

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования

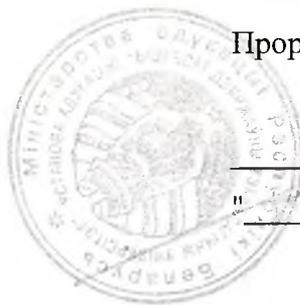
ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

УДК 536.3.33:621.3.049.75

*№ ГР 2001390*

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе



*[Signature]*  
С.М.Литовский

" *3* " *12* 2004 г.

ОТЧЕТ

о научно-исследовательской работе по договору № 293

*2004 № 293*

Исследовать закономерности процессов теплообмена и структурообразования при формировании паяных соединений под воздействием лазерного излучения и разработать научные основы метода лазерной пайки радиокомпонентов

Научный руководитель:

д.ф.м.н., профессор

*[Signature]* Н.К.Толочко  
*23.12.04*

Начальник НИС.

*[Signature]* С.А.Беликов  
*23.12.04*

ВИТЕБСК 2004 г.



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**Учреждение образования**  
**ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ**

УДК 536.3.33:621.3.049.75

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе



С.М.Литовский

"3" 12 2004 г.

**ОТЧЕТ**

о научно-исследовательской работе по договору № 293

(годовой)

Исследовать закономерности процессов теплообмена и структурообразования при формировании паяных соединений под воздействием лазерного излучения и разработать научные основы метода лазерной пайки радиокомпонентов

№ госрегистрации 2001390 от 22.02.2001

Этап 19-2004: "Разработка физической и математической моделей определения качества паяного соединения по динамическим радиационным характеристикам".

Научный руководитель:

д.ф.м.н., профессор

Н.К.Толочко  
23.12.04

Начальник НИС.

С.А.Беликов  
23.12.04

**ВИТЕБСК 2004 г.**

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Н.К.Толочко

 23.12.04

Ю.В.Хлопков

 23.12.04

С.С.Пряхин

 23.12.04

Нормоконтроль

 23.12.04

С.Н. Белкин

## РЕФЕРАТ

Отчет 40 стр., рис.14, таблиц 4.

### ПАЙКА, ЛАЗЕРНАЯ ПАЙКА, ПАЯНОЕ СОЕДИНЕНИЕ, ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, КАЧЕСТВО ПАЯНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Объектом исследования являются радиационные тепловые процессы при формировании паяных соединений под действием лазерного излучения.

Цель работы: разработка физических и математических основ процессов контроля тепловыми режимами пайки и определения качества паяного соединения по динамическим радиационным характеристикам вторичного теплового излучения паяных соединений.

Проведены теоретические проработки элементов аппаратуры лазерного контроля качества паяных соединений в составе с установкой лазерной пайки. Приводятся теплофизические оценки режима лазерной пайки.

Представлена физическая модель формирования сигнала радиационных потоков от паяемых элементов, рассматривающая процесс как результат последовательного влияния факторов: лазерный нагрев паяного соединения, тепловое поверхностное излучение, передача потока излучения на чувствительную площадку фотоэлемента, и преобразование потока излучения в электрический сигнал фотоэлементом.

Описан состав разработанной и изготовленной аппаратуры установки, обеспечивающей возможность регистрации радиационных тепловых потоков при лазерном дозированном нагреве зоны формирования паяного соединения.

Приведены экспериментальные результаты измерений тепловых радиационных потоков от паяных соединений. Дано сопоставление особенностей их динамики с качеством паяных соединений при различных условиях пайки.

