


НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису

ЧЕНАКІН ОЛЕКСАНДР ВІАЛІЙОВИЧ



УДК 621.375

**ХВИЛЕВОДНО - ПЛАНАРНИЙ
МАЛОШУМЛЯЧИЙ ТРАНЗИСТОРНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ
МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ**

Спеціальність 05.12.07 - Антени та пристрої
мікрохвильової техніки

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1995

ДВ 33. (0)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут" на кафедрі теоретичних основ радіотехніки.

Науковий керівник:

кандидат технічних наук

СКАЧКО В. І.

цінні опоненти:

доктор технічних наук, проф.,

ГАСАНОВ Л. Г.

кандидат технічних наук

КАРУШКІН М. Ф.

Провідна організація:

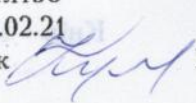
НДІ "САТУРН", м. Київ

Захист відбудеться: «25» січня 1996 р. о 15⁰⁰
на засіданні спеціалізованої вченої ради К 01.02.21
в Київському політехнічному інституті за адресою:
252056, Київ-56, пр. Перемоги, 37, НТУУ "КПІ".

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці
Київського політехнічного інституту.

Автореферат розісланий «20» грудня 1995 р.

Вчений секретар спеціалізо-
ваної вченої ради К 01.02.21

кандидат технічних наук  КУДИНОВ Є. В.

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00779353 (У)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ. В наш час відбувається швидке освоєння міліметрового діапазону. Пристрої, працюючі в цьому діапазоні, мають малі габарити, відзначаються високою точністю і інформативністю. Вони знаходять широке застосування в системах радіолокації, зв'язку, радіометрії, медицині.

Однією з проблем на шляху освоєння міліметрового діапазону є підвищення чутливості приймальних пристроїв. Вона розв'язується застосуванням на вході пристрою малoshумлячого підсилювача. Зменшення коефіцієнту шуму такого підсилювача досягається двома шляхами: розробкою транзисторів з високими потенційними можливостями і реалізацією цих можливостей в підсилювачах міліметрового діапазону.

Можливості поліпшення характеристик НВЧ транзисторів в наш час далеко не вичерпані, їх параметри постійно поліпшуються. Але це пов'язано з відповідними технологічними ускладненнями, які викликають підвищення вартості приладу. Для реалізації потенційних можливостей сучасних транзисторів конструкції підсилювачів повинні, в першу чергу, забезпечити малі втрати у вузлах узгодження транзистора з вхідним хвилеводом, добрі можливості відводу тепла від транзистора, високу стійкість підсилення.

Традиційні конструкції підсилювачів на мікросмужкових і хвилеводно-щілинних лініях передачі не повністю задовольняють цим вимогам в міліметровому діапазоні (високі втрати у вузлах узгодження, зростаючі з ростом частоти технологічні труднощі).

Ці недоліки в значній мірі послаблені в конструкціях малoshумлячих підсилювачів (МШП) з гібридно-інтегральною НВЧ мікросхемою на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу. Такі однокаскадні підсилювачі, в тому числі і з глибоким охолодженням, успішно застосовуються в НДІ "Сатурн". Коефіцієнт підсилення такого підсилювача досягає 5 - 6 дБ. Необхідне підвищення підсилення досягається послідовним з'єднанням окремих однокаскадних МШП. Це зв'язано із застосуванням енергоємних вузлів міжкаскадного узгодження, чи

феритових вентилів, що погіршує шумові параметри підсилювача. Реалізація МШП з багатокаскадною НВЧ мікросхемою на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу стримується проблемою забезпечення стійкості при збільшенні коефіцієнта підсилення.

Крім того, відомі математичні моделі елементів вузлів узгодження транзистора, розміщеного на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу, з вхідним і вихідним прямокутними хвилеводами мають емпіричний характер з невизначеними умовами використання. Все це, разом з відсутністю НВЧ параметрів вітчизняних транзисторів, затримує розробку МШП з гібридно-інтегральною НВЧ мікросхемою на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу.

Усунення відзначених недоліків має значне наукове і практичне значення і є актуальним завданням досліджень в даній роботі.

