

2D Metrology – автоматические 2D-измерения для точного контроля проводников с заданным волновым сопротивлением

М. Перлман¹

УДК 658.562.44:681.78 | ВАК 05.27.06

Очевидно, что технологии 4G не справляются с увеличивающимися скоростями и объемами передаваемых данных. Поэтому разрабатываются технологии 5G, которые, как ожидается, будут способны как минимум втрое увеличить количество подключаемых пользовательских устройств и поддерживать десятикратное увеличение объемов передаваемых данных по сравнению с 4G.

Также очевидно, что в конструкции электронного оборудования, обеспечивающего дальнейшее ускорение преобразования данных, важнейшую роль играют печатные платы (ПП). С переходом к большим объемам передачи и обработки данных возрастает необходимость в новых методах качественного контроля эффективности технологического процесса, а также размеров элементов ПП.

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Длина линий, соединяющих компоненты, которые работают на низких частотах, не является проблемой. В этих случаях предполагается, что напряжение на линии будет постоянным во всех точках в любой момент времени. Однако для устройств, работающих на высоких частотах, период сигнала сравним со временем его прохождения между источником и приемником. В этих случаях проводники должны разрабатываться с учетом волнового сопротивления.

Ниже перечислены классы систем, при конструировании которых особое внимание требуется уделять высокочастотным сигналам и, следовательно, проводникам с контролируемым импедансом:

- антенны и усилители мощности базовых станций для сотовой связи;
- высокоскоростные последовательные интерфейсы (например, PCIExpress, Infini Band);
- соединения между высокоскоростной оперативной памятью и контроллером (например, DDR3);
- автомобильные радары и датчики;
- системы управления в реальном масштабе времени в авиакосмической и оборонной технике.

РАЗМЕРЫ СОЕДИНЕНИЙ И СКОРОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

Скорость и затухание сигнала в проводнике зависят от его индуктивности и емкости, которые определяются

геометрическими размерами проводника, толщиной слоя диэлектрика и коэффициентом диэлектрической проницаемости (ϵ_r).

Для проектирования высокочастотных ПП необходимо предварительное моделирование с помощью САД-инструментов с расчетом необходимой формы проводника и подбором подходящих материалов. Однако различные технологические процессы, такие как травление, прессование, металлизация и др., приводят к изменению ширины и формы проводника, что, в свою очередь, влияет на импедансные характеристики и затухание сигнала. Поэтому особо ответственные проводники должны контролироваться в течение всего производственного процесса после каждой технологической операции, чтобы расчетные размеры оставались в пределах установленных допусков.

ФОРМА МЕДНЫХ ПРОВОДНИКОВ И ЗНАЧЕНИЕ ИМПЕДАНСА ПРИ ВЫСОКИХ ЧАСТОТАХ

На передачу электрических сигналов по печатной плате влияет несколько факторов.

Точность и постоянство ширины проводников

Величина импеданса зависит от ширины и формы проводника. Уменьшение ширины приводит к увеличению индуктивности и снижению емкости, что, в свою очередь, значительно увеличивает импеданс проводника на единицу длины. Поэтому в случаях, когда необходима высокая точность импеданса, измерение и контроль ширины проводников особенно важны.

¹ Компания Orbotech, отдел ПП, старший менеджер по маркетингу.

Профиль медного проводника и целостность сигнала

На высоких частотах индуктивность и емкость линии, определяемые ее размерами, влияют также на величину потерь сигнала и время задержки.

При неравномерной плотности заполнения рисунком топологии печатной платы возникают наиболее значительные отклонения размеров поперечного сечения проводников, особенно тонких, в ходе процессов травления и металлизации.

Контроль и сохранение формы поперечного сечения линии очень важен для передачи высокочастотных сигналов по нескольким причинам:

- импеданс увеличивается, когда уменьшается площадь поперечного сечения;
- прямые стенки приближают характеристическое сопротивление линии к теоретически рассчитанным значениям;
- малые зазоры между проводниками, особенно при плотном заполнении рисунком и трапецевидных формах проводников, создают значительные перекрестные помехи – сигнал в одной линии отрицательно влияет на сигнал в другой линии.

