

ПОДАВЛЕНИЕ ПАРАЗИТНОЙ ГЕНЕРАЦИИ В ГИС СВЧ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ

© 2016 г. В.А. ИОВДАЛЬСКИЙ, Н.В. АБАКУМОВА, Ю.Ф. АБАКУМОВ,
С.В. ГЕРАСИМЕНКО, Д.В. КАРПЕНКО, И.Н. АЮПОВ

АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино
e-mail: teh.buro208@gmail.com

Сообщается о решении проблемы подавления высокочастотной паразитной генерации в ГИС СВЧ-диапазона с двухъярусным расположением кристаллов ПТШ, путем уменьшения длины соединений за счёт объединения в группу из 4-х кристаллов.

Ключевые слова: высокочастотная паразитная генерация, ГИС СВЧ-диапазона с двухъярусным расположением кристаллов ПТШ, усилители мощности, сложение мощностей.

Введение

В последние годы резко увеличивается потребность в разработке РЭА СВЧ-диапазона народно хозяйственного и специального назначения. Одной из составных частей такой аппаратуры, являются усилители мощности. Современные усилители мощности создаются на базе полевых транзисторов с диодами Шотки (ПТШ) в гибридно-интегральном исполнении. При создании ГИС усилителей мощности, возникают серьезные проблемы, связанные с необходимостью подавления паразитной генерации. [1] Обычно, если в ГИС усилителя мощности возникает высокочастотная генерация, то ее необходимо подавлять на этапе настройки параметров. Это может осуществляться, например, увеличением сопротивления подводящего полоска в цепи затвора ПТШ.

Аналитическая часть

Изучение причин возникновения высокочастотной генерации, привело к пониманию того, что с ростом частоты более 3 – 4 ГГц, размеры кристаллов ПТШ становятся соизмеримы с длиной волны. Это приводит к образованию обратных связей в схеме каскада усиления, нарушающих стабильный режим усиления мощности. [2] Важным является применение ПТШ, по возможности, с одинаковыми (или близкими) характеристиками. Это обеспечивает одинаковое токопрохождение и, как следствие, одинаковые тепловые режимы работы ПТШ. Это, обычно, достигается использованием кристаллов, изготовленных на одной полупроводниковой пластине в одном технологическом процессе. Нарушение температурных режимов вызывает нарушение электрических режимов работы транзисторов и разбаланс между внутренними и внешними ячейками схемы, что также вызывает паразитную генерацию. Для подавления паразитной генерации, специалисты фирмы Mitsubishi [2] предложили использование схемы с восемью транзисторными ячейками (рис. 1).

Восемь транзисторных ячеек разделены на четыре блока, в каждом по две ячейки. Причем количество транзисторных ячеек в блоке было выбрано таким образом, чтобы длина цепи обратной связи не превышала критического размера, при котором уже возникает паразитная генерация. Для исключения паразитной генерации, вызываемой дисбалансом между блоками, рядом с кристаллом в цепях согласования были размещены изолирующие резисторы.

На рис. 2 представлены используемые согласующие цепи, сформированные из четвертьволновых микрополосковых отрезков. Первые согласующие секции состоят из четырех микрополосковых линий, каждая из которых связана с транзисторными ячейками с помощью отрезков проволоки. Вторые согласующие секции служат делителем со стороны входа транзистора или сумматором со стороны его выхода. На рис. 2 показано, что в схеме могут проявляться две цепи паразитной генерации. Более длинная цепь обозначена как цепь "А", а более короткая как цепь "В". Для проведения экспериментального исследования были изготовлены опытные образцы, в которых цепи питания изготавливались на отдельных подложках. Исследования проводились на частотах соответствующих S и C диапазонам. При проведении исследований генерация не наблюдалась.

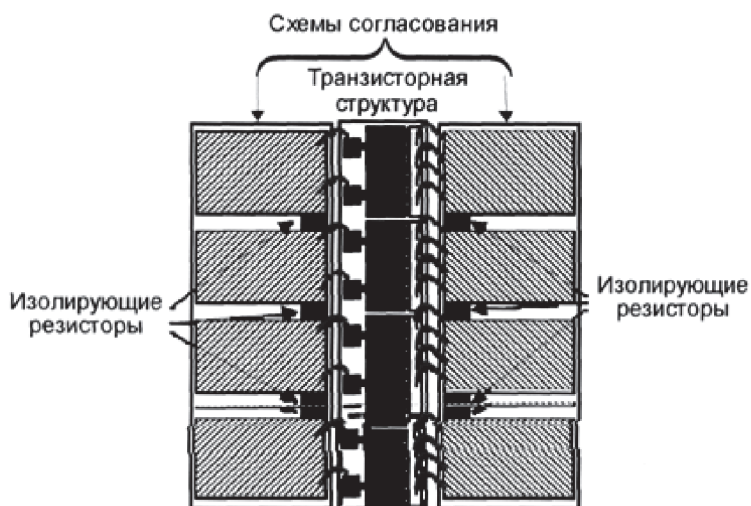


Рис. 1. Топология GaAsHTMT с элементами схем согласования.



