

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за получаване на научната и образователна степен “доктор”

Професионално направление: 4.1 Физически науки (Радиофизика и физическа електроника)

Автор на дисертационния труд: Илияна Илиева Арестова, докторант от кат. Радиофизика и електроника при Физически факултет на СУ

Тема на дисертационния труд: МИКРОВЪЛНОВИ УСТРОЙСТВА С ФЕРИТНИ ЕЛЕМЕНТИ ЗА МИЛИМЕТРОВИ ВЪЛНИ

Научен ръководител: проф. дфн Стефан Александров

Рецензент: доц. д-р Живко Господинов Кисъовски, кат. Радиофизика и електроника при Физически факултет на СУ

Данни за докторанта

Илияна Арестова е завършила Физически Факултет на СУ „Св. Климент Охридски“ през 1987 г. като магистър със специализация "Радиофизика и електроника" и допълнителна специализация "Учител по физика". От 1991 до 1994 е редовен докторант към кат. Радиофизика и електроника с ръководител проф. Александров, като е отчислена с право на защита. От 1995 год., след конкурс, е назначена като асистент към кат. РФЕ, от 2007 е повишена в старши асистент а в периода 2011-2015 работи като главен асистент. Тя е водила упражнения по "Основи на радиоелектрониката", "Трептения и вълни" и "Излъчване и разпространение на ЕМ вълни". През периода 2015-2017 е преназначена като асистент а от 2017 работи като физик към катедрата. Илияна Арестова има голям експериментален опит в областта на микровълните и микровълновите устройства, тя издаде 2 ръководства за практически упражнения на студенти по "Трептения и вълни" и "Излъчване и разпространение на ЕМ вълни".

Данни за дисертацията

Тема

Темата на дисертационния труд отразява същността и получените резултати в нея. Изследванията на микровълнови устройства, работещи в Ка-лентата (26.5-40 GHz), е много актуална тема с оглед нови микровълнови устройства и навлизането на 5G стандарта в безжичните комуникации, използващи ЕМ вълни от милиметровия обхват.

Основни части на дисертацията.

Дисертационният труд е в обем 137 страници и се състои от увод (3 стр.), 6 глави (117 стр.), основни резултати и приноси в дисертацията (3 стр.), списък на публикациите на автора включени в дисертацията и литература (8 стр.). Той съдържа 100 фигури, 6 таблици и в него са цитирани 104 литературни източника. Приложение в края на дисертацията е посветено на електродинамичен анализ на надлъжно намагнитена феритна среда.

Уводът на дисертационния труд показва актуалността на изследваната тематика, поставена е основната цел на изследванията и е дадена конкретна формулировка на задачите, които се решават в дисертацията.

В литературния обзор (4 стр. - 51 стр.) последователно и систематично са разгледани ЕМ вълни от милиметровия обхват и техните основни приложения, представени са различните предавателните структури и тяхната класификация. Използването на микровълнови устройства в този обхват е предимно за военни радарни системи и сателитни комуникации, което налага тяхното изучаване с оглед потенциални приложения в 5G безжичните комуникации. Пояснени са работата на невзаимните феритни устройства за милиметрови вълни (изолатори и циркулатори), огледалния диелектричен и огледален феритен вълноводи. В обзора е направен подробен преглед на устройствата за милиметрови вълни на основата на свързани огледални вълноводи и на основата на феритно-диелектрични вълноводи при трите посоки на намагнитване, което показва отлично познаване на проблематиката от дисертанта. Направен е преглед на методите за ЕМ анализ на микровълновите устройства, като са показани преимуществата на числените техники по метода на крайните елементи, който е използван в изследванията.

В обзорната част липсва подробно обяснение за получаването на дисперсионния закон на ЕМ вълни в изолирани диелектрични и феритни вълноводи, и защо е такава

модовата структура при огледалните вълноводи. Представяне на приближени аналитични изрази за разпределението на полетата в правоъгълните диелектрични вълноводи и пространството около, тях би допринесло за подобряване на разбирането на експерименталните и теоретични резултати постигнати в дисертацията.

