

Зачем нужен анализ отказов в микроэлектронике

Вячеслав Дубровинский (dv@sernia.ru), Станислав Колюбин, Виктор Караулов, Кристина Пугач, Андрей Петров

В статье описаны современные методы анализа отказов, применяемые при разработке и производстве микросхем.

Анализ отказов полупроводниковых устройств необходим для выяснения причины отказов и обеспечения на основе этой информации оперативной обратной связи с этапами производства и проектирования. В связи с рыночными требованиями повышенной надёжности, а также разработкой устройств с более высокой степенью интеграции и большими размерами чипа для анализа отказов требуются самые новые технологии.

Чтобы гарантировать надёжность, анализ должен быть «встроен» в устройство ещё на стадиях проектирования и производства, однако полностью избавиться от отказов в процессе производ-

ства и использования в полевых условиях невозможно. Для предотвращения повторного возникновения подобных сбоев должен быть выполнен анализ отказов.

Что такое анализ отказов

Анализ отказов начинается, когда находящееся под наблюдением устройство утрачивает свои основные функции согласно критериям отказа. Отказы включают полную потерю функций и различные уровни деградации. По мере того как электронное оборудование становится всё более сложным, отказы уже не ограничиваются отдельными компонентами, а превращаются

в сложный отказ всей системы. Анализ отказов без учёта этих факторов может привести к ошибочным корректирующим действиям.

Анализ отказов – это исследование характера и механизма отказов с использованием оптических, электрических, физических и химических методик анализа. Прежде чем начать анализ, необходимо собрать подробную информацию об обстоятельствах и симптомах отказов. Сюда входит исследование изменений электрических характеристик и других предшествующих отказу данных, среды, условий нагрузки, монтажа и возможности человеческих ошибок. Анализ этих факторов позволит сделать предположение о потенциальном характере и механизме отказов. На основе этого предположения определяются наиболее подходящие методы и процедуры. Недостаточная информация относительно обстоятельств и симптомов отказов может привести к неподобающему выбору методики анализа, а следовательно, к значительным затратам труда и времени.

Градации отказов по размерности

Отказы могут быть вызваны дефектами на разном уровне, начиная с визуально различимых трещин, заканчивая нарушениями на атомарном уровне. На рисунке 1 показана геометрическая градация отказов по размерности.

Процедура анализа отказов

Как уже было упомянуто, анализ отказов зависит от многих факторов. На рисунке 2 представлена общая процедура анализа отказов. Отказавшее устройство сначала подвергается визуальному осмотру корпуса (входной контроль) и проверке электрических характеристик. Если отказ подтверждается, то вскрывается корпус (производится пробоподготовка) и чип анализируется согласно характеру отказа. В зависимости от типа дефекта для его локализации применяются различные методы (соответствия между типами дефектов и применяемыми метода-



Рис. 1. Геометрическая градация отказов по размерности



Рис. 2. Общий алгоритм процедуры анализа отказов

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ОТКАЗОВ

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР 4200A-SCS KEITHLEY

для измерения электрических параметров полупроводниковых устройств и микросхем, в т. ч. на пластине, с целью анализа отказов:

- + анализ качества полупроводниковых материалов;
- + параметрический контроль;
- + функциональный анализ;
- + измерения и контроль электрофизических параметров полупроводниковых приборов и микросхем;
- + измерения вольт-амперных характеристик (ВАХ);
- + измерения вольт-фарадных характеристик (ВФХ);
- + сверхбыстрые импульсные измерения;
- + автоматическое переключение между измерениями ВАХ и ВФХ.



Закажите бесплатную демонстрацию прибора с выездом на Ваше предприятие!

SERNIA ИНЖИНИРИНГ
СОЕДИНЯ НАУКУ И ТЕХНОЛОГИИ

www.sernia.ru
+7 (495) 932-92-42



Реклама

ООО «Серния Инжиниринг» - официальный дистрибьютор производителей Tektronix и Keithley

