

# Метрологическое обеспечение АО «ЗПП» как инструмент повышения качества продукции

Ш. Шугаев<sup>1</sup>, Е. Ермолаев<sup>2</sup>, В. Егошин<sup>3</sup>, Е. Шакирова<sup>4</sup>

УДК 621.3 | ВАК 2.2.10

Значительную долю российского рынка металлокерамических изделий для электроники занимает продукция АО «Завод полупроводниковых приборов» (АО «ЗПП») – ведущего отечественного предприятия радиоэлектронной отрасли, обладающего уникальным технологическим процессом производства многослойных керамических структур для металлокерамических подложек, плат и корпусов для интегральных микросхем любой сложности. Все последние годы АО «ЗПП» разрабатывает инновационные продукты, а также ведет активную работу по выходу на потребительский рынок и увеличению доли продукции гражданского назначения. Более того, расширяется общая география продаж, предпринимаются меры по наращиванию экспорта, ведутся работы по импортозамещению. В обеспечении высоких качественных показателей разрабатываемой продукции первостепенная роль принадлежит достоверным измерениям технических параметров: без правильно выполненных измерений нельзя судить о качестве и надежности изделий.

Достоверность результатов измерений зависит от выбранных методов и средств измерений, а также от правильной обработки и анализа полученных результатов, что должно обеспечить их единство и требуемую точность. Каждый шаг производства и выпуска готовой продукции требует соответствующего уровня развития метрологического обеспечения. Это касается любой стадии создания продукции: изготовления, испытаний, контроля, эксплуатации и др. Оснащение предприятия современными средствами измерений и внедрение соответствующих им методик приводит к повышению качества выпускаемой продукции.

В АО «ЗПП» основной акцент сделан на разработку и освоение в производстве новых типов металлокерамических корпусов (МКК) для интегральных микросхем, способных отвечать современным требованиям микроэлектроники.

Технологический процесс изготовления МКК представлен на рис. 1.

МКК – это комплекс деталей, предназначенных для сборки электрорадиоизделий (ЭРИ), обеспечения требуемого



Рис. 1. Технологический процесс изготовления МКК

<sup>1</sup> АО «ЗПП», главный конструктор – начальник управления; ФГБОУ ВО «МарГУ», преподаватель, shnshugaevov@zpp12.ru.

<sup>2</sup> АО «ЗПП», заместитель главного конструктора по новым разработкам; ФГБОУ ВО «МарГУ», старший преподаватель, ermolaev\_ev@zpp12.ru.

<sup>3</sup> АО «ЗПП», заместитель главного конструктора по материалам; ФГБОУ ВО «МарГУ», старший преподаватель, vaegoshin@zpp12.ru.

<sup>4</sup> АО «ЗПП», инженер-конструктор, ogr@zpp12.ru.

внутреннего объема, электрических связей кристалла, теплопередачи и защиты от внешних воздействий.

Преимущества керамики:

- способность образовывать вакуумно-плотные соединения с металлами и их сплавами;
- минимальные диэлектрические потери в диапазоне СВЧ ( $10^9$ – $10^{10}$  Гц) при температурах до 500–700 °С (773–973 К);
- высокая электрическая прочность в различных средах (воздух, вакуум, жидкие диэлектрические среды) при постоянном напряжении и переменном напряжении с большой длительностью импульсов;
- хорошая химическая стойкость и устойчивость к воздействию различных климатических факторов (влаги, морской воды, тумана, грибковой плесени), а также нейтральность к восстановительным и окислительным газам, радиационная стойкость и устойчивость к плазме;
- высокая механическая прочность при нагреве и охлаждении до отрицательных температур в условиях вибрации;
- способность выдерживать большие градиенты температуры, местные перегревы, быстрые изменения температуры и многократные термические удары.

МКК выполняет много функций, которые необходимо контролировать с помощью измерений: эффективный отвод и рассеивание тепла, выделяемого при работе микросхемы; электрическая изоляция полупроводниковых кристаллов; герметизация соединений; защита схемы от воздействия окружающей среды и механических повреждений (рис. 2).

Корпус должен иметь минимальные индуктивности выводов и межвыводные емкости, быть согласованным

по частотным характеристикам с системами, в которых работают СВЧ-схемы. Он должен обеспечивать удобство монтажа микросхемы и надежность крепления при монтаже в аппаратуре; обладать коррозионной стойкостью; иметь малую массу при высокой прочности и жесткости; быть простым и дешевым в изготовлении; сохранять целостность конструкции в условиях значительной вибрации и ударных ускорений.

