

# Высокочастотная беспроводная инфраструктура 5G требует нового подхода в производстве печатных плат

Б. Соломон<sup>1</sup>

УДК 658.562:681.78 | ВАК 05.27.06

К печатным платам устройств, работающих в сетях 5G, предъявляются высокие требования по точности изготовления и эксплуатационной надежности. Это стимулирует производителей ПП искать новые технологии, в том числе технологии контроля, которые обеспечивали бы необходимый объем и достоверность проверок и при этом не создавали бы задержек в производственном процессе, снижающих его экономическую эффективность. В ответ на эту потребность появляется новое поколение АОИ, способных в автоматическом режиме осуществлять контрольные операции, ранее производившиеся вручную, а также интегрировать в одной системе несколько функций, до сих пор выполняемых отдельными установками.

**К** сегодняшнему дню написано множество книг и статей о неизбежном глобальном внедрении беспроводной инфраструктуры 5G и о том огромном влиянии, которое оно окажет на всё – от мобильной связи и беспроводных технологий до промышленной и транспортной отрасли, развлекательных сервисов и т. д. Технологии 5G способны обеспечивать передачу данных в 10 раз быстрее – а в перспективе даже в 100 раз быстрее – и обрабатывать в 1000 раз больший трафик данных. Обладая такими возможностями, технологии 5G позволяют создать унифицированную сеть, охватывающую людей, беспилотные автомобили, бытовую электронику (IoT), промышленное оборудование и гражданскую инфраструктуру.

С увеличением скорости загрузки информации снижается время задержки, это особенно важно для приложений, работающих в режиме реального времени. Ускорение загрузки повлияет на качество работы устройств дополненной и виртуальной реальности (AR/VR), на точность коммуникаций между машинами (M2M), а также на производительность промышленной инфраструктуры. Возможно, самым важным результатом внедрения беспроводных технологий 5G с ультранизким временем задержки станет повышение безопасности беспилотных транспортных средств благодаря улучшенной связи между ними и дорожными/воздушными датчиками – ведь там, где ставкой является безопасность пассажиров, каждая миллисекунда времени отклика имеет решающее значение.

Для таких 5G-приложений допуск на ошибку крайне мал, и это при том, что риск сбоя системы или связи

растет экспоненциально с каждым новым абонентом, подключенным к сети. На уровне устройств это означает, что каждая печатная плата должна соответствовать более высокому стандарту по производительности и надежности, чтобы обеспечить непрерывность связи 5G в реальном времени. Для решения проблем, связанных с этими требованиями, было разработано множество технологий. Производителям ПП пришлось переосмысливать производственный процесс, ориентируясь на новое оборудование, в том числе на системы, улучшающие контроль качества плат при одновременном увеличении эффективности производства.

## СОХРАНЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ СИГНАЛА

Более высокие частоты, присущие 5G, ставят перед производителями ПП непростые задачи, которые к тому же усложняются уменьшением размеров электронных устройств. Платы с высокой плотностью межсоединений (HDI), разработанные для компактных устройств, должны иметь более тонкие проводящие дорожки и большее количество I/O-контактов. Но более тонкие проводники увеличивают риск потери или ухудшения сигнала. Если физические характеристики проводника, например ширина верхней и нижней сторон дорожки, отличаются от заданных, то это может привести к задержке RF-сигнала на миллисекунды, а в случае, если сигналы не синхронизированы, будет наблюдаться каскадное нарастание задержки по всей цепочке сигнала.

Обеспечение целостности высокочастотных сигналов напрямую связано с контролем импеданса вдоль проводника ПП – на импеданс влияют размеры поперечного сечения дорожки, форма, ширина проводника/зазора

<sup>1</sup> Компания Orbotech, отдел ПП, директор по маркетингу АОИ.

и материал диэлектрика. Трапециевидные поперечные сечения проводника, обычно получаемые в процессе травления ПП, могут стать причиной значительного неконтролируемого изменения импеданса. Применение полуаддитивного процесса (mSAP) помогает решить данную проблему, позволяя точнее формировать дорожки с более вертикальными стенками, что, в свою очередь, обеспечивает более предсказуемое значение импеданса.

