

## **Автоматизация измерений элементов параметрического монитора технологического процесса при производстве СВЧ монолитных интегральных схем**

*Представлены результаты разработки системы автоматических измерений элементов параметрического монитора с пластин для галлий-арсенидного технологического процесса, таких как напряжение отсечки, ток насыщения, коэффициент передачи и пр. Разработанная система позволяет существенно сократить время измерения и предоставляет широкие возможности для обработки и анализа полученных данных.*

**Ключевые слова:** автоматизация измерений, производство, технологический процесс.

Одной из актуальных задач при производстве СВЧ монолитных интегральных схем является контроль корректного выполнения этапов технологического процесса. Для этих целей на пластине формируются кристаллы с набором тестовых элементов, по значениям параметров, которых можно судить о накоплении ошибок при выполнении каждого шага технологического процесса.

Благодаря непрерывному межоперационному контролю выполнения технологических операций можно минимизировать потери, в максимально короткий срок приняв меры для коррекции параметров производства или сняв с производства пластину с заведомо негодными характеристиками, что достаточно существенно повышает эффективность производственного процесса, так как каждая следующая технологическая операция повышает убыток от производства данной негодной пластины.

Монитор технологического процесса включает в себя, в зависимости от типа выпускаемого изделия, более десяти различных элементов, при помощи которых контролируются более 30 параметров. Очевидно, что измерение каждого из этих параметров в ручном режиме крайне долго и неэффективно. Поэтому было принято решение создать систему, позволившую вести измерение параметров монитора технологического процесса в автоматическом режиме и записывать полученные результаты в единое централизованное хранилище.

Так же одной из цели данной работы являлась возможность накопления обширной статистики для повышения эффективности технологии производства в будущем.

Для создания измерительного ядра системы был приобретен полуавтоматический зонд SUMMIT 12000, а также несколько измерительных приборов, которые были объединены в единый тестовый стенд с помощью различных сетевых интерфейсов и интерфейса VISA, который позволяет управлять элементами стенда с помощью единого языка команд "SCPI", что заметно сокращает трудозатраты разработчика тестовых программ.

Для хранения измерений было решено использовать реляционную базу данных, которая реализует надежное хранение, а также высокую производительность при работе с большими массивами данных.

Данные измерений содержатся в едином удаленном хранилище, по этой причине возможности доступа к ним крайне разнообразны (гибкая архитектура).

В общем случае для предоставления отчетов по измерениям используется модель "клиент-сервер", плюсом которой является обработка данных на стороне пользователя, что увеличивает производительность и позволяет составлять различные формы отчетов, обрабатывая данные полученные с сервера.

В единой информационной системе предприятия реализовано разграничение прав доступа, поэтому существует возможность формирования персонализированных отчетов для решения различных задач, поставленных перед работником, в зависимости от его должности и сферы деятельности.

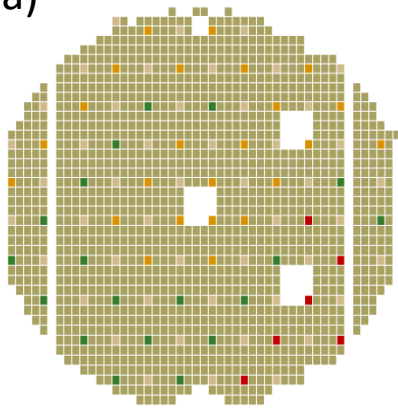
В стандартном виде отчет представляет собой интерактивную карту пластины, полностью повторяющую реальную топологию, раскрашенную в разные цвета, в зависимости от адекватности значений измеренных параметров, благодаря этому появляется возможность наглядно оценить корректность выполнения технологических процессов в целом для пластины, а также в некоторых случаях сделать первые выводы о причинах брака.

Однако, в системе каждый кристалл на пластине является отдельной сущностью, что позволяет проводить глубокий анализ технологии производства не только всей пластины, но и каждого кристалла в отдельности.

