

ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СБОРКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

Капралова А. А., Манченко Л. В., Пашковский А. Б., Потапова Т. И., Пчелин В. А. Чепурных И. П.
ФГУП НПП «Исток»
ул. Вокзальная, 2а, г. Фрязино, 141190, Россия
тел.: 495-4658620, e-mail: info@istokmw.ru

Аннотация — Рассчитаны поправки, связанные с краевыми эффектами в согласующих керамических вставках с высоким ϵ в зависимости от особенностей их монтажа и исследовано влияние этих поправок на характеристики мощных транзисторных усилителей. Показано что различные способы сборки могут приводить к смещению рабочей частоты прибора до 1,5 ГГц.

I. Введение

При расчете мощных транзисторных усилителей давно стало стандартом использование электродинамического моделирования для описания сложных узлов согласующей схемы. Такие пакеты включены в основные пакеты моделирования, например AWR или ADS. Однако обычно это пакеты так называемого двумерного моделирования, в основном ориентированные на монолитные схемы с планарной структурой без существенно трехмерных особенностей. Однако при разработке мощных ВСТ и гибридных транзисторных усилителей постоянно приходится сталкиваться именно с трехмерными особенностями, например с краями плат, переходами с платы на плату, зазорами залитыми припоем и т.д. Обычно эти моменты не вызывают больших вопросов (предполагается что погрешность в расчетах легко может быть компенсирована подстройками), однако при разработке мощных усилителей X – диапазона с использованием керамических вставок с высоким ϵ ситуация может меняться радикальным образом. Дело в том, что в таких усилителях, особенно на транзисторах с длинами затвором порядка 0,25 мкм настройка на максимальную мощность оказывается очень тонкой и даже незначительная ошибка в расчетах не всегда может быть исправлена включением дополнительных согласующих элементов.

Поэтому возникает вопрос, как особенности сборки, не учитываемые напрямую в современных пакетах моделирования, влияют на характеристики современных мощных гибридных усилителей.

II. Основная часть

В современных мощных усилителях и внутрисогласованных транзисторах для согласования обычно используют керамические вставки с высоким ϵ , а кристаллы мощных транзисторов монтируются на металлический (обычно медный) пьедестал [1-4]. Зазор между керамической вставкой и пьедесталом, так же как и керамической вставкой и поликоровой платой может быть заполнен воздухом или залит припоем, что в двумерных пакетах моделирования не учитывается. Представляет интерес учесть именно влияние этих особенностей на характеристики приборов. Для решения задачи, вначале проводилось сравнение двумерных электродинамических расчетов с трехмерными и рассчитывались поправки, позволяющие как можно точнее совместить получаемые S – параметры. Расчеты проводились для отдельной проволоочки, системы двух связанных проволоочек, конденсатора на керамике с $\epsilon = 80$.

Пример расчета такой системы приведен на рис.1. Видно, что введение поправок, учитывающих краевые эффекты заметно улучшает соответствие между двумерным и трехмерным расчетом. После этого для расчетов была взята схема, состоящая из входной и выходной 50 Омных линий, проволоочек, керамических вставок на входе и выходе и нелинейной модели одной ячейки мощного полевого транзистора ФГУП НПП Исток с длиной затвора 0,25 мкм, длиной пальца 70 мкм и общей шириной затвора одной ячейки 1680 мкм. Расчет проводился вначале без поправок, а затем с учетом поправок как к моделям проволоочек, так и двумерным расчетам согласующих керамических элементов.

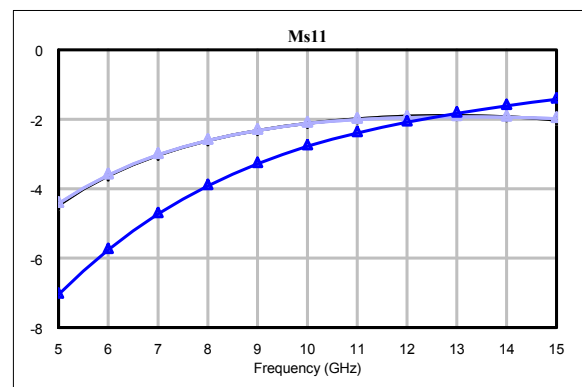


Рис. 1. Модуль S_{11} . Сплошная линия — 3D-моделирование, пунктир — 2D-моделирование. 2D-моделирование + вводимые поправки в масштабе рисунка совпадают с 3D.

