборудование для нанесения электрохимических, химических и анодно-оксидных покрытий отличается большим разнообразием, что вызвано широким диапазоном технических требований.

Конструкция оборудования зависит от характера технологического процесса, планируемой производительности, номенклатуры обрабатываемых изделий и ряда других требований. Она зависит так же от условий размещения оборудования – отводимой площади, высоты помещения, несущей способности потолка и пола помещения, наличия несущих колонн.

ООО «Стеклопласт» – единственный отечественный производитель по проектированию, изготовлению и монтажу оборудования гальванических линий в Республике Беларусь.

Одним из последних реализованных решений проектирования оборудования гальванического производства является автоматическая гальваническая линия никелирования и нанесения покрытия олово-висмут. Данный комплекс оборудования предназначен для обработки деталей из алюминиевых сплавов в барабанах и на подвесках.

Данный проект реализован в всероссийском научно-исследовательском институте радиотехники (ВНИИРТ).

Первоначально хотелось бы обратить внимание на специфику процесса осаждения никелевых покрытий на алюминий.