

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ЩЕЛЕВЫМ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ

Глебов В.В., Присяжнюк Ю.В.

ГОБУ ВПО Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса, Шахты, Россия,  
e-mail: glebovdon@mail.ru

---

*Рассмотрены преимущества и недостатки изготовления печатных плат методами химического травления. Показано, что основные недостатки этих методов могут быть устранены или уменьшены при использовании электрохимических методов травления. Для решения проблемы «необработанных островков» предложено использовать последовательно-щелевой метод электрохимического травления печатных плат. Приведены результаты экспериментальных исследований изготовления печатных плат этим методом.*

---

Ключевые слова: печатные платы, электрохимическое травление, полупроводниковый электрод-инструмент, фотошаблон, боковое подтравливание.

## MANUFACTURING OF PRINTED-CIRCUIT BOARDS SERIAL-SLOT AN ELECTROCHEMICAL ETCHING METHOD

Glebov V.V., Prisyazhnyuk Ju.V.

The South Russia State University of Economics and Service,  
Shakhty, Russia, e-mail: glebovdon@mail.ru

*Advantages and deficiencies of manufacturing of printed-circuit boards are observed by methods of chemical etching. It is shown, that the basic deficiencies of these methods can be eliminated or reduced at use of electrochemical methods of etching. For the problem solution of "raw islets" it is offered to use serial-slot a method of electrochemical etching of printed-circuit boards. Results of experimental researches of manufacturing of printed-circuit boards by this method have been considered.*

Key words: printed circuit board, electrochemical etching, semiconducting electrode-tool, photomask, etch factor.

В последнее время наблюдается снижение доли печатных плат (ПП), изготовленных аддитивными методами [3, 5]. Связано это с тем, что методы тонкоплёночного напыления являются дорогостоящими из-за использования вакуумной технологии, а гальванический способ нанесения печатного рисунка является достаточно сложным и многооперационным. Преимущества субтрактивных методов обуславливается также ростом объёма промышленного выпуска фольгированных диэлектриков, расширением ассортимента таких изделий, как по проводящему материалу, так и по материалу подложки. Наблюдается также сокращение количества способов изготовления ПП [7].

Наибольшее распространение получил метод химического травления (фотохимический), который заключается в избирательном травлении участков проводящей фольги. Достоинствами этого метода являются доступность механизации и автоматизации, возможность получения ПП высокого качества, которые обладают высокой адгезией печатного проводника к диэлектрическому основанию. Основными недостатками химического метода являются многооперационность и трудоёмкость процесса, повышенный расход травителей и травливаемой меди, которая в большинстве случаев не регенерируется, использование дорогостоящих и дефицитных материалов [8]. Повышение плотности монтажа в этом методе ограничено фактором бокового подтравливания, обусловленного изотропной природой процесса химического травления.

В настоящее время вновь начинает находить применение электрохимическая обработка (ЭХО) ПП, которая позволяет уменьшить или полностью устранить недостатки химического травления. При ЭХО в качестве электролитов используются доступные

нейтральные растворы солей, процесс практически не зависит от обрабатываемого материала, не оказывает побочного действия на материал подложки и адгезионные слои и имеет отчетливо выраженный изотропный характер. Особенно перспективна ЭХО при изготовлении гибких печатных кабелей с параллельными и прямолинейными проводниками и ПП с разветвленными проводниками. При их производстве наиболее рационально использовать рулонный способ ЭХО, когда исходная длинномерная заготовка перемещается через ограниченную зону обработки. Но этот способ приемлем только для простого рисунка ПП. В остальных случаях необходимо изготавливать специальный электрод-инструмент (ЭИ) для каждого типоразмера ПП, что является достаточно трудоёмкой задачей. Кроме этого, серьезной проблемой, ограничивающей применение методов ЭХО при изготовлении ПП, является появление «необработанных островков», т.е. таких участков ламината, которые должны травиться, но не травятся из-за прерывания к ним токоподвода.

Исследования фотоактивных полупроводниковых ЭИ [1, 2, 4, 6, 9] позволили нам сделать вывод о возможности нового способа ЭХО ПП непосредственно по фотошаблону, при котором устраняется эта проблема. Для этого используется последовательно-щелевой способ движения пластины со щелью вдоль нерабочей поверхности ЭИ, а также улучшенная схема коммутации ЭИ и обрабатываемой поверхности.

