

Министерство образования Республики Беларусь  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ВГТУ)

УДК ~~621.762~~

№ гос. регистрации 2001390

Инв.№



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе ВГТУ

С.М.Литовский

ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ИССЛЕДОВАТЬ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА И  
СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОД  
ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И РАЗРАБОТАТЬ НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ  
МЕТОДА ЛАЗЕРНОЙ ПАЙКИ РАДИОКОМПОНЕНТОВ

2001-76-293

по заданию 19 ГПОФИ «Материал» МПФИ «Наукоемкие технологии»

Научный руководитель  
д-р физ.-мат. наук,  
профессор

подпись  
дата

25.12.05

Н.К.Толочко

Начальник НИС

подпись  
дата

25.12.05

С.А.Беликов

Витебск 2005

Библиотека ВГТУ



**СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ**

Н.К.Толочко

Ю.В.Хлопков

С.С.Пряхин



The image shows three handwritten signatures in blue ink, arranged vertically. The top signature is for N.K. Tolochko, the middle one for Y.V. Klopov, and the bottom one for S.S. Pryakhin. The signatures are stylized and cursive.

БІБЛІОТЭКА  
УА "ВІЦЕБСКІ ДЗЯРЖАЎНЫ  
ТЭХНАЛАГІЧНЫ УНІВЕРСІТЭТ"  
ІНВ. № \_\_\_\_\_



The image shows a blue ink stamp from the library of Vitebsk State Technical University. The stamp contains the text: "БІБЛІОТЭКА", "УА "ВІЦЕБСКІ ДЗЯРЖАЎНЫ ТЭХНАЛАГІЧНЫ УНІВЕРСІТЭТ"", and "ІНВ. № \_\_\_\_\_". A handwritten signature in blue ink is written over the stamp.

## РЕФЕРАТ

Отчет 26 стр., рис.8, таблиц 4.

### ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ТЕПЛОВАЯ КИНЕТИКА, ДЕФЕКТОСКОПИЯ ПАЯНОГО СОЕДИНЕНИЯ, СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.

Объектом исследования является процесс контроля качества паяных соединений, осуществляемый путем воздействия на паяные соединения лазерного излучения и анализа данных о динамике испускаемого их поверхностью потока теплового излучения.

Цель работы: разработка методики определения качества паяного соединения по данным динамики испускаемых радиационных потоков.

Разработана математическая модель температурной кинетики поверхности паяных соединений при лазерно-тепловом воздействии. Модель представляет тепловой процесс в паяном соединении как последовательную цепь тепловых явлений, в которых существенную роль играют лазерно-тепловое возмущение, внутренняя релаксация тепла, и сток тепла из паяного соединения. В этих условиях кинетику температуры поверхности паяного соединения на стадии лазерного нагрева описывает функция насыщения, характеризующаяся двумя различающимися по масштабам временными процессами. Кинетика нагрева и охлаждения паяных соединений описывается тремя независимыми параметрами: температурой насыщения, временем внутренней релаксации тепла, временем релаксации тепла из паяного соединения на проводники.

Описан метод определения параметров кинетики нагрева и охлаждения паяных соединений по данным регистрируемого с помощью фотоприемника сигнала теплового излучения. Определены масштабы разбросов определения значений кинетических параметров на одном паяном соединении. Проведен статистический анализ кинетических параметров для групп однородных паек. Выявлены отдельные соединения, в которых достигаются аномальные значения кинетических параметров времен внутренней релаксации тепла и релаксации через контакты с проводниками. Показана возможность выявления повышенных контактных сопротивлений и внутренних неоднородностей пайки исходя из статистики данных параметров кинетики.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Моделирование процесса нагрева и охлаждения поверхности паяного соединения при лазерно-тепловой дефектоскопии.	7
1.1. Описание физической модели лазерного нагрева и охлаждения паяного соединения.	7
1.2. Математическое моделирование кинетики лазерного нагрева и охлаждения паяного соединения.	8
1.3. Параметры кинетики нагрева и охлаждения при дефектоскопии паяных соединений.	10
2. Исследования параметров кинетики тепловых процессов при лазерно-дозированном нагреве для ансамблей однотипных паек.	14
2.1. Техника измерений сигналов теплового излучения паяных соединений при лазерном дозированном нагреве.	14
2.2. Методика численного расчета параметров кинетики нагрева и охлаждения паяных соединений по экспериментально полученным данным сигнала теплового излучения.	15
2.3. Статистический анализ данных кинетики и выявление дефектных соединений.	18
Заключение	25
Список литературы	26

## **Введение**

Диагностика качества паяных соединений (ПС) является одной из наиболее ответственных операций при изготовлении печатных плат в электронной промышленности. Она необходима для выявления дефектов пайки, которые могут повлиять на качество изделий в процессе их сборки и эксплуатации. Применяемые методы диагностики очень трудоемки, учитывая большое количество соединений в современных сборках. Кроме того, существуют трудно обнаруживаемые дефекты пайки, не проявляющиеся ни визуально, ни в ходе проверки целостности электрических цепей, к примеру, холодная пайка, некачественная отмывка флюса и т.д. Поэтому разработки технологий контроля качества пайки остаются актуальными.

