

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

Л. А. Брусницына  
Е. И. Степановских

## ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Рекомендовано методическим советом УрФУ  
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся  
по программе бакалавриата по направлению подготовки  
240100 «Химическая технология»

*2-е издание, стереотипное*

Москва  
Издательство «ФЛИНТА»  
Издательство Уральского университета  
2017

УДК 621.357(075.8)  
ББК 34.663я73-1  
Б 892

**Рецензенты:**

кафедра «Управление в кризисных ситуациях»  
Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России  
(начальник кафедры кандидат технических наук, доцент А. В. Краснокутский);  
М. Г. Зуев, доктор химических наук, главный научный сотрудник  
Института химии твердого тела УрО РАН

**Научный редактор**  
доктор химических наук, профессор В. Ф. Марков

**Брусницына, Л. А.**

Б 892      Технология изготовления печатных плат [Электронный ресурс]:  
[учеб. пособие] / Л. А. Брусницына, Е. И. Степановских ; [науч.  
ред. В. Ф. Марков] ; М-во образования и науки Рос. Федерации,  
Урал. федер. ун-т. — 2-е изд., стер. — М. : ФЛИНТА : Изд-во Урал. ун-  
та, 2017. — 200 с.

ISBN 978-5-9765-3053-9 (ФЛИНТА)  
ISBN 978-5-7996-1380-8 (Изд-во Урал. ун-та)

В учебном пособии рассмотрены основные этапы изготовления печатных плат и физико-химические закономерности процессов, лежащих в их основе. Каждая глава заканчивается контрольными вопросами, которые будут полезны при самостоятельной работе.

Пособие может быть полезным студентам, магистрам, аспирантам и научным работникам.

УДК 621.357(075.8)  
ББК 34.663я73-1

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	6
<b>Глава 1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ И ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ</b> .....	8
1.1. Основные определения .....	8
1.2. Характеристика современных технологий изготовления печатных плат	15
1.2.1. Субтрактивный метод .....	15
1.2.2. Аддитивная технология формирования слоев методом «ПАФОС» .....	21
1.2.3. Аддитивный метод фотоформирования (метод «Фотоформ») .....	25
1.2.4. Комбинированный позитивный метод (полуаддитивный метод) .....	26
1.2.5. Метод попарного прессования печатных плат .....	29
1.2.6. Метод послойного наращивания .....	32
1.2.7. Метод металлизации сквозных отверстий .....	36
Контрольные вопросы .....	43
<b>Глава 2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ</b> .....	44
2.1. Базовые и расходные материалы для изготовления ПП .....	44
2.2. Материалы для изготовления ОПП, ДПП и МПП .....	48
2.3. Проводниковые материалы для изготовления ГПП, ГПК и ГЖП .....	61
2.4. Защитные покрытия ГПП, ГПК и ГЖП .....	62
2.5. Адгезивы ГПП, ГПК и ГЖП .....	63
Контрольные вопросы .....	64
<b>Глава 3. ФОТОХИМИЧЕСКИЙ СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНОГО РЕЛЬЕФА (ФОТОЛИТОГРАФИЯ) И ТРАВЛЕНИЕ МЕДИ С ПРОБЕЛЬНЫХ МЕСТ</b> .....	66
3.1. Фотолитография .....	66
3.2. Травление меди с пробельных мест .....	79
3.3. Оплавление сплава олово–свинец .....	84
Контрольные вопросы .....	86

<b>Глава 4. ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ И АКТИВАЦИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПЕРЕД ХИМИЧЕСКОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ</b> .....	87
4.1. Характеристики различных видов подготовки поверхности и отверстий заготовок ПП .....	88
4.1.1. Механическая подготовка поверхности ПП .....	88
4.1.2. Химическая подготовка поверхности ПП.....	90
4.1.3. Комбинированная подготовка поверхности ПП.....	92
4.1.4. Электрохимическая подготовка поверхности ПП.....	93
4.1.5. Плазмохимическое травление поверхности ПП и отверстий .....	93
4.2. Стадии и растворы, применяемые для химической подготовки поверхности диэлектрических материалов перед ее активированием ...	95
4.2.1. Набухание эпоксикаучукового адгезивного слоя в органических растворителях .....	96
4.2.2. Особенности травления эпоксикаучукового адгезивного слоя....	100
4.3. Подготовка поверхности фольги .....	104
4.4. Активация поверхности диэлектрических материалов перед химической металлизацией .....	106
4.4.1. Беспалладиевая активация поверхности .....	108
4.4.2. Фотохимическая активация поверхности .....	110
4.4.2.1. Технологические режимы приготовления фотокомпозиции, подготовки поверхности диэлектрика, нанесения фотоактиватора и процесса экспонирования .....	114
4.4.2.2. Механизм процесса фотовосстановления меди (II) в твердой фазе на поверхности диэлектрика .....	115
4.4.3. Активация поверхности диэлектрика растворами на основе палладия и олова .....	121
Контрольные вопросы .....	126
<b>Глава 5. МЕТАЛЛИЗАЦИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ</b> .....	127
5.1. Общие характеристики процесса металлизации .....	127
5.2. Химическое меднение .....	133
5.2.1. Формирование состава раствора химического меднения .....	133
5.2.2. Приготовление и корректирование растворов химического меднения. Утилизация дорогостоящих реактивов .....	144
5.2.3. Природа дефектов при химической металлизации .....	146
5.2.4. Практика химического меднения.....	149
5.3. Химическое никелирование.....	153

5.4. Электрохимическая металлизация.....	156
5.4.1. Законы электрохимической металлизации .....	156
5.4.2. Гальваническая металлизация при производстве ПП .....	159
5.4.3. Гальваническое меднение .....	164
5.4.4. Другие гальванические покрытия .....	168
5.4.5. Электролиты в производстве печатных плат.....	169
5.4.5.1. Электролиты меднения .....	169
5.4.5.2. Электролиты осаждения сплава олово–свинец .....	176
5.5. Оборудование для металлизации печатных плат.....	185
Контрольные вопросы .....	193
Библиографические ссылки.....	195