

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)
Кафедра физической электроники (ФЭ)

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

ОТЧЕТ

ПО РЕЗУЛЬТАТАМ

учебной практики: ознакомительная практика
(вид практики) (тип практики)

Обучающийся гр. 341

_____ А.М. Зильберман

«12» июня 2022 г.

Руководитель практики от профильной
организации:

директор центра технологической практики

_____ О.С. Чеховских

«__» _____ 2022 г.

Руководитель практики от Университета:

Кандидат технических наук, Доцент каф.

ЭП

_____ А.И. Аксенов

«__» _____ 2022 г.

Томск 2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
 И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**
 Кафедра физической электроники (ФЭ)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ЭП

д-р техн. наук, профессор

_____ Н.И. Буримов

«16» февраля 2022 г.

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

на учебную практику: ознакомительная практика
 (вид практики) (тип практики)

студенту гр. 341 факультета электронной техники

Зильберману Артуру Максимовичу

1. Тема практики: технология производства печатных плат.

2. Цель практики: закрепление и расширение знаний, полученных студентами в процессе теоретического обучения, в практических условиях, обеспечивающих прикладную направленность обучения с приобретением конкретных навыков и умений, на основе изучения работы участка печатных плат и личного участия студентов в производственной деятельности участка.

3. Задачи практики:

3.1 освоение в практических условиях принципов и основ создания и изготовления печатных плат;

3.2 закрепление и углубление теоретических знаний в области техники изготовления печатных плат;

3.3 разработка проекта схемы печатной платы.

4. Сроки прохождения практики: с 16.02.2022 г. по 31.05.2022г.

Совместный рабочий график (план) проведения практики

№	Перечень заданий	Сроки выполнения
---	------------------	------------------

п/п		
1	Теоретическое изучение технологии производства ПП	16.02.2022 – 30.03.2022
2	Самостоятельное производство ПП	21.04.2022 – 05.05.2022
3	Выполнение индивидуального задания, работа с отчетом.	19.05.2022 – 31.05.2022

Дата выдачи: «16» февраля 2022 г.

Руководитель практики от университета

Ст. преподаватель каф. ЭП

А.И. Аксенов

Согласовано:

Руководитель практики от профильной организации

Директор ЦТП

О.С. Чеховских

Задание принял к исполнению «16» февраля 2022 г.

Студент гр. 341

А.М. Зильберман

ОГЛАВЛЕНИЕ

<u>1. ВВЕДЕНИЕ.....</u>	<u>5</u>
<u>2. СТРУКТУРА ПРЕДПРИЯТИЯ.....</u>	<u>7</u>
<u>3. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.....</u>	<u>9</u>
<u>4. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....</u>	<u>10</u>
<u>5.ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</u>	<u>14</u>
<u>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</u>	<u>15</u>
<u>ПРИЛОЖЕНИЕ А (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ) ИНСТРУКТАЖ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ...16</u>	
<u>ПРИЛОЖЕНИЕ Б (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ) ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ.....20</u>	

1. ВВЕДЕНИЕ

Учебная практика (ознакомительная практика) проводилась в центре технологической практике ФГБОУ ВО ТУСУР, который занимается технологией производства печатных плат.

Целью учебной практики являлось закрепление и расширение знаний, полученных студентами в процессе теоретического обучения, в практических условиях, обеспечивающих прикладную направленность обучения с приобретением конкретных навыков и умений, на основе изучения работы участка печатных плат и личного участия студентов в производственной деятельности участка.

Задачи учебной практики: освоение в практических условиях принципов и основ создания и изготовления печатных плат; закрепление и углубление теоретических знаний в области техники изготовления печатных плат; разработка проекта схемы печатной платы.

Процесс прохождения учебной практики направлен на поэтапное формирование и закрепление следующих компетенций:

В результате прохождения практики обучающийся должен:

способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1);

способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования (ОПК-1);

способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла объектов, систем и процессов (ОПК-2);

способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные (ОПК-3);

способностью проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий (ПКР-1);

готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (ПКР-3).

