

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

УДК 621.3.049.77 – 049.1

*На правах рукописи*

ДАНЬКО  
Елена Юрьевна

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ  
МИКРОСХЕМ В МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ КОРПУСА  
ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание степени  
магистра технических наук

по специальности 1-38 80 04 Технология приборостроения

Минск 2018

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **ЕФИМЕНКО Сергей Афанасьевич**, кандидат технических наук, главный конструктор ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ», доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент: **ПОЛУБОК Владислав Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент, ведущий инженер-программист Республиканского унитарного предприятия «Центр информационных технологий Национального статического комитета Республики Беларусь»

Защита диссертации состоится «26» июня 2018 г. года в 10<sup>00</sup> часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П. Бровки, 6, копр. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время электронная промышленность является наиболее динамично развивающейся отраслью. Во многом этому успеху способствует развитие интегральной технологии и решение многих проблем производственных процессов, а также использование развитых средств автоматизированного проектирования (САПР) микроэлектронной аппаратуры на этапе разработки проектных решений.

Наибольший вклад в показатель роста микроэлектроники вносят проектирование и производство интегральных схем (ИС). Растущие потребности рынка микросхем выдвинули проблему повышения качества и объемов выпуска металлокерамических корпусов (МКК) ИС на уровень наиболее актуальных проблем микроэлектронной технологии. Как показывает практика, несмотря на многообразие возможных решений, реальной альтернативы МКК электронная промышленность не имеет. Сегодня МКК специального назначения для интегральных микросхем и полупроводниковых приборов занимают основную долю (около 60 %) отечественного рынка керамических изделий. Широкое применение МКК обуславливается такими присущими им параметрами качества, как высокая степень герметичности, удобство монтажа и применения, прочность и жесткость конструкции и т.д. Крупные фирмы-изготовители высоконадежных ИС предпочитают именно металлокерамические корпуса (типа ДИП, плоские, матричные, кристаллоносители), хотя по сравнению с пластиковыми корпусами они обладают очень высокой стоимостью. Приборы, собранные в корпусах МКК можно применять в диапазоне температур от  $-60$  до  $150^{\circ}\text{C}$ , при сильных перепадах давления, в самых разных условиях окружающей среды – на суше, море и в космосе. Основное применение таких корпусов – радиоэлектронная аппаратура, вычислительные устройства специального назначения и ракетно-космических объектов. Кроме того, ИС в МКК применяются в области средств связи, вычислительной техники, бытовой электроники и промышленного производства.

Однако современные тенденции развития микроэлектроники приводят к тому факту, что отдельные показатели МКК перестали удовлетворять требованиям производства. С увеличением степени интеграции повышается чувствительность ИС к процессам, происходящим на поверхности кристалла, большинство которых связано с содержанием влаги внутри корпусов. Во внутрикорпусной среде со временем повышается концентрация паров воды и других веществ, и это повышение может привести к достижению критических значений концентрации, соответствующим отказам изделий. Происходящие процессы связаны с наличием в корпусах достаточно широкой номенклатуры конструкционных материалов, таких как, полимерные материалы и полимеросодержащие конструктивы (ПСК) на их основе, способные выделять летучие вещества различного химического состава: влагу, остаточные растворители, продукты деструкции.

Сконденсированные или адсорбированные на поверхности полупроводникового кристалла пары воды либо непосредственно участвуют в дегра-

дационных процессах, таких как коррозия металлизации, либо косвенно способствуют развитию разного рода механизмов отказа ИС. Отказы, связанные с воздействием влаги, составляют 60–80 % от общего числа для ИС в металлокерамических и керамических корпусах.

Непрерывное развитие микроэлектроники сопровождается постоянным увеличением требований к производству изделий, основное из которых – надежность. Потому обеспечение надежности металлокерамических модулей является наиболее актуальной для развития и усовершенствования многоуровневых керамических изделий.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы исследования

Проблема повышения качества и объемов выпуска металлокерамических корпусов (МКК) ИС является наиболее актуальной проблемой микроэлектронной технологии. В свою очередь, повышение надежности микроэлектронной аппаратуры напрямую зависит от повышения надежности комплектующих элементов, в частности, микросхем.