Результаты метрологических измерений используют также для своевременного выявления и предупреждения ошибок и дефектов, допущенных при проектировании. Поэтому при разработке продукции проводят различного рода испытания опытных образцов в лабораториях, а также в реальных условиях эксплуатации. При этом основными средствами получения информации являются различные измерительные приборы, системы и комплексы.

Одно из современных средств измерений в АО «ЗПП» – высокотемпературный дилатометр (рис. 3), который предназначен для измерений линейных приращений и температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) твердых, пастообразных, порошкообразных и жидких материалов. Дилатометр предоставляет точную информацию о расширении или сжатии во время термической обработки керамики. В частности, понимание процесса выгорания связующего вещества в процессе обжига и влияния добавок в процессе спекания необходимо при изготовлении керамических материалов.

Дилатометр представляет собой автоматизированный аппаратный комплекс, состоящий из:

- измерительного блока, в состав которого входят устройство изменения температуры и измерительная система;
- системы контроля;
- персонального компьютера и вспомогательного оборудования.



Рис. 2. Воздействия на МКК



Рис. 3. Высокотемпературный дилатометр

Горизонтально расположенное устройство изменения температуры предназначено для обеспечения рабочего диапазона температур исследуемого образца в соответствии с программой измерений. Для dilatометра это две взаимозаменяемые печи:

- кварцевая печь (20–1150 °С);
- печь из карбида кремния (20–1600 °С).

Согласно технологическому регламенту на изготовление образцов для испытания керамической массы, образцы в количестве не менее пяти штук передают в испытательный центр с сопроводительными листами.

Температура исследуемого образца, в зависимости от рабочего диапазона температур, измеряется термомпарами различного типа. Измерительная система предназначена для измерения и регистрации изменений линейных размеров образца. Исследуемый образец устанавливается в держателе, который помещается в нагревательное устройство. Во время нагревания образец расширяется, смещает толкатель, чье перемещение измеряется при помощи оптического датчика. На экран монитора выводятся все текущие экспериментальные и расчетные данные.

Управление процессом измерения и обработки выводимой информации в dilatометре осуществляется с IBM-совместимого персонального компьютера с помощью специального программного комплекса. Программным образом осуществляется настройка dilatометра, выбор режимов и установка параметров эксперимента, градуировка, управление работой, обработка выходной информации, печать и архивирование результатов

измерений. Во всех частях программного обеспечения, где требуется ввод какой-либо величины, в программе имеется соответствующее методикам и стандартам установочное значение параметра, принимаемое по умолчанию. На рис. 4 представлен график измерения температурного коэффициента линейного расширения металлокерамического образца, переданного в испытательный центр для испытаний.

Результаты, которые могут быть получены при измерении на dilatометре:

- линейное термическое расширение;
- температурный коэффициент линейного расширения;
- объемное расширение;
- стадии сжатия;
- точка (температура) размягчения;
- влияние влажности;
- фазовые переходы;
- температуры и стадии спекания;
- изменение плотности;
- влияние добавок и сырья;
- температура разложения (например, органического связующего);
- анизотропное поведение;
- оптимизация процесса обжига.

Встроенная термоаналитическая экспертиза – это программа для идентификации и интерпретации результатов dilatометрических измерений. Она включает несколько библиотек с сотнями измерений различных материалов, начиная от керамики, неорганики, металлов и сплавов до полимеров или органических материалов.

Идентификация позволяет определять неизвестные образцы по формам уже измеренных кривых. Это открывает уникальную возможность сравнивать известные образцы со множеством других образцов и позволяет делать выводы о качестве материала, что дает возможность с помощью современного метрологического оборудования достигать высокого качества продукции.

Еще одним средством измерения в АО «ЗПП», которое помогает обеспечить большой процент продукции высокого качества, является рентгенофлуоресцентный анализатор (рис. 5). Он предназначен для измерений толщины покрытия, определения концентрации растворов, составов сплавов. Инновации в полупроводниковой промышленности и современные тенденции ведут к тому, что

