

Измерительная камера СВЧ для испытания компонентов и каскадов

Виктор Безруков, Степан Шемшур (Московская обл.)

В статье описана измерительная камера и тестовые платы, позволяющие производить измерение СВЧ-характеристик компонентов и каскадов на частотах до 20 ГГц.

При разработке СВЧ-устройств часто требуется оперативно измерять СВЧ-характеристики отдельных компонентов, каскадов и узлов, проводить их тепловые и прочие испытания, осуществлять входной контроль комплектующих. Для этого приходится каждый раз изготавливать тестовые печатные платы, подбирать корпуса нужной конструкции с СВЧ- и с НЧ-разъёмами из имеющихся в наличии или изготавливать их вновь. В корпусах необходимо сформировать компактные отсеки, чтобы усилительные каскады не возбуждались, отводить тепло от некоторых компонентов и т.п. Как правило, всё это требуется делать оперативно, чтобы сократить сроки разработки.

Авторами разработана универсальная измерительная камера ИК20, которая обеспечивает измерения СВЧ-характеристик и испытания компонентов и каскадов на частотах до 20 ГГц. Размер камеры, семь СВЧ- и два НЧ-разъёма позволяют разместить на одной тестовой плате все необходимые элементы небольшого проекта.

Фотографии камеры ИК20 (без крышки) с установленными в ней тестовыми платами К12 и К1 приведены на рисунках 1 и 2 соответственно. Камера изготовлена из латуни и покрыта никелем. На ней закреплены семь СВЧ-разъёмов SMA и два разъёма типа PC4 и PC7 для

подачи питания и вывода контрольных сигналов. Универсальная разметка корпуса позволяет использовать обычные недорогие разъёмы N-типа, или SMA. Формируемые на их основе коаксиально-полосковые переходы обеспечивают достаточно низкий КСВН в широком диапазоне частот для двухслойных и многослойных печатных плат толщиной от 0,3 до 1,5 мм.

Пространство глубиной 6 мм под тестовой платой позволяет при необходимости монтировать компоненты на плате с двух сторон. Если требуется отвести тепло от какого-либо компонента, то под платой закрепляется металлический брусок. Отсеки формируются пайкой к плате полосок медной или латунной фольги. Чтобы исключить излучение от СВЧ-разъёмов, концы этой фольги припаяны вблизи разъёмов к соответствующим выступам на корпусе камеры. При необходимости отсеки можно запаять сверху фольгой. Камера ИК20 обеспечивает проведение испытаний элементов в климатической камере и на вибростенде.

Рассмотрим использование ИК20 на примере тестовых плат К12 и К1. Плата К12 предназначена для испытаний компонентов и каскадов трёхканального СВЧ радиометрического приёмника прямого усиления диапазона 9...18 ГГц. Плата четырёхслойная, верх-

ний и нижний слой изготовлены из диэлектрика Rogers RO4003C толщиной 0,2 мм, внутренний слой – предварительно пропитанный композитный материал (препрег) RO4450 толщиной 2 × 0,1 мм. Общая толщина платы около 0,7 мм.

На плате расположены усилительные каскады двух вариантов исполнения на микросхемах HMC565LC5; СВЧ-модулятор на микросхеме HMC641LC4; СВЧ-детекторы на диодах HSCN-5340 с УНЧ; два вида фильтров ВЧ; фильтр питания микросхемы HMC565LC5; П-образные аттенуаторы и согласованные нагрузки на резисторах типоразмеров 0402 и 0201; посадочные места для тестирования индуктивностей и конденсаторов типоразмеров 0603, 0402 и 0201; микрополосковая линия на проход; линейный стабилизатор напряжения со схемой защиты по входу.

Плату СВЧ перед установкой компонентов необходимо проверить на отсутствие брака. Для этого в верхних левом и правом углах платы сформированы тестовые схемы – печатные конденсаторы и микрополосковые СВЧ-фильтры. Эти схемы находятся как в верхнем, так и во внутреннем слое платы. С их помощью проверяются СВЧ-параметры металлических и диэлектрических слоёв тестовой платы, а также переходных отверстий. На плате выполнены примерно 2000 переходных и заземляющих металлизированных отверстий диаметром 0,2 мм (их не видно под слоем металла).