Особую актуальность при достижении повышения надежности занимают исследования физики и химии коррозионных отказов корпусов микросхем, которые позволяют улучшать конструкцию и совершенствовать технологию производства с помощью анализа отказавших приборов. Еще одной важной задачей является исследование причин возникновения дефектов в технологическом процессе изготовления МКК и их влияния на коррозионную стойкость.

Учитывая последние требования к технологическому процессу изготовления ИС, а именно то, что содержание паров воды в подкорпусном объеме при температуре 25°С должно быть не более 0,05 объемного процента, что идентично допустимому содержанию паров воды, нормируемому военным стандартом США *MIL-STD-883E*, равному 500 ppт (ppт – одна часть на миллион), и технические требования к ИС по надежности (сохраняемость ИС не менее 25 лет и наработка не менее 150 тыс. ч.) – особенно важно изучать механизмы отказов, анализ причин и источников попадания влаги в корпуса, на основе чего правильно оценивать мероприятия по снижению ее уровня для повышения надежности ИС, что становится возможным при точной оценке содержания паров воды внутри корпуса ИС.

Таким образом, работы по определению источников повышенного содержания влаги в корпусах ИС, аналитических связей между конструктивными и технологическими особенностями, режимами эксплуатации, параметрами структуры металлокерамических спаев корпусов, непосредственно связанных с их коррозионной деградацией, разработке техпроцессов, обеспечивающих снижение содержания влаги во внутреннем объеме металлокерамических корпусов для *SMD*-монтажа являются актуальными.

### **Степень разработанности проблемы**

На сегодняшний день существует большое число работ в области повышения интеграции микросхем (Г.Я. Гуськов, А.М. Мамедов, А.В. Калмыков, С.И. Ребров) и разработки вакуумплотных металлокерамических корпусов (С.А. Чигиринский, А.С. Турцевич, В.А. Солодуха, А.Ф. Керенцев, Л.Н. Балащенко, А.А. Довженко). Кроме того, существует большое количество работ оценки содержания влаги внутри корпуса и способов снижения образования влаги в его внутреннем объеме (Н.Ф. Батюк, И.В. Милясевич, О.Н. Афанов, Н.А. Шишкина и др.). Среди зарубежных работ выделяются работы авторов Ahmed Zaki, S. Turvey, Scheel W и др.

Однако проведенные исследования не в полной мере обеспечивают снижение содержания влаги во внутреннем объеме металлокерамических корпусов.

### **Цель и задачи исследования**

Целью диссертации является модернизация технологии сборки интегральных микросхем в металлокерамические корпуса для поверхностного монтажа.

Для реализации поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Провести анализ существующих вариантов сборки и интегральных микросхем в корпуса для *SMD* монтажа.
2. Разработать техпроцесс сборки микросхем, обеспечивающий снижение содержания влаги внутри корпуса.
3. Провести выбор технологического оборудования для осуществления сборки.
4. Предложить методы испытаний определения содержания влаги внутри корпуса.

### **Область исследования**

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-38 80 04 «Технология приборостроения».

### **Теоретическая и методологическая основа исследования**

В основу диссертации легли работы белорусских и зарубежных ученых в области технологии сборки интегральных микросхем в металлокерамические корпуса для поверхностного монтажа, а также анализ технических нормативных правовых актов по рассматриваемой тематике

*Информационная база* исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

## **Научная новизна**

*Научная новизна* и значимость полученных результатов работы заключается в модернизации технологии сборки интегральных микросхем в металлокерамические корпуса для поверхностного монтажа, а так же в разработке техпроцесса сборки микросхем с ИК-нагревом в инертной среде

*Теоретическая значимость* работы заключается в детальном анализе протекающих процессов коррозии в металлокерамических корпусах;

*Практическая значимость* диссертации состоит в освоении новых металлокерамических корпусов *CLCC16*, *CLCC20*, *CLCC28*, *CLCC48*; разработке техпроцесса сборки микросхем с ИК-нагревом в инертной среде; выборе технологического оборудования для проведения сборки, а так же в проведении испытаний на определение содержания влаги внутри корпуса: методом масс-спектрометрии и на коррозионную стойкость.

## **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Анализ существующих вариантов сборки и интегральных микросхем в корпуса для *SMD* монтажа. Показано преимущество использования металлокерамических корпусов типа *CLCC* для маломощных ИМС, а *SMD* 0,5 – для мощных. Проведено освоение ряда микросхем в данных корпусах.