Эта цель достигается способом, в котором рисунок ПП проецируется на фотоактивный полупроводниковый ЭИ через фотошаблон, по поверхности которого двигается пластина со щелью. На рисунке 1 изображена схема экспериментального устройства для изготовления ПП в разрезе, вид сбоку.

На нерабочую поверхность ЭИ 3 устанавливают фотошаблон рисунка ПП 2, на который от источника излучения (не показан) проецируют свет, к которому чувствителен полупроводниковый материал ЭИ 3. Участки, в которых происходит травление фольги, определяются рисунком фотошаблона и находятся только под площадью щели. Движение щели в направлении токоподвода к фольгированному диэлектрику обеспечивает последовательное удаление фольги, соответствующее непроводящему рисунку ПП. Для получения нового рисунка ПП меняют только фотошаблон. Фоточувствительный полупроводниковый ЭИ 3 имеет ширину равную или больше ширины обрабатываемого фольгированного диэлектрика 5. Электролит в межэлектродный зазор (МЭЗ) 8 прокачивается со стороны токоподвода 6 (положительный полюс) к фольгированному диэлектрику 5, направление движения электролита показано стрелкой  $V_2$ . Отрицательный полюс от источника питания (не показан) подается на нерабочую поверхность полупроводникового ЭИ 3. На фотошаблон 2 устанавливают пластину 1 с щелью 7, сделанную из непроницаемого для используемого излучения материала, и пластина в процессе изготовления ПП двигается в сторону токоподвода 6 со скоростью  $V_2$ , указанную на рисунке 10 стрелкой. Процесс изготовления ПП осуществляется следующим образом.

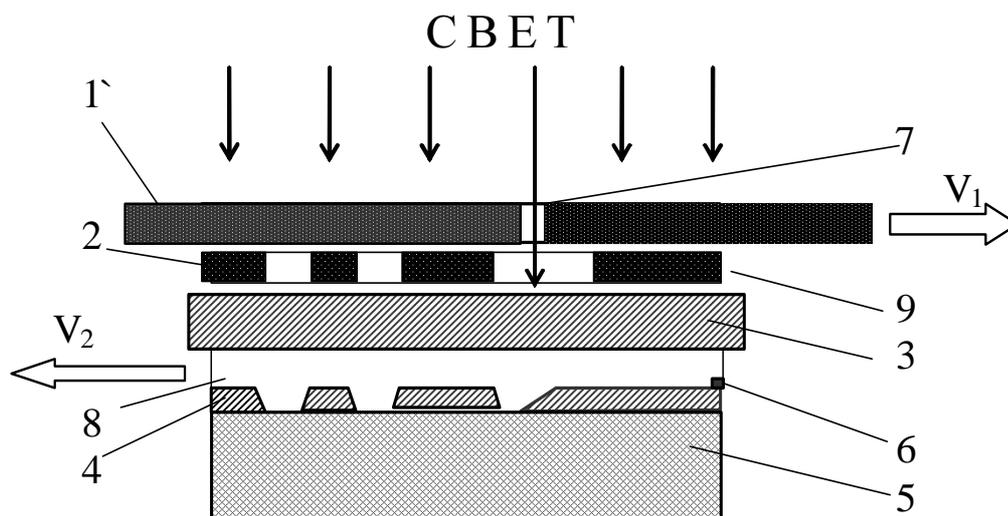


Рисунок 1. Схема устройства для изготовления ПП: 1 – пластина со щелью (7); 2 – фотошаблон рисунка ПП; 3 – полупроводниковый ЭИ; 4 – проводящий рисунок ПП; 5 – фольгированный диэлектрик; 6 – токоподвод; 7 – щель в пластине (1); 8 – МЭЗ; 9 – непрозрачные участки фотошаблона (2);  $V_1$  – направление движения пластины со щелью;  $V_2$  – направление движения электролита

