

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ УВЧ НА ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДАХ И ВОПРОСЫ МИНИАТЮРИЗАЦИИ

Н. С. БУТОВ, Н. Ф. ТРОФИМОВ

(Представлена научно-техническим семинаром кафедры радиотехники)

Введение

Печатные УВЧ благодаря их малым размерам, высокой потенциальной серийноспособности и низкой себестоимости могут представлять значительный интерес для бортовых устройств. В качестве активных элементов в таких УВЧ целесообразно применять туннельные диоды, так как они в большей части СВЧ диапазона имеют меньший коэффициент шума, чем, например, транзисторы и вакуумные триоды, и не требуют громоздкого источника питания. В бесциркуляторных схемах они обладают к тому же хорошей температурной стабильностью, высокой надежностью и весьма малым весом. Однако при их реализации встречаются практические трудности, связанные со сложностью обеспечения настройки в условиях своеобразия печатной структуры.

Возможно, что именно этим и объясняется отсутствие публикаций экспериментальных характеристик реализованных печатных УВЧ на туннельных диодах. Между тем многие из упомянутых трудностей можно преодолеть путем предварительной отработки на моделях. В предлагаемой статье излагаются некоторые принципы и опыт моделирования гибридных туннельных УВЧ, высокочастотные элементы и монтаж которых, за исключением диода, выполнены печатным способом. Приводятся структура и характеристики этих УВЧ и их моделей. Рассматриваются пути миниатюризации туннельных усилителей в целом.

Некоторые принципы моделирования

При разработке гибридных устройств с активными элементами необходимо учитывать, что эквивалентные схемы СВЧ узлов, изготовленных с помощью печатной технологии, как правило, отличаются от расчетных. Обычно это несоответствие обусловлено игнорированием некоторых специфических реактивных параметров печатных структур.

Такие параметры возникают, например, при использовании для заземления элементов схемы участков металлической поверхности структуры, имеющих потенциал, отличный от нулевого; при нарушении симметрии полосковой линии путем подключения к центральному проводнику подстроечных конденсаторов, диодов и других приборов; при изменении формы высокочастотных элементов и в ряде других аналогичных случаев. В результате этого ожидаемый эффект может оказаться сильно искаженным или даже не обнаруженным.

В этом отношении полосковые и коаксиальные структуры обычного изготовления лучше освоены и представляются менее критичными и «капризными», чем печатные, они легко могут быть настроены даже при значительном отклонении параметров от расчетных и обычно обеспечивают получение расчетного эффекта. Это позволяет использовать их в качестве моделей печатных схем как для решения принципиальных вопросов, так и для выявления структурных особенностей заданной печатной схемы. Однако нередко бывает заранее известно, что по технологическим причинам и из соображений электрической и механической прочности некоторые детали полосковых структур необходимо при печатном изготовлении видоизменить. К сожалению, вместе с тем могут возникнуть указанные выше паразитные параметры.

Естественно, что такие изменения должны прежде всего найти свое выражение в структуре модели, так как в противном случае при переходе на печатную технологию могут возникнуть трудности реализации, а позднее и трудности эксплуатации. Таким образом, при моделировании печатного узла необходимо иметь достаточно ясное представление о его предполагаемой структуре с учетом специфических ограничений.

Немаловажное значение имеет метод подхода к настройке моделей, так как схемы с активными двухполюсниками обладают известной критичностью их характеристик к внутренним связям и к согласованию элементов. Можно, например, считать общепринятым такой процесс настройки этих схем, при котором согласование диодного узла производится только «в присутствии отрицательного сопротивления», то есть в условиях борьбы с осцилляцией. Но возможен и другой процесс, при котором на этапе согласования импедансов туннельный диод заменяется эквивалентным пассивным двухполюсником и лишь окончательная настройка ведется «с отрицательным сопротивлением».

Такой подход дает гораздо больше информации о параметрах схемы и ее устойчивости, чем общепринятый, он облегчает процесс регулировки схемы и точно соответствует идее самого моделирования.

Суммируя все сказанное, можно написать следующие условия (или принципы) моделирования гибридных схем:

1. Учет ограничений печатной структуры (т. е. максимальное соответствие) при моделировании.
2. Разделение настройки модели на «пассивный» и «активный» этапы.
3. Максимальное приближение структуры гибридного узла к структуре модели.
4. Выполнение общих правил проектирования печатных схем СВЧ (например, непосредственные и симметричные соединения точек заземления схемы с экранирующими пластинами, симметрирование неоднородностей, учет зависимости эффективной диэлектрической постоянной от формы рисунка, скашивание углов рисунка и т. п.).