Fig. 1. $|S_{11}|$. Solid line — 3D-modeling, dashed line — 2D-modeling

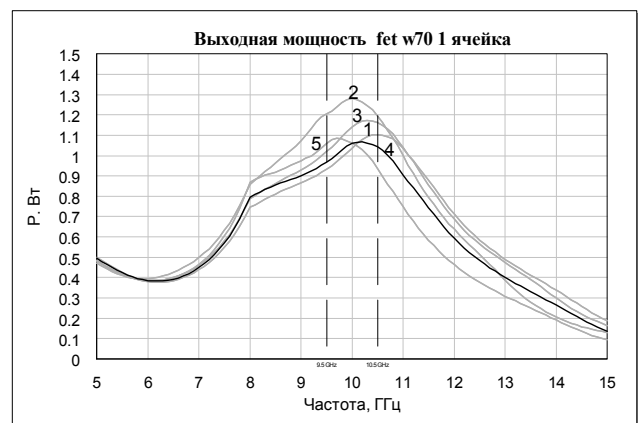


Рис. 2. Зависимость выходной мощности одной ячейки мощного транзистора от частоты: 1 — в зазорах — воздух; 2 — в зазорах — металл; 3 — в зазорах — металл на половину глубины зазора; 4 — вообще без поправок, 5 — без поправок для керамики.

Fig. 2. Output power vs. frequency

Рассматривались различные возможные варианты: 50 микронный зазор между керамической платой и пьедесталом на который монтируется транзистор заполнен воздухом или припоем (то же относительно зазора между керамической и поликоровой платой на входе и выходе) рис.2.

Видно, что учет поправок разного типа приводит к максимальному смещению частоты почти на 1 ГГц, и изменению мощности около 20 %.

Не менее существенно, но уже по-другому особенности монтажа могут влиять и на характеристики ВСТ на одном транзисторе, состоящем из 4х ячеек рис. 3.

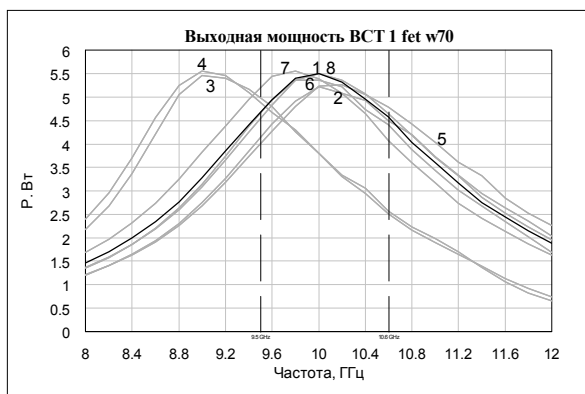


Рис. 3. Зависимость выходной мощности четырехячеек мощного транзистора от частоты. В зазорах: 1 — воздух (Air); 2 — Air-Met-Met-Air; 3 — металл (Met); 4 — Met-Air-Air-Met; 5 — Air-Met-Air-Air; 6 — Air-Air-Met-Air; 7 — только поправка для 2-х проволочек; 8 — без поправок.

Fig. 3. Output power vs. frequency

Здесь мощность меняется мало, зато смещение по частоте в максимуме достигает 1,5 ГГц. При этом принципиальное значение имеет тот факт: залиты ли все зазоры припоем, или припой оказывается только в зазорах около пьедестала, на котором расположен транзистор. Можно было ожидать, что наибольшее влияние будет оказывать припой в зазорах у пьедестала, но это совсем не так: наибольшее влияние оказывает припой в зазорах между поликоровой платой и керамической вставкой.