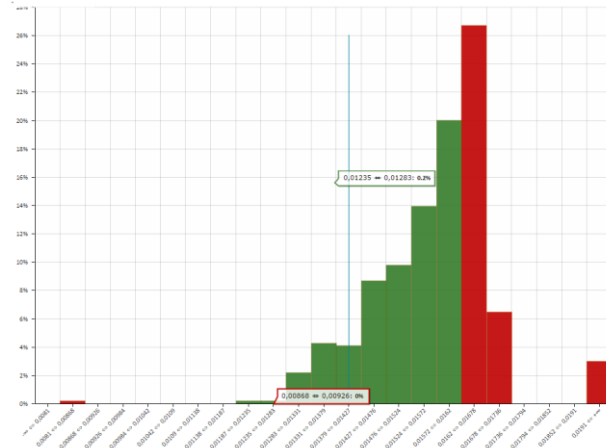
Используя накопленную статистику, проводится анализ стабильности технологического процесса на большом промежутке времени, что позволяет оценить дрейф параметров технологического процесса и своевременно принять меры для улучшения характеристик и стабильности параметров выпускаемых изделий.

В заключение стоит отметить, что реализованная система позволяет существенно сократить трудозатраты при производственном контроле пластин и облегчить анализ для принятия решений о повышении выхода годных, что увеличивает экономическую эффективность предприятия.

(a)



(б)

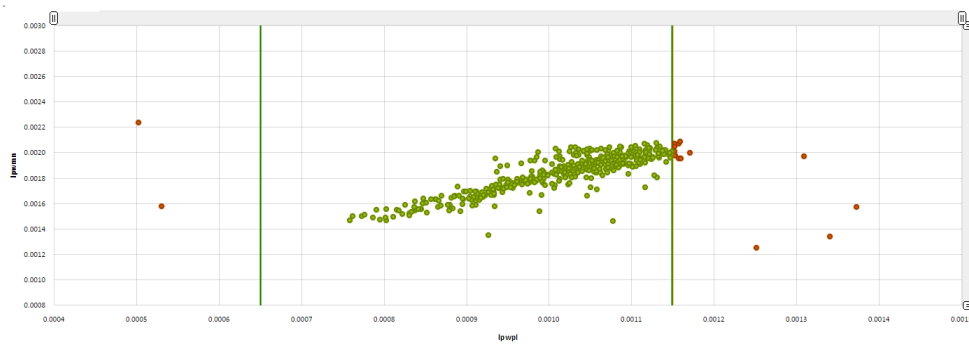


Параметр по оси Y:  $I_{pwm}$

Low Stop	Low Warning	High Warning	High Stop
1.20 mA	1.20 mA	2.20 mA	2.20 mA

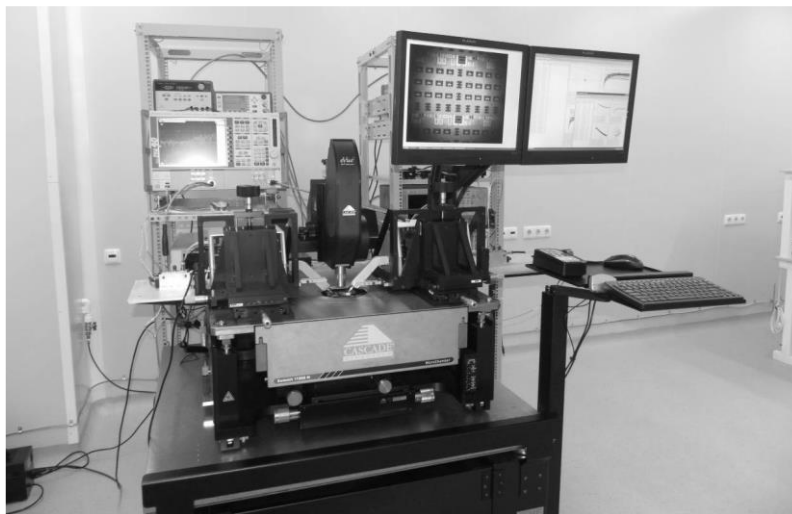
Параметр по оси X:  $I_{pwr}$

Low Stop	Low Warning	High Warning	High Stop
0.65 mA	0.65 mA	1.15 mA	1.15 mA



(в)

(г)



(а) сформированная по результатам измерений карта пластины

(б) гистограмма, показывающая распределение значения параметра

(в) корреляция значений параметров по нескольким пластинам

(г) внешний вид стенда для автоматизации измерений элементов параметрического монитора