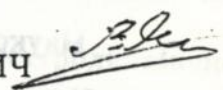


НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

На правах рукопису

ЯРЕМЕНКО ВОЛОДИМИР АНАТОЛІЙОВИЧ 

УДК 621.373.51

**ТВЕРДОТІЛЬНІ ГЕНЕРАТОРНО-ВИПРОМІНЮЮЧІ
МОДУЛІ НА МЕТАЛО-ДІЕЛЕКТРИЧНИХ
СТРУКТУРАХ**

Спеціальності: 05.12.17 - Радіотехнічні та
телевізійні системи та пристрої;
05.12.07 - Антени та пристрої
мікрохвильової техніки

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1996 р.



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут" на кафедрі радіотехнічних пристроїв та систем.

Науковий керівник: кандидат технічних наук,
професор
Правда В.І.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
професор
Мачуський Є.А.

кандидат технічних наук
Назаренко Л.С.

Провідна організація: НДІ "ОРІОН", м.Київ

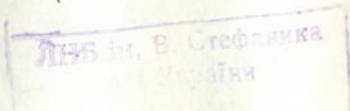
Захист відбудеться 16 вересня 1996 року о 15⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 01.02.21 в Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут" за адресою: 252056, Київ -56 ,пр. Перемоги ,37,корп.17.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут".

Автореферат розісланий " ____ " _____ 1996 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради К 01.02.21
кандидат технічних наук

Кудінов Є.В.



А.б. 33250

АНОТАЦІЯ.

Метою дисертаційної роботи є створення ефективних твердотільних генераторно-випромінюючих модулів /ГВМ/ на метало- діелектричних структурах .

Для досягнення поставленої мети вирішені такі основні задачі:

1. Розв'язана задача для електродинамічної системи твердотільного ГВМ на діелектричних резонаторах /ДР/, яка визначає умови генерації та енергетичні характеристики пристрою.

2. Розраховані резонансні частоти та радіаційна добротність ГВМ на ДР, в залежності від геометрії ДР та значень відносної діелектричної проникності матеріала.

3. Побудовано математичну модель й визначено характеристики зв'язку ДР, працюючого на моді $H_{01\delta}$, з металевою петлею . Отримані аналітичні співвідношення для імпедансу електродинамічної системи твердотільного ГВМ на ДР , приведеного до затискачів генераторного діода.

4. Розроблено алгоритми й комплекс програм для аналізу ГВМ на ДР. Точність та адекватність моделі підтверджені експериментально.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ .Високоєфективні твердотільні джерела електромагнітних коливань діапазону міліметрових хвиль є базовими елементами при створенні малогабаритних бортових систем радіолокації, радіозв'язку, радіокерування та радіонавігації. За функціональним призначенням у радіотехнічних системах твердотільні генератори

поділяються головним чином на: 1. генератори накачування змішувачів, параметричних підсилувачів, помножувачів частоти і т.і. 2. генератори з антеною навантаженням. В першому випадку генерована потужність не використовується безпосередньо у зовнішньому радіоканалі і генератор є складовою частиною відповідної хвилевідної системи. В другому випадку генератор має вихід безпосередньо на зовнішній радіоканал. Створення таких твердотільних генераторно-випромінюючих модулів широкого функціонального призначення стало одним з важливих напрямів у галузі сучасної мікрохвильової електроніки [1]. При цьому основною тенденцією є використання комп'ютерно-орієнтованого моделювання при проектуванні, а також використання високотехнологічних гібридно-інтегральних та монолітних технологій. На відміну від традиційних генераторів з громіздкими хвилевідними камерами ГВМ є альтернативними джерелами коливань, які мають ряд принципів переваг - поліпшені енергетичні /зокрема ККД/ та конструкторсько-технологічні характеристики, простоту виготовлення та налаштування, відносно дешевизну. Вони можуть використовуватися і як окремі модулі, і як решітки модулів ФАР для квазіоптичного та просторового складення потужностей окремих джерел.