Вне зависимости от технологий, применяемых при изготовлении ПП, для их проверки на наличие различных дефектов, от коротких замыканий и обрывов до дефектов медной поверхности, используются системы автоматической оптической инспекции (АОИ). До сих пор целью АОИ являлась проверка точности соответствия печатной платы САМ-проекту при массовом производстве. Но для современных ПП этого недостаточно, они требуют целенаправленного контроля импеданса, при котором важны физические характеристики линий / проводников. На сегодняшний день всего несколько систем АОИ могут измерять ширину проводника, и то только его верхней части, полностью игнорируя ширину нижней части. Но для обеспечения точного контроля импеданса необходимо измерение и верхней, и нижней частей проводника. До недавних пор такие измерения проводились только вручную с помощью микроскопа. Эта трудоемкая операция значительно замедляет весь процесс производства, поэтому ручной контроль импеданса проводят только на небольшом количестве заготовок, оставляя большую часть партии непроверенной.

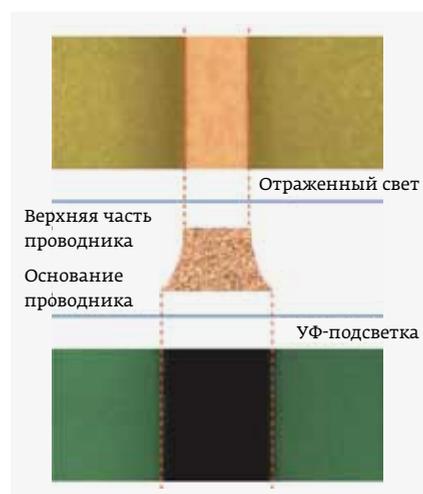
Увеличение функциональности электронных устройств при одновременном уменьшении их размеров приводит к тому, что производство HDI-плат становится всё более сложным; аналогичная тенденция характерна и для гибких ПП, которые, как и HDI, для экономии пространства также требуют более тонких проводников и микропереходов меньшего размера, что позволяет повысить плотность соединений между слоями платы и увеличить количество I/O-контактов. Эту задачу решают, в частности, путем формирования лазерных микропереходов. В настоящее время для контроля последних сразу же после этапа прямого лазерного сверления (DLD) производители ПП проводят лишь низкоскоростную ручную инспекцию на небольшой выборке заготовок. Но после металлизации для обеспечения качества технологического процесса и высокого выхода годных необходимо проверять 100% заготовок с лазерными микропереходами. Хорошим решением в данной ситуации стала бы установка, способная в автоматическом режиме производить одновременно проверку и рисунка, и микропереходов за одно сканирование, однако традиционные системы АОИ обычно таким функционалом не обладают.

## РАЗВИТИЕ АОИ

В данный момент производители ПП находятся в поиске вышеупомянутых возможностей АОИ, а также других функций, например многоканальной верификации – технологии, в которой одновременно формируется несколько изображений исследуемого участка ПП при различных настройках инспекции, что позволяет оператору быстрее и надежнее оценивать дефекты ПП. Приходится собирать у себя несколько машин, в совокупности выполняющих все необходимые функции, что значительно снижает эффективность технологического процесса и занимает много места на производственной площадке. Ситуация еще более усугубляется частыми остановками производственного процесса для ручного измерения образца на микроскопе. Таким образом тратится много времени – особенно ценного ресурса для производителей печатных плат, стремящихся занять лидирующие позиции в условиях огромных возможностей рынка 5G.

К счастью, с постоянным развитием технологий в АОИ задача совмещения если не всех, то нескольких контрольных операций в одной установке становится выполнимой. Совсем недавно производители ПП получили технологию «2D-метрология», дающую возможность непосредственно в ходе обычной инспекции автоматически измерять ширину проводника по верхней и нижней сторонам (рис. 1) [1]. Этим обеспечивается достаточный контроль формы и ширины проводников и, соответственно, импеданса для высокочастотных 5G-устройств. Данная технология позволяет значительно увеличить выход годных благодаря тому, что проводит стабильные измерения с высокой производительностью.

