

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

« _____ » _____ 2021 г.

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме магистерской диссертации

Студенту: Терехиной Вере Сергеевне.

Группа: МТ 19-04М.

Направление: 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Специализированная программа подготовки: 15.04.05.02 «Технология космических аппаратов».

Тема магистерской диссертации (МД): «Контроль изготовления гибко-жестких печатных плат».

Утверждена приказом по университету № 19878/с от «22»ноября 2019 г.

Руководитель МД: д-р техн. наук, профессор, профессор МБК ПФиКТ Александр Константинович Шатров.

Исходные данные для МД: анализ основных параметров, подтверждение работоспособности фольгированных полиимидов в составе гибко-жестких печатных плат, используемых в бортовой радиоэлектронной аппаратуре космических аппаратов.

Перечень разделов МД:

- 1 Анализ современной конструкции печатной платы (ПП) радиоэлектронной аппаратуры.
- 2 Технология изготовления гибко-жестких печатных плат.
- 3 Проведение испытаний.
- 4 Отработка технологии изготовления гибко-жестких печатных плат.
- 5 Оборудование применяемое в изготовлении гибко-жестких печатных плат.
- 6 Результаты отработки изготовления гибко-жестких печатных плат.

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов: слайды презентации в количестве 18 штук.

Руководитель ВКР _____ А.К.Шатров
подпись инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____ В.С.Терехина
подпись инициалы и фамилия студента

«18» ноября 2021 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Контроль изготовления гибко-жестких печатных плат». Содержит 75 страниц текстового документа, 12 использованных источников, 40 листов графического материала.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИБКО-ЖЕСТКИХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ, БОРТОВАЯ РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА, ПОЛИИМИДЫ ФАЛЬГИРОВАННЫЕ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ОБРАЗЦЫ ГИБКИХ И ГИБКО-ЖЕСТКИХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Цели работы - подтверждение работоспособности фольгированных полиимидов в составе гибко-жестких печатных плат, используемых в бортовой радиоэлектронной аппаратуре космических аппаратов.

Основные задачи:

- 1 провести анализ материалов технологии изготовления гибких и гибко-жестких печатных плат пригодных для применения в бортовой РЭА космического назначения;
- 2 разработка и изготовление экспериментальных образцов гибких и гибко-жестких печатных плат;
- 3 проведение отработочных испытаний гибких и гибко-жестких печатных плат.

Актуальность темы заключается в сохранении эксплуатационных характеристик полиимидов фольгированных и покрывной пленки после термоциклирования в вакууме и при температуре.

Научная новизна заключается в подтверждении качества изготовления ГЖПП предложен рентгеноскопический контроль. Именно по этим причинам для наиболее сложных схем с наивысшими требованиями к надежности в спецификации указывают полиимидные материалы.

Результаты проведенной работы могут быть применены при изготовлении перспективных ГЖПП для АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева» (АО «ИСС»).

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Анализ современной конструкции печатной платы (ПП) радиоэлектронной аппаратуры.....	9
1.1 Печатная плата как элемент конструкции радиоэлектронной аппаратуры.....	9
1.2 Виды печатных плат.....	10
1.3 Основные требования к печатным платам.....	14
1.3.1 Требования к процессу проектирования.....	14
1.3.2 Основные требования к конструкции печатной платы.....	16
1.3.3 Основные требования к изготовлению печатной платы.....	17
2 Технология изготовления гибко-жестких печатных плат.....	19
3 Проведение испытаний.....	45
3.1 Испытательное оборудование.....	45
3.2 Виды контроля.....	47
3.3 Контролируемые параметры.....	47
3.4 Порядок испытаний.....	51
4 Отработка технологии изготовления гибко-жестких печатных плат.....	56
4.1 Изготовление гибкой части гибко-жестких печатных плат.....	56
4.2 Изготовление покрывного слоя и его прессование на гибкую часть.....	57
4.3. Изготовление жесткой части гибко-жестких печатных плат.....	59
4.4 Снятие полиимидной изоляции с выводов гибкой части.....	64
4.5 Электроконтроль гибко-жестких печатных плат.....	64
5 Оборудование применяемое в изготовлении гибко-жестких печатных плат.....	66
5.1 Технологическое оборудование.....	66
6 Результаты отработки изготовления гибко-жестких печатных плат.....	70
Заключение.....	74
Список сокращений.....	75
Список используемых источников.....	76

ВВЕДЕНИЕ

Гибкие печатные платы (ГПП) в последнее время получили самое широкое применение при создании изделий электронной техники, обеспечивая высокое качество электрических соединений как в стационарных, так и в подвижных конструкциях.