Основними проблемами, пов'язаними з розробкою активних модулів, є: пошук оптимальних схем побудови модулів при заданій елементній базі та технології; створення дешевих, енергетично ефективних модулів АФАР; реалізація твердотільних монолітних схем модулів. До теперішнього часу проектування твердотільних ГВМ на метало-діелектричних структурах має багато в чому емпіричний характер, заснований на інтуїції та досвіді розробника. Основною

причиною такого стану є недостатня дослідженість цих пристроїв. В літературі надруковані лише малочисельні фрагментарні дані про їх характеристики та можливості, відсутній систематичний виклад методів їх аналізу та синтезу. Недостатня розробленість адекватних фізичним процесам моделей твердотільних ГВМ на метало-діелектричних структурах, методів аналізу та синтезу їх характеристик, затримують впровадження таких модулів.

Таким чином, дослідження електромагнітних процесів у твердотільних генераторно-випромінюючих модулях на метало-діелектричних структурах являє безперечний інтерес і є актуальним з теоретичної і з практичної точок зору.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в тому, що :

Досліджено новий клас радіотехнічних пристроїв - твердотільні генераторно-випромінюючі модулі на метало-діелектричних структурах.

Проведено порівняльний аналіз конструкцій та характеристик твердотільних ГВМ та отримані оптимальні (з енергетичної точки зору) схеми побудови таких пристроїв.

Сформульовані вимоги, до базових елементів конструкцій твердотільних ГВМ на діелектричних резонаторах.

Розроблені математична модель твердотільного ГВМ на ДР та методика розрахунку характеристик пристрою.

Отримані аналітичні вирази, які визначають основні енергетичні та характеристики випромінювання твердотільного ГВМ на ДР.

Розроблені оригінальні конструкції та способи реалізації твердотільних ГВМ на ДР.

Проведені вимірювання характеристик розроблених пристроїв.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РОБОТИ.

Проведені дослідження дозволили створити ряд ефективних твердотільних ГВМ на ДР, які мають покращені енергетичні та конструкторсько-технологічні характеристики /А.С. N1693711/.

На основі розробленої математичної моделі твердотільного ГВМ на ДР створено пакет прикладних програм розрахунку характеристик випромінювання ГВМ у дальній зоні, енергетичних та спектральних характеристик пристрою.

Використання розроблених принципів проектування ГВМ надає можливість підвищити енергетичні /ККД/ та конструкторсько-технологічні характеристики пристроїв.

На захист виносяться :

1. Схеми побудови твердотільних генераторно-випромінюючих модулів на метало-діелектричних структурах.

2. Результати практичної реалізації пристроїв на генераторних напівпровідникових діодах у вигляді оригінальних конструкцій твердотільних ГВМ на ДР діапазону міліметрових довжин хвиль .

3. Результати досліджень твердотільних генераторно-випромінюючих модулів на діелектричних резонаторах.

4. Програми розрахунку частотних, енергетичних та характеристик випромінювання твердотільних генераторно-випромінюючих модулів на діелектричних резонаторах.

Реалізація результатів роботи.

Результати, висновки, рекомендації дисертації, програми розрахунків характеристик ГВМ на ДР використані у навчальному процесі в Національному технічному університеті України.

АПРОБАЦІЯ РОБОТИ. Основні результати дисертації доповідались та обговорювались на 2-й міжгалузевій науково-технічній конференції (м.Львів, 1990р.), 12-й всесоюзній науково-технічній конференції з твердотільної електроніки НВЧ (м.Київ,1990р.), науково-технічних семінарах кафедри радіотехнічних пристроїв та систем Київського політехнічного інституту.

Публікації.

За матеріалами дисертації опубліковано 7 статей, 2 тезісу-довіді, отримано 1 авторське посвідчення на винахід, написані 2 глави у звіті НДР "Шмель".

СТРУКТУРА ТА ОБ'ЄМ ДИСЕРТАЦІЇ.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, бібліографічного списку та додатків. Вона містить 151 стор. основного тексту, 46 стор. малюнків, бібліографічний список з 87 найменувань на 8 стор.

ЗМІСТ РОБОТИ.

У вступі обгрунтовано актуальність теми та постановку задачі, сформульовано мету, новизну та основні положення дисертації, описаний короткий зміст роботи та її апробація.

Перший розділ дисертації являє собою аналітичний огляд сучасного стану справ у галузі проектування та реалізації твердотільних генераторно-випромінюючих модулів на метало-діелектричних структурах.