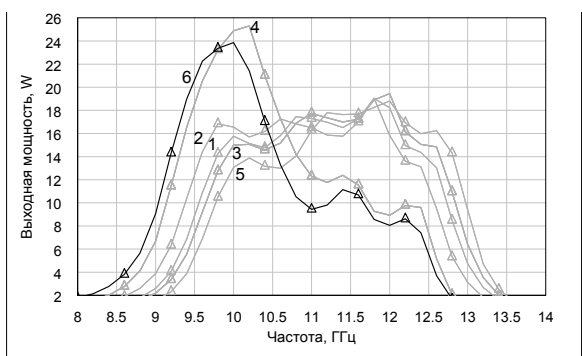


Рис. 4. Зависимость выходной мощности двухкаскадного усилителя от частоты. На входе усилителя — 26дВт: 1 — расчет без поправок; 2 — поправки для 2-х проволочек. Далее введены поправки для керамики в зазорах: 3 — воздух (Air); 4 — металл (Met); 5 — Air-Met-Met-Air; 6 — Met-Air-Air-Met.

Fig. 4. Output power of amplifier vs. frequency

Однако особенно катастрофическое влияние особенности сборки оказывают на характеристики мощного двухкаскадного усилителя (на эксперименте он позволяет получать более 17 Вт в диапазоне 9,5 — 10,6 ГГц) см рис.3. Здесь влияние металла в зазорах между керамикой и поликором смещает рабочую частоту вниз на 0,4 ГГц, увеличивает выходную мощность в полтора раза и в три раза сужает рабочий диапазон.

III. Заключение

Рассчитаны поправки, связанные с краевыми эффектами в согласующих керамических вставках с высоким ϵ в зависимости от особенностей их монтажа и исследовано влияние этих поправок на характеристики мощных транзисторных усилителей. Показано что различные способы сборки могут приводить к смещению рабочей частоты прибора до 1,5 ГГц, изменению мощности в 1,5 раза и трехкратному уменьшению рабочей полосы.

IV. Список литературы

- [1] Мощные корпусированные внутрисогласованные транзисторы S-, C-, X- и Ku- диапазонов длин волн / А. Н. Королев, А. В. Климова, В. А. Красник, Л. В. Ляпин, В. М. Малыщик, Л. В. Манченко, В. А. Пчелин, В. Б. Трегубов // Радиотехника. 2007. № 3. С. 53—56.
- [2] Мощный твердотельный импульсный усилитель двухсантиметрового диапазона / Д. В. Бабинцев, А. Н. Королев, А. В. Климова, В. А. Красник, В. Г. Лапин, В. М. Малыщик, Л. В. Манченко, В. А. Пчелин, В. Б. Трегубов, В. Ю. Язан // Радиотехника. 2007. № 3. С. 41—42.
- [3] Манченко Л. В., Пчелин В. А., Трегубов В. Б. Двухкаскадный усилитель мощности X-диапазона на гетероструктурных полевых транзисторах ФГУП «НПП «ИСТОК» // 20-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2010): материалы конф. (Севастополь, 2010 г.). Севастополь: Вебер, 2010. С. 127—128.
- [4] Капралова А. А., Пчелин В. А., Трегубов В. Б. Внутрисогласованный транзистор X-диапазона с выходной мощностью 14 Вт // 20-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2010): материалы конф. (Севастополь, 2010). Севастополь: Вебер, 2010. С. 129—130.

FABRICATION PECULIARITIES EFFECT ON POWER FET AMPLIFIER OUTPUT PARAMETERS

Kapralova A. A., Manchenko L. V., Pashkovskiy A. B., Potapova T. I., Pchelin V. A., Chepurnykh I. P.
Federal State Unitary Corporation R&PC "Istok"
2a, Vokzalnaya, Fryazino, 141190, Russia
Ph.: 495-4658620, e-mail: info@istokmw.ru

Abstract — The correction data connected with boundary effects in high dielectric constant matching networks of fabrication peculiarities has been obtained. It is shown that fabrication peculiarities can shift amplifier working frequency about 1.5 GHz and three times decrease working frequency band.