

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт  
институт  
Межинститутская базовая кафедра  
«Прикладная физика и космические технологии»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ В.Е. Косенко  
подпись                      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА  
СОВРЕМЕННЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ РАЗРАБОТКИ АО "ИСС" ИМЕНИ  
АКАДЕМИКА М.Ф.РЕШЕТНЕВА»  
Тема

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
код и наименование направления

15.04.05.02 «Технология космических аппаратов»  
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель	_____	профессор МБК ПФиКТ д-р техн. наук, профессор	<u>В.В. Двирный</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>К.И. Шаповалова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	Ведущий инженер технолог АО «ИСС»	<u>Г.В. Полякова</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>Е.С. Сидорова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Красноярск 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	8
1 Основные характеристики печатных плат и этапы их изготовления.....	12
1.1 Основные определения.....	12
1.2 Технические требования к печатным платам.....	15
1.3 Материалы для изготовления печатных плат.....	20
1.4 Типы печатных плат, изготавливаемые на предприятии «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева».....	22
1.4.1 Односторонние печатные платы.....	22
1.4.2 Двусторонние печатные платы.....	23
1.4.3 Многослойные печатные платы.....	23
1.4.4 Гибко – жесткие печатные платы.....	24
1.4.5 Гибкий печатный кабель.....	26
1.5 Основные этапы изготовления печатных плат.....	27
1.5.1 Получение заготовок печатных плат.....	27
1.5.2 Изготовление фотошаблонов печатных плат.....	28
1.5.3 Получение монтажных и переходных отверстий.....	31
1.5.4 Подготовка поверхности печатной платы.....	32
1.5.5 Фотолитография.....	34
1.5.6 Металлизация печатной платы.....	35
1.5.6.1 Химическая металлизация.....	35
1.5.6.2 Гальваническая металлизация.....	36
1.5.6.3 Технология прямой «металлизации».....	41
1.5.6.4 Осаждение металлорезиста.....	43
1.5.7 Травление меди с проблемных мест.....	44
1.5.8 Оплавление сплава олово – свинец.....	45
1.5.9 Прессование многослойной печатной платы.....	46
1.5.10 Нанесение защитной паяльной маски на печатную плату .....	48

1.5.11 Нанесение покрытия на участки проводящего рисунка, свободные от защитной паяльной маски (финишное покрытие).....	50
1.5.12 Обработка печатной платы по контуру.....	51
1.6 Испытания и контроль печатной платы.....	53
2 Модернизация основных технологических этапов изготовления многослойных печатных плат пятого класса точности.....	57
2.1 Установка прямого экспонирования .....	58
2.2 Линия кислого вакуумного травления.....	61
2.3 Линия усиления адгезии.....	63
2.4 Установка оптического совмещения внутренних слоев.....	65
2.5 Сверление.....	68
3 Технологический процесс изготовления двенадцатислойной печатной платы 100.100-6230.....	70
3.1 Изготовление внутренних слоев многослойной печатной платы.....	72
3.2 Изготовление внешних слоев многослойной печатной платы.....	74
3.3 Изготовление многослойной печатной платы.....	75
Заключение.....	79
Список использованных источников.....	80

**[Изъято главы 1-3]**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день кардинально изменился подход к созданию электронной аппаратуры, которая должна одновременно обеспечивать высокое быстродействие, расширенный динамический диапазон, относительно малое энергопотребление, высокую чувствительность, повышенную стойкость к воздействию внешних факторов. Постоянное совершенствование элементной базы требует соответствующей модернизации существующих технологий и оборудования производства печатных плат.

Анализируя работу, проделанную над данной магистерской диссертацией, я пришла к выводу, что совершенствование уровня развития производства невозможно без комплексного подхода к этапам изготовления печатных плат и слаженной работы технологов.