знать:

основные технологические и конструктивные свойства материалов и технологические характеристики оборудования, главные этапы технологического процесса, существующие методы изготовления ПП;

уметь:

разрабатывать схему ПП в электронном виде, изготавливать фотошаблоны, определять тип ПП;

владеть:

необходимыми знаниями о характеристиках технологического оборудования, техникой изготовления ПП, необходимыми знаниями по работе на специальном оборудовании для производства печатных плат, навыками подготовки отчетной и презентационной документации.

Учебная практика (ознакомительная практика) была пройдена в качестве техника под руководством директора технологического центра практики ФГБОУ ВО ТУСУР Чеховских Оксаны Сергеевны.

2. СТРУКТУРА ПРЕДПРИЯТИЯ

Центр технологической практики занимается производством односторонних и двухсторонних печатных плат по технологии тентинг-метод. На базе ЦТП проводятся практические занятия для студентов всех уровней подготовки по технологии изготовления печатных плат. ЦТП оснащен необходимым, для производства печатных плат, оборудованием и материалами, а также средствами индивидуальной защиты, необходимыми при работе в химической лаборатории.

Структура центра технологической практики представлена на рисунке 2.1. Центр технологической практики является структурным подразделением департамента образования.

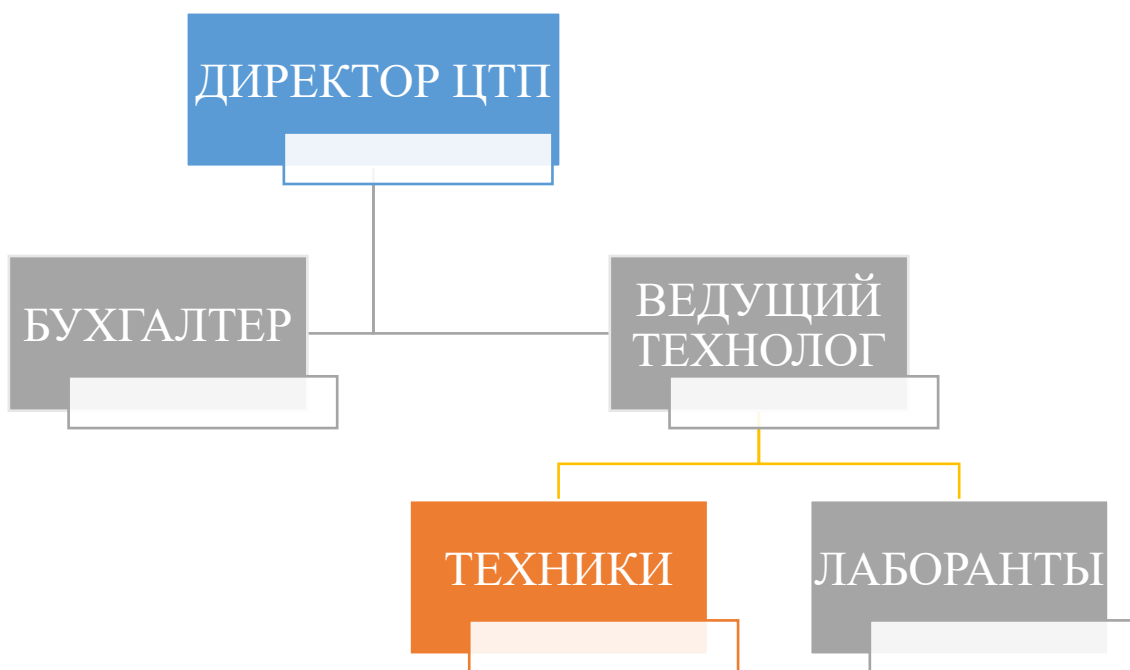


Рисунок 2.1 – Структура центра технологической практики

Основные технологические операции, которые выполняются в центре технологической практике представлены на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Основные технологические операции

3. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Печатная плата - пластина из диэлектрика на поверхности и/или в объеме которой сформированы электропроводящие цепи электронной схемы.