2. Техпроцесс сборки микросхем, обеспечивающий снижение содержания влаги внутри корпуса с применением ИК-нагрева в инертной среде.

3. Выбранное технологическое оборудование для техпроцесса сборки в металлокерамические корпуса с устройством ИК-нагрева и вакуумирования, которое позволяет сохранять низкий уровень влаги в корпусе благодаря дополнительному ИК-нагреву с вакуумированием перед герметизацией.

4. Методы испытаний определения содержания влаги на коррозионную стойкость, который по сравнению с методом масс-спектрометрии менее трудоёмкий и более дешёвый.

## **Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов**

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 54-ой научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (г. Минск, Беларусь, 2018 г.), I Международной научной конференции «Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации» (г. Полоцк, Беларусь, 2018 г).

Отдельные положения диссертации использованы при преподавании дисциплины «Проектирование и системы автоматизированного проектирования интегральных микросхем».

## **Публикации**

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 4 печатных работах. В их числе 2 статьи в сборниках материалов научных конференций 2 тезиса докладов на научных конференциях.

Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 12 страниц.

### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

**В первой главе** представлен обзор корпусов интегральных микросхем, видов монтажа и методов корпусирования.

**Во второй главе** рассмотрена технология производства металло-керамических корпусов, освещена одна из основных проблем отказа интегральных микросхем – коррозия, а так же проведено освоение новых металлокерамических корпусов *CLCC16*, *CLCC20*, *CLCC28*, *CLCC48*.

**В третьей главе** разработан техпроцесс сборки микросхем с ИК-нагревом в инертной среде; произведен выбор технологического оборудования для проведения сборки, а так же показаны результаты проведенных испытаний на определение содержания влаги внутри корпуса: методом масс-спектрометрии и на коррозионную стойкость.

**В приложении** представлены публикации автора и акт внедрения и графическая часть в виде презентации по теме диссертации.

Общий объем магистерской диссертации составляет 101 страницы. Из них 60 страниц основного текста, 54 иллюстрации на 28 страницах, 9 таблиц на 12 страницах, библиографический список из 85 наименований на 6 страницах, список собственных публикаций соискателя из 4 наименований на 1 странице, 3 приложения на 25 страницах.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** рассмотрено основные преимущества использования металлокерамических корпусов и проблемы, возникающие с увеличением степени интеграции микросхем, а также описано обоснование актуальности темы.

**В общей характеристике работы** показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований, а также апробация работы.

**В первой главе** приведен обзор корпусов интегральных микросхем, различных видов монтажа и методов корпусирования.

Из анализа следует, что процесс увеличения интеграции микросхем характеризуется увеличением плотности активных элементов на кристалле примерно на 75 % в год, а это, в свою очередь, вызывает необходимость в увеличении количества их выводов на корпусе на 40 % в год. Этим обуславливается постоянно растущий спрос на новые методы корпусирования, а так же увеличение плотности межсоединений на печатной плате.

Кроме того, проанализированы виды монтажа по различным параметрам и по результатам анализа можно сказать, что наиболее распространённым на сегодняшний день методом конструирования и сборки электронных узлов на печатных платах является поверхностный монтаж, так как он обладает рядом преимуществ: отсутствие, либо очень маленькая длина выводов у компонентов, снижение паразитных емкостей и индуктивностей; маленькие габариты и масса; простая и поддающаяся автоматизация процедуры монтажа; возможность монтажа на обеих сторонах платы; лучшая ремонтпригодность.

Так же выявлено, что металлокерамические корпуса являются одним из основных типов герметичных корпусов, которые широко используются в микроэлектронике. Установлено, что благодаря устранению влаги в процессе герметизации и предотвращению поступления и выхода влаги по периметру корпуса можно достигнуть отличной долговременной надежности.

**Во второй главе** освещены современные технологии изготовления многоуровневых керамических корпусов, такие как технология получения высокотемпературной вакуумной керамики на основе  $Al_2O_3$  (*High Temperature Cofired Ceramic – HTCC* – технология), и технология *LTCC* (*Low Temperature Cofired Ceramic*), когда керамику начали смешивать со специальными стеклами. Указаны основные достоинства *LTCC* и *HTCC* технологий.