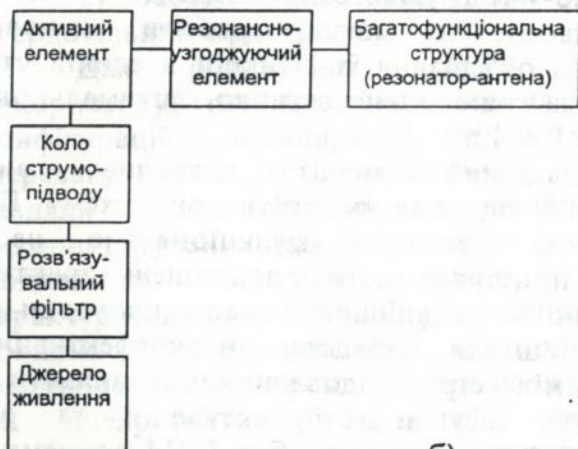
Традиційний підхід у проектуванні генераторно-випромінюючих модулів використовує різноманітні

реалізації узагальненої структурної схеми /Рис.1.а/. За такого підходу ГВМ має три основних функціонально-незалежних вузли : генератор - лінія передачі - антена [2]. Аналіз показує, що частково-екранована активна ділянка таких ГВМ має суттєвий рівень паразитного дифракційного випромінювання. Наявність проміжних елементів з властивими їм втратами у конструкціях твердотільних ГВМ, а також паразитне випромінювання спотворюють діаграму спрямованості пристрою і є в цілому серйозними перешкодами у побудові ефективних систем /зокрема АФАР/ на базі таких модулів. Вищезазначені недоліки традиційної побудови ГВМ, що обмежують основні енергетичні та конструкторсько-технологічні характеристики пристроїв, обумовлюють необхідність синтезу більш ефективних ГВМ діапазону міліметрових хвиль. Аналіз структури та характеру розподілення електромагнітних полів випромінювача та коливальної системи, виконаних на метало-діелектричних структурах, фізичною особливістю яких є наявність електромагнітних полів всередині та зовні резонатора, дозволив зробити висновок про можливість об'єднання функцій випромінювача та коливальної системи в єдиному елементі /Рис.1.б/.

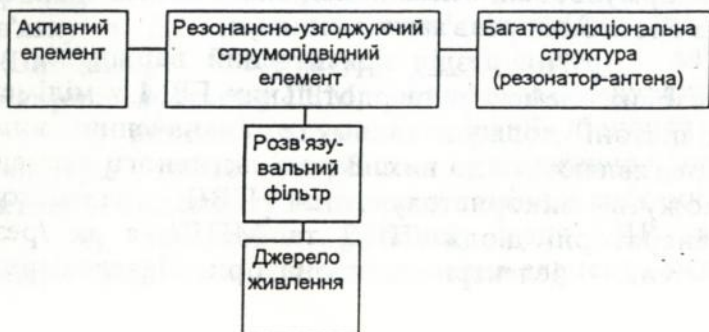
Скасування резонансно-узгоджувачого елемента 2 та об'єднання коливальної системи та випромінювача в єдиному елементі дозволили зменшити сумарні втрати та покращити енергетичну ефективність пристрою в цілому. Прикладом суттєвого покращення енергетичних характеристик пристрою при реалізації ГВМ за структурною схемою Рис.1.б., є активний модуль, описаний в роботі [3]. Даний модуль мав ефективну випромінюючу потужність 14.1 Вт / 41.5 дБмВт / на частоті 6.8 ГГц порівняно з 10 Вт / 40 дБмВт /, отриманими від аналогічного ГВМ, побудованого за



а)



б)



в)

Рис. 1

традиційною схемою /генератор - лінія передачі - антена/ Рис.1.а. Але суттєвим недоліком вищезазначеного ГВМ є наявність паразитного випромінювання кола струмопідводу, що спотворює діаграмоутворюючі властивості пристрою та звучуче область практичного використання таких модулів. Для поліпшення енергетичної ефективності та усунення ефекту паразитного випромінювання необхідно мінімізувати число функціонально автономних елементів у структурній схемі /Рис.1.б./.

Оскільки характер та структура полів та струмів подібні у резонансно-узгоджуючого елемента та кола струмопідводу, то можна зробити висновок про можливість об'єднання їх функцій в єдиній структурі, блок схема такого енергетично оптимального ГВМ подана на Рис.1.в.

Проведений аналіз дозволив: визначити енергетично оптимальну структурну схему ГВМ, з мінімальною кількістю функціонально необхідних елементів пристрою, що має покращені характеристики, порівнено з традиційною схемою побудови модулів; визначити шляхи побудови вискоефективних ГВМ діапазона міліметрових довжин хвиль; знизити витрати машинного часу при проектуванні та реалізації радіотехнічних пристроїв на базі ГВМ (зокрема АФАР). Сформульовані основні напрямки досліджень, проблеми та способи їх розв'язання.