Глава 2 (стр. 52- стр. 67) е посветена на създаване и тестване на експериментални постановки за измерване на дължината на вълната, разпределението на електричното поле и загубите в права и обратна посока на огледални диелектрични вълноводи. Разработването на такива експериментални постановки се налага за измерване на дължината на вълната във вълновода (дисперсионната крива) при различни честоти, поради трудното и приблизително определяне на дължината от теоретичен дисперсионен закон. Липсват точни изрази за разпределението на полетата и са многобройни конструктивни фактори, влияещи върху характеристиките на разпространение на ЕМ вълни. Реализираната резонансна измерителна структура дава възможност за точно определяне на дължината на вълната в огледални вълноводи по метода на проходния резонатор. С електрически сонди е изследвано електричното поле на стоящата вълна в отворен проходен резонатор като са регистрирани минимумите и максимумите на стоящата вълна. Конструирана е измерителна структура с преходи от правоъгълен метален вълновод към огледален диелектричен вълновод, която позволява изследване на единични и свързани огледални вълноводи. Тази система включва електрически сонди за измерване на разпределението на трите компоненти на електричното поле в единични и свързани огледални вълноводи. Измерени са с анализатор на вериги ниски загуби от измерителната структура с два прехода в честотния диапазон от 26 GHz до 38 GHz. Кой мод се разпространява по огледалния диелектричен вълновод с измерените разпределения на E_x и E_z полетата изобразени на фиг. 2.5 и как ще коментирате позициите на техните максимуми?

Чрез моделиране, теоретично е изследвано влиянието на скосяването със симетрична и несиметрична форма на диелектричната пръчка в преходите на постановката и са определени оптимални размери. С оглед отчитане на процесите на излъчване от вторичния елемент, при свързани огледални вълноводи, е разработена измерителна структура за отворен огледален диелектричен вълновод. Защо измерените резултати за разпределението на полето E_z в отворения вълновод се различават от тези на фиг. 2.5?

Дисертантът успешно се е справил с теоретичното моделирането на излъчването на отворения диелектричен вълновод като са получени диаграмите на излъчване в близката и далечна зона. На стр. 63 се твърди, че "в околността на края на диелектричната пръчка в резултат на излъчване съществуват големи по величини полета", което логически трябва да бъде обратно - "наличието на големи полета в края на пръчката води до излъчване". Какъв вид е излъчването от структурата и как са нормирани диаграмите на излъчване на фиг. 2.13, което не личи от скалите?

В глава 3 (68 стр. -80 стр.) са изследвани единичен и свързани огледални диелектрични вълноводи. Дължината на вълната в огледален и изолиран огледален вълноводи е измерена по метода на проходния резонатор в честотния диапазон 28–38 GHz с висока точност (относителна грешка по-малка от 0,5%). Приложен е приближеният теоретичен метод на ефективната диелектрична проницаемост и е установено, че относителната точността на този метод зависи от диелектричната проницаемост и честотата, като расте с честотата и намалява с диелектричната проницаемост.

Огледален диелектричен вълновод от поликор е изследван теоретично с числено моделиране по метода на крайните елементи. Сравнението между получените резултати за дължината на вълната и измерените стойности показва много добро съвпадение с относителната грешка по-малка от 1% в целия честотен диапазон.

Получени са експериментални и теоретични резултати за разпределението на полетата в свързани огледални диелектрични вълноводи. Те показват, че численото изследване може да подпомогне проектирането на устройства като невзаимни компоненти за милиметрови вълни а електрическите сонди могат да се използват в процеса на тестване на тези устройства. При прилагане на електрически сонди трябва да се вземат в предвид техните крайни размери и получаваните осреднените резултати за квадрата на полето.

В глава 4 (стр. 81- стр. 93) е представено изследването на огледален феритен вълновод без намагнитване и при намагнитване в трите посоки. Получени са теоретични резултати за разпределението на шесте компоненти на ЕМ поле на основния мод в хомогенно намагнитен огледален феритен вълновод при три взаимно перпендикулярни направления на външното магнитно поле. Резултатите показват, че само при намагнитване, което е перпендикулярно на посоката на разпространение и успоредно на огледалната равнина, основният мод е E_{11}^y мод. При намагнитване в направление перпендикулярно на

огледалната равнина и на посоката на разпространение, теоретично е установено асиметрично разпределение на компонентата E_y . Това дава основание да се направи предположение, че при такова намагнитване ще се осъществи невзаимно свързване между огледален диелектричен и огледален феритен вълновод, което може да бъде използвано за конструиране на невзаимни устройства за Ка-обхвата.

Получените еспериментални резултати в глава 5 (стр. 94- стр. 98) показват, че в свързани структури от огледален диелектричен и огледален феритен вълноводи, при напречно намагнитване с интензитет от порядъка на стотици O_e на хексаферитния вторичен огледален вълновод структурата е взаимна. За получаване на невзаимен ефект в свързани ферито-диелектрични огледални структури с напречно хомогенно намагнитване се изисква промяна в конфигурацията на структурата, което е осъществено в следващата глава.

В глава 6 (стр. 99- стр. 123) са изследвани експериментално свързани феритни и диелектрични огледални вълноводи при смесено намагнитва в честотния диапазон 26–38 GHz. В две от структурите, които се състоят от първичен огледален диелектричен и вторичен огледален феритен вълновод е установено изразено невзаимно поведение, като те могат да работят като изолатор за милиметрови вълни. Намагнитването на феритния елемент е чрез един дисков постоянен магнит като в средната част на феритния елемент преобладава компонентата на постоянното магнитно поле перпендикулярна на металната равнина, а в двата му края има надлъжни компоненти на магнитното поле с противоположни посоки.