Рассмотрен наиболее распространенный вид деградиционных процессов – коррозия. Выявлено, что основные механизмы отказов ИС обусловлены коррозией металлизации на кристалле и проволочных проводников, электромиграцией металлов, ростом поверхностных точек утечки и растекания заряда с образованием каналов инверсной проводимости. Причиной коррозии является повышенное содержание влаги внутри корпуса.

Установлено, что источники влаги в герметичных корпусах могут быть внутренними и внешними. К внутренним источникам относится выделение влаги из клея и стеклоприпоя, влаги, хемо- и физически сорбированной в порах керамики и металлизации внутри корпуса ИС. К внешним источникам относится влага, натекающая через объем стеклоприпоя или другого материала, используемого для герметизации конструкции

Освоены новые металлокерамические корпуса *CLCC* (16,20,28 и 48 выводов) для маломощных ИМС. Благодаря тому, что выводы в новых керамических *CLCC* корпусах загнуты под корпус в виде буквы *J* на расстоянии 1,27 мм, применение новых корпусов привело к снижению массы электронных устройств почти в 2 раза и увеличению плотности упаковки в 3-4 раза.

За счёт более плотной компоновки улучшаются электрические характеристики устройств. Поскольку уменьшается длина выводов и дорожек металлизации, то значительно улучшается качество передачи слабых и высокочастотных сигналов, снижаются паразитные ёмкости и индуктивности проводником на плате. Снижение паразитной ёмкости приводит к повышению быстродействия устройств.

В таблице 1 показаны сравнительные характеристики новых корпусов.

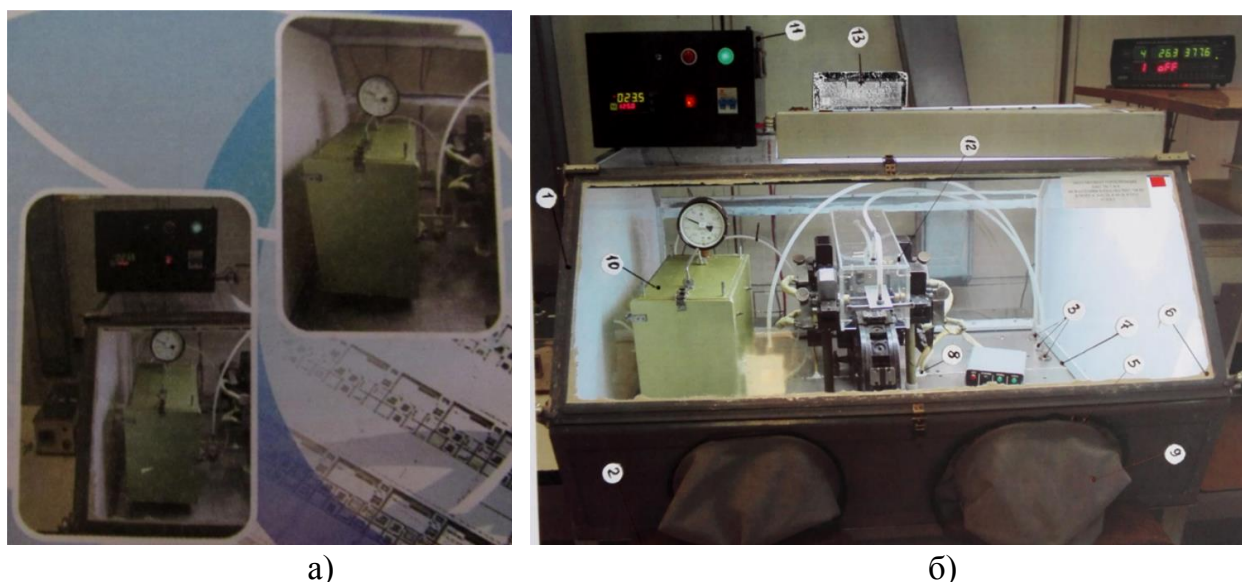


Таблица 1 – Сравнительные характеристики старых и новых корпусов

№ п/п	Корпус	Габаритные размеры, мм	Объём корпуса, мм <sup>3</sup>		Площадь на плате, мм <sup>2</sup>	Масса, г
			Общий	Тела корпуса		
Старые корпуса						
1	401.14-5	10×1,97×16,3 (6,7)	321,11	131,99	163	0,6
2	402.16-32	11,5×2,7×20,5(9,25)	636,525	287,212	235,75	1,0
3	4153.20-6	13×3,03×26,6 (12)	1047,77	472,68	345,8	2,0
Новые корпуса						
4	CLCC16	7,62×2,3×7,62	133,548	133,538	58,0644	~0,6
5	CLCC20	8,89×2,55×8,89	201,532	201,532	79,0321	~1,0