МЕТА РОБОТИ. Метою роботи є розробка конструкції багатокаскадного хвилеводно-планарного транзисторного підсилювача, найбільш повно реалізуючої параметри малoshумлячих транзисторів в міліметровому діапазоні.

Поставлена мета досягнута розв'язанням таких завдань:

1. Розробка методики вимірювання та вимірювання параметрів НВЧ польових транзисторів міліметрового діапазону, розміщених на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу.

2. Вибір математичних моделей елементів вузлів узгодження транзистора, розміщеного на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу, з вхідним і вихідним прямокутними хвилеводами; визначення умов їх застосування і оцінка похибки розрахунків.

3. Комплексна експериментальна перевірка придатності запропонованої методики вимірювання вхідного і вихідного повних опорів транзистора, а також адекватності вибраних математичних моделей вузлів узгодження на прикладі однокаскадного транзисторного підсилювача з гібридно-інтегральною НВЧ мікросхемою на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу.

4. Дослідження варіантів реалізації міжкаскадних узгоджувальних вузлів.

5. Дослідження проблеми забезпечення стійкості багатокаскадного транзисторного підсилювача з гібридно-інтегральною НВЧ мікросхемою на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу.

6. Розробка трьохкаскадного хвилеводно-планарного підсилювача, найбільш повно реалізуючого потенційні можливості малощумлячих транзисторів в міліметровому діапазоні.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Були використані методи теорії кіл та електродинаміки.

НАУКОВА НОВИЗНА РОБОТИ. В роботі отримані такі нові наукові результати:

1. Вперше запропонований і обґрунтований метод вимірювання частотних залежностей вхідного і вихідного комплексних опорів транзисторів в міліметровому діапазоні, розміщених на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу.

2. Вибрані і обґрунтовані математичні моделі елементів підсилювача, забезпечуючі можливість проведення автоматизованого проектування хвилеводно-планарного МШП.

3. Проведена комплексна перевірка точності вимірювання параметрів транзисторів і адекватності запропонованих моделей елементів підсилювача на прикладі однокаскадного МШП з гібридно-інтегральною НВЧ мікросхемою на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ.

1. Запропонована нова конструкція вимірювальної секції, яка дозволила вперше провести вимірювання вхідного і вихідного повних опорів транзистора, розміщеного на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу.

2. Розроблена нова конструкція багатокаскадного хвилеводно-планарного МШП, забезпечуюча найбільш повну реалізацію потенційних можливостей транзисторів в міліметровому діапазоні. Запропоновані ефективні розв'язки проблем

міжкаскадного узгодження, гасіння позасмугового збудження, забезпечення стійкості підсилювача.

3. Створені програми, забезпечуючі можливість автоматизованого проектування хвилеводно-планарних МШП.

РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ. Результати роботи використані в НДР у побудові малoshумлячих транзисторних підсилювачів короткохвильової частини НВЧ діапазону. На розроблену конструкцію багатокаскадного хвилеводно-планарного малoshумлячого транзисторного підсилювача подана заява на винахід N 9503182 від 28.03.95 р.

АПРОБАЦІЯ РОБОТИ. Основні результати проведених досліджень обговорені на чотирьох міжнародних конференціях:

1. 45th Automatic Radio Frequency Techniques Group Conference, Spring 1995, Orlando, USA.

2. Applied Diamond Films and Related Materials. Third International Conference, 1995, Gaithersburg, USA.

3. 5th International Symposium on Recent Advances in Microwave Technology, Kiev 1995.

4. 1995 Asia-Pacific Microwave Conference, Taejon, Korea.

ПУБЛІКАЦІЇ. Основні положення дисертації викладено в семи друкованих роботах. Список робіт наведено в кінці автореферату.

СТРУКТУРА РОБОТИ. Дисертаційна робота складається з основної частини і додатку. Основна частина складається з вступу, п'яти розділів, висновків та бібліографічного списку з 64 найменувань. Робота включає 101 сторінку машинописного тексту та 85 рисунків на 56 сторінках.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність дисертаційної роботи, сформульована мета роботи, завдання досліджень та основні положення, запропоновані до захисту.