Перспективным методом диагностики качества пайки является лазерно-тепловая дефектоскопия паяных контактов [1-3]. Он призван дополнять применяемые методы контроля качества пайки. При лазерно-тепловом контроле поверхность ПС подвергают кратковременному воздействию излучения непрерывного лазера. В процессе лазерного контроля ПС нагревают, не доводя до плавления. Поэтому данный метод диагностики не приводит к модификациям соединений и является неразрушающим. Метод использует данные о динамике тепловых сигналов, отвечающих переходным процессам нагрева и охлаждения поверхностей объектов. Для ПС такие данные могут быть получены путем регистрации вторичного теплового излучения с помощью фотоприемников, работающих в ИК-области спектра. В ходе обработки сигнала необходимо рассчитывать параметры, проявляющиеся в динамике теплового процесса в ПС, и на основании сопоставления их с эталонными параметрами принимать решение о качестве ПС. Контроль одного соединения длится ~ 100 мс (время прохождения теплового возмущения по глубине ПС + измерение сигнала на стадии тепловой релаксации). При автоматизации данный процесс может быть высокопроизводительным, и, при необходимости, использоваться для оперативной проверки 100% выпускаемой продукции.

Применение лазерно-тепловой диагностики требует решения проблем подбора параметров, несущих объективную информацию о качестве ПС [4]. Обработка сигнала должна осуществляться, исходя из физических и модельных представлений о тепловых процессах, происходящих во время лазерного нагрева и последующего охлаждения в ПС. Поэтому в ходе первого этапа работ выполнялись теоретические исследования, связанные с разработкой модели кинетики нагрева и охлаждения ПС при лазерном воздействии на их поверхности. Полученные при этом результаты изложены в первом разделе настоящего отчета.

Как правило, жесткость требований к качеству ПС имеет объективный характер и устанавливается из анализа статистики отказов изделий, а также возможности воспроизведения параметров качества в реальном производстве. Таким образом, при лазерно-тепловом контроле качества ПС возникает проблема установления допустимых границ измеряемых параметров к реально действующим параметрам качества. Данную проблему следует решать статистически, анализируя для групп контактов спектры распределения измеряемых параметров и устанавливая допустимые границы их отклонений. В ходе выполнения второго этапа осуществлялась обработка экспериментально полученных в условиях воздействия лазерного дозированного нагрева на поверхности ПС монтажных плат протоколов измерений динамики сигнала теплового излучения. Результатом обработки являлся расчет параметров кинетики температурных процессов, отвечающих кинетической модели нагрева и охлаждения, и расчет спектров распределений данных параметров. Определены параметры статистики распределений. Проведен анализ случаев выхода параметров за пределы границ доверительных интервалов. Результаты статистического анализа параметров изложены во втором разделе отчета.

## Литература

1. Laser-soldering system closes inspection loop // Electronic Design, 1986, vol. 34, No 22, p. 29-32.
2. Хлопков Ю.В., Каменков В.С., Григорьев С.Н. Методы и аппаратура автоматизированного лазерно-теплового контроля качества паяных соединений. // Тезисы Всесоюзной конференции "Проблемы автоматизации сборки радиоаппаратуры". М: 1991. С. 37.
2. Хлопков Ю.В., Каменков В.С. Лазерно-тепловой контроль паяных соединений печатных плат // Приборы и системы управления, 1993, 11, с. 46-47.
3. Толочко Н.К., Хлопков Ю.В, Каменков В.С., Пряхин С.С. Лазерно-тепловой контроль качества приповерхностной структуры изделий и соединений // Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения: Сб. научн. трудов /Под ред. С.А. Астапчика, П.А. Витязя. Мн.: Технопринт, 2001. С. 515-518
4. Толочко Н.К., Пряхин С.С., Хлопков Ю.В. Кинетика поверхностных температур при лазерно-тепловой диагностике контактов // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. № 6 (9). -2001. С. 75-79.
5. Дьяконов В.П. Справочник по алгоритмам и программам на языке бейсик для персональных ЭВМ. – М.: Наука. 1989. 240 с.