Кроме того, уменьшение длины межсоединений на плате приводит к снижению паразитных индуктивностей, что, в свою очередь приведёт к снижению выбросов напряжения и к увеличению помехозащищённости устройств.

**В третьей главе** приведено обоснование источников ИК-нагрева и вакуумирования для удаления монослоев влага и представлена разработка устройства ИК-нагрева с вакуумированием, используемая перед герметизацией в защитной атмосферной камере (рисунок 2). Представлена разработка герметичной камеры ИК-нагрева с вакуумированием в составе скафандра для герметизации ИС в герметичные металлокерамические корпуса методом шовно-роликовой сварки (рисунок 3).



а) установка герметизации с устройством ИК-нагрева и вакуумирования;  
 б) герметичная камера ИК-нагрева

**Рисунок 2 – Устройства для герметизации корпусов интегральных микросхем**

Установлено, что сборка ИС с использованием устройства ИК-нагрева с вакуумированием способствует снижению содержания подкорпусной влаги и составляет от 0,01 до 0,09 % объемных. Из-за влияния условий проведения герметизации определяющим способом на содержание паров в подкорпусном пространстве, превышение которых приводит к снижению эксплуатационной надежности, для контролирования параметров атмосферы применяется многоканальный датчик типа ИВГ-1/8 МК.

Установлено, что наиболее эффективными оказываются процессы герметизации с ИК сушкой или термическим отжигом непосредственно перед герметизацией, которая должна выполняться в сухой атмосфере герметичного бокса.

Дополнительно проведены исследования по повышению воспроизводимости низкого содержания влаги в герметичных корпусах. Опробован метод ИК-сушки клея с вакуумированием до герметизации. Также проведены исследования влияния способа сушки клея на образование дефектов в виде пор и пустот. Экспериментально установлено, что в процессе сушки клея происходит выделение легколетучих элементов связки, которые формируют в клеевом шве пустоты и поры размером до 40-80 мкм. Установлено, что такие дефекты имеют место для обоих способов сушки клея. Их удаление может оказаться проблематичным, что и будет способствовать росту содержания влаги в подкорпусном объеме ИС.

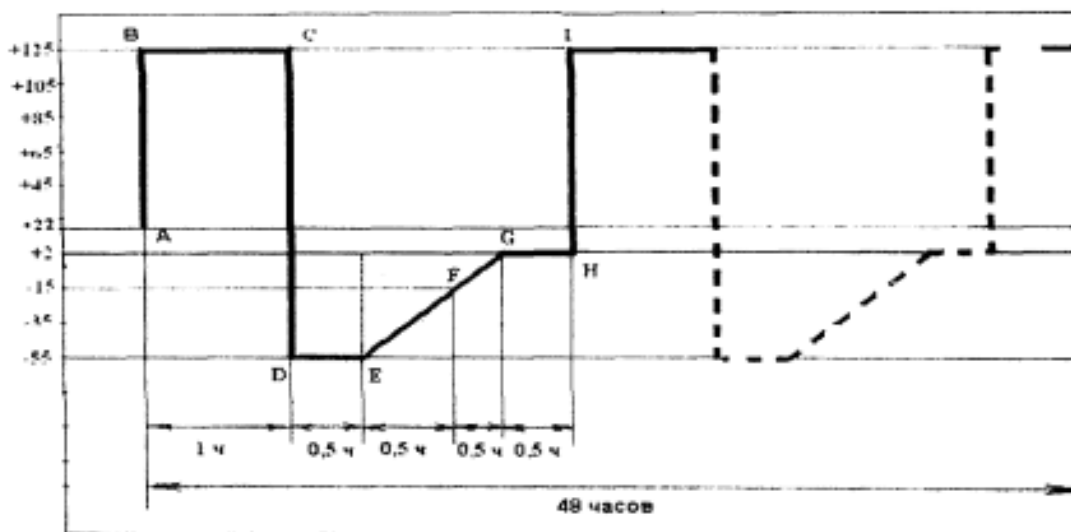
Проведение предварительного вакуумного ИК-отжига кристалла с последующей его приклейкой и сушкой способствовало снижению пустот в клеевом шве до 1-2 % площади кристалла. Клеевой шов получился более плотным. Таким образом, проведение дополнительного ИК-нагрева с вакуумированием непосредственно перед герметизацией позволяет повысить воспроизводимость низкого уровня влаги в корпусе ИС. Для изделий, при изготовлении которых используется метод монтажа кристаллов на клей, применение диагностического метода контроля качества формирования клеевого соединения кристаллов с помощью фотоакустической микроскопии, является эффективным инструментом при проведении оптимизации технологического процесса изготовления высоконадежных ИС.