В першому розділі розглянуто основні шляхи зменшення коефіцієнту шуму транзисторних МШП. Проведено критичний аналіз відомих конструкцій МШП. Сформульовано завдання наступних досліджень.

В результаті аналізу сучасного стану розробок малошумлячих польових транзисторів НВЧ діапазону зроблено висновки, що їх параметри постійно поліпшуються. Але це пов'язано із зростаючими технологічними ускладненнями, що приводить до збільшення вартості транзистора. Разом з тим, потенційні можливості сучасних транзисторів реалізуються конструкціями підсилювачів. Останні повинні, в першу чергу, забезпечити малі втрати у вузлах узгодження транзисторів між собою, з вхідним і вихідним хвилеводами, високі можливості відводу тепла від транзистора. Широко відомі конструкції МШП довгохвильової частини НВЧ діапазону не задовольняють сформульованим вимогам в міліметровому діапазоні. Останнє робить задачу розробки нових конструкцій МШП, забезпечуючих найбільш повну реалізацію потенційних можливостей сучасних транзисторів в міліметровому діапазоні, актуальною.

Добре зарекомендувавши себе в довгохвильовій частині НВЧ діапазону мікросмужкові конструкції малошумлячих підсилювачів в наш час успішно застосовуються і в міліметровому діапазоні. Разом з тим, враховуючи широкі можливості розвинутої технології виготовлення мікросмужкових інтегральних НВЧ схем, слід відзначити і їх недоліки. Перш за все, це великі і зростаючі з ростом частоти втрати як в самих мікросмужкових лініях, так і в вузлах узгодження їх з хвилеводами. Крім того, з ростом частоти збільшуються технологічні труднощі виготовлення мікросмужкових інтегральних схем та їх узгодження з хвилеводом.

В значній мірі відмічені вище недоліки вилучені чи зменшені в конструкціях МШП на хвилеводно-щілинних лініях передачі, об'єднуючих в собі переваги хвилеводного виконання і можливості застосування групових методів сучасної гібридно-інтегральної технології виготовлення планарних НВЧ мікросхем. Разом з тим, застосування хвилеводно-щілинних ліній передачі нашоветується на проблему узгодження польових транзисторів в міліметровому діапазоні. Це пов'язано з тим, що з ростом частоти зменшується вихідний і, особливо, вхідний опір транзистора, що потребує застосування узгоджувючих відрізків хвилеводно-щілинних ліній з хвилевим опором в кілька десятків Ом. Реалізація хвилеводно-щілинних ліній з таким хвилевим опором пов'язана із значними технологічними труднощами і збільшенням втрат. Обмежені умови відводу тепла від транзистора, розміщеного на тонкому металевому гребені, не дозволяє повністю реалізувати можливості зниження ефективної шумової температури підсилювача при глибокому охолодженні.

Вилучити ці недоліки, характерні як для мікросмужкових, так і для хвилеводно-щілинних ліній передачі, дозволяє застосування конструкції МШП з гібридно-інтегральною НВЧ мікросхемою на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу. Підсилювачем є відрізок прямокутного хвилеводу, всередині якого паралельно його вузькій стінці встановлена металева пластина. В цій пластині щілини вирізані так, що при розміщенні в хвилеводі вона утворює гребені вхідного і вихідного відрізків Н-подібного хвилеводу. На бічній поверхні пластини виконана гібридно-інтегральна НВЧ мікросхема. Установлений безпосередньо на пластині транзистор зв'язаний провідниками з вхідним і вихідним відрізками Н-подібного хвилеводу. Кола живлення транзистора виконані за допомогою тонкоплівкової технології, яка забезпечує попереднє напорошення локальних областей тонкого діелектричного шару на поверхні металевої пластини з подальшим напорошенням на нього контактних, емнісних, резистивних і провідникових елементів.