ГПП - это всевозможные системы гибких шлейфов, которые могут содержать одно-, двух- и многослойные структуры между соединений. Их конструкции могут быть полностью гибкими или представлять собой комбинацию жестких и гибких частей.

Устойчивость к перегибам обеспечивает использование ГПП в конструкциях электронных приборов (ЭП) неоднократно складываемых в книжку или свертываемых в рулон. Конструктивно выполняемые по принципу организованных выводов они обеспечивают уменьшение габаритов и веса ЭП, возможность применения автоматизированных процессов их изготовления и монтажа, снижая тем самым трудоемкость технологического процесса и повышая надежность соединений.

По массово-габаритным показателям ГПП имеют значительные преимущества по сравнению с плоскими ленточными кабелями (типа ЛППЛ или ЛПП), изготавливаемыми на основе плющенной медной проволоки (луженной или без лужения). В течение последних лет все большей популярностью пользуются гибкие печатные кабели и гибко-жесткие печатные платы (ГПП и ГЖПП). Их применение наиболее актуально в области портативной электроники в качестве соединителей между различными частями электронных устройств, выполненных на базе жестких печатных плат, а также в качестве замены кабельных соединений. Кроме того, на базе гибких печатных плат могут выполняться катушки индуктивности, антенны и т. д.

Область применения гибко-жестких печатных плат обширна. В любом электронном изделии, требующем миниатюризации или объемного размещения блоков и модулей, может использоваться гибко-жесткая печатная плата. На

сегодняшний день технология их производства является наиболее дорогостоящей среди всех видов печатных плат, а также не имеет высокой серийности, т. к., фактически производство осуществляется в лабораторных условиях. Однако, высокий спрос на данный вид продукции и быстрые темпы развития электронного рынка в целом, обуславливают постепенный переход на серийное изготовление все более и более сложных изделий.

Объект исследования: полиимиды фольгированные ПФ-1, ПФ-2, пленка ЭЛИФОМ-ППП в составе ГПК и ГЖПП

Указанные выше материалы предполагается использовать и для изготовления гибко-жестких печатных плат (ГЖПП), которые представляют собой комбинацию многослойных жестких и гибких элементов, содержащих три и более проводящих слоя со сквозными металлизированными отверстиями.

Выбор полиимидных материалов для изготовления ГПП и ГЖПП обусловлен их способностью к многократным перегибам, высокой термо и радиационной стойкостью, хорошими электроизоляционными свойствами.

прочности и модуля упругости при растяжении (без стравливания фольги). Полиимид фольгированного ПФ-2-35-0,15: Для определения предела прочности и модуля упругости при растяжении (без стравливания фольги для определения сопротивления изоляции между электрически не связанными элементами проводящего рисунка и электрической прочности изоляции).

Цель: подтверждение работоспособности фольгированных полиимидов в составе гибко-жестких печатных плат, используемых в бортовой радиоэлектронной аппаратуре космических аппаратов.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

- 1) провести анализ существующих технологий изготовления печатных плат на эпоксидной основе, в том числе гибких и гибко-жестких печатных плат;
- 2) провести анализ материалов технологии изготовления гибких и гибко-

жестких печатных плат пригодных для применения в бортовой РЭА космического назначения;

3) выполнить анализ существующих способов технологического обеспечения изготовления гибких и гибко-жестких печатных плат;

4) разработка и изготовление экспериментальных образцов гибких и гибко-жестких печатных плат.

проведение отработочных испытаний гибких и гибко-жестких печатных плат.

Предмет исследования: определение сохранения эксплуатационных характеристик полиимидов фольгированных и пленки после термоциклирования в вакууме при температуре.

Изъято с 8 по 74 страницы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для исключения рассовмещения слоёв при сборке пакета прессования многослойных ГЖПП и увеличения выхода годных многослойных ГЖПП необходима модернизация участка печатных плат в рамках «Технического перевооружения производства РЭА и кабельной продукции в обеспечение серийного производства перспективных ВВСТ» с переходом на систему совмещения и сборки слоёв МПП фирмы Print Process (Швейцария) которая обеспечивает контроль линейных размеров заготовок в автоматическом режиме с отображением параметров измерений на мониторе.

Предпочтительно, так же, для исключения рассовмещения слоёв при изготовлении ГЖПП выбирать материалы с низкими показателями коэффициентов линейного расширения и деформации в процессе технологической обработки.