Таблица 1. Методы локализации, применяемые для различных типов дефектов

| Тип дефекта | Методы локализации |
|---|---|
| Загрязнение, посторонние частицы | FIB/SEM, TEM/STEM, EDX, EELS |
| Резистивная перемычка, мостик | DLS – LADA, SDL, RIL |
| Разрыв | SLS – CV – OBIC, OBIRCH |
| Некорректная схема | DLS – LADA, SDL, RIL |
| Отклонение от геометрии | FIB/SEM, TEM, STEM |
| Полость | SLS – NB – OBIC, SEI |
| Аномальный слой | FIB/SEM, TEM, STEM, EDX, EELS |
| Нарушение барьерного слоя | FIB/SEM, TEM, STEM, EDX, EELS |
| Дефектная поверхность контакта | FIB/SEM, TEM, STEM, EDX, EELS, AES, XPS, TOF – SIMS |
| Утечка | PEM, EBIC |
| Локальная концентрация легирующей примеси | FIB/SEM, TEM, STEM, EDX, EELS, AES, XPS, TOF – SIMS |
| Дефект кристалла, напряжение | SLS – NB – OBIC, SEI |
| Короткое замыкание | SLS – CV – OBIC, OBIRCH, TEA |
| Резистивный переход | SLS – CV – OBIC, OBIRCH |
| Электромиграция | SLS – CV – OBIC, OBIRCH |

ми приведены в таблице 1, расшифровка методов представлена в таблице 2). И только после осуществления этих действий выясняется механизм отказов и определяются корректирующие действия.

Выводы

Процесс изготовления полупроводниковой пластины включает сотни шагов с использованием различных типов материалов, что требует широкого диапазона знаний о процессах проектирования и производства. Если на каком-то этапе проектирования или производства происходит сбой, то поиск причины отказа является слож-

Таблица 2. Расшифровка методов анализа отказов

| Название метода | Расшифровка |
|-----------------|---|
| SEM | Сканирующая электронная микроскопия |
| STEM | Сканирующая просвечивающая электронная микроскопия |
| TEM | Просвечивающая электронная микроскопия |
| EELS | Спектроскопия потери энергии электронами |
| EBIC | Измерение тока, индуцированного электронным лучом |
| EDX | Энергодисперсионный анализ |
| X-Ray | Рентгеновский анализ |
| SAM | Акустическая микроскопия |
| IR | Инфракрасная спектроскопия |
| EBT | Тестирование электронным лучом |
| PEM | Фотоэмиссионный анализ |
| LSI | Определение логического состояния сигналов путём пассивного накопления эмиссии |
| EHR | Рекомбинация электронно-дырочных пар |
| HCL | Люминесценция горячих носителей |
| GOL | Утечка в подзатворном диэлектрике |
| TEA | Термоэмиссионный анализ |
| LSM | Конфокальная лазерная сканирующая микроскопия |
| LVP | Измерение напряжения лазерным лучом |
| LVI | Визуализация контраста напряжения лазерным лучом |
| TRE | Эмиссионное зондирование с разрешением по времени |
| RIE | Реактивное ионное травление |
| FIB | Ионно-лучевая микроскопия |
| AFM | Атомно-силовая микроскопия |
| SPM | Сканирующая зондовая микроскопия |
| STM | Сканирующая туннельная микроскопия |
| SLS | Статическая лазерная стимуляция |
| OBIC | Измерение тока, индуцированного оптическим лучом при постоянном напряжении смещения |
| OBIRCH | Изменение сопротивления, индуцированное оптическим лучом |
| SEI | Метод визуализации эффекта Зеебека |
| WDX | Волновой микроанализ |
| TOF-SIMS | Времяпролётная масс-спектропия вторичных ионов |
| D-SIMS | Динамическая масс-спектропия вторичных ионов |
| XPS | Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия |

ной процедурой, которая требует знаний о современных методах исследования. Однако проведение такой процедуры чрезвычайно важно, поскольку анализ отказов позволяет не только найти причины отказов и устранить их, но и предотвратить сбой в работе микросхемы, откорректировать процесс производства, что в конечном итоге снижает долю бракованной продукции, затраты производства и обе-

спечивает выпуск надёжной микроэлектроники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Renesas Electronics. Semiconductor Reliability Handbook. Rev.2.50. Jan. 2017: <https://www.renesas.com/zh-tw/doc/products/others/r51zz0001ej0250.pdf>
2. Microelectronics Failure Analysis. Desk Reference Fifth Edition. Published by ASM International, 2011.



НОВОСТИ МИРА

«Микрон» освоил выпуск меток с защитным кодом

«Микрон» освоил серийный выпуск меток M6025P/ONH с поддержкой стандарта NFC и функцией индикации вскрытия, которые обеспечивают расширенную защиту бренда, аутентификацию продукции, а также размещение маркетинговых и интеллектуальных приложений и т.д. Решение используется для маркировки различных предметов из стекла, картона, дерева или пластика.

RFID-метка имеет сигнальную петлю с нанесёнными по периметру насечками, предназначенными для лёгкого разрушения в процессе её переклейки или вскрытия. При разрушении сигнального провода в память метки записывается событие о нарушении целостности антенны, и во время считывания выдаются изменённые данные или секретный код. Радиус считывания данной метки составляет 1–4 см, рабочая частота – 13,56 МГц ±7 кГц, а высокоскоростной интерфейс позволяет передавать данные на скорости 106 кбит/с.

