



АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ МИКРОПОЛОСКОВОЙ СВЧ-ТЕХНИКИ

AUTOMATIC SYSTEM FOR CHARACTERIZING HIGH-FREQUENCY PRINTED CIRCUIT BOARD MATERIALS

УДК 621.396.6.001

РАКОВ АЛЕКСАНДР ВАЛЕРЬЕВИЧ

A.rakov@elins.ru

СОБЧЕНКО МАКСИМ ИВАНОВИЧ

ДУМЧИКОВ К. А.

ЖУКОВ В. В.

УХАНДЕЕВ ВЛАДИМИР ИЛЬИЧ

АО «Научно-технический центр «ЭЛИНС»

RAKOV ALEXANDER V.

A.rakov@elins.ru

SOBCHENKO MAXIM I.

DUMCHIKOV K. A.

ZHUKOV V. V.

UKHANDEEV VLADIMIR I.

ELINS Scientific and Technical Center JSC

В данной работе изложены основные принципы построения автоматизированной системы проверки качества материалов печатных плат. Рассмотрены методики измерений параметров диэлектриков, даны структура и описание измерительного стенда и изложены принципы функционирования специализированного программного обеспечения в составе разрабатываемой системы.

Ключевые слова: автоматизация измерений; печатная плата; диэлектрическая подложка; измерительная ячейка; измерения параметров диэлектрика.

The article highlights main principles of designing the automation system for the characterization of dielectric materials, as well as methods of dielectric characterization, the structure and description of the measurement setup, the functional principles of the specialized software as steps of the system development.

Keywords: measurements automation; printed circuit boards; dielectric substrate; test vehicle; dielectric characterization.

Достоверная информация о значениях диэлектрических параметров материалов печатных плат является одним из ключевых факторов в вопросах обеспечения эксплуатационных характеристик радиоэлектронных изделий (РЭИ). Случается, что реальные значения диэлектрических параметров подложек не всегда соответствуют заявленным поставщиком. Более того, всегда существует разброс параметров материалов даже внутри одной серии у одного и того же производителя. Несоответствие характеристик материалов печатных плат обнаруживается косвенно уже в процессе регулировки РЭИ. Возникает необходимость проверки качества материалов печатных плат — как материалов проводящих рисунков, так и материалов подложек. Основные измеряемые электрические характеристики подложек печатных плат, соответствие которых необходимо проверить, — это относительная диэлектрическая проницаемость ϵ' и тангенс угла диэлектрических потерь $\tan\delta$. Следует понимать, что величина ϵ' вовсе не обязательно постоянна, а может существенно зависеть от частоты, поскольку она связана с фазовой скоростью распространения волны вдоль линии

передачи. При этом тангенс угла потерь, связанный с общими потерями мощности сигнала в линии, обычно увеличивается с частотой. Для измерения частотных характеристик диэлектрических материалов печатных плат в данной работе используются два измерительных метода, которые позволяют в широкой полосе частот достаточно точно определять параметры диэлектрических

