

Программная система автоматизации измерений и анализа результатов для предприятия микроэлектронной промышленности

Представлены результаты разработки программной системы для нужд предприятия микроэлектронной промышленности на примере АО "Светлана-Рост". Показаны возможности системы, преимущества функционирования предприятия при использовании измерительного модуля информационной системы.

Ключевые слова: автоматизация, СВЧ-измерения, модернизация предприятий, информационная система.

Основываясь на реалии сегодняшнего дня, можно смело утверждать, что построение эффективной информационной системы является одной из главных основ успешного функционирования предприятия. В данном докладе будут кратко рассмотрены результаты внедрения программной системы автоматизации измерений и анализа результатов на примере АО "Светлана-Рост".

Главным ядром информационной системы автоматизации измерений является специализированное программное обеспечение (ПО), предназначенное для использования в измерительной лаборатории. Это ПО отвечает за проведение измерений в различных контрольных точках технологического процесса обработки полупроводниковых пластин.

Такое ПО должно функционировать и позволять изменять конфигурации измерительных проектов без участия программистов – лишь силами инженеров – измерителей. Иными словами, суть разработанной программы в том, чтобы инженер – измеритель мог выполнить минимум действий, ввести минимум дополнительной информации - и измерительный проект был бы выполнен.

Таким образом, ПО должно удовлетворять следующим требованиям:

- гибкость при настройке конфигураций измерений,
- простота рутинной работы,
- возможность совместного функционирования современного оборудования от различных производителей измерительной техники.

В соответствии с этими критериями была разработана программа автоматизированных измерений на пластинах, с успехом использующаяся в измерительной лаборатории рассматриваемого предприятия.

С помощью данного ПО возможно проводить измерения пластины на всех этапах ее производственного цикла, что позволяет отслеживать изменения параметров пластины с момента производственного запуска до момента поставки заказчику.

В данном ПО инженер-измеритель выбирает необходимый тест, в зависимости от типа измеряемой пластины или устройства. Тесты включены в программу, измеритель имеет возможность изменить параметры измерения с помощью конфигурационных файлов, включенных в тест. Конфигурационные файлы, параметры измерений, зависимости тестов от измеряемых пластин хранятся в базе данных (БД).

В зависимости от типов тестов выполняется контроль контактного сопротивления по каждой игле (DC-измерения с помощью B1500A, B2902A), загрузка калибровок (PNA-X, ENA-X) и так далее.

Структура программы организована так, что части выполнения тестов изолированы друг от друга, например, часть программы, отвечающая за работу с зондовой станцией (переход по кристаллам, поднятие, опускание предметного стола, контроль лампочки микроскопа и т.д.), выделена в отдельный модуль. Кроме того, программа содержит следующие модули:

- модуль, отвечающий за первоначальную инициализацию приборов (включение портов, открытие сессий приборов, проверка доступа к приборам по USB, GPIB, LAN, загрузка необходимых калибровок);

- модуль, отвечающий за непосредственные измерения на пластине с помощью нескольких приборов одновременно, если требуется (к примеру, самая тривиальная задача — измерение S-параметров: с помощью источника питания подается напряжение, затем с помощью векторного анализатора идет считывание полной матрицы S-параметров, затем с помощью парсера, необходимые значения S-параметров записываются в БД и/или сохраняется файл формата .s2p для дальнейшей работы с ним в программном пакете AWR); существуют тесты, использующие четыре или более измерительных прибора одновременно;

- модуль, контролирующий корректность измерений в реальном времени, если программа «понимает», что значения, получаемые с измерительных приборов, могут быть некорректны (сравниваются величины параметров с предыдущими тестами), то инженер-измеритель должен решить, прекращать тест или нет. Бывают ситуации, когда во время измерения деформируются иглы, что может привести к необратимому ущербу для пластины – данный модуль позволяет избежать данных проблем.

- модуль, отвечающий за работу с БД.

- модуль, отвечающий за корректное завершение работы приборов и зондовой станции.