Продукту присваивается уникальный цифровой URL-адрес, который открывает доступ к информации о производителе и спецификации товара, обеспечивая защиту от контрафакта и несанкционированного вскрытия. Для получения обратной связи можно использовать программы лояльности и вознаграждения, доступ к социальным сообществам, мониторинг клиентов, запрос о состоянии продукта в режиме реального времени.

www.rusnano.com



ADLINK
TECHNOLOGY INC.

Высокопроизводительное PXI/PXIe-оборудование ADLINK для тестирования и измерений



PXIe-контроллеры

HDMI-модули видеозахвата

Высокоскоростные модули АЦП

Модули сбора данных

Коммутаторы

PXI Express-шасси



PXI Express-платформа



NEW

PXES-2590+PXIe-3985

3U, полностью гибридное 9-слотовое шасси, PXIe-контроллер с процессором Intel Core i7

Высокоскоростной модуль АЦП



NEW

PXIe-9852

2 канала аналогового ввода, частота опроса 200 МГц, разрешение 14 бит, встроенная память 1 Гбайт

18-слотовое 3U PXI Express-шасси



PXES-2780

10 гибридных и 6 PXI Express-слотов, системная пропускная способность до 8 Гбайт/с

HDMI-модули видеоаудиозахвата



NEW

PXIe-HDV62A

Одноканальный модуль видеоаудиозахвата высокого разрешения

PROSOFT®
WWW.PROSOFT.RU
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

| | | |
|--------------|----------------|------------------------|
| МОСКВА | (495) 234-0636 | info@prosoft.ru |
| С.-ПЕТЕРБУРГ | (812) 448-0444 | info@spb.prosoft.ru |
| АЛМА-АТА | (727) 321-8324 | sales@kz.prosoft.ru |
| ВОЛГОГРАД | (8442) 260-048 | volgograd@prosoft.ru |
| ЕКАТЕРИНБУРГ | (343) 376-2820 | info@prosoftsystems.ru |
| КАЗАНЬ | (843) 203-6020 | info@kzn.prosoft.ru |
| КРАСНОДАР | (861) 224-9513 | krasnodar@prosoft.ru |

| | | |
|-------------|----------------|------------------------|
| Н. НОВГОРОД | (831) 215-4084 | n.novgorod@prosoft.ru |
| НОВОСИБИРСК | (383) 202-0960 | info@nsk.prosoft.ru |
| ОМСК | (3812) 286-521 | omsk@prosoft.ru |
| ПЕНЗА | (8412) 49-4971 | penza@prosoft.ru |
| САМАРА | (846) 277-9166 | info@samara.prosoft.ru |
| УФА | (347) 292-5216 | info@ufa.prosoft.ru |
| ЧЕЛЯБИНСК | (351) 239-9360 | chelyabinsk@prosoft.ru |



Реклама

НОВОСТИ МИРА

**KEYSIGHT TECHNOLOGIES
ПОЛУЧИЛА СЕРТИФИКАТ
НА ПО ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ
ECALL**

Keysight Technologies объявила о том, что эмулятор центра обработки вызовов дежурно-диспетчерской службы (PSAP) Keysight E6951A сертифицирован организацией NavCert GmbH. Эмулятор E6951A входит в состав решения для тестирования на соответствие стандартам систем экстренного вызова (eCall) E6950A компании Keysight. Сертификат выдан 18 декабря 2017 года.



Согласно нормативному акту ЕС 2015/758у, вступающему в силу с 1 апреля 2018 года, встроенными (IVS) системами экстренного

вызова eCall должны оборудоваться все новые типы автомобилей категорий M1 и N1 (легковые автомобили и лёгкие фургоны), причём эти системы должны быть сертифицированы в соответствии с Приложениями I–VIII к нормативному акту ЕС 2017/79.

Эмулятор E6951A PSAP компании Keysight прошёл независимую проверку в центре сертификации eCall и признан способным эмулировать работу центра обработки вызовов дежурно-диспетчерской службы (PSAP) в соответствии со стандартами ЕС. Таким образом, заказчики могут быть уверены, что если их модули IVS успешно прошли испытания на эмуляторе E6951A PSAP, то они соответствуют требованиям вышеупомянутых стандартов.

Кроме того, эмулятор E6951A PSAP поддерживает режим реальной сети. Этот режим позволяет проверять функциональность модулей IVS с помощью стандартных сотовых телефонов в реальных условиях работы, например тестировать экстренные вызовы в зонах неуверенного приёма или проверять устойчивость модулей IVS во время краш-тестов.