Для испытаний компонентов и каскадов СВЧ радиометрического приём-

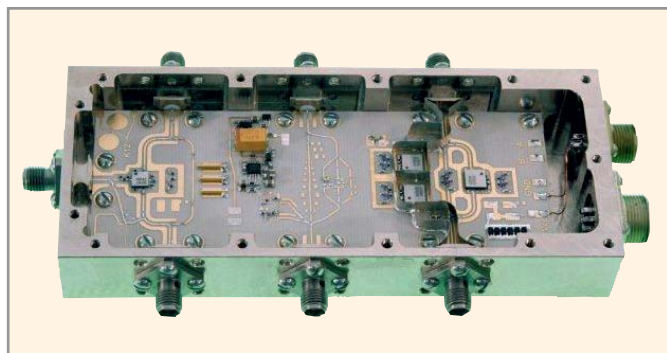


Рис. 1. Измерительная камера ИК20 с платой К12 (9...18 ГГц)

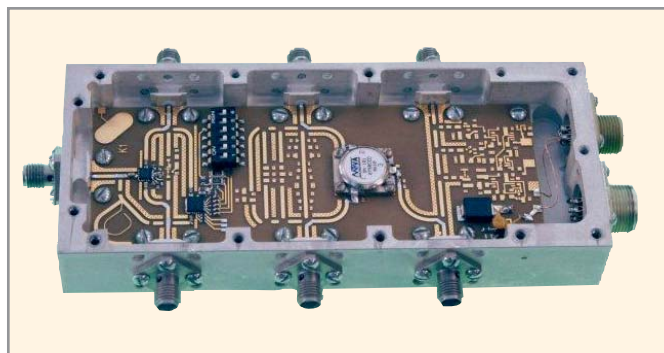


Рис. 2. Измерительная камера ИК20 с платой К1 (6,5...8,5 ГГц)

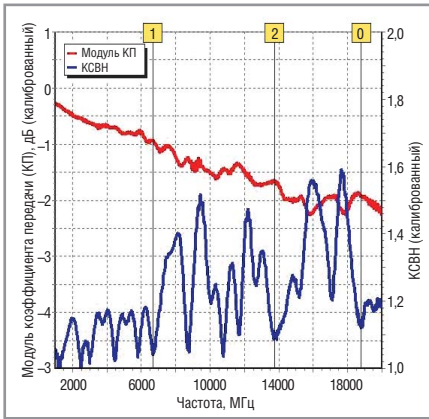


Рис. 3. Частотная зависимость АЧХ и КСВН входа микрополосковой линии на проход платы К12 с двумя коаксиально-полосковыми переходами, нагруженной на детекторную головку свип-генератора с КСВН входа не более 1,3
Четыре разрыва в микрополосковой линии замкнуты отрезками фольги

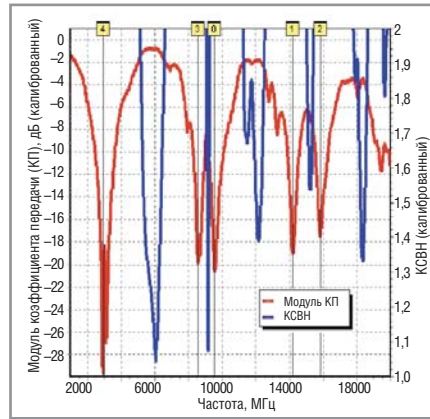


Рис. 6. Частотная зависимость АЧХ и КСВН входа тестовой схемы платы К12 для проверки СВЧ-параметров верхнего слоя и переходных отверстий
Глубина минимумов АЧХ определяется потерями в МПЛ, а положение этих минимумов на оси частот определяется электрическими длинами этих МПЛ