Другий розділ присвячений варіантам реалізації базових елементів твердотільних ГВМ у міліметровому діапазоні довжин хвиль та визначенню вимог, що пред'являються до них. В ролі активного елемента ГВМ можуть використовуватися НВЧ транзистори або генераторні діоди /ЛПД та МПД/, а як /резонатор-антена/ - діелектричні резонатори. Наведені результати

узагальненого проектування твердотілого генераторно-випромінюючого модуля на діелектричному резонаторі та вимоги, що висуваються до його елементів. При цьому виходячи з потрібних енергетичних, спектральних, частотних та просторових характеристик випромінювання необхідно, шляхом вибору форми, розмірів, відносної діелектричної проникності матеріалу ДР, а також виду, геометрії та орієнтації елемента зв'язку активного елемента з ДР, розв'язати дві взаємопов'язані задачі :

- 1) забезпечення зв'язку ДР з вільним простором ;
- 2) забезпечення зв'язку ДР з генераторним твердотілим пристроєм.

Для розв'язання першої задачі можуть використовуватися антени елементи на ДР різноманітної конфігурації : циліндричні, усічені сферичні та ін. Перевагу мають ДР з геометрично простою формою завдяки технологічності та прийнятній точності використовуваних для розрахунків електродинамічних моделей, що поліпшує отримання пристроїв із заданими характеристиками. В ході розв'язання другої задачі повинна забезпечуватися взаємодія просторово розподіленого електромагнітного поля робочої моди ДР та дискретного "точкового" джерела струмів мікрохвильової частоти, які генеруються активним приладом. Зовнішнє коло для енергетично ефективного зв'язку з ДР повинно мати відповідну просторово розподілену структуру. Елемент зв'язку, що використовується у ГВМ, повинен забезпечувати :

- 1) виконання умов генерації /балансу фаз та амплітуд/ тобто резонансне узгодження імпедансів активного елемента і електродинамічної системи;
- 2) збудження робочої моди ДР вибором конфігурації та місця встановлення елемента зв'язку, що

досягається топологічним співпаданням структур електромагнітних полів ДР та елемента зв'язку ;

3) підведення живлення до твердотільного генераторного пристрою та забезпечення електричного зв'язку кола струмопідводу з розв'язувальним фільтром.

Додатково елемент зв'язку повинен конструктивно та технологічно сполучатися з корпусованими або безкорпусними діодами, а також при розміщенні активного елемента всередині ДР займати мінімально можливий об'єм. Найбільш прийнятним елементом зв'язку за сукупністю функціональних та конструктивно-технологічних вимог є дротова напівпетля.

Багатофункціональна структура, в якості якої для ГВМ діапазону міліметрових хвиль вибраний ДР, є одним з важливих елементів у конструкції активного модуля. Аналіз електромагнітних характеристик ізольованого, розташованого у вільному просторі циліндричного ДР показує, що найбільш ефективні випромінюючи типи коливань $E_{01\delta}$, $H_{01\delta}$, $HE_{11\delta}$. Цим коливанням відповідають максимальні значення дипольних моментів, що зумовлено найбільшим значеннями поля всередині ДР. Але оскільки для ефективного тепловідводу в конструкцію ГВМ необхідно введення металевої основи, потрібно враховувати її вплив на характеристики випромінювання ДР. В розділі розглянуто вплив металевої площини на $E_{01\delta}$ та $H_{01\delta}$ моди коливань ДР та визначені структури з найбільш ефективним випромінюванням :

° "горизонтальний магнітний диполь" на металевій основі

° "вертикальний електричний диполь" на металевій основі.

Оскільки в ДР існує спектр мод, необхідно визначити ту моду, яка забезпечує потрібну діаграму спрямованості (ДС) випромінювання, далі треба знайти механізм збудження саме цієї єдиної моди, тобто стосовно до ГВМ необхідно збудити ДР, розташований на металевій основі таким чином, та на такому типі коливань, щоб його електромагнітні характеристики були адекватні характеристикам дипольних моделей.

В розділі наведені рекомендації по синтезу конструкцій ГВМ на ДР з електромагнітними характеристиками адекватними характеристикам дипольних моделей.

