

УДК 004.942

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВЫХ МЭМС ДВОЙНИКОВ Галацевич В.В., Чижик С.А., Люцко К.С.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Статья отражает актуальность использования цифровых двойников МЭМС и описывает применение двойников МЭМС для диагностики систем.

Ключевые слова: цифровой двойник, МЭМС, интернет вещей, виртуальная реальность, 3D-моделирование.

CREATING DIGITAL MEMS DOUBLES Galatsevich V., Chizhik S., Liutsko K.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The article reflects the relevance of the use of digital MEMS twins and describes the use of MEMS twins for system diagnostics.

Key words: digital double, MEMS, Internet of things, virtual reality, 3D-modeling.

*Адрес для переписки: Галацевич В.В., пр. Независимости, 65, Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: vika.galatsevich@mail.ru*

Целью данной работы является исследование цифровых двойников МЭМС, разбор их основных видов и анализ программного обеспечения для создания данных двойников.

Цифровой двойник МЭМС – это виртуальная копия, которая ведет себя таким же образом, как реальная система. Он отражает все процессы, которые происходят с оригиналом в режиме реального времени. При этом погрешность между работой виртуальной модели и реальной системой, не должна превышать 5 %.

Существуют три вида цифровых двойников МЭМС:

- прототипы (Digital Twin Prototype, DTP);
- копии (Digital Twin Instance, DTI);
- агрегированные аналоги (Digital Twin Aggregate DTA).

Прототип цифрового двойника микросистемы – это виртуальная копия оригинальной системы. С прототипа можно извлечь информацию о разных характеристиках модели, в том числе данные о ее создании в реальном мире. В него могут входить:

- требования к производству;
- трехмерная модель системы;
- описание материалов и их специфики;
- требования к утилизации.

Копия цифрового двойника, в отличие от нашего прототипа, представляет данные, которые используются для описания реальной МЭМС. В копии должны присутствовать следующие сведения:

- трехмерная модель, которая носит информацию в себе о габаритных размерах и допусках системы;
- данные о материалах, которые использовались при создании МЭМС либо же планируются использоваться в будущем;
- результаты всех тестовых операций, которые проводились с системой;
- информация о процессах, происходящих в любой период времени в системе, в том числе и во время ее создания;

– оперативные данные о МЭМС, полученные от датчиков;

– запись проведенных ремонтов (плановых, внеплановых, профилактических), сменных деталей и компонентов.

Аналог цифрового двойника является системой, которая связывает все двойники и их реальные прототипы с целью сбора информации и обмена ею.

В целом, цифровой двойник МЭМС представляет собой программу, созданную с помощью 3D-технологий, виртуальной реальности или дополненной реальности. Чаще всего двойник отражает визуальное представление реально существующей системы и, в идеале, повторяет процесс работы в мельчайших деталях. А чтобы придать ему динамичности на помощь приходит интернет вещей (IoT). Суть интернета вещей в том, что интегрированные в систему датчики передают данные о ее текущем состоянии в режиме реального времени, что и отражается в цифровом двойнике.

Концепция цифрового двойника микроэлектромеханической системы предполагает получение информации не только для изучения в режиме реального времени, но и с целью его применения в будущем. Это может быть:

- разработка более эффективных и продуктивных систем;
- устранение трудностей с дизайном на ранних стадиях разработки;
- предоставление нужной информации, основанной на инновациях;
- обучение персонала виртуальной реальности, а также работе с реальной системой и т. д.

Преимущество двойников в том, что на них можно ставить всевозможные эксперименты. При постановке каких-либо условий, двойник реагирует таким же образом, как отозвался бы на это оригинал, и на основе полученных данных будет возможно оценить свойства и поведение оригинала, проверить свои ожидания, проиграть несколько сценариев развития событий и выбрать наиболее оптимальный.

Любая виртуальная модель содержит в себе информацию о техническом обслуживании, ремонте, реальном прототипе, особенностях его эксплуатации. Качественная обработка этих данных дает возможность рассчитать, как реальная система будет вести себя в будущем, данные могут относиться как к конкретным деталям, так и ко всей системе в целом либо всему предприятию.

В цифровом двойнике часто задействована технология машинного обучения, при которой система автоматически меняет определенные параметры собственной работы, опираясь на данные из различных источников:

- отчеты экспертных комиссий и экспертов;
- информация об аналогичных устройствах, их компонентах;
- наблюдения, проводимые физически [1].

В целом, цифровой двойник МЭМС это не одна технология, а комбинация разных существующих технологий, которые сейчас используются на промышленных предприятиях.

Можно выделить несколько этапов построения цифрового двойника МЭМС:

1. Создание виртуального наброска реальной системы. Для создания такой модели используют САПР-системы (ComputerAided Design – системы автоматизированного проектирования) для трехмерного моделирования.

2. Обработка информации для облегчения принятия проектных решений. На этом этапе информация из разных источников, анализируются, интегрируются и визуализируются для более наглядного представления.

3. Моделирование поведения оригинальной системы в виртуальной среде. Построение поведения

оригинальной МЭМС осуществляется с помощью технологий имитационного моделирования, а затем визуализируется в среде виртуальной реальности.

4. Управление реальной МЭМС с целью реализации нужного поведения. Датчики и актюаторы являются технологической базой физической части цифрового двойника МЭМС. С помощью датчиков можно принимать информацию от физического мира, в это время как актюаторы можно использовать для внесения желаемые изменений, которые запрошены цифровым двойником.

5. Установка двустороннего и безопасного соединения между физической МЭМС и виртуальным двойником в режиме реального времени. Для того чтобы найти решение этой проблемы, нужно прибегнуть к облачным вычислениям и хранению данных на удаленных серверах. В то же время необходимо уделить внимание на безопасность используемых решений.

6. Получение информации, связанной с готовыми системами, с разных источников. На данном этапе следует выделить данные о продукте [2].

Подводя итог вышесказанному, очевидно, что цифровые двойники МЭМС позволяет изучить текущее состояние оригинала вплоть до мельчайших нюансов и, таким образом, выявить потенциальные проблемы в работе до их возникновения и найти оптимальный способ их решения.

Литература

1. Digital double [Electronic resource]. – Mode of access: <https://sciencealpha.com/digital-double/>
2. Цифровые двойники: почему все о них говорят и всем ли они нужны? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/factory5/blog/512364/>

УДК 621.3.049.774

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ПАРОВ ВОДЫ В ПОДКОРПУСНОМ ОБЪЕМЕ ИС Ширяева В.Д.¹, Щербакова Е.Н.²

¹ОАО «ИНТЕГРАЛ»-управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»,

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Представлены результаты исследования содержания воды в корпусах интегральных схем 401.14-5М и 4153.20 при различных способах отжига. Исследования производились с использованием масс-спектрометрического комплекса МКМ-1.

Ключевые слова: интегральные микросхемы, содержание воды, масс-спектрометрические исследования.

MEASURING OF THE WATER CONTENT IN INTEGRATED CIRCUIT PACKAGE BY USING МКМ-1 ANALYZER

Shiryayeva V.¹, Shcherbakova E.²

¹"Integral" joint stock company

²Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The results of the study of the water content in the housings of the integrated circuits 401.14-5M and 4153.20 under different annealing methods are presented. The studies were carried out using the mass spectrometric complex MKM-1.

Key words: integrated circuits, water content, mass spectrometric studies.

Адрес для переписки: Щербакова Е.Н., ул.Я.Коласа,22, Минск 220013, Республика Беларусь
e-mail: scherbakova@bntu.by