Далее описан технологический процесс герметизации шовной контактной сваркой в едином технологическом цикле с предварительной сваркой крышки с основанием, используемый с целью защиты кристаллов и внутренних межсоединений от воздействия внешней среды.

Проведены испытания на определение содержания влаги внутри корпуса двумя методами: масс-спектрометрии и на коррозионную стойкость.

Для испытаний на коррозионную стойкость был разработан способ, направленный на повышение объективности оценки наличия влаги внутри корпусов ИС. Это достигается тем, что ИС, выдержавшие контроль электрических параметров и проверку внешнего вида перед испытанием, подвергаются воздействию не менее 32-ти непрерывно следующих друг за другом циклов по 3 ч. Каждый цикл состоит из ряда операций, выполняемых с помощью специального оборудования при определенных температурных усло-

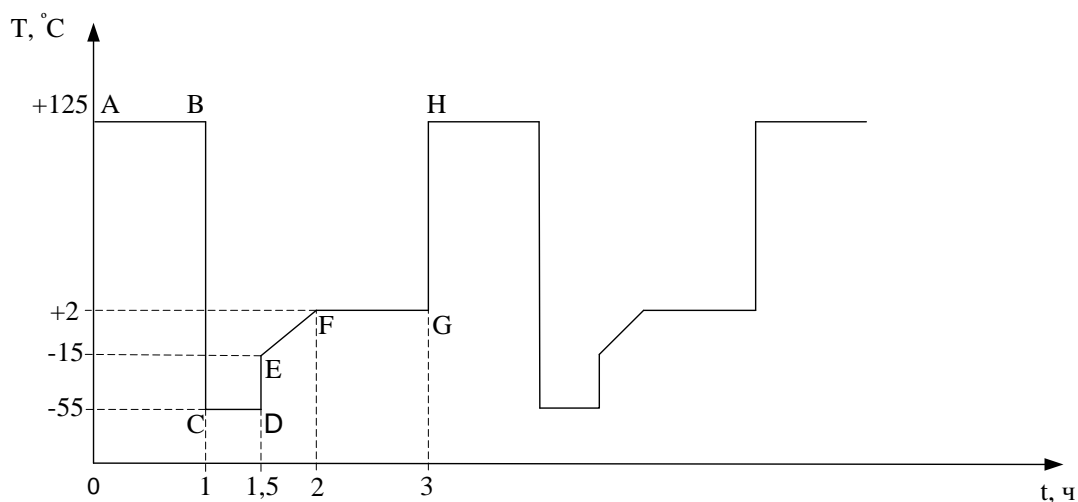
виях. Испытания должны проводиться согласно циклограмме, приведенной на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Исходная циклограмма испытаний**

Затем необходимо провести контроль электрических параметров и проверку герметичности, а также вскрыть приборы и проверить наличие коррозионных разрушений.

На рисунке 4 приведена предлагаемая циклограмма после проведения испытаний.



**Рисунок 4 – Предлагаемая циклограмма испытания**

Испытания по способу-прототипу завершились с положительным результатом и повышенное содержание влаги в приборах определено не было

Анализ полученных данных показывает, что при условиях заявляемого изобретения достигается повышение объективности результатов испытаний

по сравнению с прототипом. Результаты испытаний соответствовали результатам испытаний методом масс-спектрометрии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

1. Проведен анализ корпусов интегральных микросхем, различных видов монтажа и методов корпусирования. Из анализа следует, что процесс увеличения интеграции микросхем обуславливает растущий спрос на новые методы корпусирования, а так же увеличение плотности межсоединений на печатной плате [1, 2, 3].