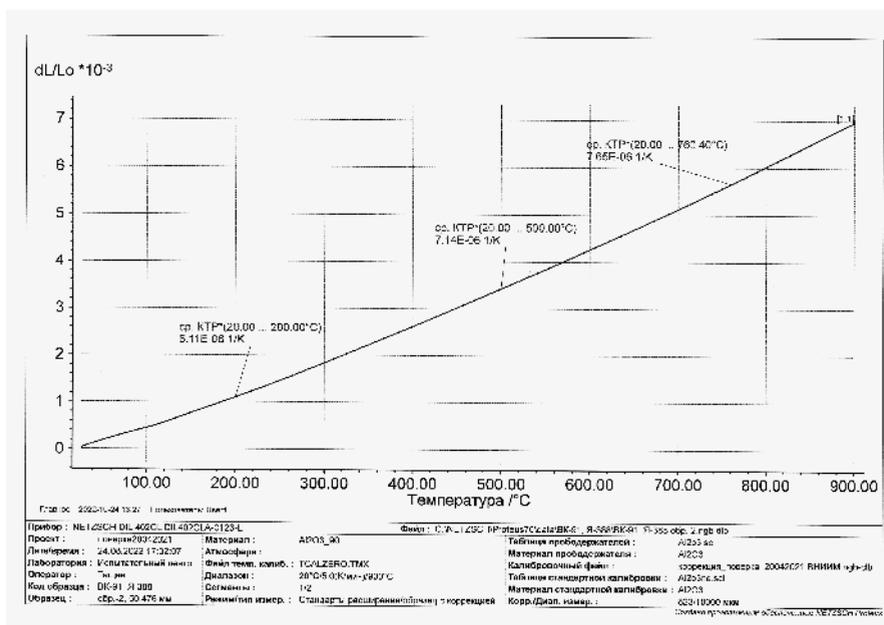


Рис. 4. Температурный коэффициент линейного расширения металлокерамического образца



Рис. 5. Рентгенофлуоресцентный анализатор

необходимо разрабатывать сложные платы с более высокой плотностью компонентов, которые нуждаются в очень высокой точности контроля металла, обеспечивая надежную функциональность изделия, именно поэтому так необходим анализатор в производстве МКК.

Измерение множества мелких элементов, таких как плата с 1000 элементов, некоторые из которых менее 100 мкм, уже не является чем-то новым, а количественное исследование нескольких слоев металлического покрытия легко достижимо с применением системы рентгенофлуоресцентного (XRF) анализа. Проводится быстрый неразрушающий анализ химического состава и толщины покрытий на любых основаниях в диапазоне элементов от Al до U. Высокая точность и скорость измерения позволяют проводить 100%-ный контроль качества готовых изделий и 100%-ный входной контроль при заказе нанесения покрытия или при изготовлении печатных плат. Анализатор дает огромные возможности для выполнения анализа и документирования результатов точного контроля качества покрытий (рис. 6).

В ходе метрологического обеспечения испытаний образцов продукции необходимо выполнение следующих мероприятий:

- установление соответствия достигнутой точности измерений параметров и характеристик образцов продукции значениям, определенным при