Основною перевагою такої конструкції підсилювача є виключення діелектрика з місця концентрації електромагнітного поля між гребенями Н-подібного хвилеводу і безпосереднє уз-

годження з вхідним і вихідним хвилеводами. Завдяки цьому, розглянута конструкція МШП має виключно малі втрати у вхідному і вихідному узгоджувачих вузлах. Значне збільшення товщини металевих гребенів спрощує задачу реалізації відрізків лінії передачі з хвилевим опором меншим 100 Ом у вузлах узгодження транзистора з вхідним і вихідним хвилеводами. Додатковою перевагою розглянутої конструкції підсилювача є ефективний відвід тепла від транзистора, встановленого на відносно товстій металевій пластині-радіаторі, що забезпечує можливість ефективної роботи МШП при глибокому охолодженні.

Такі підсилювачі, в тому числі і глибоко охолоджувані, з успіхом використовуються в НДІ "Сатурн". Коефіцієнт підсилення такого МШП в міліметровому діапазоні досягає 5 - 6 дБ. Необхідне підвищення підсилення досягається послідовним з'єднанням окремих однокаскадних підсилювачів. Це пов'язано із застосуванням енергоємних вузлів міжкаскадного узгодження, збільшенням втрат, погіршенням шумових характеристик в звуженій смузі підсилення. Реалізація багатокаскадних НВЧ мікросхем на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу гальмується проблемою забезпечення стійкості при підвищенні коефіцієнта підсилення.

Крім того, відомі математичні моделі елементів вузлів узгодження транзистора, розміщеного на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу, з вхідним і вихідним прямокутними хвилеводами мають емпіричний характер з невизначеними умовами застосування. Все це, разом з відсутністю НВЧ параметрів в паспортних даних на вітчизняні транзистори, затримує розробку і широке застосування перспективних конструкцій МШП з гібридно-інтегральною НВЧ мікросхемою на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу.

Усунення зазначених недоліків має значне наукове і практичне значення і є актуальним завданням досліджень в даній роботі.

Другий розділ присвячений вимірюванню параметрів польових транзисторів в міліметровому діапазоні. Запропонований і обґрунтований новий метод вимірювання вхідного і вихід-

ного комплексних опорів транзисторів, встановлених на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу. Проведені вимірювання параметрів транзисторів виробництва НДІ "Сатурн" в діапазоні частот 32 - 38 ГГц. Визначена оцінка оптимального імпедансу генератора, який забезпечує мінімальний коефіцієнт шуму підсилювача.

Поставлене завдання вимірювання повного опору транзистора, встановленого на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу вимірювальної секції, розв'язане тим, що модуль і фаза коефіцієнта відбиття від транзистора вимірюються не безпосередньо в Н-подібному, а в прямокутному хвилеводі стандартної вимірювальної лінії. При цьому довжина хвилі і зміщення мінімуму електромагнітного поля в вимірювальній лінії і в Н-подібному хвилеводі будуть різними. Але, як показано в роботі, якщо між вимірювальною лінією і досліджувальним транзистором не буде значних неоднорідностей, то відношення зміщення мінімуму до довжини хвилі $\Delta l/\lambda$ в обох хвилеводах буде однаковим. Тоді повний опір транзистора визначається по формулі:

$$Z = Z_H \left[\frac{K(1 + tg^2 2\pi \Delta l_{CT}/\lambda_{CT})}{K^2 + tg^2 2\pi \Delta l_{CT}/\lambda_{CT}} + i \frac{(K^2 - 1)tg^2 2\pi \Delta l_{CT}/\lambda_{CT}}{K^2 + tg^2 2\pi \Delta l_{CT}/\lambda_{CT}} \right],$$

де: Z_H - хвильовий опір Н-подібного хвилеводу; K - КСХ; $\Delta l_{CT}/\lambda_{CT}$ - відношення зміщення мінімуму до довжини хвилі в стандартному прямокутному хвилеводі.

Таким чином, комплексний опір транзистора, встановленого в тракту Н-подібного хвилеводу, може бути знайдений вимірюванням КСХ у стандартному прямокутному хвилеводі і зміщення мінімуму стоячої хвилі при короткому замиканні в площині установки транзистора.

Для реалізації запропонованої методики вимірювання розроблена вимірювальна секція, забезпечуюча поступовий перехід від прямокутного хвилеводу до Н-подібного з незначними

неоднорідностями. Вимірювальною секцією є відрізок прямокутного хвильоводу, всередині якого по черзі встановлюється одна з пластин-вставок: з досліджувальним транзистором і з короткозамикачем в площині підключення транзистора. Запропонована методика конструктивного розрахунку вимірювальної секції з поступовим переходом від прямокутного хвильоводу до Н-подібного.