2. Проанализированы виды монтажа по различным параметрам и по результатам анализа можно сказать, что наиболее востребованным на сегодняшний день методом конструирования и сборки электронных узлов на печатных платах является поверхностный монтаж, так как он обладает рядом преимуществ: отсутствие, либо очень маленькая длина выводов у компонентов; снижение паразитных емкостей и индуктивностей; маленькие габариты и масса; простая и поддающаяся автоматизация процедура монтажа; возможность монтажа на обеих сторонах платы; лучшая ремонтпригодность [4]. Так же выявлено, что металлокерамические корпуса являются одним из основных типов герметичных корпусов, которые широко используются в микроэлектронике для аппаратуры космического и специального применения.

3. Установлено, что благодаря устранению влаги в процессе герметизации и предотвращению поступления и выхода влаги по периметру корпуса можно достигнуть отличной долговременной надежности.

4. Выявлено, что технология производства высокотемпературных керамических модулей (*HTCC*-технология) является наиболее современной и обеспечивает самую надежную герметизацию микроэлектронных изделий

5. В ходе работы проведено освоение ряда микросхем в металлокерамических корпусах *SMD-0,5* и корпусах *CLCC16*, *CLCC20*, *CLCC28*, *CLCC48*. Освоение микросхем в новых корпусах позволило в 3–5 раз уменьшить их физически занимаемый объем по сравнению с микросхемами в старых корпусах, в 3–4 раза уменьшить площадь, занимаемую микросхемами на плате, до 2-х раз уменьшить массу микросхем. Использование корпусов *CLCC* привело к снижению паразитных емкостей и индуктивностей проводников на печатной плате, улучшению качества передачи слабых и высокочастотных сигналов и повышению быстродействия аппаратуры.

### Рекомендации по практическому использованию результатов

В результате выполненной работы были достигнуты следующие новые результаты, дающие качественный выигрыш в улучшении параметров надежности и снижении влажности в подкорпусном объеме интегральных микросхем:

1. Установлено, что наиболее универсальным для уменьшения содержания внутрикорпусной влаги является технологический процесс герметиза-

ции шовной контактной сваркой в едином технологическом цикле с предварительной сваркой крышки с основанием.

2. Разработано технологическое оборудование для проведения сборки интегральных микросхем в металлокерамические корпуса. Самым оптимальным и точным является устройства ИК-нагрева с вакуумированием.

3. Проведена оценка содержания влаги внутри корпуса двумя методами: масс-спектрометрии и на коррозионную стойкость. Проведена модернизация испытания на коррозионную стойкость.

Результаты настоящей магистерской диссертации были использованы и внедрены в ОАО «ИНТЕГРАЛ».

Полученные результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно - компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в учебный курс «Проектирование интегральных микросхем».

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

### *Тезисы конференций*

1. Данько, Е.Ю. Обзор программного обеспечения для проектирования печатных плат / Е.Ю. Данько, И.Ю. Мыслик // материалы 54-ой науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 23–29 апреля 2018 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2018. – С. 45–47

2. Мыслик, И.Ю. Основные этапы проектирования радиоэлектронных средств / И.Ю. Мыслик, Е.Ю. Данько // материалы 54-ой науч. конф. Аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 23–29 апреля 2018 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2018. – С. 125–126.

### *Статьи в сборниках научных трудов*

3. Данько, Е.Ю. Математическое моделирование при решении задач оптимального проектирования технических систем / Е.Ю. Данько, И.Ю.Мыслик // материалы I Международной научной конференции «Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации» (ИКТ-2018), Новополоцк, Респ. Беларусь, 14–15 июня 2018 г. / УО «ПГУ». – Полоцк, 2018. – С. 146–149.

4. Мыслик, И.Ю. Изготовление РЭС по технологии поверхностного монтажа / И.Ю. Мыслик, Е.Ю. Данько // материалы I Международной научной конференции «Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации» (ИКТ-2018), Новополоцк, Респ. Беларусь, 14–15 июня 2018 г. / УО «ПГУ». – Полоцк, 2018. – С. 208–210.

