

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

Пары воды, адсорбированные на поверхности кристалла, способствуют возникновению различных механизмов отказа интегральных микросхем. Исследование их содержания в подкорпусном объеме интегральных микросхем помогает изучать механизмы отказов, анализ причин и источников попадания влаги в корпуса.

В данной работе для этих исследований используется МКМ-1 (масс-спектрометрический комплекс – 1). Он представляет собой вакуумный прибор, использующий физические законы движения заряженных частиц в магнитных и электрических полях для получения масс-спектра. Применяемый метод исследования является разрушающим. Главное требование заказчиков: значение паров воды не должно превышать 5000 ppm (или 0,5 объемного процента).

С целью снижения уровня содержания паров воды в подкорпусном объеме ИС были предложены:

- предварительный отжиг оснований корпусов 401.14-5М и 4153.20 при температуре $180 \pm 10^\circ\text{C}$ в течение 3 часов в среде азота;
- отжиг в устройстве ИК-нагрева;
- отжиг в вакуумной печи установки NAW-1105D.

Рассмотрим результаты значения уровня содержания паров до и после предварительного отжига оснований корпусов. В этом случае были взяты по 6 корпусов двух видов и произведено уровня содержания паров воды. Результаты представлены на рис. 1 и рис. 2.

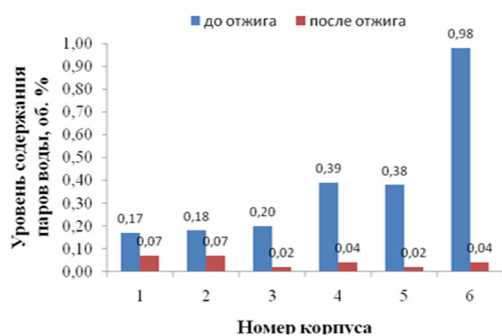


Рисунок 1 – значения уровня содержания паров воды внутри ИС до и после дополнительного отжига корпусов 401.14-5М

Во втором случае у нас был выбран определенный режим отжига в устройстве ИК-нагрева. Для испытания было отобрано по 5 корпусов. Герметизация корпусов происходила следующим образом:

- откачка устройства до $P \approx 40$ кПа, наполнение воздухом;
- откачка устройства до $P \approx 40$ кПа, наполнение воздухом;
- включение нагрева и выдержка микросхем в среде азота при $T = (150 \pm 5)^\circ\text{C}$ 25 ± 1 мин.;
- откачка нагретого азота до $P \approx 40$ кПа, выдержка в вакууме при $T = (150 \pm 5)^\circ\text{C}$ 25 ± 1 мин.;
- наполнение устройства азотом;

– остальные режимы в соответствии с действующим ТД.

Анализируя полученные результаты можно утверждать, что значения уровней содержания паров воды для образцов интегральных схем, прошедших дополнительный отжиг стабильны и воспроизводимы. Они находятся в пределах от 0,02 до 0,07 об.% для корпусов 401.14-5М и от 0,01 до 0,06 об.% для корпусов 4153.20, что существенно ниже, чем результаты проведенных ранее измерений по корпусу 401.14-5М без проведения предварительного отжига оснований (от 0,17 до 0,98 об.%).

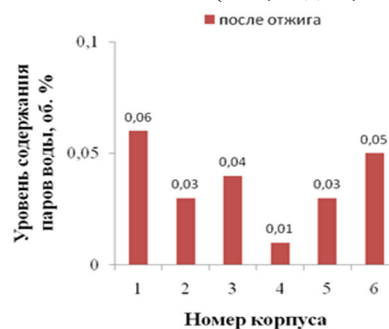


Рисунок 2 – значения уровня содержания паров воды внутри ИС после дополнительного отжига корпусов 4153.20

Результаты измерения значения уровней содержания паров воды предоставлены на рис. 3.

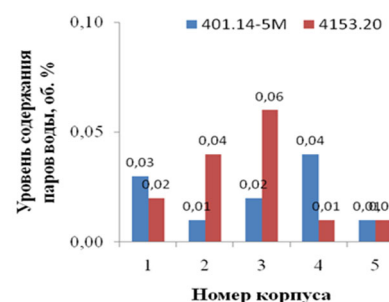


Рисунок 3 – значения уровней содержания паров воды при отжиге корпусов 401.14-5М и 4153.20 в устройстве ИК-нагрева

Из рис. 3 видно, что значения уровней содержания паров воды в подкорпусном объеме для образцов оснований корпусов 401.14-5М и 4153.20 стабильны и находятся в диапазоне 0,01–0,06 об. %. Значения образцов, герметизация которых прошла по действующим техническим документам, были получены ранее и находятся в диапазоне от 0,02 до 0,07 об. %.