В данной выпускной квалификационной работе подробно описаны основные этапы изготовления многослойной печатной платы, рассмотрены конструкции печатных плат; описаны проблемы, с которыми приходится сталкиваться при изготовлении многослойных печатных плат высокого класса точности; предложена модернизация основных этапов изготовления многослойных печатных плат пятого, а также описаны технологические операции изготовления двенадцатислойной печатной платы пятого класса точности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Шаповалова К.И. Печатные платы. Совершенствование печатных плат / К.И. Шаповалова// Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2018.- № 26.- с. 284-285.
- 2 Пирогова, Е. В. Проектирование и технология печатных плат: учебник / Е. В. Пирогова. - Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2011. - 560 с.
- 3 ГОСТ 23752-79 Платы печатные. Общие технические условия.- Введ. 30.06.1980. – Москва: Государственный стандарт, 1979.- 6с.
- 4 Мылов, Г. В. Печатные платы. Выбор базовых материалов: учебное пособие/ Г.В. Мылов. – Москва, 2015. - 176 с.
- 5 Ильин, В.А. Технология изготовления печатных плат: учебник / В.А. Ильин.- Ленинград: Машиностроение, 1984. – 77с.;
- 6 Горобец, А.И. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры (печатные узлы): справочник / А.И Горобец, А.И. Степаненко, В.М. Коронкевич. – Казань: Техника, 1985. – 312 с.;
- 7 Медведев, А.М. Гибкие печатные платы: учебное пособие / А.М. Медведев.- Москва: «Группа ИДТ», 2008.- 189 с.
- 8 Крылов, В.П. Технологии и подготовка производства печатных плат: учебное пособие / В.П. Крылов. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006.- 38 с.
- 9 Жигалов, А.Т. Конструирование и технология печатных плат: учебник / А.Т. Жигалов, Е.П. Котов – М.: Высшая школа, 1973. – 213 с.;
- 10 Махмудов, М.А. Механическая обработка печатных плат: учебное пособие / М. А. Махмудов. – Москва: Издательство «Радио и связь», 1986. – 72 с.
- 11 Терешкин, В.А. Подготовка поверхности и отверстий при производстве печатных плат [Электронный ресурс] / В.А. Терешкин // Технология в электронной промышленности.- 2006.- №1.- Режим доступа: [http://tech-e.ru/2006\\_1\\_40.php](http://tech-e.ru/2006_1_40.php).

12 Кечиев, Л. Н. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры: учебник / Л. Н. Кечиев. - Москва: «Группа ИДТ», 2007.- 616 с.

13 Брусницына, Л. А. Технология изготовления печатных плат: учебник / Л. А. Брусницына, Е.И. Степановских. - Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. - 200 с.

14 Медведев, А. М. Технология производства печатных плат: учебник / А. М. Медведев. — Москва: Техносфера, 2005. — 360 с.

15 Шаповалова К.И., Грудинина Н.С. Использование CALS-технологий в космической отрасли / К.И. Шаповалова, Н.С. Грудинина // Решетневские чтения, 2016.- № 21.- с. 461-463

16 Кумбза, К.Ф. Печатные платы: справочник/ К. Ф. Кумбза.- Москва: Техносфера, 2011. - 1016 с.

17 Федулов, А. А. Технология многослойных печатных плат: учебник / А. А. Федулов, Ю.А. Устинов, Е.П. Котов, В.П. Шустов, Э.Р. Явич. - Москва: Радио и связь, 1990. – 211 с.

18 Семенов, П.В. Технологии в производстве электроники. Часть II: справочник / П.В. Семенов, А.М. Медведев.- М.: Группа ИДТ, 2007. – 570 с.;

19 Гормаков, А.Н. Конструирование и технология электронных устройств приборов. Печатные платы: учебное пособие / А.Н. Гормаков, Н.А. Воронина. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006.- 86 с.



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт  
институт

Межинститутская базовая кафедра  
«Прикладная физика и космические технологии»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

  
подпись В.Е. Косенко  
инициалы, фамилия

« 22 » июня 2018 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА  
СОВРЕМЕННЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ РАЗРАБОТКИ АО «ИСС»  
ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.Ф.РЕШЕТНЕВА

тема

15.04.05 «Конструкторско- технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
код и наименование направления

15.04.05.02 «Технология космических аппаратов»  
код и наименование магистерской программы

Научный  
руководитель

  
подпись, дата

профессор МБК  
ПФКТ д-р техн. наук  
должность, ученая  
степень

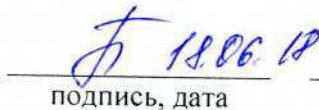
В.В. Двирный  
инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

К.И. Шаповалова  
инициалы, фамилия

Рецензент

  
подпись, дата

ведущий инженер-  
технолог  
должность, ученая  
степень

Г.В. Полякова  
инициалы, фамилия

Нормоконтроль

  
подпись, дата

Е.С. Сидорова  
инициалы, фамилия

Красноярск 2018