

Разработка библиотеки пассивных элементов для СВЧ ГИС

В докладе приводятся основные результаты разработки библиотеки пассивных элементов СВЧ ГИС для работы на частотах до 10 ГГц производимых по технологии ОАО «ОКБ-Планета».

СВЧ, гибридные интегральные схемы, моделирование, САПР, библиотека элементов

Создание собственной библиотеки элементов ИС, важная задача для фирм, занимающихся разработкой и производством электронной компонентной базы (ЭКБ). Её наличие позволяет не только существенно сократить временные и материальные издержки на разработку собственной новой продукции, но и эффективно взаимодействовать с другими фирмами, оказывая им услуги по производству ИС, в которых реализуются технические решения заказчика.

В настоящее время появилась достаточное большое количество публикаций, посвящённых разработке библиотек пассивных и активных элементов монолитных СВЧ ИС на основе GaAs, достаточно точно описывающие частотные характеристики элементов, как в сантиметровом, так и в миллиметровом диапазоне [1]. Современных работ по созданию библиотек интегральных элементов СВЧ гибридных интегральных схем (ГИС) нам не известно. Это можно объяснить тем, что системы автоматизированного проектирования, такие как MWO, ADS и др., обладают большим набором моделей интегральных пассивных элементов различного уровня сложности и позволяют, применяя 3D электромагнитное моделирование генерировать модели конкретного пользователя, благодаря чему удаётся решать самые специфические задачи. Соответственно, у разработчика схемы появляется уверенность в очень высокой точности расчёта параметров интегральных элементов ГИС, реальной проверкой же этого обычно ни кто не занимается. Предлагаемая нами работа посвящена начальному этапу разработки законченной библиотеки элементов тонкоплёночных СВЧ ГИС для работы на частотах до 10 ГГц, производимых по технологии ОАО «ОКБ – Планета» и её экспериментальной проверки.

В качестве материала подложки СВЧ ГИС используется широко распространенная в отечественном приборостроении керамика «Поликор», толщиной 0,5, 1,0, 2,0 мм. Проводящие слои формируются на основе системы металлов: $V_{(вак.)}/Cu_{(вак.)}/Cu_{(гальв.)}/Ni_{(гальв.)}/Au_{(гальв.)}$, общей толщиной 10 мкм. Минимальное расстояние между двумя полосками около 40 мкм. Резистивный слой создаётся магнетронным напылением сплава РС – 3710, оптимальный уровень удельного поверхностного сопротивления которого 80 – 120 Ом/□. Применение в качестве материала подложки поликора, обладающего достаточно большой шероховатостью не позволяет воспроизводимо формировать тонкоплёночные МДМ конденсаторы, поэтому в разрабатываемой библиотеке элементов их нет.

Полная законченная библиотека будет содержать модели следующих интегральных элементов:

- отрезки несимметричной микрополосковой и копланарной линий передачи с различным волновым сопротивлением;
- короткозамкнутые и разомкнутые отрезки линий передачи;
- тонкоплёночные резисторы;
- встречно-штыревые конденсаторы;
- спиральные и меандровые индуктивности;

При моделировании используется подход, основанный на представлении пассивного элемента его физической эквивалентной схемой который, несмотря на меньшую точность расчётов и большую трудоёмкость, по сравнению с табличными моделями элементов на основе частотных зависимостей S – параметров, позволяет устанавливать связь между паразитными элементами эквивалентной схемы и технологическими и топологическими особенностями реальных интегральных элементов. Тем самым появляется возможность оптимизации конструкции пассивных элементов СВЧ ГИС.

Измерение параметров рассеяния интегральных пассивных элементов производилось непосредственно на поликоровой плате при помощи комплекта копланарных СВЧ – зондов серии Infinity и анализатора цепей N5230A в диапазоне частот 0,4 – 10 ГГц. Для иллюстрации на рисунке 1 приведены фотографии копланарных резистора ($R = 100$ Ом) и гребенчатого конденсатора ($C = 1,0$ пФ) с подведёнными для проведения измерения СВЧ – зондами.

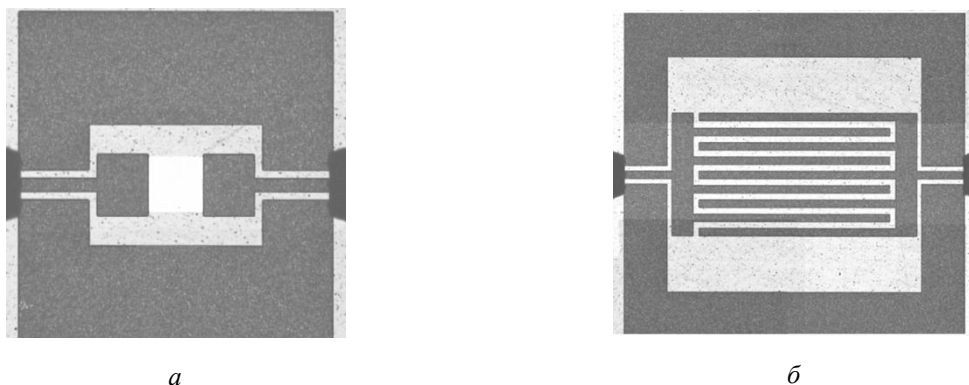


Рис. 1

Основные топологические размеры у тонкоплёночного резистора: $L = W = 400$ мкм, а у гребенчатого конденсатора: длина штыря $L = 2360$ мкм, зазор между штырями $S = 70$ мкм, количество штырей $N = 9$.