В третьому розділі розв'язана задача для електродинамічної системи твердотілого ГВМ на ДР, що визначає характеристики випромінювання пристрою. Встановлено, що просторово-часові характеристики електродинамічної системи твердотілого ГВМ (металева напівпетля зв'язку- ДР-вільний простір), розташованої на металевій площині, еквівалентні характеристикам ізолюваного ДР з розмірами, які враховують відображену методом дзеркальних зображень частину резонатора.

Для розрахунку характеристик ізолюваного циліндричного діелектричного резонатора використано простий та ефективний метод ефективної діелектричної проникності, який дозволяє значно зменшити витрати машинного часу (у 5 разів) без суттєвого погіршення точності (відносна похибка одиниці процентів).

Проведено чисельний розрахунок дисперсійних залежностей $\xi(d/2a)$ та функціональних залежностей радіаційної добротності $Q_r(d/2a)$ для H_{01s} виду коливань

ІЦДР при зміні значень ϵ_r у діапазоні від 9 до 88 показує :

- зі збільшенням значень ϵ_r -максимум кривих зміщується в бік більших значень параметра $d/2a$

- при зменшенні та збільшенні значень параметра $d/2a$ відносно максимальної величини Q_r , радіаційна добротність ІЦДР зменшується, та ефективність випромінювання резонатора - зростає.

Встановлено, що вибір діелектричних матеріалів з невеликим значенням $\epsilon_r = 9 \dots 20$ дозволяє реалізувати ефективні ГВМ на ІЦДР у діапазоні міліметрових довжин хвиль.

Визначені нормовані діаграми спрямованості ІЦДР $E_\theta(\theta)$ та $E_\phi(\phi)$ як функції параметрів резонатора. Проведено чисельний розрахунок характеристик випромінювання ГВМ на ДР на НЕ₁₁₃ виді коливачів. Встановлено, що в меридіальній площині ширина діаграми спрямованості складає $80^\circ - 100^\circ$ в залежності від параметрів ІЦДР, а в екваторіальній площині вона практично неспрямована. Показано, що зі зменшенням величини відносної діелектричної проникності ϵ_r ширина діаграми спрямованості у меридіальній площині - зростає /для $d/2a = \text{const}$ /, а в екваторіальній площині - кругова форма діаграми спрямованості трансформується в еліпсоїдну. Спостерігалась також поява мінімуму в діаграмі спрямованості меридіальної площини у напрямку до перпендикулярної основи при збільшенні параметра $d/2a$.

Проведено порівняння експериментальних результатів вимірювання діаграм спрямованості ІЦДР $/a = 1.5$ мм , $d/2a = 0.3$ / з розрахунковими значеннями у діапазоні частот 30-37 ГГц, яке показало, що розходження між ними 5-10%.

Чисельний аналіз просторово-часових характеристик твердотільних генераторно-випромінюючих модулів на діелектричних резонаторах дозволяє оптимізувати енергетичні та характеристики випромінювання пристроїв, а також відкриває можливість створення АФАР.

У четвертому розділі розв'язана задача для електродинамічної системи твердотільного ГВМ на ДР, що визначає умови генерації та енергетичні характеристики пристрою. При побудові математичної моделі твердотільного ГВМ на ДР просторово-розподілена електродинамічна структура модуля зводиться до схеми заміщення на трансформуючих відрізках еквівалентних довгих ліній та зосереджених елементах, що відображають реальну геометрію та фізичні властивості лінійних електромагнітних кіл модуля / накопичення та розсіювання енергії /. На основі отриманої еквівалентної схеми, виходячи з умов балансу амплітуд та балансу фаз у генераторі, проведений розрахунок енергетичних характеристик та отримані аналітичні співвідношення для ККД та частоти генерації твердотільного ГВМ на ДР у залежності від значення коефіцієнтів зв'язку ДР з навантаженням (β_n) та колом генераторного діода (β_d).

Проаналізована узагальнена електродинамічна задача зв'язку ІЦДР, працюючого на моді $H_{01\delta}$, з металевою петлею. Отримані аналітичні співвідношення для комплексного імпеданса електродинамічної структури твердотільного ГВМ на ДР, приведеного до затискачів генераторного діода.

Проведений чисельний розрахунок частотних залежностей дійсної Re/Z_{aa} , реактивної Im/Z_{aa} та модуля Mod/Z_{aa} складових вхідного імпеданса.