Данная программа работает в связке с программным обеспечением зондовых станций (Nucleus). При помощи Nucleus реализована возможность загрузки карты пластины в БД, отслеживание текущего измеряемого кристалла. На полную мощность используется возможность использования элементов в кристалле («subdies»). На одном кристалле может находиться несколько десятков различных устройств или элементов межоперационного контроля. В программе для инженера-измерителя существует выбор, какие параметры измерять в данном тесте. Например, существует тест для полного межоперационного контроля, в котором измеряется несколько десятков параметров. Измеритель может выбрать один или несколько параметров для контроля на данном этапе контроля, при этом зондовая станция будет передвигаться только по тем ячейкам, которые нужны для измерения нужных параметров. Также с помощью Nucleus можно выделить несколько кристаллов для теста и измерить только их.

После первоначальной загрузки карты пластины в БД, следующие пластины, изготовленные по данному проекту (комплекту фотошаблонов и управляющей информации), автоматически получают нужную карту ячеек, что позволяет быстро измерять и сравнивать пластины одного проекта.

Интерфейс измерительной программы минималистичен, так как программа требуется непосредственно для измерений. Анализ и визуализация данных проводится с помощью веб-интерфейса.

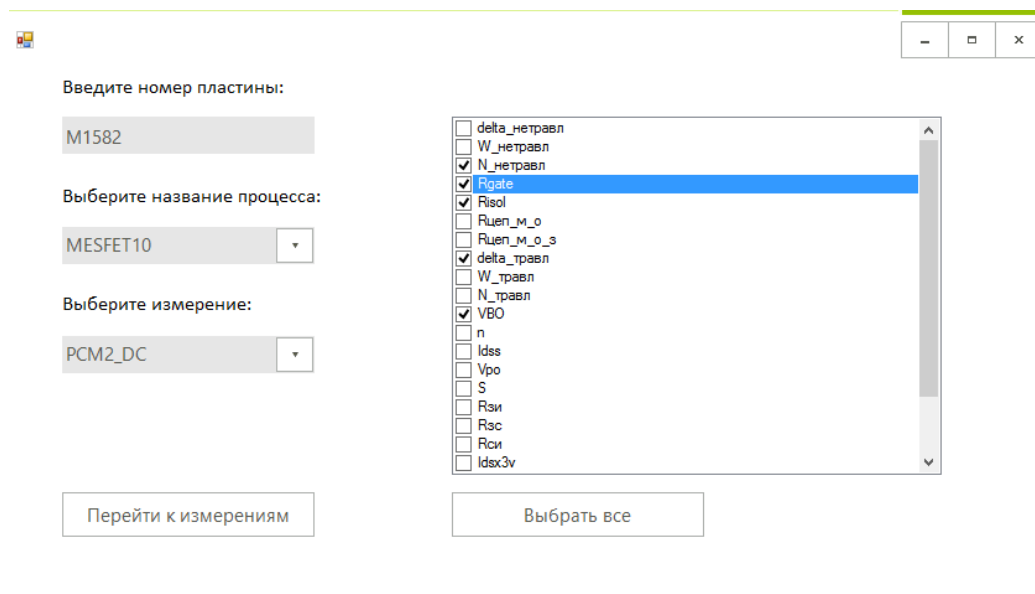


Рис. 1. Интерфейс программы измерения

На рисунке 1 можно увидеть, что инженер - измеритель выбрал для измерения пластину M1582, система распознала пластину, загрузила для данной пластины всю информацию, привязанную к распознанной карте и предложила несколько тестов на выбор, подходящих для данной пластины. Затем измеритель выбрал нужный ему измерительный тест, нужные параметры для измерения, измерил контактное сопротивление контактирующего устройства(иглы и кабели) и перешел к процессу измерения.

В процессе измерения на мониторе управляющего компьютера отображаются процесс разворачивания измерений и высвечиваются их результаты. Инженер – измеритель видит расчетное время выполнения измерений до их завершения (например, через 3 часа). Если не происходит непредвиденных остановок, то тест далее производится в полностью автоматическом режиме и не требует участия инженера - измерителя. Таким образом, работник тратит лишь несколько минут на запуск нового теста, что позволяет одному человеку обсуживать несколько рабочих мест одновременно. Результаты измерений анализируются и загружаются в БД в реальном времени.

Для визуализации и анализа результатов измерения используется модуль программной системы, доступный через браузер.