По результатам дополнительной отработки проведена корректировка технологического процесса для изготовления ГЖПП.

Процесс изготовления многослойных гибких и гибко-жестких печатных плат значительно отличается от производства жестких многослойных плат. В первую очередь, это совершенно другие материалы на полиимидной основе. Их характерные особенности: более высокая температура прессования, усложнение процедур очистки отверстий, а также меньшая размерная устойчивость, что затрудняет совмещение элементов между соединений в многослойных структурах. Прежде чем производство гибких и гибко-жестких многослойных печатных плат будет поставлено на поток, освоение их технологий будет сопряжено с большими издержками (по большей части связанными с эксплуатацией нового технологического оборудования).

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ГПП	– гибкий печатный проводник;
ДПП	– двухслойная печатная плата;
МПП	– многослойная печатная плата;
ЗПМ	– защитная паяльная маска
ОДД	– однослойная печатная плата;
ПП	– печатная плата;
РЭА	– радиоэлектронная аппаратура;
САПР	– система автоматизированного проектирования;
ЧПУ	– числовое программное управление;
ЭРИ	– электрорадиоизделия;
ЭРЭ	– электрорадиоэлементы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Цветков, С. А. Технология и оборудование поверхностного монтажа: технология, оборудование/ С.А. Цветков, В.И. Черников.- Москва: Изд-во МГТУ,2004. -340 с.
- 2 Фролов, А.Н. Материалы технологические для производства и ремонта электронной аппаратуры / А.Н Фролов, В.И. Иванченко. - Москва: Телеком, 2004. - 283 с.
- 3 Турнов, И.П. Поверхностный монтаж: учебное пособие / И.П. Турнов., В.П. Корнеев.– Москва: Изд-во МГТУ им. Баумана,2000 - 253 с.
- 4 Парфенов, А.С. Введение в теорию прочности паянных соединений: учебное пособие / А.С. Парфенов., С.А. Казаков. – Новосибирск: Изд-во НГТУ,2008. – 265 с.
- 5 Кузнецов, О. А. Прочность паянных соединений: учебное пособие / О. А. Кузнецов, Ф. И. Погалов. – Одесса: Зинатне, 2001. – 312 с.
- 6 Елшин, Ю. М. Система проектирования печатных плат / Ю. М. Елшин., Е.Г. Фролов. – Москва: Изд-во Маяк, 2002. – 254 с.
- 7 Фантгоф, Ж. Н. Печатные платы под поверхностный монтаж: приборы и системы управления. Н. Ж. Фантгоф. , В. А. Терешкин. , Г. В. Миронюк . – Спб. Профессия, 2013. – 305 с.
- 8 Rae A. the cost of going green // Circuits assembly. – 2003. – P.22-25.
- 9 DIRECTIVE 20011/65/EU of the European Parliament and of the council, Official Journal of the European Union.EU, 2011. – P. 88-110.
- 10 Pang John H. L., Xiong B.S., Low T.H., Creep and fatigue characterization//Electronic components and technology conference. 2004. – P. 130-137.
- 11 Терехина, В.С. Проблемы группового поверхностного монтажа ЭРИ бортовой РЭА / В.С. Терехина, А.В. Фищенко, А.И. Рудич, В.А. Лисин //Решетневские чтения : материалы XXIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти генерального конструктора ракетно-космических систем


академика М. Ф. Решетнева (11–15 нояб. 2019, г. Красноярск) : в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2019. Ч. 1.

12 Терехина, В.С. Разработка механического участка с ЧПУ для изготовления сборочных единиц наземной /В.С. Терехина, А.В. Фищенко, А.И. Рудич, В.А. Лисин // Решетневские чтения : материалы XXIV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева (10–13 нояб.2019, г. Красноярск) : в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2019. Ч. 1.

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
«18» 06 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Контроль изготовления гибко-жестких печатных плат»
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
МБКПФиКТ,
д-р техн наук
должность, ученая степень

А.К. Шатров
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

В.С. Терехина
инициалы, фамилия

Рецензент


подпись, дата
инженер-технолог
1 категории АО «ИСС»
имени академика М.Ф.
Решетнева»
должность, ученая степень

Н.В. Слюсарева
инициалы, фамилия

Нормоконтролёр


подпись, дата
профессор
МБКПФиКТ,
д-р техн.наук, доцент
должность, ученая степень

В.Е. Чеботарев
инициалы, фамилия

Красноярск 2021