КАК ПРОВОДЯТ КОНТРОЛЬ ИМПЕДАНСА ПП СЕЙЧАС И В БЛИЖАЙШИЕ ПЯТЬ ЛЕТ

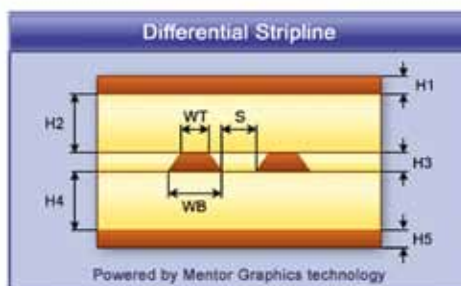
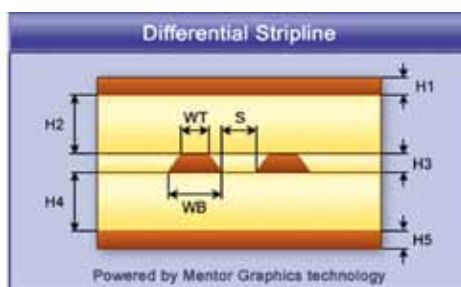
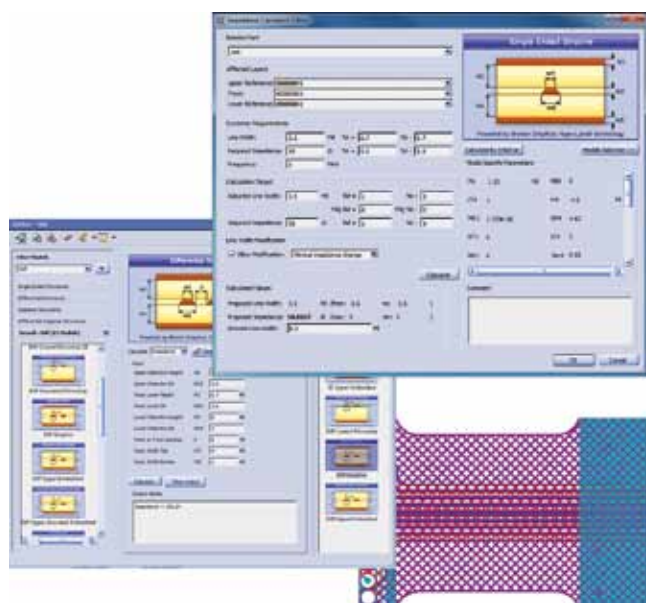
На данный момент допуск на отклонение импеданса составляет обычно $\pm 10\%$, и только несколько линий на заготовке определяются как критически важные. Импеданс измеряется с помощью тест-купонов, расположенных на технологическом поле заготовки ПП. Для измерения используется специальный тестер, испытание проводится на нескольких заготовках из партии на этапе окончательного контроля.

Кроме того, проводится операционный контроль качества (IPQC), при котором из каждой партии изготавливаемых печатных плат выбирают заготовки для выполнения ручного измерения ширины проводников/зазоров. Такое измерение занимает 30–60 с на каждую точку; при большом количестве тестовых точек денежные и трудовые затраты значительно возрастают. Поэтому для экономии измеряется только несколько точек и только на одной-двух заготовках из всей партии, чего очевидно недостаточно для массового производства высокочастотных ПП.

ТЕХНОЛОГИЯ 2D-ИЗМЕРЕНИЙ КОМПАНИИ ORBOTESH – НОВЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ АОИ Автоматический инструмент 2D-измерения с видеомикроскопом АОИ

Сегодня для всех заготовок ПП, внутренних и внешних слоев проводится контроль на наличие дефектов, ведущих к отказам либо ухудшению функциональных характеристик платы. Однако установки автоматической оптической инспекции не измеряют ширину и форму линии с разрешением и точностью, необходимыми для контроля импеданса. Новая технология 2D-измерений от компании Orbotech – 2D Metrology – позволяет проводить измерения в процессе проведения обычной операции автоматической оптической инспекции. «2D Метрология» предлагает следующие возможности:

- точность ± 2 мкм для ширины проводника < 100 мкм;
- 1,5 с на одно измерение, включая время на перемещение на точку контроля, получение изображения и собственно измерение;
- измерение профиля линии – ширины нижней и верхней сторон сечения проводника.