На ЭИ 3 устанавливают фотошаблон рисунка ПП 2. Пластины 1 устанавливают так, что щель 7 расположена в начале обработки, т.е. проекция щели расположена в начале стороны фольгированного диэлектрика 5, противоположной стороне токоподвода 6. Включают источник света (не показан), направление света указано на рисунке стрелками, в МЭЗ 8 подают электролит со скоростью  $V_2$ . На ЭИ 3 и токоподвод 6 подают рабочее напряжение от источника питания (не показан), и одновременно начинают двигать пластину 1 со скоростью  $V_1$ , направление движения указано стрелкой. При этом происходит последовательное избирательно травление фольги фольгированного диэлектрика. Участки, соответствующие проводящему рисунку ПП 4, формируются в процессе электрохимического травления под непрозрачными участками 9 фотошаблона 2. Положение на рисунке 1 соответствует процессу локального травления, так как свет проходит через щель 7 и прозрачный участок фотошаблона 2. Изготовление ПП заканчивается при достижении проекции щели 7 токоподвода 6.

На рисунке 2 схематично показан промежуточный момент изготовления ПП (вид сверху), фотошаблон и ЭИ на рисунке 2 не показаны. Границы пластины 1 и щели 7 показаны пунктиром. Направление движения пластины 1 указано стрелкой  $V_1$ , направление течения электролита – стрелкой  $V_2$ . Слева от щели – обработанный участок с проводящим рисунком 4, справа – необработанный участок фольгированного диэлектрика 5.

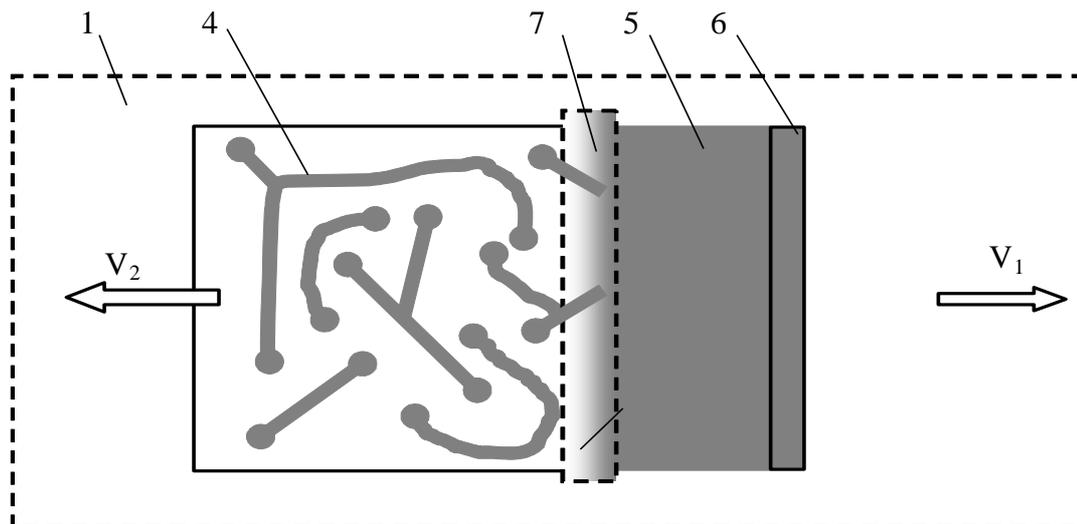


Рисунок 2. Промежуточный момент изготовления ПП. Пояснения в тексте

Скорость движения пластины со щелью и плотность технологического тока в засвеченных участках определяются из условия полного травления фольги до диэлектрического основания фольгированного диэлектрика. Такой способ обработки позволяет избежать образования невытравленных участков и токоизолированных зон. В предлагаемом способе могут использоваться известные фоточувствительные полупроводниковые ЭИ, т.е. такие ЭИ, у которых проецирование изображения рисунка ПП на нерабочую поверхность вызывает соответствующее распределение плотности технологического тока на обрабатываемой поверхности. В качестве электролита использовался 15-й % водный раствор нитрата натрия.