Третій розділ присвячений математичному моделюванню елементів конструкції малощумлячого транзисторного підсилювача з гібридно-інтегральною НВЧ мікросхемою на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвильоводу. Методом часткових областей проведено розрахунок полів Н-подібного хвильоводу, підрахована відносна похибка і визначені межі застосованості відомих аналітичних виразів (1) - (3) по розрахунку параметрів Н-подібного хвильоводу:

$$\frac{b}{\lambda_{кр}} = \frac{b}{2(a-s)} \left\{ 1 + \frac{4}{\pi} \left(1 + 0.2 \sqrt{\frac{b}{(a-s)}} \right) \cdot \frac{b}{(a-s)} \cdot \ln \csc \frac{\pi d}{2b} + \left(2.45 + 0.2 \frac{s}{a} \right) \cdot \frac{s}{d} \cdot \frac{b}{a-s} \right\}^{-1/2}; \quad (1)$$

$$Z_{0\infty} = \frac{240\pi (b/\lambda_{кр})}{\frac{b}{d} \sin \frac{\pi s}{b} \cdot \frac{b}{\lambda_{кр}} + \left[\frac{B_0}{Y_0} + \operatorname{tg} \frac{\pi b}{2\lambda_{кр}} \cdot \frac{a-s}{b} \right] \cos \frac{\pi s}{b} \cdot \frac{b}{\lambda_{кр}}}; \quad (2)$$

$$B_0/Y_0 = \left(2b/\lambda_{кр} \right) \ln \csc \frac{\pi d}{2b}, \quad (3)$$

де: a, b, s, d - геометричні розміри перетину Н-подібного хвильоводу (рис. 1).

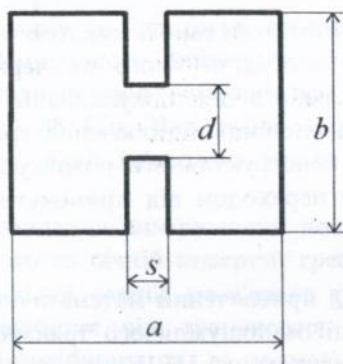


Рис. 1

Вибрана математична модель для розрахунку ступінчатої неоднорідності Н-подібного хвильоводу. Стик Н-подібних хвильоводів різного перетину розглядається як чотириклемник, навантажений на хвильовий опір вихідного хвильоводу. Використана відома еквівалентна схема такого чотириклемника для хвильоводно-щілинної лінії передачі (рис. 2).

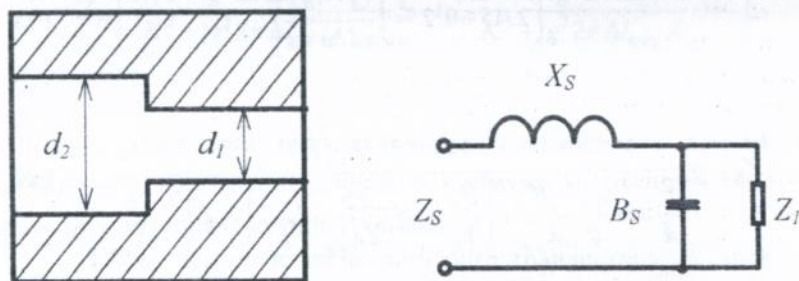


Рис. 2

Вирази для розрахунку параметрів цієї схеми приведені до виду:

$$B_s Z_1 \approx 2 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{\lambda_{H2}^2}} \ln \frac{2d_2}{\pi d_1};$$

$$X_s / Z_1 \approx 0.4 \pi \frac{d_2 - d_1}{\lambda_{H1}},$$

де: λ_{H1} , λ_{H2} - довжини хвиль в хвилеводах з відстанню між гребенями d_1 і d_2 відповідно.