В структурата, която състои от два огледални диелектрични вълновода (входен и изходен) свързани посредством секция от огледален феритен вълновод, има поведение на ключ, като намагнитването се осъществява чрез два дискови постоянни магнита. Преобладаващата компонента на постоянното магнитно поле в средата на феритния елемент е надлъжна, а в двата му края – перпендикулярно на огледалната равнина.

Установени са механизмите на работа на тези устройства, като са измерени разпределенията на компонентите на електричното поле в свързващата област, които показват невзаимно свързване между огледалните диелектрични и феритен вълноводи. Как се обяснява дължината на енергиен обмен L при тези структури?

Моделирана и теоретични изследвана е структура от огледален диелектричен вълновод и огледален феритен вълновод с хомогенно намагнитване, което е перпендикулярно на посоката на разпространение и на металната равнина. Получени честотните зависимости на загубите при разпространение в права и обратна посока в Ка-обхвата показват силно изразено невзаимно поведение в широк честотен обхват. Ефекта на невзаимност на устройството зависи от дължината на свързване и се подобрява с нейното увеличаване. Направени са изводи за ефекта на смесеното намагнитване, което е поражда ефективна дължина на свързваната област по-малка от реалната дължина.

Изследвано е влиянието върху невзаимното поведение на четири параметъра - интензитет на постоянното магнитно поле и три параметъра на ферита (намагнитеност на насищане, относителна диелектрична проницаемост и тангенс на диелектричните загуби).

Научен апарат

В представеният дисертационен труд са съчетани експериментални и теоретични изследвания. Те показват, че с добре конструирани експериментални постановки могат да се постигнат отлични резултати, които са в съгласие с резултатите получени чрез съвременните софтуерни пакети за теоретични числени пресмятания на разпространението на ЕМ вълни в микровълните устройства. Дисертантът прицизно е цитирал и е отразил получените досега резултати в областта, като е направил и историческо проследяване на решаването на проблемите в тази област. В някои от главите липсват сравнения на получените резултати в дисертационния труд с резултатите от цитираните източници.

Приложения

Получените нови резултати за свързани структури имат потенциал за приложение като изолатори и ключове, както и за други микровълнови устройства в милиметровия обхват.

Автореферат

Авторефератът пълно и точно отразява дисертационния труд, получените резултати и основните приносите на дисертанта. Той е оформен по изискванията и отлично подреден. Не са забелязани съществени граматически грешки или грешки в означенията.

Публикации

Списъкът от 14 публикации включва една публикация в импактно списание (*Comptesrendus de l'Academie bulgare des Sciences*”, v. 70, pp. 1509-1514, 2017.), три статии в Годишника на СУ (*Annuaire of the University of Sofia “St. Kliment Ohridski”*), една статия в

Bulgarian Journal of Physics, една статия в списание *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)* и една в *European Journal of Engineering Research and Science (EJERS)*. Резултатите от дисертационния труд са представени и на 7 международни и национални конференции като TELFOR (Белград) , *Progress in Electromagnetics Research Symposium* (Москва) и др. Дисертантът е водещ автор в 13 от публикациите, което показва неговата основна роля в публикуваните резултати. Броят на публикациите удовлетворява изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, Правилника за прилагане на Закона за развитие на академичния състав в Република България, Правилника на СУ и на Вътрешния правилник на Физически факултет за присъждане на образователната и научна степен "доктор". Не са забелязани цитати на представените публикации.

Научни и научно-приложни приноси

Представената дисертация има научни приноси в областта на свързаните огледални диелектрични и огледални феритни вълноводи, проявата на невзаимно поведение само при определни посоки на намагнитване на огледалния феритен вълновод и научно-приложни приноси при конструирането на постановки за експериментално изследване на тези структури.

Заклучение

Представените голям брой експериментални и теоретични резултати в дисертационния труд, публикациите по темата и дискусиите с дисертанта по получените резултати, показват, че той притежава задълбочени експериментални и теоретични познания в тази област и притежава способности за самостоятелни научни изследвания. На базата на представените материали, извършената работа и отчитайки научните и научно-приложни приноси на изследванията, считам, че са изпълнени изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, правилника на СУ "Св. Кл. Охридски", както и препоръчителните изисквания на Физическия факултет на СУ за присъждане на образователната и научна степен „доктор”. Уверено предлагам на научното жури да присъди на Илияна Илиева Арестова образователната и научна степен „доктор”.

София

Рецензент:

12.08.2019

/доц. д-р Ж. Кисъовски/