Реалізована програма, яка розраховує поведінку дійсної складової Re/Z_{aa} електродинамічної структури твердотільного ГВМ на ДР від співвідношення радіусів ІЦДР (a) та петлі зв'язку ($гг$), а також від нормованої відстані $S/(0.5 \cdot d)$ між центрами ІЦДР та петлі зв'язку. Дослідження даних залежностей показують, що значення дійсної складової Re/Z_{aa} :

- збільшуються з ростом параметра $гг/a$ та мають максимум у області $0.85-0.95$ $гг/a$;

- мають більш пологий максимум залежностей при збільшенні параметра $d/2a$ та зменшенні величини ϵ_r ;

- знижується при зменшенні значень відносної діелектричної проникності матеріалу ДР ϵ_r / при $гг/a = \text{const}$, $d/2a = \text{const}$ /;

- знижується зі збільшенням значень параметра $d/2a$ /при $гг/a = \text{const}$, $\epsilon_r = \text{const}$ /;

- монотонно спадають при збільшенні відстані S між центрами ДР та петлі зв'язку /при рівних інших параметрах/.

Результати досліджень доводять, що петля зв'язку, розташована у центрі всередині ІЦДР, є ефективним трансформатором імпедансів до значень одиниці...десятки Ом /що є необхідним для узгодження з імпедансами ЛПД та діодів Ганна/ - лише для значень параметра $гг/a < 0.25$.

На базі вищеприведеного аналізу та результатах комп'ютерного моделювання параметрів пристроїв, виготовлені та експериментально досліджені зразки конструкцій твердотільних ГВМ на ДР. Генераторно-випромінюючий модуль на ДР на частоті $F_0 = 37.5$ ГГц мав рівень максимальної генерованої потужності 40 мВт при електронному ККД 3% та частотній нестабільності

$4 \cdot 10^{-5}$; лінійно поляризованим /у площині ХОУ/ ефективним випромінюванням нормальним до площини основи, шириною діаграми спрямованості у E_0 площині - 80° і неспрямованим випромінюванням у E_0 площині.

Порівняння експериментальних та чисельних значень показало задовільне співпадання результатів /10%/ , що підтверджує прийнятність пропонованого підходу до розрахунку та проектування твердотільних генераторно-випромінюючих модулів на ДР у діапазоні міліметрових довжин хвиль .

У висновках подаються основні результати та висновки роботи, її прикладне значення та перспективні шляхи розвитку.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ РОБОТИ.

1. Досліджено новий клас радіотехнічних пристроїв - твердотільні генераторно-випромінюючі модулі на метало-діелектричних структурах, які є базовими при побудові активних фазованих антенних решіток. Проведений порівняльний аналіз конструкцій та параметрів твердотільних ГВМ та отримані оптимальні /з енергетичної точки зору/ схеми побудови таких пристроїв, що мають мінімальну кількість функціонально необхідних елементів. Подані результати узагальненого проектування твердотільного генераторно-випромінюючого модуля на циліндричному діелектричному резонаторі / ПЦДР / та вимоги, що ставляться до його елементів.

2. Розв'язана задача для електродинамічної системи твердотільного ГВМ на ДР, яка визначає умови генерації, енергетичні та характеристики випромінювання пристрою. Проведений розрахунок

енергетичних характеристик та отримані аналітичні співвідношення для ККД та частоти генерації твердотільного ГВМ на ДР в залежності від значення коефіцієнтів зв'язку ДР з навантаженням $/\beta_n/$ та колом генераторного діоду $/\beta_d/$ у твердотільному генераторно-випромінюючому пристрої на ДР.

3. Визначено характеристики зв'язку ІЦДР, який працює на моді H_{010} , з металевю петлею. Отримані аналітичні співвідношення для імпеданса електродинамічної структури твердотільного ГВМ на ДР, приведеного до затискачів генераторного діода.

4. Виготовлені та експериментально досліджені зразки конструкцій твердотільних ГВМ на ДР у міліметровому діапазоні довжин хвиль з рівнем максимальної генерованої потужності 40 мВт при електронному ККД 3% та частотною нестабільністю

$4 \cdot 10^{-5}$; лінійнополяризованим $/y$ площині $ХОУ/$ ефективним випромінюванням нормальним до площини основи, та шириною діаграми спрямованості у E_0 площині- 80° і неспрямованим випромінюванням у E_f площині.

