

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИЕМНИКА ОБОРОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ SiGe В ДИАПАЗОНЕ 25–45 ГГц

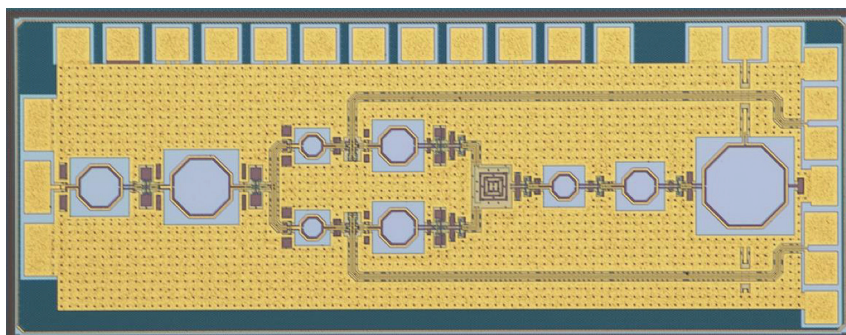
Для проектирования интегральных схем требуются специальные библиотеки компонентов и техпроцессов от производителя, но для реализации сложных проектов необходимые дополнительные модели. В статье на практическом примере рассматривается решение, которое позволило создать недостающие структуры в виде параметризованных ячеек PCell с помощью системы проектирования Analog Office. Все пассивные компоненты схемы моделировались как отдельные структуры с помощью ЭМ-симулятора AXIEM.

ВВЕДЕНИЕ

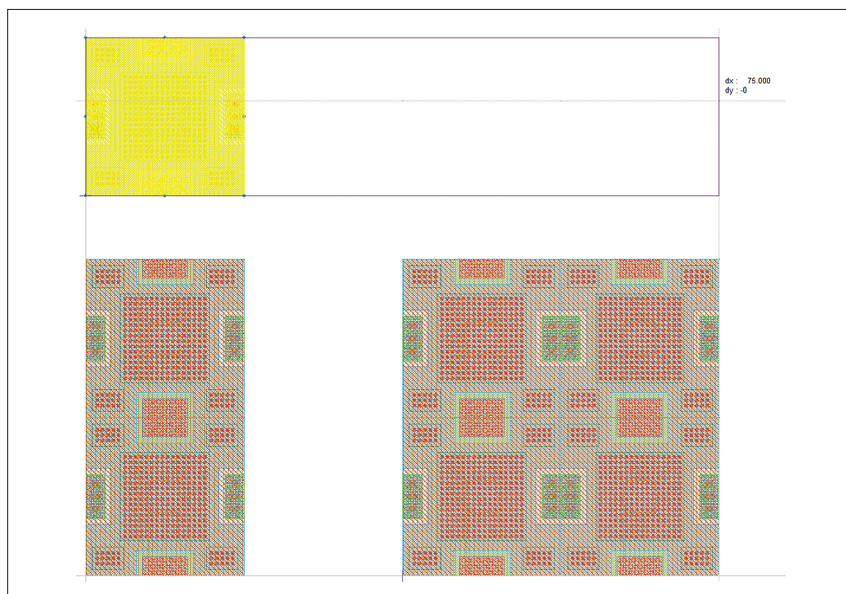
Организация оборонной науки и техники (DST, филиал Министерства обороны Австралии) недавно сообщила о создании широкополосного приемника (рис. 1) в диапазоне 25–45 ГГц со следующими характеристиками: коэффициент шума: менее 6 дБ; неравномерность усиления: не более ± 1 дБ; точка пересечения 3-го порядка на входе: более 0 дБм; подавление зеркальных помех: более 30 дБ. В данной статье описана оптимизация конструкции для реализации этих характеристик в полосе 25–45 ГГц при помощи среды проектирования AWR Design Environment от NI и, в частности, модуля Analog Office для разработки, электромагнитного (ЭМ) анализа и высокоэффективной оптимизации радиочастотных интегральных схем (РЧИС). В данном проекте для ЭМ-моделирования сложных структур на основе сплава кремния и германия (SiGe) с многослойной металлизацией использовался планарный симулятор AXIEM, позволяющий учитывать возможное паразитное влияние пассивных компонентов и межсоединений на общие характеристики РЧИС.

ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ

Для успешного проектирования интегральных схем разработчику необходимы специальные библиотеки компонентов и техпроцессов от производителя, наличие которых обеспечивает качественное моделирование характеристик элементов схемы и ее физическую реализацию, соответствующую готовому устройству. Несмотря на то, что в состав



▲ Рис. 1. Внешний вид кристалла приемника на основе SiGe для диапазона 25–45 ГГц, полученного с помощью Analog Office



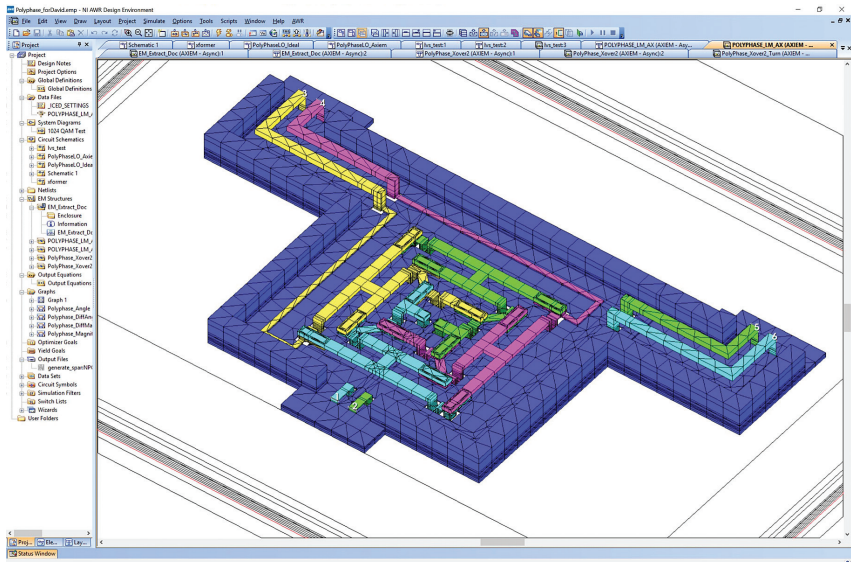
▲ Рис. 2. Пользовательские ячейки PCell на примере развязывающего конденсатора позволяют увеличить точность топологии и упростить ее создание в сложных многослойных проектах на основе SiGe. Размер массива можно изменить перетаскиванием границы области ячейки

библиотек полупроводниковых компонентов, выбранных инженерами DST, вошли такие базовые элементы как гетеробиполярные и КМОП-транзисторы, резисторы, конденсаторы, диоды и контактные площадки, для реализации сложного проекта приемника потребовались дополнительные модели. Недостающие структуры было решено создать в виде параметризованных ячеек PCell в Analog Office как дополнение к моделям библиотеки производителя компонентов. Ячейки PCell значительно расширяют возможности библиотек, упрощая проектирование за счет автоматизации создания топологии (рис. 2) в противовес трудоемким ручным методам. Помимо экономии времени, использование PCell позволило повысить точность топологического рисунка благодаря устранению потенциальных ошибок, неизбежно возникающих при ручном вводе данных.