Разработана методика численного расчета температуры в зоне формирования паяного соединения по величине сигнала радиационных потоков вторичного теплового излучения. Используя разработанную методику численного расчета температуры в зоне формирования паяного соединения по величине сигнала радиационных потоков вторичного теплового излучения, проведен анализ тепловых процессов, оказывающих влияние на качество процесса пайки. Даны рекомендации по использованию данных о величине радиационных потоков для контроля процесса лазерной пайки.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Теоретические проработки элементов аппаратуры лазерного контроля качества паяных соединений в составе с установкой лазерного пайки	6
1.1. Теплофизические оценки режима лазерной пайки	6
1.2. Физическая модель формирования сигнала радиационных потоков от паяемых элементов	9
2. Разработка и создание аппаратуры регистрации радиационных потоков в составе установки лазерного дозированного нагрева	13
2.1. Общее описание установки для исследования процессов лазерной пайки с регистрацией тепловых радиационных потоков	13
2.2. Аппаратура дозирования лазерного нагрева	15
2.2.1. Выбор типа лазера	15
2.2.3. Управление дозированием лазерного излучения	17
2.3. Разработка и изготовление аппаратуры регистрации тепловых радиационных потоков во время пайки	19
3.3.1. Проекционная система	19
2.3.2. Фотоприемник для регистрации радиационных потоков	20
3. Экспериментальное исследование динамики радиационных потоков при формировании паяных соединений и сопоставление результатов при лазерной пайке.	22
3.1. Исследование температурной чувствительности фотоприемника в составе аппаратуры регистрации.	22
3.2. Подготовка элементов к проведению лазерной пайки.	25
3.3. Экспериментальные результаты при пайке чип-конденсаторов.	26
3.4. Подбор режимов лазерной пайки для группы чип-конденсаторов.	33
3.5. Выводы по результатам экспериментальных исследований.	34
4. Анализ качества пайки по сигналам радиационных потоков.	35
Заключение	39
Список литературы	40

## **Введение**

Оборудование для лазерной пайки имеет возможности для совмещения технологического цикла с одновременным проведением контроля пайки [1]. Бесконтактное измерение соответствующих тепловых радиационных потоков от паяного соединения можно осуществлять с помощью ИК-фотоприемника. Предполагается, что измеряемые характеристики содержат информацию о тепловом процессе в паяном соединении под действием лазерного возмущения и могут быть использованы для управления технологическим процессом и контроля качества паяных соединений.

С целью создания физической и математической моделей контроля тепловыми режимами пайки и определения качества паяного соединения по динамическим радиационным характеристикам в соответствии с календарным планом на протяжении первого и второго кварталов 2004 г. работы выполнялись по этапам:

1. Выбор физической модели формирования радиационных потоков от паяемых элементов в процессе лазерной пайки;
2. Разработка и изготовление регистрирующей аппаратуры для контроля хода пайки.
3. Анализ и сопоставление качества паяемых соединений и динамических радиационных потоков.
4. Создание математической модели для численного расчета характеристик оптических сигналов.

Основное внимание уделялось обеспечению аппаратурной совместимости применяемого для лазерной пайки оборудования для лазерного дозированного нагрева с оптическим оборудованием, используемым для регистрации тепловых радиационных потоков в среднем ИК-диапазоне спектра излучения. Поэтому этапу разработки и создания регистрирующей аппаратуры предшествовала проработка аппаратурной части, выполненная на теоретическом уровне (первый раздел отчета). Физическая модель формирования радиационных потоков от паяемых элементов в процессе лазерной пайки включена в данный раздел в качестве подраздела. Во втором разделе приводится обоснование выбора основных элементов аппаратуры и описание созданной установки с элементами регистрирующей аппаратуры для контроля хода пайки. В третий раздел отчета включены результаты экспериментальных исследований регистрируемых сигналов, полученных в процессе лазерной пайки. Приводятся результаты измерения температурной чувствительности аппаратуры регистрации. В четвертом разделе с использованием разработанного метода расчета температур по величине экспериментально полученных оптических сигналов анализируются тепловые процессы в зоне пайки в эксперименте.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кундас С.П., Достанко А.П., Ануфриев Л.П., Русецкий А.М., Семашко В.И., Коробченко В.Ф. Технология поверхностного монтажа. Минск: "Армита - Маркетинг, Менеджмент", 2000. 350 с.
2. Таблицы физических величин. Справочник / Под ред. акад. И.К. Кикоина. М.: Атомиздат. 1976. 1008 с.
3. Попилов Л.Я. Советы заводскому технологу: Справочное пособие. Л.: Лениздат. 1975. 264 с.
4. Справочник по пайке: Справочник / Под ред. Петрунин И.Е. - М.: Машиностроение. 1984. 400с.
5. Рыкалин Н.Н., Углов А.А., Кокора А.Н. Лазерная обработка материалов. М.: Машиностроение, 1975. 296 с.
6. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – М.: Наука. 1990. 624 с.
7. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: Справочник / Рыкалин Н.Н., Углов А.А., Зуев И.В., Кокора А.Н. - М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
8. Аксененко М.Д., Баранчиков М.А. Приёмники оптического излучения. М.: Радио и связь. 1987. 296 с.
9. Окадзаки К. Технология керамических диэлектриков. М.: Энергия. 1976. 336 с.