5. Порівняння експериментальних та розрахункових значень параметрів показало задовільне співпадання результатів $/ 10\% /$, що підтверджує прийнятність запропонованого підходу до розрахунку та проектування твердотільних генераторно-випромінюючих модулів на ДР. Обґрунтованість отриманих висновків та рекомендацій роботи підтверджена у процесі практичного створення твердотільних генераторно-випромінюючих модулів на метало-діелектричних структурах у діапазоні міліметрових довжин хвиль.

Основні матеріали дисертації надруковано у працях:

1. Правда В.И, Борисенко А.А, Яременко В.А. Состояние и перспективы применения генераторно-излучающих модулей в активных ФАР. // Радиоэлектроника.-1993.- N36-С.3-15 (Изв.высш.учеб.заведений)

2. Правда В.И, Борисенко А.А, Яременко В.А. Синтез энергетически оптимальных схем генераторно-излучающих модулей диапазона КВЧ // Радиоэлектроника.-1992.-N10-С.73-74 (Изв.высш.учеб.заведений)

3. Правда В.И, Борисенко А.А, Яременко В.А. Синтез твердотельных генераторно-излучающих модулей на диэлектрических резонаторах микроволнового диапазона. // Радиоэлектроника.-1992.-N10-С.56-60. (Изв.высш.учеб.заведений)

4. Правда В.И, Борисенко А.А, Яременко В.А. Анализ пространственно-временных характеристик генераторно-излучающих модулей на диэлектрических резонаторах. // Радиоэлектроника.-1992.- N12-С.44-49 (Изв.высш.учеб.заведений)

5. Правда В.И, Борисенко А.А, Яременко В.А. Анализ характеристик излучения расширяющихся щелевых антенн. // Вестник КПИ. Радиотехника.1991.- Вып.27 - С.91-94.

6. Правда В.И, Борисенко А.А, Яременко В.А, Чех Ю.И. Анализ двухконтурных генераторов. // Вестник КПИ. Радиотехника.1991.-Вып. 27 - С.20-23

7. Правда В.И, Борисенко А.А, Яременко В.А. Твердотельные генераторно-излучающие модули СВЧ с диэлектрическими резонаторами. // 12 Всесоюзная научно-техническая конференция по твердотельной электронике СВЧ .- 1990.-С.94-96.

8. Правда В.И, Яременко В.А, Исследование излучающих структур на основе диэлектрических резонаторов. // Вестник КПИ. Радиотехника.1991. -Вып. 27 - С.29-31.

9. А.С.№1693711 от 22.06.1991., МКИ НОЗВ7/14;ПравдаВ.И, Борисенко А.А; Яременко В.А: Генератор.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК :

1. Julio A. Active inverted stripline circular patch antennas for spatial power combining // IEEE Trans.-Oct.1993.T-MTT.-h.1856-1863.

2. Chang K. Experiments on Injection Locking of Active Antenna Elements for Active Phased Arrays and Spatial Power Combiners // IEEE Trans.-July 1989.-VMTT 37.-h.1078-1084.

3. Thomas H. Gunn source integrated with a microstrip patch // Microwave and RF.- Feb.1985.-h.87-89.

Яременко В.А. Твердотельные генераторно-излучающие модули на металло-диэлектрических структурах.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.12.17.

- Радиотехнические и телевизионные системы и устройства; 05.12.07.-Антенны и устройства микроволновой техники, Национальный технический университет Украины /" КПИ" /, Киев, 1996 г.

Защищается 9 научных работ и 1 авторское свидетельство, которые содержат теоретические и экспериментальные исследования электродинамических и характеристик излучения твердотельных генераторно-излучающих модулей на диэлектрических резонаторах. Результаты работы позволяют реализовать эффективные излучающие модули в диапазоне миллиметровых длин волн.

ABSTRACT

Yaromenko V.A. Solid-state oscillator/antenna on metallic-dielectric structures.

Ph. D. Thesis on speciality No. 05.12.17 Radioengineering and TV-set devices and systems, No. 05.12.07 Antennas and microwave devices . National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute", Kiev, 1996.

The design and realization of solid-state oscillator/antenna on dielectric resonator were developed. The computed and experimental results of electrodynamic and radiating characteristics were determined.

Ключові слова :

твердотільні генератори , діелектричні резонатори , антени.

1996 г. В. Яременко
АН Укр. АН

Ab 35.250