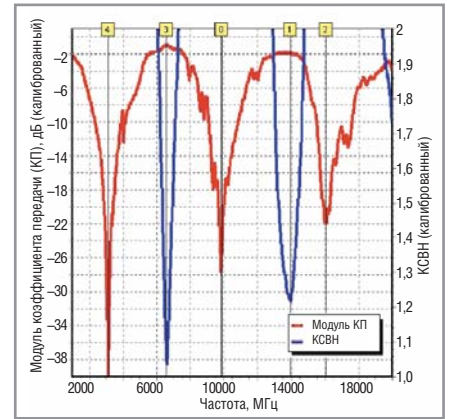


Рис. 7. Частотная зависимость АЧХ и КСВН входа тестовой схемы платы К12 для проверки СВЧ-параметров внутренних слоев
Глубина минимумов АЧХ определяется потерями в симметричных МПЛ, а положение этих минимумов на оси частот определяется электрическими длинами этих МПЛ

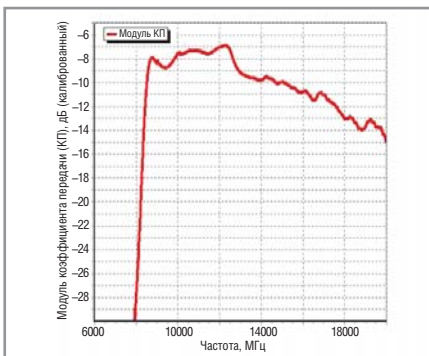


Рис. 4. Частотная зависимость АЧХ усилителя на двух микросхемах типа HMC565LC5, расположенного на плате К12
На входе усилителя установлен 3-дБ П-образный аттенюатор на резисторах типоразмера 0402 и ФВЧ, на выходе усилителя установлен второй ФВЧ. Отсеки для микросхем и ФВЧ с аттенюатором сформированы припайкой к плате полосок лужёной медной фольги шириной 4 мм. На входе ИК20 включены два коаксиальных аттенюатора с общим ослаблением 40 дБ. На выходе, перед детекторной головкой свип-генератора, включен аттенюатор с ослаблением 10 дБ

ника прямого усиления диапазона 6,5...8,5 ГГц была разработана тестовая плата К1. Плата имеет два слоя из материала FR4 толщиной 0,5 мм. На плате расположены циркулятор типа 0750CED; усилительный каскад на микросхеме VMMK-3803-BLKG; СВЧ-модулятор на микросхеме PE42552MLIB; цифровой аттенюатор на микросхеме PE43503MLI; полосовые СВЧ-фильтры трёх разновидностей; три варианта схем квадратичных детекторов с УНЧ; посадочные места для тестирования индуктивностей и конденсаторов типоразмеров 0603 и 0402; микрополосковая линия на проход; линейный ста-

биллизатор напряжения со схемой защиты по входу.

На рисунках 3–7 приведены результаты измерений в камере ИК20, выполненные в диапазонах частот, где измерение параметров компонентов, составляющих проект, непосредственно на рабочей плате затруднительно. На наш взгляд, эти примеры подтверждают эффективность измерительной камеры.

В дальнейшем планируется проведение работ по проектированию новой модели измерительной камеры с целью увеличения верхней границы используемого диапазона частот.

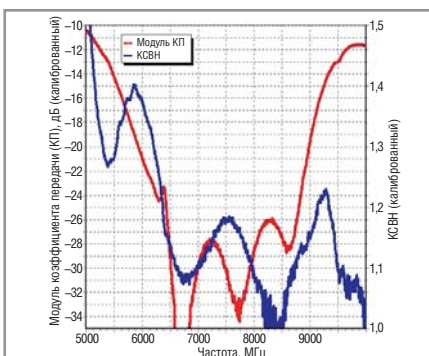


Рис. 5. Частотная зависимость обратного коэффициента передачи и КСВН входа циркулятора типа 0750CED, расположенного на плате К1
Влияние индуктивностей выводов циркулятора скомпенсировано печатными конденсаторами