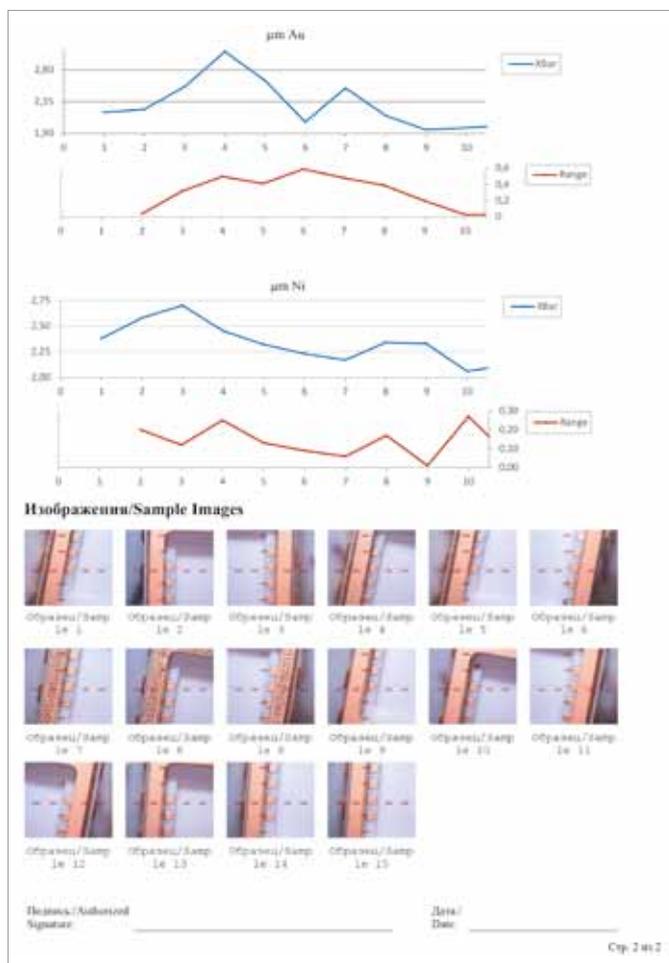
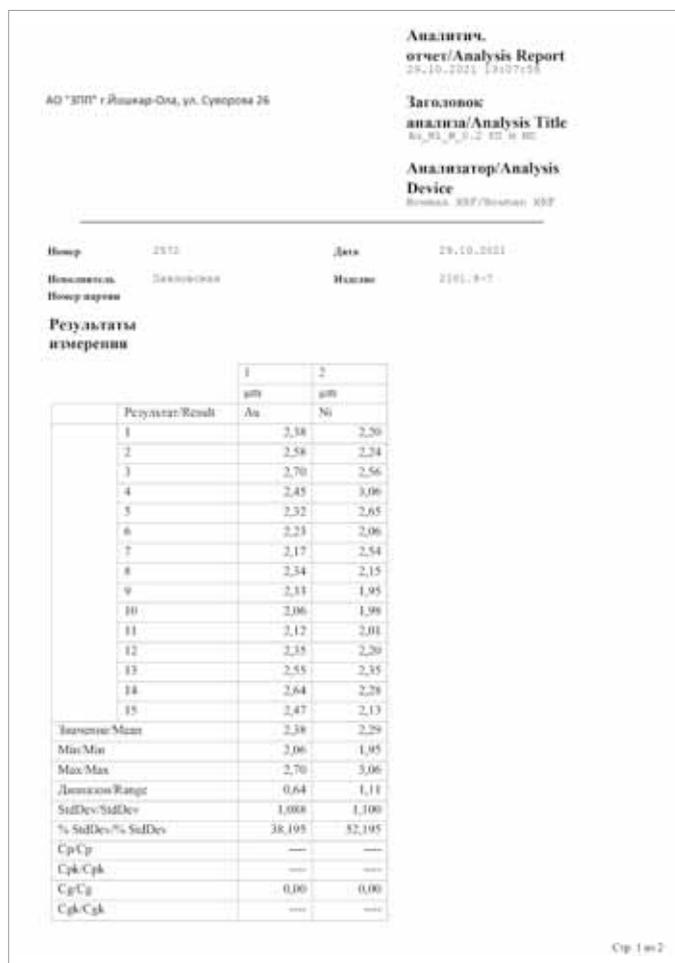


Рис. 6. Результаты контроля качества покрытий МКК 2101.8-7

проектировании, и при необходимости формирование дополнительных предложений по повышению уровня метрологического обеспечения, в частности, уточнение номенклатуры параметров, подлежащих измерению и контролю;

- использование аттестованных методик измерений и поверенных средств измерений, надзор за их состоянием и правильностью применения;
- проведение метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации в целях анализа и оценки технических решений и уровня метрологического обеспечения разрабатываемых образцов продукции.

В ходе метрологического обеспечения производства образцов продукции достигаются требуемые показатели

качества с помощью объективного измерительного контроля каждой операции технологического процесса, повышения производительности за счет автоматизации процессов измерений и измерительного контроля, увеличения стабильности технологических процессов и снижения затрат на устранение или переделку брака.

Высокое качество выпускаемой продукции зависит от стабильности производства, невозможной без достоверной информации о качестве исходных материалов, сырья, полуфабрикатов, режимах и параметрах технологических процессов. Вся эта информация, получаемая с помощью разнообразных измерений, является основой управления качеством выпускаемой продукции. ●

## КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1188 руб.

# СПРАВОЧНИК ПО ВАКУУМНОЙ ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ

М.: ТЕХНОСФЕРА,  
2011. – 736 с.,  
978-5-94836-294-6

*Под ред. Д. Хоффмана, Б. Сингха, Дж. Томаса III*

*При поддержке ФГУП «Научно-исследовательский институт вакуумной техники им. С.А. Векшинского»*

*Перевод с англ. под ред. В.А. Романько, С.Б. Нестерова*

Предлагаемый справочник по вакуумной технике и технологиям является переводом книги, созданной американскими специалистами. В справочнике приведены фундаментальные положения технологии вакуума и физики поверхности, рассмотрены конструкции различных типов насосов и средств измерения вакуума и течеискания. Подробно описаны различные вакуумные системы и технологии. Приведены примеры применения вакуумной техники. Большое внимание в справочнике уделено описанию технологии получения и поддержания безмасляного вакуума.