Инструмент для расчета импеданса InPlan в программе компании Frontline

Уникальная технология измерений от Orbotech использует УФ-освещение и флуоресцентные изображения, гарантируя высокоточное измерение ширины медной линии у ее основания. Измерения могут проводиться на вертикальных, горизонтальных и диагональных линиях, а также на круглых и прямоугольных площадках.

Полученные измерения автоматически записываются и выводятся на экран, затем отчет отсылается технологу и в центральную систему статистического управления процессами (SPC).

ПРЕИМУЩЕСТВА «2D МЕТРОЛОГИИ»

Производители ПП, использующие систему AOI от Orbotech с интегрированным инструментом «2D Метрология», получают следующие преимущества:

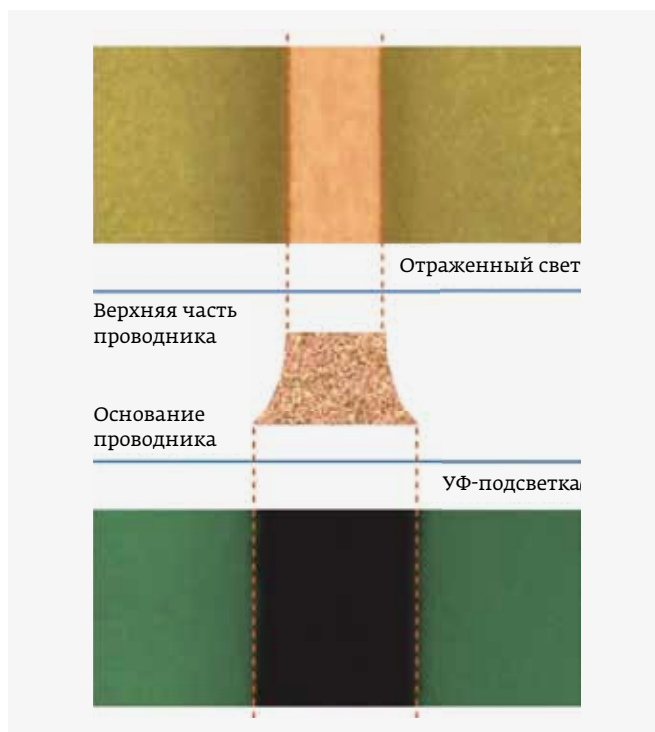
- автоматические измерения, совмещенные с процессом оптической инспекции;
- уменьшение количества ручных манипуляций – экономия времени и уменьшение вероятности повреждения заготовок;
- измерение ширины проводника в верхней части и у основания;
- более быстрый, простой контроль – несколько секунд вместо 10–15 мин на заготовку;
- более высокая повторяемость по сравнению с ручным измерением;
- результаты и статистика онлайн – улучшение прослеживаемости.

«2D МЕТРОЛОГИЯ» КАК ЧАСТЬ «ИНДУСТРИИ 4.0» И «УМНЫХ ПРОИЗВОДСТВ»

Измерения проводника в верхней части и у основания, полученные с помощью инструмента «2D Метрология» на каждой заготовке, загружаются на сервер данных (ODS), который является частью комплекса технологических решений для «умного производства», развиваемого компанией Orbotech. Затем все измерения анализируются и составляются необходимые статистические отчеты для отслеживания производственного цикла.