Используются для антенн и катушек индуктивности, гибких светодиодных лент, соединения отдельных частей электронной аппаратуры, приборов и т. п. Их разновидностью можно считать гибкие печатные кабели, которыми вместо жгута объединяют печатные платы.

Жёсткие платы (ЖПП) получили наибольшее распространение. Твёрдая подложка не деформируется и не скручивается. Самый простой пример применения – материнская плата компьютера.

Гибкие печатные платы (ГПП) имеют ряд несомненных преимуществ: ниже стоимость, меньше межсоединений, лучше теплообмен, меньше размеры, их удобно монтировать, они могут быть основой для трёхмерных блоков.

Гибко-жёсткие печатные платы (ГЖПП) являются не простым гибридом первых двух видов, как может показаться. Они сложны в изготовлении и имеют разные модификации.

Виды печатных плат

Однослойные (ОПП) – фольга с проводниками имеется только с одной стороны пластины. Это самый простой и дешевый вариант. Встречается в бытовых приборах, любительском конструировании, различных макетах.

- **Двухслойные (ДПП)** – соответственно имеют покрытие из фольги с обеих сторон. Обладают большей плотностью монтажа и прочностью креплений. Изготавливаются с металлизацией или без неё. Доля в общем выпуске ПП в нашей стране составляет 65 -75%. Используются: в любых радиоэлектронных приборах, в системах сигнализации и средствах телекоммуникации, бытовой технике, измерительном и промышленном оборудовании, военной промышленности.
- **Многослойные (МПП)** – состоят из нескольких слоёв изоляционных пластин, соединённых через металлизированные отверстия в электрическую цепь. Фольга и печатные проводники имеются во всех слоях. Такие платы создаются путём склеивания одно- и двухслойных либо способом послойного

наращивания. Количество слоёв может достигать 40. МПП обладают более высокими эксплуатационными характеристиками, но и более высокой стоимостью, сложностью разработки и изготовления. Применяются в высокоточных приборах, ракетных комплексах, космической, авиационной и компьютерной технике.

4. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В ЦТП при производстве печатных плат применяется тентинг-метод.

Основные достоинства и преимущества тентинг-метода:

- меньшая продолжительность технологического цикла;
- не используют щелочные медно-хлоридные травильные растворы, содержащие аммонийные соединения, затрудняющие обработку сточных вод;
- улучшенные экологические показатели производства;
- экономичность техпроцесса

Недостатки:

- меньшая разрешающая способность метода за счет необходимости более глубокого травления рисунка: фольга + гальванически осажденная медь;
- меньшая трассировочная способность из-за увеличенного размера контактных площадок под отверстия с целью надежного перекрытия отверстий фоторезистом.

ПРОЦЕСС ИЗГОТОВКИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Для производства печатной платы нам необходимы следующие материалы

1. Диэлектрик (стеклотекстолит FR4);
2. Химические реагенты (кислоты, щелочи и др.)
3. Сухой пленочный фоторезист (СПФ)
4. Защитная пленочная маска
5. Припой олово-свинец (ГОСТ-61)
6. Флюс ФГПЛ-5

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОТО ШАБЛОНА

Фотошаблон- это фотографическое изображение рисунка п.п. на пленке, используемое для изготовления п.п., обычно в масштабе 1:1. Для изготовления ДПП с маской и шелкографией необходимо сделать 6 фотошаблонов (рисунок- 2 стороны, маска- 2 стороны, шелкография- 2 стороны).

РАСКРОЙ МАТЕРИАЛА

При помощи роликового ножа из листа стеклотекстолита вырезается заготовка по заданному размеру на станке с ЧПУ.

Фотошаблон пробивается по технологическим отверстиям при точном совмещении его с заготовкой печатной платы согласно реперным точкам.

ПОЛУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКО-ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

Данный процесс состоит из нескольких этапов:

1. Обезжиривание промывка.
2. Травление промывка.
3. Предварительная активация промывка.
4. Активация промывка.

Весь процесс получения металлизации в отверстиях занимает примерно 130 минут.

ПОЛУЧЕНИЕ РИСУНКА СХЕМЫ

На установке ламинирования происходит нанесение фоторезиста на предварительно подготовленную поверхность печатной платы. Ламинированная заготовка печатной платы помещается в вакуумную раму установки экспонирования.

Экспонирование - это воздействие ультрафиолета через фотошаблон на заготовку печатной платы. От времени экспонирования зависит точность переноса рисунка и стойкость защитного слоя к воздействию электролитов. После выше описанной процедуры необходимо выполнить проявление рисунка, путем удаления участков не засвеченного фоторезиста с заготовки п.п. После проявления рисунка п.п. осматривается, при выявлении неполного рисунка производится ретушь специальным маркером.

ТРАВЛЕНИЕ

Основными этапами процесса химического травления являются:

- подготовка поверхности для удаления остатков недопроявленного фоторезиста, жировых пятен, оксидных слоев для обеспечения равномерности травления меди;
- химическое травление, в котором главную роль играет травильный раствор как окислитель;
- промывка;
- удаление защитного слоя фоторезиста, трафаретной краски или металлорезиста;

Способ удаления определяется типом травильного резиста: растворы соляной кислоты, перекись водорода, органические растворы с дополнительным механическим воздействием щетками.

НАНЕСЕНИЕ ЗАЩИТНОЙ ПАЯЛЬНОЙ МАСКИ И МАРКИРОВКИ

Подготавливаем краску согласно инструкции производителя, затем перемешиваем миксером в течении 20 минут для получения нужной консистенции и температуры. Нанесение паяльной маски происходит при помощи шелкографа. После нанесения первого слоя производится предварительная сушка в печке. Затем необходимо произвести экспонирование рисунка маски после проявления рисунка маски на установке конвертерного типа. Стройного распыления происходит окончательная сушка п.п. в конвекционном шкафу. В течении 60 минут при 150 градусах. Процесс нанесения маркировки абсолютно идентичен нанесению жидкой паяльной маски.

ФИНИШНОЕ ПОКРЫТИЕ

Происходит при помощи установки PENTA-600 путем окунания платы на 3 с. в расплавленный раствор ПОС61 при 250-270 градусах. Излишки припоя сдуваются горячим воздухом внутри установки. Перед погружением п.п. в ПОС 61 ее необходимо обезжирить раствором флюса. После покрытия ПОС 61 необходимо удалить излишки флюса с поверхности при помощи горячей воды.

ОБРАБОТКА КОНТУРА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Обработка контура п.п. производится на фрезерном станке ЧПУ согласно заданной программе. После каждого этапа производства каждая заготовка п.п. подвергается оптическому контролю внешних слоев для своевременного выявления дефектов. Для выявления дефектов во внутренних слоях п.п., существует электро-тест (FLAYER 4050). он проверяет п.п. на целостность цепей, наличие коротких замыканий, сплошность металлизации в отверстиях.

ВОЗМОЖНЫЕ ДЕФЕКТЫ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

- заусенцы, выбоины, царапины;
- посторонние включения;
- микротрещины;
- расслоение;
- разрыв проводника;
- смещение отверстий;
- дефект маркировки/паяльной маски;
- отслоение фольги;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе лабораторных работ в центре технической практики были закреплены и расширены знания, полученные в процессе теоретического обучения, в практических условиях на основе изучения работы участка по производству печатных плат и личного участия в производственной деятельности участка.

В результате выполнения лабораторных работ:

-изучены:

основные технологические и конструктивные свойства материалов и технологические характеристики оборудования;

главные этапы технологического процесса;

существующие методы изготовления печатных плат;

-способны:

разрабатывать схему печатной платы в электронном виде;

изготавливать фотошаблоны;

определять тип печатной платы.