Интеграция АОИ-систем постоянно совершенствуется, обеспечивая производителям ПП возможность объединять в одной установке АОИ инспекцию топологии слоев и лазерных микропереходов, или измерение дорожек и контактных площадок, экономя рабочее пространство на производстве. Благодаря «умным» и технологически



**Рис. 1.** Для проверки и измерения ширины верхней и нижней сторон проводников в технологии «2D-метрология» используется комбинация подсветки инспекции и дополнительной встроенной УФ-подсветки

продвинутым многофункциональным АОИ-системам достигается значительная экономия времени и трудозатрат.

### УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССА ВЕРИФИКАЦИИ

При изготовлении печатных плат с повышенными требованиями по качеству, в частности для 5G-устройств, производителям, работающим с обычными стандартными установками АОИ, приходится дополнительно использовать несколько отдельных станций верификации для просмотра и разделения реальных и ложных дефектов ПП. Однако уже появилось новое поколение многофункциональных АОИ, в которых операция верификации интегрирована в процесс обычной оптической инспекции. Такое решение занимает меньше места, требует меньшего количества операторов и в целом способствует значительному снижению затрат и, что не менее важно, времени: ведь при традиционном оснащении производственной линии на верификацию тратится на много больше времени, чем на инспекцию – приблизительно в три раза.

Новый подход использует возможности искусственного интеллекта для проверки изображений и отделения реальных дефектов от ложных срабатываний уже на предварительном этапе инспекции, что автоматически исключает большое количество ложных срабатываний еще до того, как оператор приступит к проведению верификации. На конечном этапе процесса верификации дополнительная автоматизация позволяет оператору одновременно просматривать несколько изображений на одном экране, при этом система заранее классифицирует и выделяет цветом ложные дефекты – например, фрагменты органических материалов и окислов, которые могут быть приняты инспекцией за обрывы проводников. После этого оператор может быстро исключить оставшееся количество ложных срабатываний и отметить только те дефекты, которые требуют ремонта с помощью систем автоматического оптического структурирования (AOS).

Таким образом, автоматизация функции верификации и ее интеграция с процессом автоматической оптической инспекции позволяет производителям экономить время и средства, затрачиваемые на операции перемещения каждой отдельной заготовки на одну из многочисленных станций верификации и просмотр видеоизображений одного за другим. Теперь все операции по верификации могут быть проведены на единой централизованной станции удаленной многоканальной верификации (RMIV). Дополнительное значительное преимущество кратного сокращения количества действий по перемещению, загрузке и разгрузке каждой заготовки на рабочий стол станции верификации – это соответствующее уменьшение риска ее повреждения.

### АНАЛИЗ ДАННЫХ И ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТЬ

Еще одно преимущество объединения функций в одной АОИ-системе состоит в том, что все данные производственного процесса собираются, анализируются и обрабатываются более эффективно, чем на стандартных АОИ. Единый источник всей информации дает производителю возможность быстро получить самые последние данные, что, в свою очередь, способствует более быстрому и более обоснованному принятию решений.

Интегрированные рабочие процессы АОИ также упрощают штрихкодирование и отслеживание прохождения печатной платы по этапам производственного цикла, дальнейшие идентификацию и систематизацию – когда, где и как обрабатывалась данная ПП. Полная запись процесса производства позволяет производителям обнаружить и исключить негодные ПП задолго до того, как они будут установлены в конечное устройство, что улучшает производственный процесс, а значит, увеличивает выход годных.