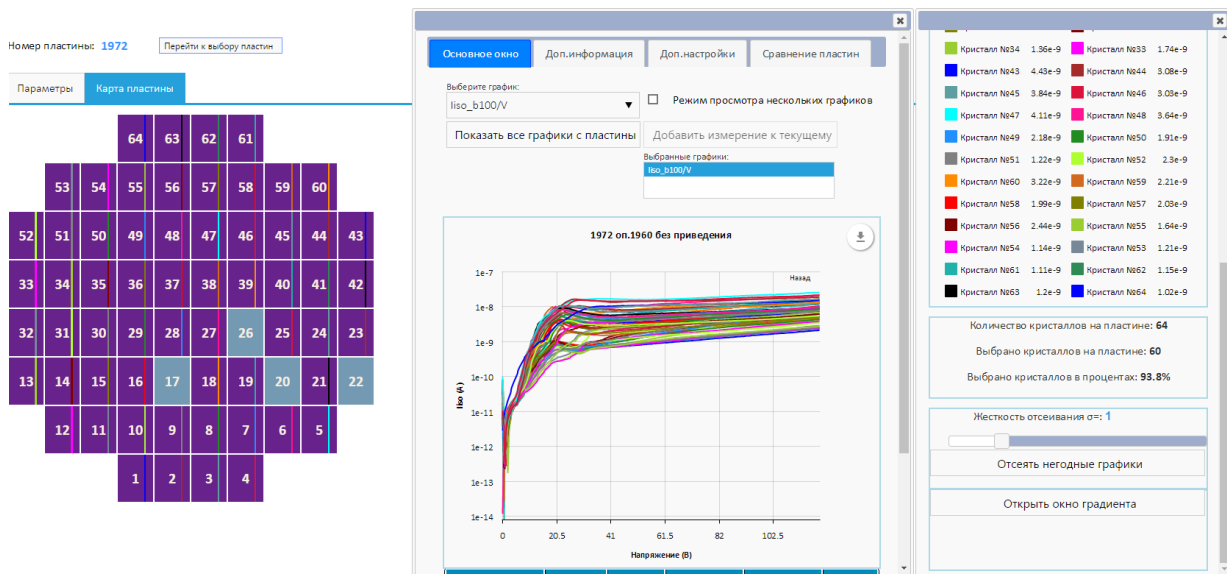


Рис. 2. Общий вид пластины.

На рисунке 2 представлен основной интерфейс визуализации измерений в web-интерфейсе.

Выбрана пластина 1972, операция №1960. Пластина состоит из 64 кристаллов, содержащих некоторое количество устройств. Каждый кристалл имеет свой цвет графика. Выбрать кристалл для визуализации можно, щелкнув мышкой по нему. Выбранные кристаллы подсвечены фиолетовым, не выбранные — синим. На данном скриншоте выбрано 60 кристаллов из 64. Пользователь может выбрать для визуализации одну из характеристик, измеренную на данной операции (в данном примере – ток изоляции). В примере набор графиков представлен в логарифмическом режиме отображения. Новые характеристики для измерения создают сами пользователи. При любом выборе действия пользователя визуализация графиков перестраивается «на лету», что делает работу приятной и удобной.

Графики можно экспортировать в картинки различных форматов (xls, csv, json) для дальнейшего использования в других пакетах анализа данных.