Эксперимент

Изложенные принципы моделирования были приняты за основу при создании гибридных УВЧ на туннельных диодах проходного (рис. 1) типа со стабилизирующей цепочкой.

Частотные характеристики модели и изготовленные по ней образцы печатных усилителей приведены на рис. 2.

Пунктиром показаны характеристики макетов печатных УВЧ, размеры или формы которых не соответствуют моделям.

Из рассмотрения указанных кривых видно, что характеристики образцов и соответствующих им моделей удовлетворительно совпадают.

Таким образом, процесс разработки рассматриваемых гибридных усилителей приобретает при моделировании закономерный характер, из этого процесса в значительной мере исключаются элементы эмпирической доработки и подгонки, он существенно ускоряется.

В качестве примера можно упомянуть процесс разработки печатного УВЧ проходного типа, который хотя и обошел этап моделирования,

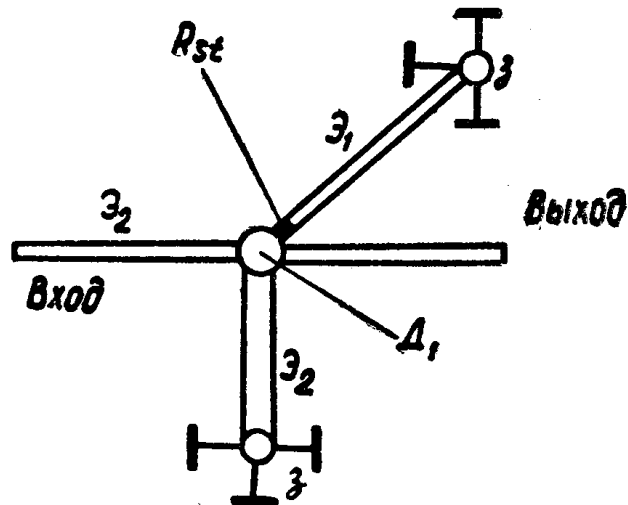


Рис. 1. Структура печатных элементов

но различные доработки и настройки потребовали вдвое больше времени и сил, а результат был получен гораздо хуже (см. пунктир, рис. 2), чем моделированного образца. Структура печатных элементов, соответствующая рис. 1, имеет размеры, не превышающие $45 \times 10 \times 65$, и легко

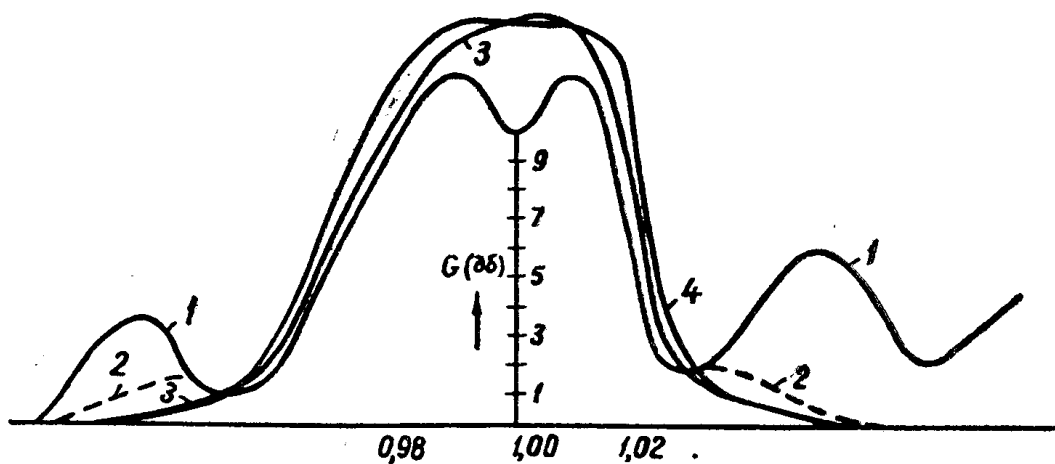


Рис. 2. Характеристики усиления мощности: 1 — образец без моделирования, без стабилизирующей цепочки, 2 — то же, но со стабилизирующей цепочкой, 3 — образец по модели, 4 — модель

может быть уменьшена вдвое за счет увеличения диэлектрической постоянной наполнителя, емкости туннельного диода и конструктивной доработки.

По-видимому, дальнейшая миниатюризация туннельных УВЧ в низкочастотной и средней части дециметрового диапазона целесообразна в связи с применением микроминиатюрных необратимых устройств, а также на основе моделирования бесциркуляторных схем с развязкой при помощи мостовых устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Полосковые системы сверхвысоких частот». Сб. статей под редакцией Б. И. Сушкевича. ИЛ, М., 1959.