Рис. 2. Схемы согласования транзистора.

С появлением новой конструкции ГИС СВЧ - диапазона с двухъярусным расположением кристаллов ПТШ [3] проблема подавления генерации остается актуальной.

В тоже время, анализ конструкции некоторых ПТШ показывает, что они состоят из нескольких отдельных транзисторных ячеек, которые объединяются единым топологическим рисунком металлизации [3,4] с целью наращивания их мощности. Особенностью такой конструкции является сравнительно близкое расположение, объединяемых отдельных транзисторных ячеек (или секций), всего несколько микрон и достаточно короткие связи между ними, что должно снижать возможность возникновения паразитной генерации [4]. В работах [4-7] представлены результаты исследования опытных образцов, которые подтверждают правильность данного предположения. При проведении исследований генерация наблюдалась на первой партии ГИС СВЧ с достаточно большим расстоянием между кристаллами (100 микрон). Однако на партиях с расстояниями между кристаллами ПТШ примерно равными расстояниям между отдельными секциями в кристалле (16 микрон) генерация на частотах до 6 ГГц не наблюдалась.

Конструкторская часть

Дальнейшее совершенствование конструкции ГИС предполагает объединение двух пар кристаллов в группу из четырёх кристаллов (рис. 3, рис. 4).

В ней использован принцип сложения мощности кристаллов ПТШ с балочными выводами, каждый из которых присоединяется сразу к контактным площадкам двух кристаллов. Затем эти пары кристаллов соединяются параллельно через балочные выводы, которые в свою очередь присоединяются к плёночным проводникам микрополосковой платы ГИС.

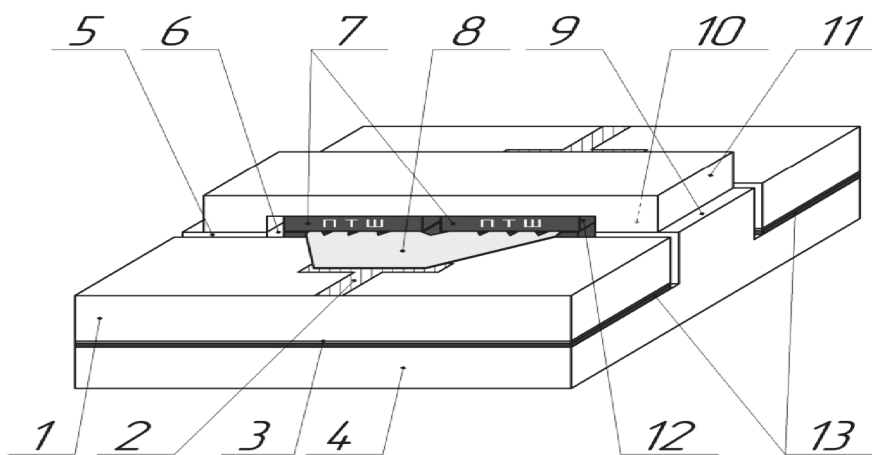


Рис. 3. Фрагмент предложенной мощной гибридной интегральной схемы СВЧ, где: 1 - диэлектрическая подложка; 2 - топологический рисунок металлизации; 3 - экранная заземляющая металлизация; 4 - металлическое теплоотводящее основание; 5 - отверстие в диэлектрической подложке; 6 - выемка в металлическом основании; 7 - кристаллы транзисторов; 8 - плоские балочные выводы кристаллов транзисторов; 9 - выступ на металлическом теплоотводящем основании; 10 - монтажные площадки; 11 - металлическая хорошо электро- и теплопроводящая пластина; 12 - канавка в металлической хорошо электро- и теплопроводящей пластине; 13 - хорошо электро- и теплопроводящее связующее вещество.