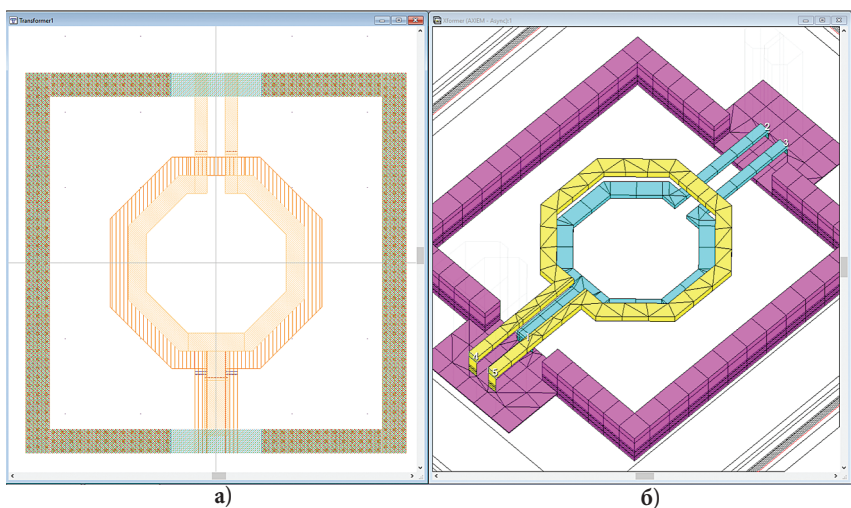
Еще одним преимуществом создания пользовательской библиотеки стала организация структур в стандартные ячейки, к которым относятся многофазные RC-фильтры, трансформаторы, линии передачи, развязывающие конденсаторы, ВЧ-контактные и ESD-защищенные площадки. Создание стандартных ячеек позволило всем разработчикам использовать одни и те же элементы конструкции. Любые изменения параметров компонента или его топологии сохранялись в библиотеке; при этом происходило автоматическое обновление компонента для всех использующих его разработчиков. Таким образом, передача проекта в производство происходила гладко даже при участии менее опытных инженеров.

Выбор конфигурации кольца и использование многослойной разводки позволили получить хорошие характеристики, подтвержденные электродинамическим моделированием.

Все пассивные компоненты схемы моделировались как отдельные структуры с помощью симулятора AXIEM (см. рис. 3); при этом на верхнем уровне иерархии остался лишь гетеробиполярный транзистор с межсоединениями. В проекте активно использовались трансформаторы, библиотеки которых были разработаны с помощью симулятора AXIEM, что исключило необходимость в импорте модели или файла S-параметров из сторонних ЭМ-симуляторов. Созданные в схематехническом редакторе ячейки PCell переносились напрямую в ЭМ-симулятор, благодаря чему разработчику не требовалось подробно описывать конфигурацию пассивных структур для электромагнитного моделирования, а все изменения в схеме автоматически транслировались в ЭМ-структуру. Кроме того, синхронизация схематехнического и электромагнитного моделирования позволяла не отвлекаться



▲ Рис. 3. Топология трехкаскадного многофазного RC-фильтра в AXIEM



▲ Рис. 4. PCell-ячейка трансформатора (а) является параметризованной. Правила предобработки фигур автоматически подобрали необходимые настройки ЭМ-симуляции, чтобы обеспечить правильное построение сетки упрощенной структуры (б)

на импорт и экспорт данных после каждой итерации симуляции.

Параметризация отдельных ячеек поддерживает автоматическое и контролируемое пользователем изменение размеров любой структуры PCell. Например, в данном проекте радиус трансформатора был задан переменным при моделировании в AXIEM; при этом по результатам анализа была построена библиотека S-параметров MDIF. Полученная параметризованная ячейка могла использоваться в конструкции приемника (рис. 4).

Для автоматического преобразования сложной топологии РЧИС в упрощенную форму разработчики использовали набор правил предобработки фигур. Эти правила обеспечивают оптимальное построение сетки в таких элементах топологии как массивы межслойных перемычек или проводящие жилы. Данный подход позволяет не только сократить время моделирования, но и обеспечивает достаточную точность подобной аппроксимации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная в DST интегральная схема приемника на основе SiGe была успешно получена с помощью Analog Office и AXIEM, после чего передана в производство. Интегрированная среда проектирования и тесная синхронизация данных между модулями программного обеспечения позволили команде разработчиков эффективно использовать одни и те же инструменты проектирования, включая созданные библиотеки компонентов, на разных этапах проекта; при этом все изменения в структуре элементов автоматически передавались каждому участнику проекта. Результаты измерений параметров приемника были опубликованы в [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник докладов конференции European Microwave Week. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7777475>.