## РЭЗІЮМЭ

Данько Алена Юр'еўна

### Мадэрнізацыя тэхналогіі зборкі інтэгральных мікрасхем у металлокераміцескіе корпуса для павярхоўнага мантажу

**Ключавыя словы:** металакерамічную корпус, інтэгральная мікрасхема.

**Мэта працы:** мадэрнізацыя тэхналогіі зборкі інтэгральных мікрасхем у металлокераміцескіе корпуса для павярхоўнага мантажу.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** паказана перавага выкарыстання металакерамічную карпусоў тыпу *CLCC* для маламагутных *IMC*, а *SMD 0.5* - для магутных. Праведзена засваенне шэрагу мікрасхем ў дадзеных карпусах. Устаноўлена, што найбольш універсальным для памяншэння ўтрымання унутрыкарпусной вільгаці з'яўляецца тэхналагічны працэс герметызацыі шовной кантактнай зваркай ў адзіным тэхналагічным цыкле з папярэдняй зваркай вечка з падставай. Распрацавана тэхналагічнае абсталяванне для правядзення зборкі інтэгральных мікрасхем у металлокераміцескіе корпуса. Самым аптымальным і дакладным з'яўляецца прылады ВК-нагрэву з вакуумавання. Праведзена ацэнка ўтрымання вільгаці ўнутры корпуса двума метадамі: мас-спектраметры і на каразійную стойкасць. Праведзена мадэрнізацыя выпрабавання на каразійную стойкасць.

**Ступень выкарыстання:** вынікі ўкаранёны ў навучальны працэс на кафедры праектавання інфармацыйна-камп'ютэрных сістэм ўстановаў образования «Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыаэлектронікі» ў навучальны курс «Праектаванне інтэгральных мікрасхем».

**Вобласць ужывання:** мікраэлектроніка, вытворчасць інтэгральных мікрасхем.

## РЕЗЮМЕ

Данько Елена Юрьевна

### Модернизация технологии сборки интегральных микросхем в металлокерамические корпуса для поверхностного монтажа

**Ключевые слова:** металлокерамический корпус, интегральная микросхема.

**Цель работы:** модернизация технологии сборки интегральных микросхем в металлокерамические корпуса для поверхностного монтажа.

**Полученные результаты и их новизна:** показано преимущество использования металлокерамических корпусов типа *CLCC* для маломощных ИМС, а *SMD 0,5* – для мощных. Проведено освоение ряда микросхем в данных корпусах. Установлено, что наиболее универсальным для уменьшения содержания внутрикорпусной влаги является технологический процесс герметизации шовной контактной сваркой в едином технологическом цикле с предварительной сваркой крышки с основанием. Разработано технологическое оборудование для проведения сборки интегральных микросхем в металлокерамические корпуса. Самым оптимальным и точным является устройства ИК-нагрева с вакуумированием. Проведена оценка содержания влаги внутри корпуса двумя методами: масс-спектрометрии и на коррозионную стойкость. Проведена модернизация испытания на коррозионную стойкость.

**Степень использования:** результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно–компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в учебный курс «Проектирование интегральных микросхем».

**Область применения:** микроэлектроника, производство интегральных микросхем.

## SUMMARY

**Danko Alena Yurevna**

### **Modernization of the technology of assembly of integrated circuits in metal-ceramic enclosures for surface mounting**

**Keywords:** electrostatic discharge model.

**The object of study:** modernization of the technology of assembly of integrated circuits in metal-ceramic cases for surface mounting

**The results and novelty:** the advantage of using metal-ceramic cases of CLCC type for low-power ICs is shown, and SMD 0.5 for powerful ones. A number of microcircuits have been developed in these buildings. It has been established that the most universal method for reducing the content of intracorporeal moisture is the technological process of sealing by seam contact welding in a single technological cycle with preliminary welding of the lid with the base. The technological equipment for assembly of integrated microcircuits in metal-ceramic cases is developed. The most optimal and accurate is the IR-heating device with evacuation. The moisture content within the shell was evaluated by two methods: mass spectrometry and corrosion resistance. The corrosion resistance test was modernized.

**Degree of use:** the results implemented in the educational process at the department of design information and computer systems educational institution «Belarusian State University of Informatics and Radio Electronics» in the training course «Designing of integrated circuits».

**Sphere of application:** microelectronics, production of integrated microcircuits.