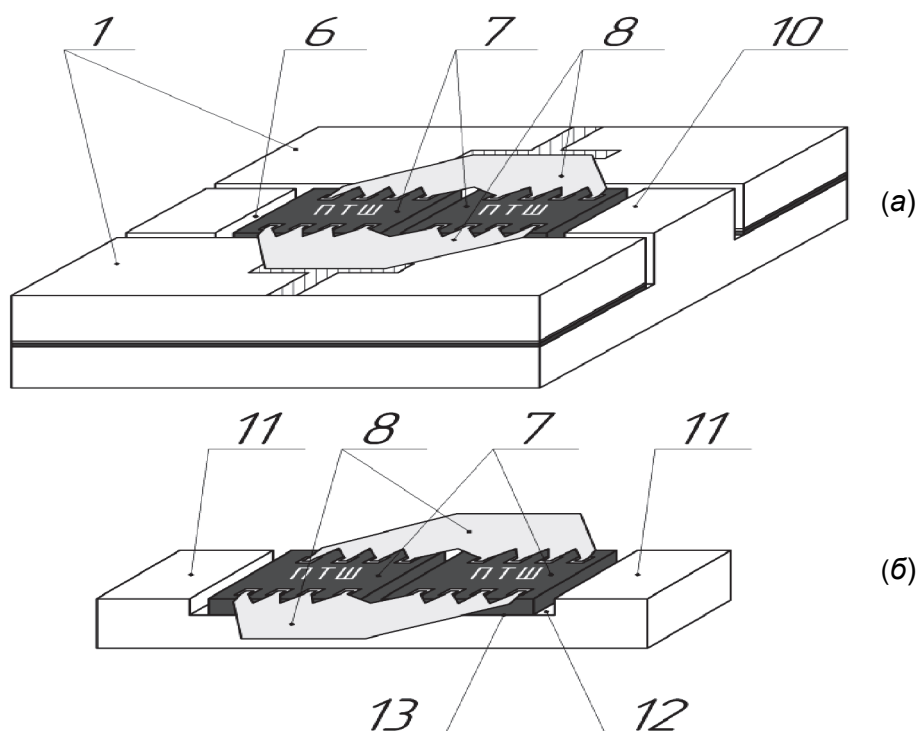


Рис. 4. Составные части фрагмента предложенной мощной гибридной интегральной схемы СВЧ – диапазона, где: а) и б) составные части схемы (наименование обозначения позиций рис. 4 такая же, как на рис. 3).

Отличительной особенностью конструкции является применение балочных выводов, которые предназначены для присоединения, по меньшей мере, двух кристаллов ПТШ каждый [8]. Такое присоединение кристаллов предполагает их установку на строго определённом месте и с фиксированным расстоянием между ними. Это позволяет сократить длину внутрисхемных соединительных проводников и, тем самым, улучшить электрические характеристики ГИС за счёт уменьшения паразитной индуктивности.

Расстояние между транзисторными секциями соизмеримо с расстоянием между ними, когда секции выполнены в составе одного кристалла. В этом случае, естественным следует ожидать отсутствия паразитной высокочастотной генерации, обусловленной дисбалансом сигналов между транзисторными секциями ("ячейками" в терминологии работы [5]).

Заключение

В результате анализа результатов предшествующих разработок в области подавления высокочастотной генерации в ГИС СВЧ-диапазона, анализа конструкции транзисторных структур ПТШ и экспериментальных результатов по реализации ГИС СВЧ двухъярусных транзисторных сборок (или составного двух кристалльного ПТШ), удалось получить ГИС, на которых высокочастотная генерация не возникала на рабочих частотах 2-6 ГГц, а также уточнить конструкцию и критичные размеры разрабатываемых ГИС СВЧ для успешного подавления генерации уже в процессе их создания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гаврилов И.А., Былкин В.И., Карпов Ю.В.* Научно – технический отчет № 9 – 9176 «Разработка линейных транзисторных усилителей СВЧ с выходной мощностью 0,7 Вт в диапазонах частот 1 – 2 и 2 – 4 ГГц с коэффициентом усиления не менее 33 дБ. 2001 г.
2. GaN HEMT с выходной мощностью 140 Вт в диапазоне 5 ГГц. / НОВОСТИ СВЧ-ТЕХНИКИ. 2006 г. № 7, С. 5-8. (13th GaAs Symposium Digest, Paris, 2005).
3. *Иовдальский В.А.* Новая концепция сложения мощности кристаллов ПТШ в ГИС усилителей мощности СВЧ - диапазона / Электронная техника. Сер. 1. СВЧ-техника. - 2006. - Вып. 1(487). - С. 44-51.
4. *Иовдальский В.А.* Подавление паразитной генерации в ГИС СВЧ усилителей мощности. // Электронная техника. Сер. 1, СВЧ – техника, Вып. 4(507), 2010 г., с. 72 – 75.
5. IEEE MTT-S Digest, 2007, p. 1251-1254. (GaN-усилитель с выходной мощностью 200 Вт в С-диапазоне / Новости СВЧ-техники, 2009, № 5. С. 8-10).
6. *Иовдальский В.А., Лапин В.Г., Пчелин В.А.* Двухъярусная транзисторная сборка для усилителей мощности СВЧ - диапазона. / Электронная техника, Сер.1, СВЧ-техника, Вып. 4(503), 2009г., С.38-41.
7. *Иовдальский В.А., Пчелин В.А., Лапин В.Г.* Составной двухъярусный транзистор для усилителей мощности СВЧ- диапазона.
8. *Иовдальский В.А., Дудинов К.В., Моргунов В.Г., Кудрова Т.С.* / Патент РФ № 2541725, приоритет 23.07.2013 г. МПК H01 L 23/48, зарегистр. В Гос. реестре изобретений РФ 15.01.2015 г. // Выводная рамка для многокристального полупроводникового прибора СВЧ.