### ПОДГОТОВКА К 5G

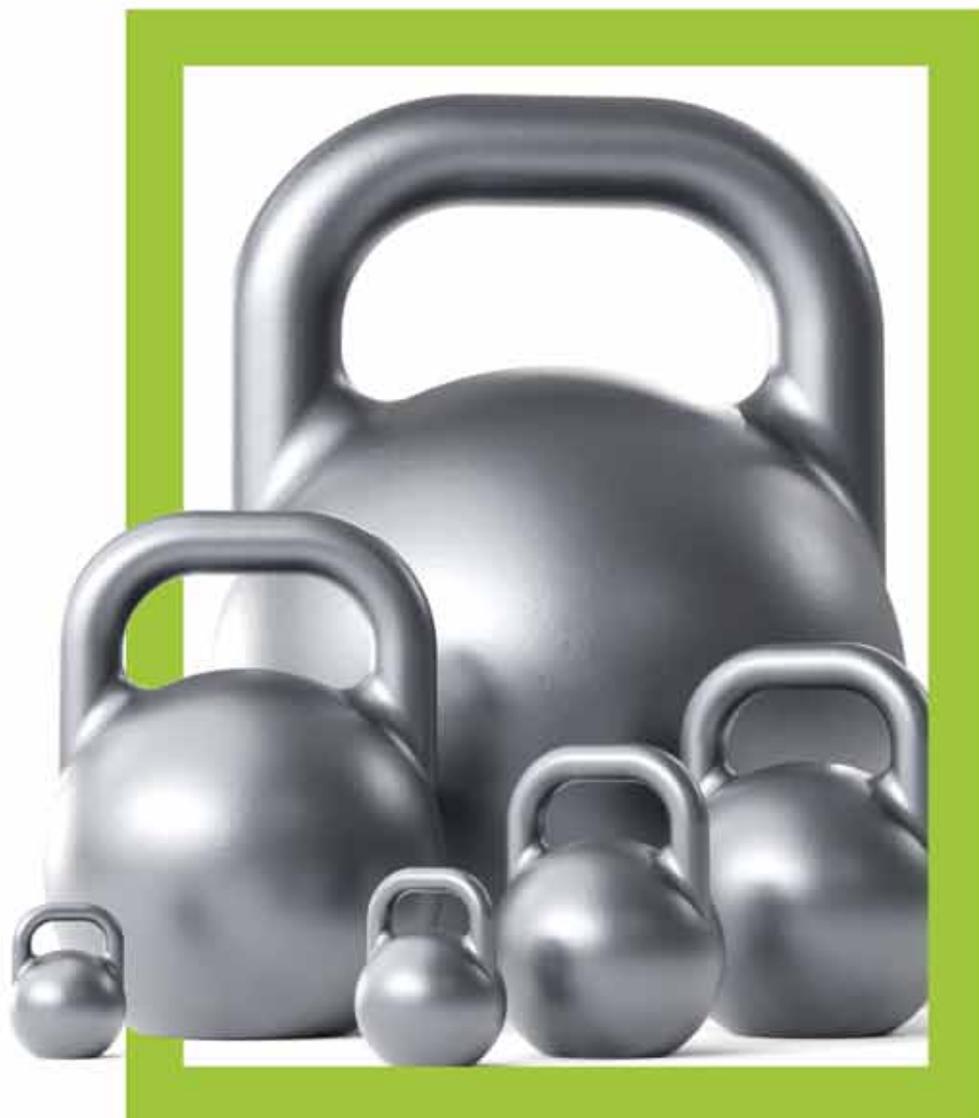
Пройдет некоторое время, прежде чем будут реализованы все обещания, связанные с 5G, – для того чтобы новое поколение мобильной связи стало мейнстримом, необходимо решить множество организационных и технологических проблем. В настоящее время каждый участник технологической цепочки создания 5G, от операторов беспроводной связи и разработчиков беспилотных транспортных средств до производителей электронных устройств и печатных плат, готовится к масштабным изменениям рынка. Огромные объемы данных, которые будут проходить через сетевые узлы 5G, включая критическую информацию, влияющую на общественную безопасность и промышленную производительность, требуют от нас пристального внимания для обеспечения качества как сетей в целом, так составляющих их систем и компонентов.

Использование передовых интегрированных АОИ-технологий позволит производителю ПП, ориентированному на внедрение высокочастотных 5G-систем с низким временем задержки, получить все преимущества быстрой высокоточной инспекции и верификации, а также улучшенной прослеживаемости ПП в течение всего производственного цикла. В итоге компания повышает производительность своей технологической базы, уменьшает затраты и как результат становится лучше других готовой к массовому внедрению инфраструктуры 5G.

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Перлман М.** 2D Metrology – автоматические 2D-измерения для точного контроля проводников с заданным волновым сопротивлением // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2019. № 6. С. 48–50.

# 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](http://ostec-group.ru) | [info@ostec-group.ru](mailto:info@ostec-group.ru) | +7 (495) 788-44-44