Для того, чтобы оценить влияние режимов отжига в вакуумной печи установки NAW-1105D, была увеличена длительность термообработки образцов оснований корпусов. Она проводилась в течение 40 ± 1 мин. и в вакууме при $T = 150 \pm 5^\circ\text{C}$ (результаты измерения паров воды составляют от 0,01 до 0,06 об.% и представлены на рис. 4) и не привела к снижению содержания паров воды в сравнении с образцами, где термообработка перед

герметизацией составляла 25 ± 1 мин в среде азота и 25 ± 1 мин в вакууме при такой же температуре (результат измерения – от 0,01 до 0,05 об.%).

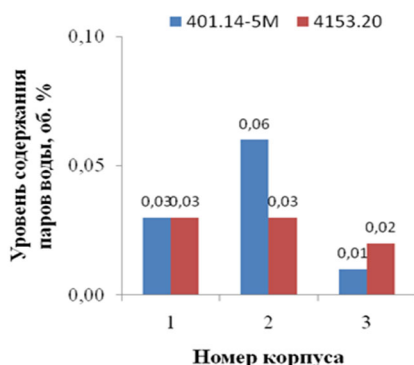


Рисунок 4 – значения уровня содержания паров воды при отжиге в вакуумной печи установки NAW корпусов 401.14-5М и 4153.20

Значения содержания паров воды в подкорпусном объеме сравнимы со значениями для образцов, загерметизированных в соответствии с требованиями действующей технической документации (от 0,01 до 0,04 об.%).

Обобщая все полученные результаты, приходим к следующим выводам:

- введение в техпроцесс предварительного отжига оснований корпусов в среде азота при температуре 180 ± 10 °С в течение 3 часов позволило снизить уровень содержания паров воды в подкорпусном объеме с 0,17-0,98 об. % до 0,02-0,7 об. % для корпуса 401.14-5М с обеспечением стабильности и воспроизводимости результатов

- изменение режимов проведения ИК-отжига корпусов на устройстве ИК-нагрева, отжига в печи установки герметизации NAW-1105D перед герметизацией не влияют на уровень содержания паров воды в подкорпусном объеме.

УДК 539.23

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ SiO_2 НА ГИДРОФИЛЬНО/ГИДРОФОБНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ПЕРФТОРДЕКАНОВОЙ КИСЛОТЫ, НАНЕСЕННЫХ НА КРЕМНИЕВУЮ ПОДЛОЖКУ

Хабарова А.В.¹, Лапицкая В.А.^{1,2}, Мельникова Г.Б.¹, Кузнецова Т.А.^{1,2}, Чижик С.А.^{1,2}

¹Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Методом атомно-силовой микроскопии проведено изучение структуры и шероховатости пленок, модифицированных методом Ленгмюра-Блоджетт высшей фторированной перфтордекановой Ас кислотой, а также суспензией на ее основе с наночастицами SiO_2 , нанесенных на кремниевую подложку. Гидрофильно/гидрофобный баланс определяли методом капли с регистрацией краевого угла смачивания. Снижение шероховатости приводит к незначительному увеличению краевого угла смачивания и снижению полярной составляющей удельной поверхностной энергии поверхности кремния с нанесенной суспензией из высшей фторированной перфтордекановой Ас кислоты с наночастицами SiO_2 (концентрация 3 мг). Это приводит к увеличению гидрофобных свойств поверхности.

Ключевые слова: перфторированные амфифильные кислоты, SiO_2 , кремний, метод Ленгмюра-Блоджетт, атомно-силовая микроскопия.

INFLUENCE OF SiO_2 NANOPARTICLES ON THE HYDROPHILIC/HYDROPHOBIC PROPERTIES OF FILMS BASED ON PERFLUORODECANOIC ACID DEPOSITED ON A SILICON SUBSTRATE

Khabarava A.¹, Lapitskaya V.^{1,2}, Melnikova G.¹, Kuznetsova T.^{1,2}, Chizhik S.^{1,2}

¹A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of NAS of Belarus

²Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. Atomic force microscopy was used to study the structure and roughness of films modified by the Langmuir-Blodgett method with the highest fluorinated perfluorodecanoic acid, as well as a suspension based on it with SiO_2 nanoparticles deposited on a silicon substrate. The hydrophilic/hydrophobic balance was determined by the drop method with registration of the contact angle. A decrease in roughness leads to a slight increase in the contact angle and a decrease in the polar component of the specific surface energy of the silicon surface with the applied suspension of higher fluorinated perfluorodecanoic acid with SiO_2 nanoparticles (concentration 3 mg). This leads to an increase in the hydrophobic properties of the surface.

Key words: perfluorinated amphiphilic acids, SiO_2 , silicon, Langmuir-Blodgett method, atomic force microscopy.

Адрес для переписки: Хабарова А.В., ул. П. Бровки, 15, Минск 220072, Республика Беларусь
e-mail: av.khabarova@mail.ru