На рисунке 2 представлена физическая эквивалентная схема гребенчатого конденсатора (рис. 1) используемая для построения модели этого интегрального элемента.

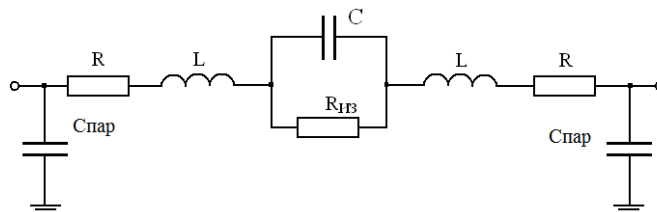


Рис. 2

Определение параметров эквивалентных схем производилось по известным выражениям [2], с последующей компьютерной оптимизацией в пакете программ Microwave Office. На рисунке 3, показано сравнение результатов измерения (чёрная сплошная линия), расчёта по модели MWO MICAP (серая штрих – пунктирная линия) и разработанной эквивалентной схеме (серая пунктирная линия) частотных зависимостей S – параметров для интегрального гребенчатого конденсатора, изготовленного на поликоровой подложке толщиной 0,5 мм, рис. 1.

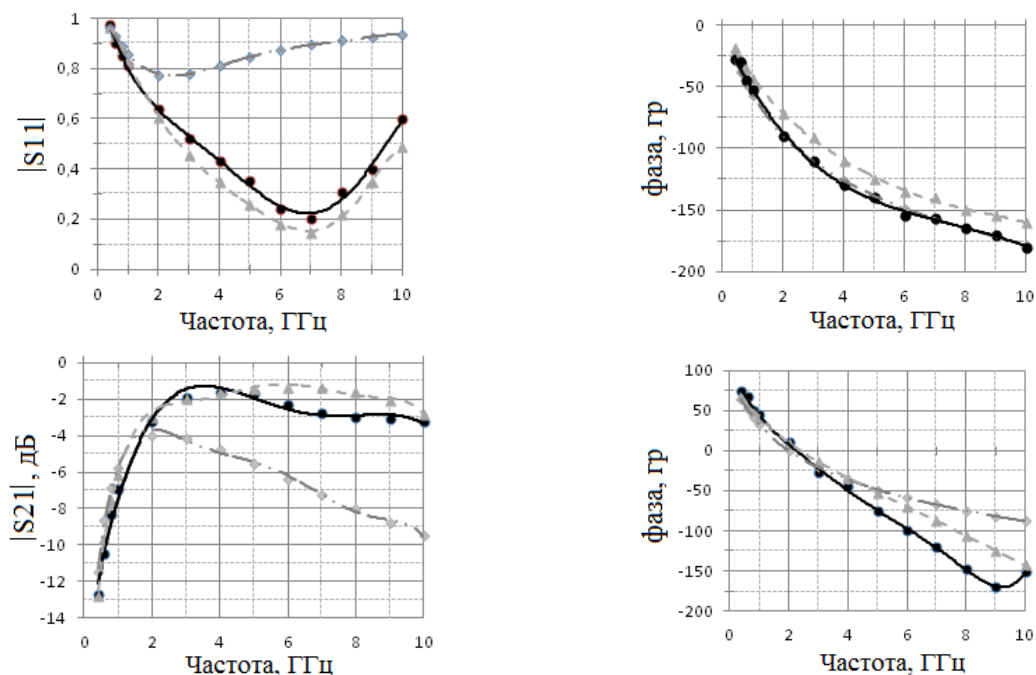


Рис. 3

Полученные в работе предварительные результаты позволяют сделать следующие выводы. Использование встроенных в САПР моделей пассивных элементов без их предварительной экспериментальной проверки может приводить к большим погрешностям в расчётах, особенно для схем с рабочими частотами более 1 ГГц, (рис.3). Разработанные модели интегральных элементов пригодны для проектирования СВЧ ГИС на частоты до 10 ГГц с погрешностью не более 10 – 15 %.

Библиографический список

1 А.С. Сальников, А.А. Коколов, Ф.И. Шеерман Разработка библиотеки элементов для проектирования отечественных гетероструктурных СВЧ МИС в среде Microwave Office // Доклады ТУСУРа – 2010 - №2 (22.) – С. 157 – 160.

2 Справочник по расчёту и конструированию СВЧ полосковых устройств / Под ред. В.И.Вольмана-М.: Радио и Связь,1982. – 328 с.