Комплексний опір в площині стику Н-подібних хвилеводів Z_s розраховано по формулі (4):

$$Z_s \approx Z_1 \left\{ \frac{1 + j \left[0.4 \pi \frac{d_2 - d_1}{\lambda_{H1}} \left(1 + 4 \frac{d_1 d_2}{\lambda_{H2}^2} \ln^2 \frac{2d_2}{\pi d_1} \right) - 2 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{\lambda_{H2}^2}} \ln \frac{2d_2}{\pi d_1} \right]}{1 + 4 \frac{d_1 d_2}{\lambda_{H2}^2} \ln^2 \frac{2d_2}{\pi d_1}} \right\} \quad (4)$$

Порівнянням результатів розрахунку Z_s по формулі (4) і методом інтегральних рівнянь обґрунтована адекватність запропонованих математичних моделей. Визначені межі їх застосування ($0 \leq s/a \leq 0.45$; $0.05 \leq d/b \leq 0.8$) при автоматизованому проектуванні вузлів узгодження транзистора, розміщеного на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу.

В четвертому розділі приведені результати комплексної перевірки точності вимірювання параметрів транзистора по запропонованій методиці, адекватності запропонованих математичних моделей вузлів узгодження транзистора з вхідним і вихідним хвилеводами на прикладі однокаскадного транзисторного підсилювача з гібридно-інтегральною НВЧ мікросхемою на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу.

Експериментально показано, що параметри однокаскадного МШП, спроектованого з використанням вимірних НВЧ параметрів транзистора і запропонованих математичних моделей

узгоджуючих елементів підсилювача, близькі до розрахункових. Коефіцієнт підсилення становить 5.5 дБ в смузі частот 31 - 36 ГГц, КСХ по виходу - 1.2 на розрахунковій частоті 34 ГГц. Максимум коефіцієнта підсилення також знаходиться близько від розрахункової частоти.

Зроблено висновок, що точність вимірювання НВЧ параметрів транзистора і аналітичні вирази для розрахунку параметрів елементів підсилювача можуть бути використані для проектування багатокаскадних підсилювачів.

В п'ятому розділі досліджуються шляхи побудови багатокаскадного хвилеводно-планарного малошумлячого транзисторного підсилювача, найбільш повно реалізуючого потенційні можливості сучасних транзисторів в міліметровому діапазоні.

Проведено порівняльний аналіз варіантів реалізації міжкаскадних узгоджуючих вузлів. В результаті запропоновано використання індуктивного зв'язку між каскадами, який характеризується простотою реалізації при малих втратах.

Особливої уваги заслуговує проблема забезпечення стійкості підсилювача. Вона може бути порушена недостатньою розв'язкою між входним і вихідним хвилеводами підсилювача, паразитним зворотним зв'язком між його елементами. Для збільшення згаданої розв'язки запропоновано зменшення перетину каналу Н-подібного хвилеводу в місці розташування НВЧ мікросхеми між входним і вихідним відрізками Н-подібного хвилеводу. Розміщення транзисторів в спеціальні заглиблення в металевій пластині зменшило паразитні зворотні зв'язки між елементами підсилювача, дозволило зменшити щілину між вузькими стінками Н-подібного хвилеводу і металевою пластиною.

Для зменшення можливостей позасмугового збудження підсилювача запропоновано оригінальний засіб включення безкорпусних польових транзисторів, який забезпечує несфазовану подачу сигналу на його витoki в неробочому діапазоні частот, що приводить до зниження підсилення транзистора.

Запропоновані технічні рішення, які реалізовані в новій конструкції трьохкаскадного МШП, найбільш повно реалізую-

чий потенційні можливості сучасних транзисторів в міліметровому діапазоні. Слід відзначити, що спроектований малошумлячий підсилювач запропонованої конструкції забезпечує шумові параметри на рівні зарубіжних аналогів ($T_{ш} < 300 \text{ К}$) при використанні дешевих вітчизняних транзисторів.

В висновках наведена концентрована інформація про основні результати роботи.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Проведено критичний аналіз відомих конструкцій малошумлячих підсилювачів; сформульовані вимоги до конструкцій МШП, реалізуючих потенційні можливості сучасних транзисторів в міліметровому діапазоні; показано, що відомі конструкції підсилювачів не повністю задовільняють сформульованим вимогам в міліметровому діапазоні.