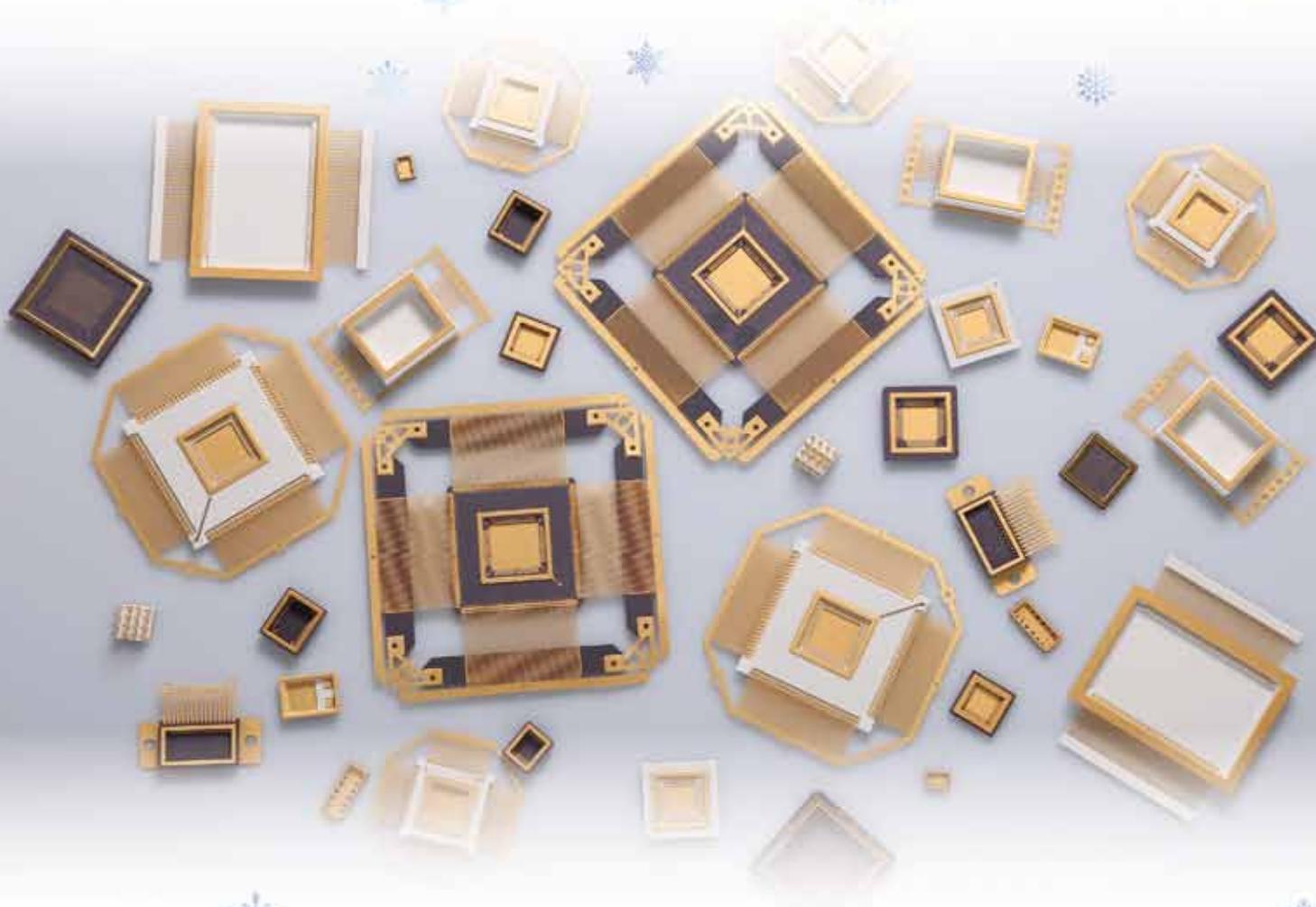
### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)

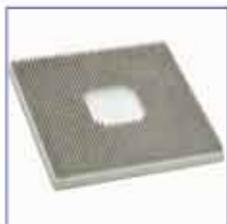


ЙОШКАР-ОЛА, РЕСПУБЛИКА МАРИЙ ЭЛ

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЗАВОД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ»**



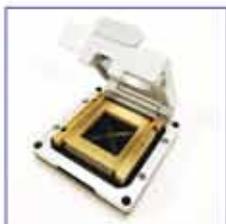
Выводные рамки



Металлокерамические  
корпуса



Нагревательные  
элементы



Контактные  
устройства



Графитовая  
оснастка



Оптоэлектронные  
корпуса



424003, Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Суворова, 26  
Тел.: +7-8362-45-70-09, 45-67-68.  
info@zpp12.ru marketing@zpp12.ru

zpp12.ru