Также способны принимать непосредственное участие в некоторых операциях по изготовлению печатных плат.

-приобретены:

необходимые знания о характеристиках технологического оборудования;

техника изготовления печатных плат;

необходимые знания по работе на специальном оборудовании для производства печатных плат;

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1]

Учебно-методическое пособие-

<https://edu.tusur.ru/publications/9775>

[2] Положение о практической подготовке в форме практики обучающихся, осваивающих образовательные программы высшего образования в ТУСУРе: 2003.— URL: <https://regulations.tusur.ru/documents/1073> (дата обращения: 19.10.2022). — Режим доступа: свободный.

[3] Приказ Министерства науки и высшего образования РФ и Министерства просвещения РФ от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» URL: <https://regulations.tusur.ru/documents/1142> (дата обращения: 19.10.2022). — Режим доступа: свободный.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ) ИНСТРУКТАЖ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

1.1. Настоящая инструкция предусматривает безопасную работу в Центре технологической практики (ЦТП) и является обязательной к исполнению для научных сотрудников, лаборантов, инженеров, аспирантов и студентов, а также лиц, проходящих стажировку или обучение.

1.2. К самостоятельной работе в лаборатории допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медосмотр и не имеющие противопоказаний к данной работе, прошедшие инструктажи по охране труда, пожарной электробезопасности, с оформлением в журналах соответствующей формы, прошедшие обучение и проверку знаний по охране труда, изучившие настоящую инструкцию.

1.3. Лица, работающие в ЦТП, обязаны:

- соблюдать законодательство Российской Федерации об охране труда, Правила внутреннего трудового распорядка;
- соблюдать требования охраны труда, правила санитарии и гигиены; - соблюдать установленные для них режимы труда и отдыха;
- проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда;
- выполнять требования пожарной безопасности, уметь применять первичные средства пожаротушения;
- уметь оказывать первую помощь при ожогах, отравлениях, поражениях электрическим током и других травмах и действовать согласно инструкции по оказанию первой помощи при несчастных случаях для студентов и работников ТУСУР;
- использовать и правильно применять сертифицированные средства индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с действующими нормативами;
- немедленно извещать своего непосредственного или вышестоящего руководителя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, или об ухудшении состояния своего здоровья, о неисправностях оборудования.

1.4. При выполнении работ в лаборатории должно находиться не менее двух человек, при этом один из них - сотрудник ЦТП. Обучающимся запрещается находиться в лаборатории ЦТП в отсутствие преподавателя.

1.6. Ответственность за соблюдение Правил и инструкций по охране труда и порядка в лаборатории ЦТП во время занятий возлагается на преподавателя.

1.8. Работа в лаборатории ЦТП разрешается только при исправной приточно-вытяжной вентиляции, оборудованной вытяжными шкапами с хорошей тягой.

2.1. Изучить инструкции или методики по выполняемой работе, физико-химические и токсические свойства применяемых в работе химических веществ.

2.2. Включить приточно-вытяжную вентиляцию за 30 минут до начала работы с химическими веществами.

2.3. Надеть спецодежду и средства индивидуальной защиты (СИЗ), предварительно проверив их на отсутствие повреждений и загрязнений. Запрещается работать в грязной или неисправной спецодежде. Запрещается использовать средства защиты с истекшим сроком годности.

2.6. Запрещается хранить верхнюю одежду, а также сумки и рюкзаки в лаборатории.

3.1. Рабочее место сотрудника должно иметь достаточное освещение, быть свободным от неиспользуемых приборов, посуды, реактивов, содержаться в чистоте. Захламленность рабочего места является одной из причин возникновения аварийных ситуаций.

3.2. Все операции, связанные с применением, выделением или образованием ядовитых, огнеопасных или взрывоопасных веществ, должны проводиться в вытяжном шкафу с применением необходимых мер предосторожности. Во время

эксперимента створки вытяжного шкафа должны быть опущены. Открывать их разрешается только во время обслуживания приборов и установок. Приподнятые створки (на высоту 20-30 см) должны прочно укрепляться приспособлениями, исключающими их неожиданное падение.