2. Вперше запропоновано і обгрунтовано новий метод вимірювання вхідного і вихідного комплексних опорів транзисторів, встановлених на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу. Розроблена вимірювальна секція для вимірювання вхідного і вихідного комплексних опорів транзисторів виробництва НДІ "Сатурн" в діапазоні частот 32 - 38 ГГц. Проведена оцінка оптимального імпедансу генератора, який забезпечує мінімальний коефіцієнт шуму МШП.

3. Вибрані і обгрунтовані математичні моделі елементів МШП, які забезпечують можливість проведення автоматизованого проектування хвилеводно-планарного підсилювача.

4. На прикладі однокаскадного хвилеводно-планарного МШП з гібридно-інтегральною НВЧ мікросхемою на бічній поверхні гребенів Н-подібного хвилеводу експериментально показана адекватність запропонованих математичних моделей конструктивних елементів підсилювача, достатність точності вимірювання НВЧ параметрів транзистора за запропонованою методикою.

5. Результати проведених досліджень реалізовані в новій конструкції багатокаскадного хвилеводно-планарного малошумлячого транзисторного підсилювача, яка забезпечує найбільш повну реалізацію потенційних можливостей сучасних польових транзисторів в міліметровому діапазоні.

Основні результати проведених досліджень викладено в наступних друкованих роботах:

1. Скачко В. И., Ченакин А. В. К расчету критической длины волны Н - образного волновода. - Радиотехника. Вестник РТФ, Киев 1994 г., с. 50 - 52.

2. Chenakin A. V. A New Measurement Method for Determination of Transistor Parameters. - 45th ARFTG Conference Digest, Orlando, Spring 1995, p. 12 - 18.

3. Chenakin A. V., Skachko V. I. A Local Film Deposition for Microwave Devices. - ADC Third International Conference 1995, NIST Special Publication 885, p. 917 - 920.

4. Chenakin A. V., Skachko V. I. Waveguide transistor amplifiers. - 5th International Symposium on Recent Advances in Microwave Technology, Kiev 1995, Proceedings, p. 337 - 340.

5. Chenakin A. V., Skachko V. I. Millimeter Wave Super Low Noise Transistor Amplifier, 1995 Asia - Pacific Microwave Conference, Taejon, Korea.

6. Скачко В. И., Ченакин А. В. Измерение параметров бескорпусных полевых транзисторов. - Известия вузов. Радиоэлектроника, 1995 г., том 38, N 11 - 12, с. 65 - 68.

7. Скачко В. И., Скачко В. В., Ченакин О. В., Мартинюк О. Є. Богатокаскадний хвилевідний транзисторний підсилювач НВЧ. - Заяв. N 95031382 від 28.03.1995.

АННОТАЦИЯ

Ченакин А. В.

ВОЛНОВОДНО - ПЛАНАРНЫЙ МАЛОШУМЯЩИЙ ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 - Антенны и устройства микроволновой техники, Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", Киев, 1995.

Предложен и обоснован новый метод измерения входного и выходного комплексных сопротивлений транзисторов миллиметрового диапазона, установленных на боковой поверхности гребней H - образного волновода. Впервые разработана новая конструкция многокаскадного волноводно - планарного малошумящего транзисторного усилителя, позволяющая наиболее полно реализовать возможности малошумящих транзисторов в миллиметровом диапазоне.

ABSTRACT

Chenakin A. V.

WAVEGUIDE PLANAR LOW NOISE TRANSISTOR AMPLIFIER FOR MILLIMETER BAND

Ph. D. Thesis on speciality No. 05.12.07 Antennas and microwave devices, National Technic University of the Ukraine "Kiev Polytechnic Institute", Kiev, 1995.

It is proposed a new measurement method of input and output impedances of transistors mounted on a lateral side of H-waveguide ridges. A new construction of multistage waveguide planar low noise transistor amplifier for full realization of low noise transistor opportunities at millimeter band is developed.

Ключові слова: малошумлячий підсилювач, H-подібний хвилевод, коефіцієнт шуму, польовий транзистор.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

1150 004

AB 33.769