Организация NavCert сертифицировала Эмулятор Keysight E6951A PSAP на соответ-

ствии стандартам EN 16454 и EN 15722, что подробно описано на её сайте.

Дополнительная информация о решении eCall компании Keysight доступна по ссылке www.keysight.com/find/ecall.

В России задумались над созданием Министерства Искусственного Интеллекта

С инициативой создать новое ведомство выступил глава «Сбербанка» Герман Греф. По его словам, министерство необходимо, поскольку в бизнесе «буквально все» начинают осваивать искусственный интеллект.



При этом, как отметил Греф, ИИ интесресует и государство, а само создание нового ведомства – смелое решение. Пред-

PROCHIP
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

- + Различные решения по подбору элементной базы
- + Осуществление поставок комплектующих для серийного производства и новых разработок
- + Поддержка склада
- + Оказание технической и информационной поддержки



+7 (495) 232-2522
INFO@PROCHIP.RU
WWW.PROCHIP.RU



Реклама



ложение было озвучено на форуме «Лидеры России».

В качестве аргумента глава «Сбербанка» привёл опыт Объединённых Арабских Эмиратов, которые первыми в мире создали Министерство по искусственному интеллекту. Главой этого ведомства является 26-летний молодой человек.

Новости Интернета вещей

В Калининградской области появится не имеющий аналогов научно-исследовательский технологический центр

GS Nanotech, правительство Калининградской области и БФУ им. И. Канта подписали соглашение о сотрудничестве, в рамках которого в регионе будет реализована уникальная для России комплексная программа прикладных и фундаментальных научных исследований в инновационной сфере. Ключевой задачей программы является развитие инновационной экосистемы и повышение привлекательности Калининградской области для инновационных компаний.

Программа подразумевает сотрудничество по двум основным направлениям: партнёрство в области прикладных научных исследований, в рамках которого в регионе планируется создание передовых научно-исследовательских центров и лабораторий в сфере высоких технологий, и совместная деятельность в области фундаментальной науки, в том числе проведение исследований и разработок по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России.

Первым шагом в реализации этой масштабной программы станет создание на территории «Технополиса GS» научно-исследовательского центра, который станет частью проекта Университетского кампуса в области инженерных и технических наук и объединит производственные возможности и R&D холдинга GS Group и научно-исследовательские компетенции БФУ. В первом в России центре такого формата будет сосредоточена необходимая научно-техническая инфраструктура для проведения прикладных и научных исследований в области микроэлектроники и материаловедения, а в перспективе – и фундаментальных научных разработок в нейротехнологиях, технологиях виртуальной и дополненной реальности.

www.gs-group.com

Завершён масштабный проект «Остек-ЭК» с ОАО «ИНТЕГРАЛ»

В декабре 2017 года специалисты компании «Остек-ЭК» завершили проект по вводу

в эксплуатацию комплекса оборудования для микросборочного производства ОАО «ИНТЕГРАЛ» (Минск). В настоящий момент успешно пройдены программы ПСИ поставленных единиц и подписаны технические акты.

Для выхода на новый уровень качества продукции ОАО «ИНТЕГРАЛ» нуждалось в современных технологиях для производственных процессов.

На предприятие были поставлены:

- Esec 2100 xPplus – интеллектуальная установка монтажа кристаллов – 2 шт.;

- IConn Plus – интеллектуальная система шариковой микросварки – 4 шт.;
 - AMS-i 306 – интеллектуальная установка герметизации корпусов – 1 шт.;
 - Fico Compact Line-X – интеллектуальная установка формовки и обрезки выводов – 1 шт.
- Специалисты компании помогли ОАО «ИНТЕГРАЛ» усовершенствовать существующий промышленный процесс и довести его до высокого уровня, внедрив на предприятии интеллектуальные автоматические системы.

www.ostec-micro.ru



ХОРОШО ПОД СОЛНЦЕМ, ЕСЛИ ТЫ LITEMAX!

Дисплеи сверхвысокой яркости

- ЖК-дисплеи серии DURAPIXEL™ с яркостью от 800 до 2000 кд/м²
- Размеры по диагонали от 6,5" до 60"
- Разрешение от 640×480 до 1910×1080 (FHD)
- Угол обзора 178° (во всех плоскостях)
- Диапазон рабочих температур (некоторых моделей) –30...+85°C
- Возможна установка сенсорного экрана, защитного стекла
- Разнообразные конструктивные исполнения
- Ресурс до 70 000 часов

PROSOFT®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636 • INFO@PROSOFT.RU • WWW.PROSOFT.RU



Реклама