Интеграция «2D Метрологии» в информационную среду предприятия



Контроль ширины проводников

ВЫВОДЫ

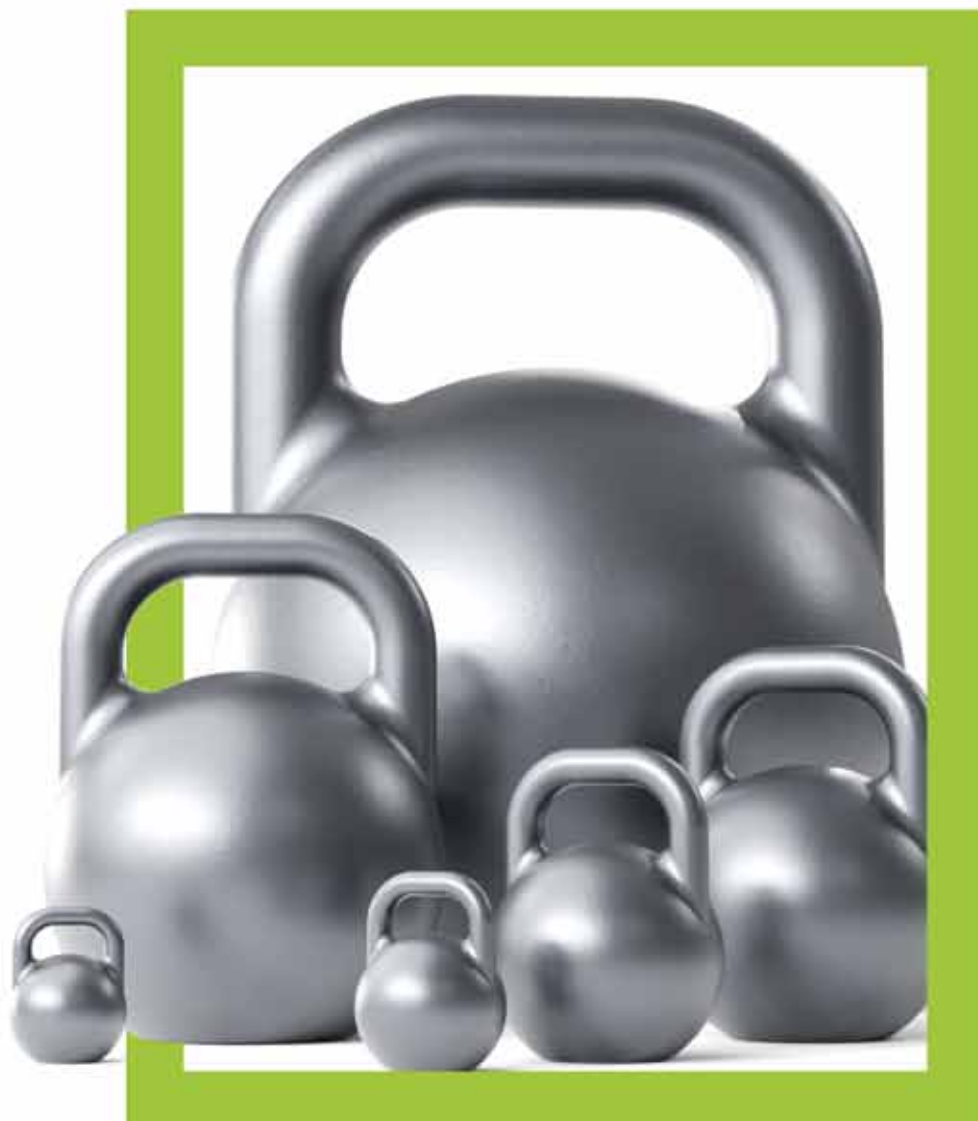
В ближайшем будущем мы увидим резкий скачок объема выпуска ПП для высокочастотных цифровых мобильных устройств, требующих жесткого контроля импеданса. Устаревшие основные методы контроля импеданса, например, с помощью измерения тест-купонов или размеров линий в нескольких точках одной заготовки из партии, необходимо заменить новыми решениями. Эти автоматизированные решения будут проводить быстрые и точные измерения в большем количестве точек на всех заготовках партии.

«2D Метрология» – это инструмент полностью автоматического измерения, позволяющий быстро и точно измерить ширину проводника в верхней части и у основания,

который может быть интегрирован в большинство систем AOI производства компании Orbotech. Результаты измерений передаются на сервер данных, что позволяет производителям ПП и электронных изделий получать полные статистические отчеты обо всех этапах производства ПП.

Технология 2D-измерений компании Orbotech протестирована и уже внедрена ведущими производителями ПП и электронных изделий по всему миру.

Нам по силам ВАШИ ВОЗМОЖНОСТИ ●●●



Решения любого масштаба

Каждое предприятие имеет свои приоритетные цели, технологические задачи и уровень возможностей.

Опираясь на многолетний практический опыт и высокую квалификацию команды, мы тщательно прорабатываем каждую задачу и предлагаем действительно работающие решения под финансовые возможности и индивидуальные потребности производств.

Честно, открыто, профессионально.

ostec-group.ru | info@ostec-group.ru | +7 (495) 788-44-44