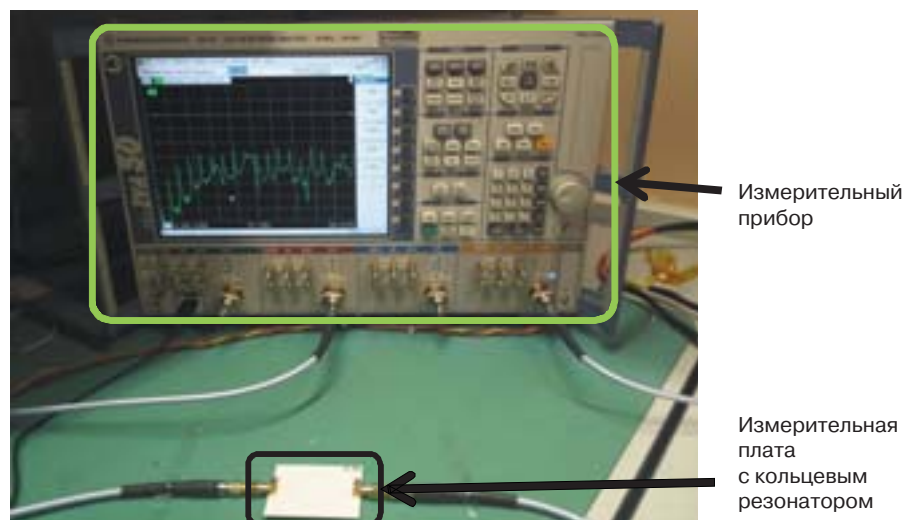


Рис. 1. Измерительный стенд

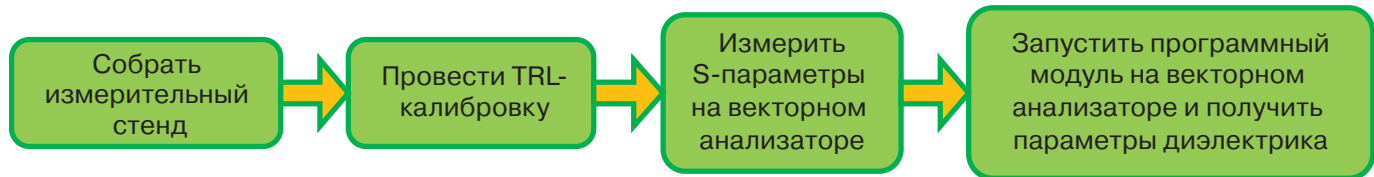


Рис. 2. Процедура измерения параметров диэлектрика

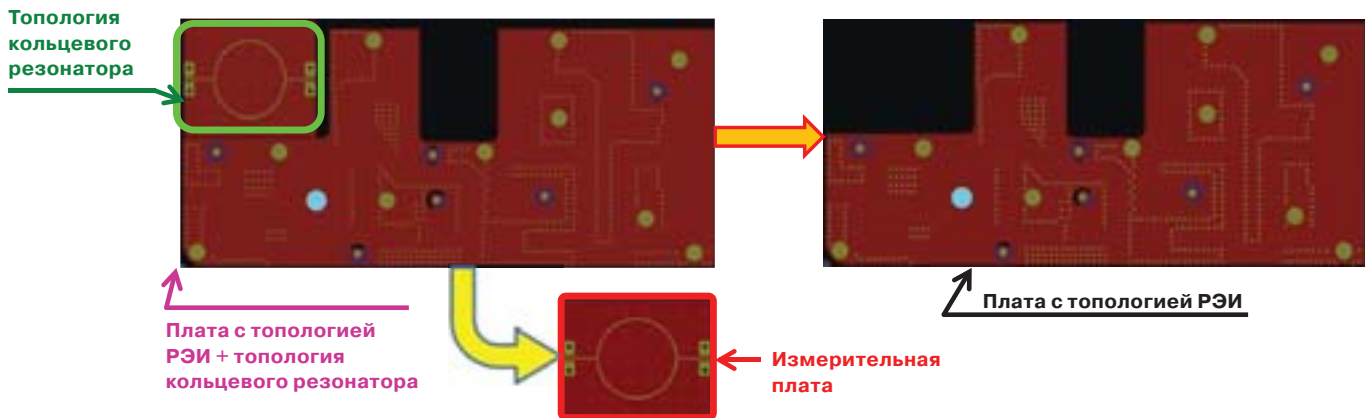


Рис. 3. Использование интегрированных измерительных линий для проверки качества материалов печатных плат РЭИ

подложек: метод бегущей волны (S3-метод [1]) и метод кольцевого резонатора [2]. Благодаря тому, что упомянутые методы используют отличные друг от друга принципы получения информации о параметрах диэлектрика, возможно проводить независимое сравнение результатов измерений параметров одних и тех же материалов.

Измерительный стенд состоит из измерительного прибора, кабельных сборок и измерительной ячейки.

Измерительным прибором может служить как векторный анализатор цепей, так и скалярный, в зависимости от применяемого метода измерения.

Для того чтобы проводить оценку и сравнение измеренных характеристик большого числа образцов подложек в реальном масштабе времени в промышленном объеме, необходима автоматизация процесса измерения параметров материалов. Для данной задачи разрабатывается программный модуль, устанавливаемый на стандартное измерительное оборудование (векторный или скалярный анализатор). Последовательность действий в процессе измерения параметров диэлектрика с применением программного модуля схематически изображена на рис. 2.

Разрабатываемый программный модуль обеспечит сохранение и обработку измеренных характеристик измерительной ячейки, математическую обработку данных характеристик, а также вывод и отображение извлеченных диэлектрических параметров.

Для обеспечения проверки качества материалов печатных плат, используемых в разрабатываемых РЭИ, предлагается интегрировать топологию измерительной линии в топологию РЭИ, отправляемую на производство, как показано на рис. 3.

После отделения фрагмента платы, содержащего топологию измерительной линии, перфорационная линия выравнивается, чтобы придать плате с текущим дизайном РЭИ необходимый форм-фактор. На отделенный фрагмент платы с измерительной линией монтируются коннекторы, после чего можно проводить измерения.

Сама идея автоматизации измерений параметров диэлектрических материалов не является новой, однако в рамках проекта

удалось решить несколько как чисто электродинамических и технологических задач, так и задач автоматизации, определяющих новизну данной разработки:

- в алгоритмах расчета параметров диэлектрика удалось учесть дисперсию основной моды в открытых несимметричных линиях. Это позволило проводить измерения параметров керамических материалов подложек печатных плат, изготавливая двухслойные образцы измерительных ячеек. Дело в том, что в настоящее время отсутствуют технологии массового изготовления многослойных СВЧ-плат из керамических материалов. Изготовление отдельных многослойных образцов может оказаться неприемлемо затратным и технологически сложным;
- была реализована автоматизация математической обработки измеренных коэффициентов передачи измерительной ячейки и расчета параметров диэлектрика. Основным достоинством выбранных методов измерения параметров диэлектрика является идентичность направления векторов поля электромагнитной волны при измерении и в разработках на основе плат с тем же материалом подложек. Это позволяет нивелировать влияние анизотропии материала подложки на результаты измерения;
- сформулирован принцип интеграции топологий измерительных линий в дизайн разрабатываемого радиоэлектронного изделия для контроля параметров печатных плат микрополосковой СВЧ-техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hinaga S., Koledintseva M., Drewniak J., Koul A. and Zhou F. *Thermal Effects on PCB Laminate Material Dielectric Constant and Dissipation Factor*. Techn. Conf. IPC Expo/APEX 2010, Las Vegas, April 5–8, 2010, paper # S16-1.
2. IPC Test Methods Manual TM-650. Test Method 2.5.5.13. Available at <http://www.ipc.org/TM/2-5-5-13.pdf>.
3. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств / Бахарев С. И., Вольцман В. И., Либ Ю. Н. и др. / Под ред. Вольцмана. — М.: Радио и связь, 1982. — 328 с.