3.3. При работе на вакуумных установках необходимо использовать защитную маску или защитный экран.

3.4. Все электроприборы, используемые в лаборатории, должны быть надежно заземлены.

3.5. Запрещается:

- оставлять работающие приборы и рабочее место без присмотра;
- концентрировать работы с пожароопасными веществами в одном месте;
- при работе с горючими веществами использовать для нагревания открытый огонь;
- вдыхать химические вещества или их растворы, пробовать на вкус, оставлять в открытых емкостях на рабочих столах;
- убирать случайно пролитые легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ЛВЖ, ГЖ) при включенных электронагревательных приборах;
- хранить вместе несовместимые по свойствам вещества;
- пользоваться разбитой и треснутой химической посудой;
- использование химических лабораторий в качестве учебных аудиторий для проведения занятий по нехимическим дисциплинам;
- курить, находиться в состоянии алкогольного, наркотического, токсического опьянения;
- использовать химическую посуду для личных нужд, принимать пищу на рабочем месте, держать продукты питания в ящиках рабочих столов или в холодильнике, предназначенном для реактивов;

4.1. При выполнении работы аварийные ситуации могут возникнуть вследствие:

- отключения электроснабжения или неисправности вентиляционной системы,
- разлива или рассыпки реактива или реакционной массы из-за разрушения емкости для хранения или установки для перегонки или проведения реакции.

4.2. Работник должен знать:

- пути эвакуации;
- местонахождение запасных выходов и ключей от них;
- расположение выключателей, рубильников, вентиляей.

4.4. Рассыпанное кристаллическое вещество осторожно и аккуратно, используя необходимые средства защиты, собрать в специальную посуду, загрязненное место тщательно нейтрализовать и обезвредить, только затем промыть. Непригодное к работе собранное вещество подвергнуть обезвреживанию, превратив его в безопасные продукты, нейтрализовать.

4.5. При отравлении парами химических веществ необходимо пострадавшего вывести.

4.6. При попадании вещества на кожу для предупреждения отравления необходимо с загрязненного участка тела ватным тампоном, фильтровальной бумагой или салфеткой снять прилипшее вещество, а затем промыть большим количеством дезинфицирующего раствора и водой. При попадании вещества на спецодежду, ее необходимо снять и заменить. Загрязненную спецодежду необходимо обезвредить и выстирать, или вынести на свежий воздух. В случае потери сознания с остановкой дыхания.

4.6. При попадании вещества на кожу для предупреждения отравления необходимо с загрязненного участка тела ватным тампоном, фильтровальной бумагой или

салфеткой снять прилипшее вещество, а затем промыть большим количеством дезинфицирующего раствора и водой. При попадании вещества на спецодежду, ее необходимо снять и заменить. Загрязненную спецодежду необходимо обезвредить и выстирать.

5.1. В случае возникновения аварийной ситуации, несчастного случая должностные лица выполняют следующие действия:

- все работы в лаборатории прекращаются;
- пострадавшим оказывается первая доврачебная помощь, при необходимости доставка в медицинское учреждение;
- принимаются оперативные меры для локализации аварийной ситуации;
- в случае возникновения пожара извещается пожарная служба (по стационарному телефону по номеру – 01, по сотовым телефонам: оператора «Билайн» - 001; оператора «Мегафон» -010)
- о всех аварийных ситуациях незамедлительно извещается руководство университета;
- при возникновении несчастного случая с сотрудником или студентом извещается служба охраны труда университета (по телефону: 900-117, вн. 13-48), место несчастного случая сохраняется до начала проведения расследования в установленном порядке.