В лабораторных условиях обрабатывался фольгированный ламинат на основе полиимидной плёнки ПФ-1-18-0,080 с толщиной плёнки 40 мкм и слоем медной фольги 18 мкм. Ламинат натягивался и крепился для жесткости на диэлектрическую пластину. Величина МЭЗ 0.1 мм между поверхностью ламината и полупроводниковой пластиной фиксировалась с помощью диэлектрической прокладки. На нерабочую поверхность полупроводника устанавливали фотошаблон. Диэлектрик с ламинатом, прокладки, полупроводниковая пластина и фотошаблон скреплялись вместе с помощью специальных струбцин со входным и выходным штуцером для прокачки электролита. Плотность технологического тока составляла  $20 \text{ мА/см}^2$ , давление на входе в МЭЗ -  $0,02 \dots 0,06 \text{ МПа}$ . При этом скорость течения электролита не превышала  $1 \text{ м/с}$ .

Исследования также показали, что возможен и другой прием повышения точности копирования проводящего рисунка ПП. Скорость движения ЭИ выбирается равной скорости, при которой возникают необработанные островки или перемычки, но после окончания процесса ЭХО ПП кратковременно, на 3 – 5 с опускают в раствор хлорного железа с плотностью  $1,4 \text{ г/см}^3$ . Скорость травления в свежеприготовленном растворе до  $40 \text{ мкм/мин}$ .

Таким образом, в предлагаемом способе можно получать рисунки ПП любой сложности, включая 3 класс по плотности проводящего рисунка (с шириной полосы  $0,15 \text{ мм}$ ). При этом по сравнению с фотохимическим способом отпадают операции нанесения временных защитных рисунков на фольгу, технологического печатного проводника, промывки, нет вредных химических процессов, очистки, возможна полная регенерация стравливаемой меди. При ЭХО величина бокового подтравливания меньше, чем при фотохимическом методе травления фольги, поэтому можно использовать как обычные (толщиной  $35 \dots 50 \text{ мкм}$ ), так и фольгированные материалы с утончённой фольгой ( $5 \dots 10 \text{ мкм}$ ).

Рассмотренный способ расширяет технологические возможности ЭХО методами электрохимического травления фольгированного диэлектрика, позволяет получить высокую разрешающую способность за счёт уменьшения ширины щели, оперативно менять фотошаблоны и изготавливать на одном ЭИ ПП с различными рисунками.

#### **Список литературы**

1. Глебов В.В., Кирсанов С.В. Фотоэлектрохимическая обработка деталей полупроводниковыми катод-инструментами в NaCl и NaNO<sub>3</sub> электролите // Изв. вузов. Сев.-Кавк. Регион. Техн. науки. – 2007. – №3. – С. 71-73.
2. Глебов В.В. О проблеме бокового подтравливания при химическом и электрохимическом гравировании // Фундаментальные исследования. – 2011. – №8. – С. 623-626.
3. Глебов В.В. Особенности изготовления печатных плат на полиимидной подложке // Научная жизнь. – 2006. – № 6. – С. 15-18.
4. Кирсанов С.В., Глебов В.В., Коноваленко В.В. Использование сканирующего фотоуправляемого электрод-инструмента для электрохимического изготовления печатных плат // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 1999. – № 3. – С. 56-59.
5. Медведев А.М. Технология производства печатных плат. – М.: Техносфера, 2005. – 304 с.
6. Метод получения фотографического изображения с использованием полупроводникового электрода / Ф.И. Кукоз, В.В. Глебов, С.В. Кирсанов, В.В. Коноваленко // Электрохимия. – 1996. – Т.32. – С. 1144-1145.
7. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры / Под ред. А.П. Достанко, Ш.М. Чабдарова. – М.: Радио и связь, 1989. – 624 с.
8. Электрохимическая обработка в технологии производства радиоэлектронной аппаратуры / Ф.В. Седыкин, Л.Б. Дмитриев, В.В. Любимов, В.Д. Струков. – М.: Энергия, 1980. – 136 с.
9. Kirsanov S.V., Glebov V.V. Application of electrochemical marking methods in machine building // Surface engineering and applied electrochemistry. – 2004. – № 5. – P. 1-3.

#### **Рецензенты:**

Петросов С.П., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Бытовые машины и приборы», ГОБУ ВПО ЮРГУЭС, г. Шахты.

Адигамов К.А., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Прикладная механика и конструирование машин» ГОБУ ВПО ЮРГУЭС, г. Шахты.

**Работа получена 12.09.2011.**