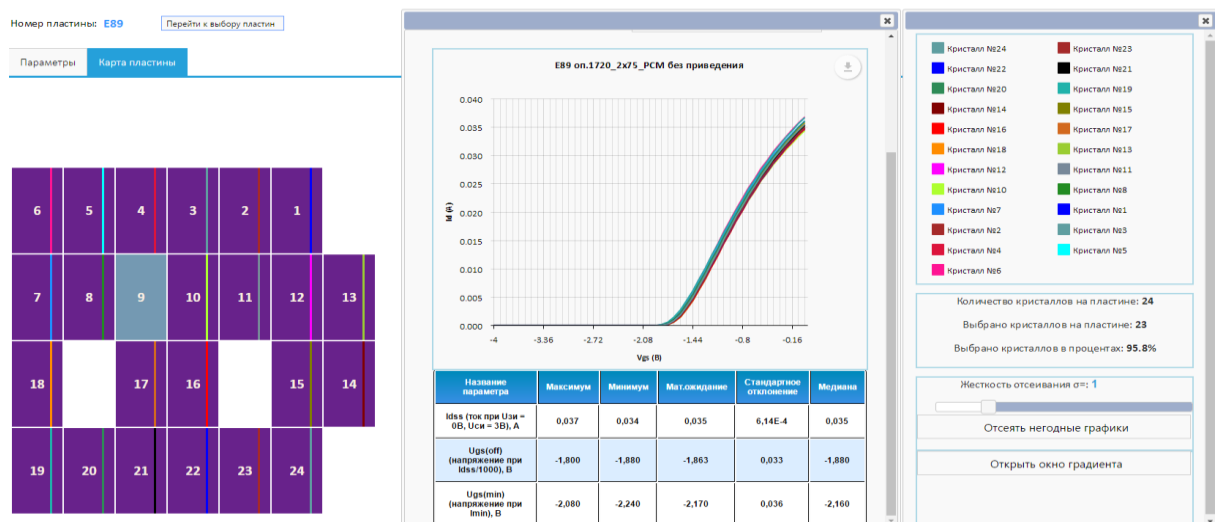


Рис. 3. Таблица статистических параметров.

Также при выборе определенной характеристики и набора кристаллов, в реальном времени рассчитываются статистические параметры, связанные с данной характеристикой. Таким образом инженер может за несколько секунд оценить качество пластины. На рисунке 3 приведен набор характеристик I_d/V_{gs} , что позволяет вычислить

Idss, Ugs(off) и Ugs(min) для набора графиков в общем или для любого кристалла в отдельности.

Такие данные создают огромное поле для анализа технологических процессов, происходящих при производстве изделий.

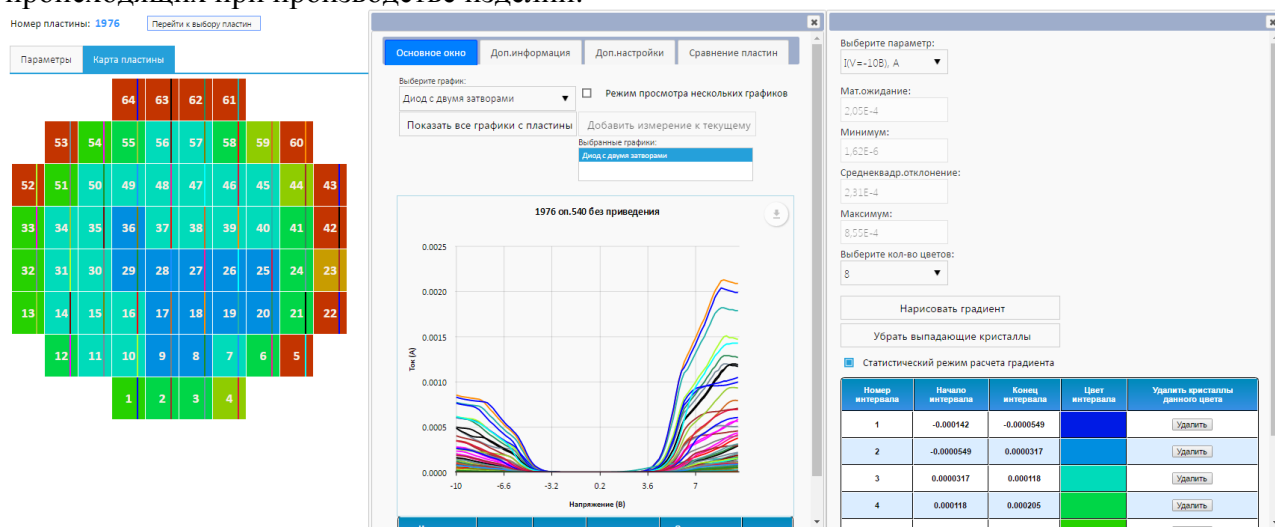


Рис. 4. Градиентное распределение.

В описываемом ПО реализованы различные виды визуализации измеренных параметров, например, с помощью градиента. Таким способом можно легко оценить проблемы технологического процесса. Так, на рисунке 4 приведен случай концентрического распределения по пластине измеренного параметра.

С помощью данной системы удалось собрать большой массив различных статистических данных, которые были успешно использованы для создания новых технологических процессов и модификации существующих.

Без описанного ПО было бы невозможно реализовать алгоритм нахождения так называемого "Golden Die", т.е. нахождение ячейки с параметрами, соответствующими «среднему состоянию» технологического процесса, и используемой для построения статистически обоснованных моделей для библиотек стандартных элементов с учетом технологических ограничений.

Данная программная система успешно применяется в повседневной деятельности АО "Светлана-Рост".