6.1. По окончании работы необходимо:

- убрать реактивы в специально отведённое место;
- отходы реактивов, использованные при работе, пробы, растворы, промывные воды, фильтры, бумагу убрать в специальную тару для дальнейшего обезвреживания и уничтожения, сливать химические вещества в канализацию запрещается;
- отходы реактивов необходимо подвергнуть разложению и превращению в безопасные продукты, полученные продукты нейтрализовать;
- освободившиеся после опытов приборы и посуду тщательно обезвредить, а затем вымыть;
- привести в порядок рабочее место;
- выключить вентиляцию (через 30 минут после окончания работ с химическими веществами);
- спецодежду и СИЗ нужно снять и поместить в предназначенное для них место;
- вымыть руки с мылом;
- сообщить руководителю (преподавателю) об окончании работы, выявленных недостатках, неисправности оборудования, приспособлений и т.д.;
- закрыть окна (форточки);
- отключить электроприборы, воду, газ, свет;
- закрыть лабораторию ЦТП.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ) ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Изготовленная печатная плата представлена на рисунке Б1.

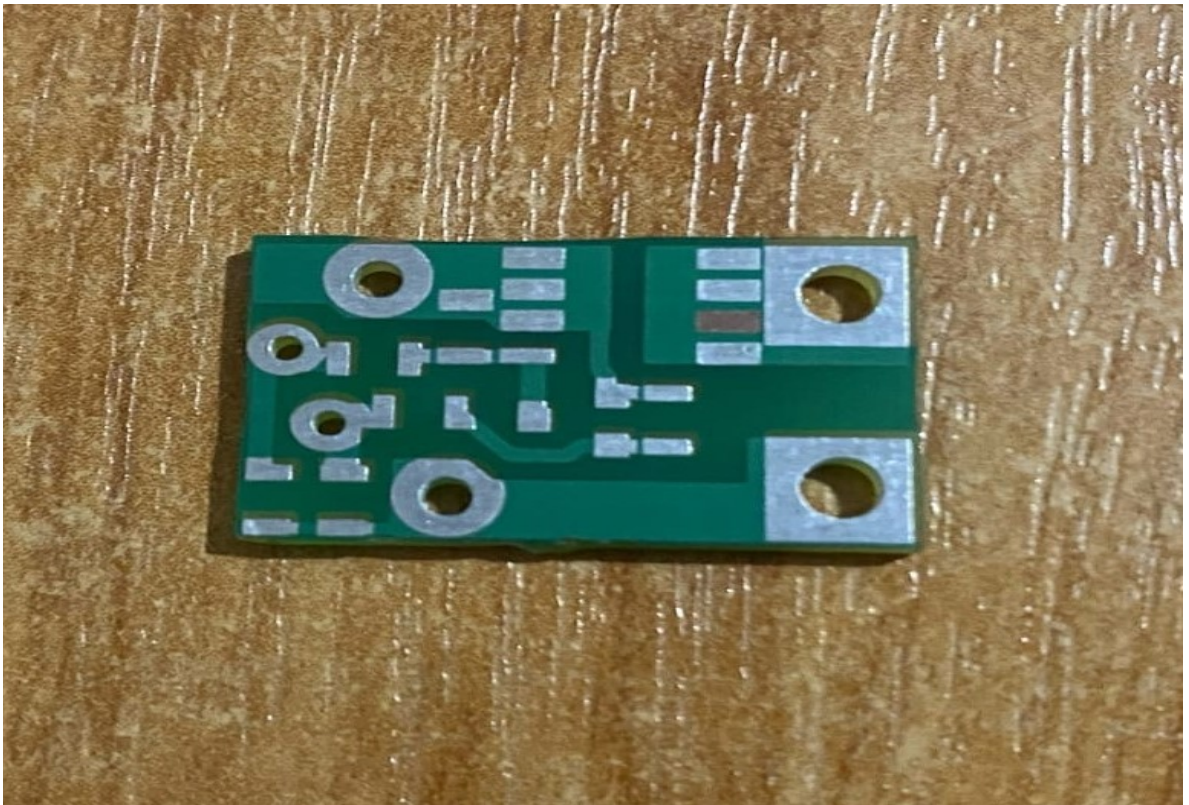


Рисунок Б1 — изготовленная печатная плата