

## ВІДГУК

опонента кандидата фізико-математичних наук,  
доцента Думіна Олександра Миколайовича  
на дисертаційну роботу Долі Романа Сергійовича на тему  
"Планарні діелектричні резонатори в режимі збудження мод шепочучої  
галереї", яку подано на здобуття наукового ступеня доктора філософії за  
спеціальністю 104 - Фізика та астрономія.

### Актуальність теми дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Долі Романа Сергійовича присвячена дослідженню хвильових процесів в малорозмірних планарних структурах міліметрового діапазону довжин хвиль. Її актуальність обумовлена сучасними тенденціями розвитку радіофізичної науки та техніки короткохвильової частини НВЧ діапазону та КВЧ діапазону. До них слід віднести створення елементної бази техніки міліметрових хвиль з новими або розширеними функціональними можливостями та покращеними технічними характеристиками. Саме планарні діелектричні резонатори з робочими модами шепочучої галереї, досліджувані в представленій дисертаційній роботі, покликані вирішити багато сучасних актуальних задач. Їх використання, на відміну від існуючих великорозмірних діелектричних резонаторів, стає можливим не тільки в інтегрованих колах, але й в мікроелектроніці, що значно розширює її функціональні можливості. Окрім того, представлені в роботі діючі конструкції малорозмірних джерел електромагнітного випромінювання в міліметровій частині спектру сприяють розвитку твердотілої електроніки міліметрових хвиль.

### Теоретична та практична значущість

Основним фундаментальним результатом представленої дисертаційної роботи, що значно розширює уявлення про фізичні процеси в НВЧ резонансних системах, є те, що, незважаючи на малі розміри (навіть у порівнянні з робочою довжиною хвилі), планарні діелектричні резонатори за певних умов можуть мати достатньо високу власну добротність, конкуруючу з добротністю класичних і добре відомих резонаторів, що використовуються в техніці міліметрових хвиль.

Важливим результатом дисертаційної роботи Долі Р.С. також є встановлена залежність спектральних властивостей планарних діелектричних резонаторів від зміни електрофізичних параметрів резонатора. Показано, що введення в конструкцію резонатора навіть малого за висотою повітряного зазору та подальше змінення його висоти приводить до суттєвої зміни модового складу коливань шепочучої галереї, що збуджуються в планарних діелектричних резонаторах. При цьому досягається суттєва зміна резонансних частот збуджуваних мод шепочучої галереї в інтервалі частот шириною близько 25% у порівнянні з обраною робочою частотою.

Також цікавим результатом проведених досліджень є те, що використання діелектричного хвилеводу як елемента збудження коливань в планарному діелектричному резонаторі, дозволяє суттєво розрідити щільний спектр тонкого діелектричного диску, що знаходиться в плоско-паралельному екрані.

До прикладних результатів, одержаних в представленій дисертаційній роботі, слід віднести оригінальну конструкцію малорозмірного суматора потужностей. Автором дисертаційної роботи показано, що саме високі значення параметра електромагнітного зв'язку планарного діелектричного резонатора з діодами Ганна обумовлюють високий коефіцієнт додавання їхніх потужностей, який дорівнює 0,91. Також цікавим є запропоноване використання планарного діелектричного резонатора для покращення стабільності частоти вихідного сигналу твердотілих генераторів міліметрових хвиль.

Достовірність отриманих в дисертаційній роботі результатів не викликає сумнівів, тому що вони були одержані за допомогою відомих радіофізичних методів досліджень та підтверджені шляхом проведеного комп'ютерного моделювання. Надійність основних результатів представленої роботи є достатньо високою, тому що вони підкріплені значною кількістю проведених експериментальних і теоретичних досліджень.

#### **Зауваження до дисертаційної роботи:**

Нажаль дисертаційна робота Долі Р.С. містить деякі недоліки. До зауважень слід віднести наступне:

1. Основним об'єктом досліджень, результати яких наведені в дисертаційній роботі, є тонкі діелектричні диски, що знаходяться в плоско-

паралельних провідних екранах. Тому за доцільне було б в огляді літератури більше приділити уваги екранованим діелектричним резонаторам та впливу металевих поверхонь на їхні електродинамічні характеристики.

2. Автор дисертаційної роботи обмежився проведенням досліджень лише в 8-мм діапазоні довжин хвиль, хоча можливості використаного апаратного комплексу дозволяють здійснити дослідження спектральних та енергетичних характеристик планарних діелектричних резонаторів в більш короткохвильовій частині міліметрового діапазону. Це розширило б наші уявлення про фізичні процеси в планарних діелектричних резонаторах в більш широкому діапазоні частот.

3. В другому та третьому розділах дисертаційної роботи показано, що висока добротність перестроюваних планарних діелектричних резонаторів обумовлена зниженням діелектричних та омичних втрат. За доцільне було б визначити у відсотковому відношенні окремий внесок омичних та діелектричних втрат у загальні втрати енергії резонансного поля. Це можливо здійснити за допомогою комп'ютерного моделювання.

4. В роботі показано, що при значному розкриві металевих дзеркал в конструкції планарного діелектричного резонатора, радіаційні втрати суттєво впливають на зменшення власної добротності такого резонатора. В зв'язку з цим цікавим було б дослідження розподілу поля в дальній зоні резонатора з метою дослідження його випромінюючих властивостей. Однак це зауваження слід віднести до побажань щодо подальших досліджень планарних діелектричних резонаторів.

5. В тексті дисертації зустрічаються орфографічні та мовні помилки, зокрема, неправильне використання слова «ланцюг» там, де правильно було б застосувати слово «коло».

Слід зазначити, що в цілому, зроблені зауваження не впливають на достатньо високий рівень представленої дисертаційної роботи та не погіршують її теоретичну та практичну значущість. Їх слід розглядати, в цілому, як побажання для подальших досліджень.

**Загальна оцінка дисертації:** дисертаційна робота виконана на високому кваліфікаційному рівні. Автор роботи провів достатнє коло досліджень

планарних діелектричних резонаторів, збуджуваних на модах шепочучої галереї. Показана можливість практичного використання резонаторів на модах шепочучої галереї в технічних приладах за рахунок нової конструкції конкретних радіофізичних приладів робить такі резонатори досить компактними. Ці результати дають можливість для подальшого розвитку таких резонансних систем та впровадження їх у сучасну техніку НВЧ.

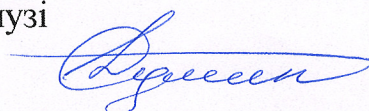
Апробацію результатів дисертаційної роботи проведено на численних профільних міжнародних наукових конференціях та висвітлено в публікаціях у фахових виданнях.

Дисертація написана чіткою і ясною мовою в науковому стилі. Вона є закінченою роботою та містить науково обґрунтовані та гарно апробовані результати, що свідчить про високу наукову кваліфікацію автора.

З урахуванням актуальності, новизни, теоретичної та практичної значущості результатів дисертації вважаю, що Доля Роман Сергійович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії.

Опонент

кандидат фізико-математичних наук,  
доцент, заступник декана з навчальної роботи  
факультету радіофізики,  
біомедичної електроніки та комп'ютерних систем,  
ХНУ імені В.Н. Каразіна,  
Лауреат Державної премії України в галузі  
науки і техніки



Думін О. М.

Підпис доцента к. ф.-м. н. Думіна О. М. засвідчую:

“2” вересня 2021 р.

