

Відгук

офіційного опонента на дисертацію **ШУБНОГО Олександра Івановича** «Резонаторні та хвилеводні методи виміру діелектричної проникності слабо та сильно поглинаючих середовищ в мікрохвильовому діапазоні», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів елементів і систем.

Дисертація О.І. Шубного має на меті визначення впливу змін комплексної діелектричної проникності (КДП) на електродинамічні характеристики резонаторних та хвилеводних систем та створення на базі проведеного дослідження новітньої апаратури для вимірювання КДП речовин з різним ступенем поглинання електромагнітних хвиль.

Актуальність теми. Поряд з іншими дослідницькими методами, визначення електрофізичних характеристик середовищ шляхом вимірювання їх комплексної діелектричної проникності все ширше застосовується останнім часом. За допомогою діелектрометрії вивчають електрофізичні явища та властивості об'єктів, які безпосередньо пов'язані з їх структурою та фізико-хімічними властивостями.

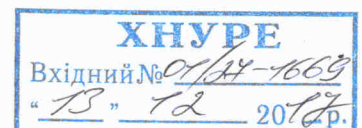
Особливий інтерес викликають дослідження в мікрохвильовому діапазоні. Проте, вимірювання електрофізичних характеристик діелектриків з великими втратами, до яких відносяться водні розчини і біологічні об'єкти, є складним процесом як с точки зору обчислювальної, так і прикладної електродинаміки, враховуючи, що ефекти зміни КДП у біологічних об'єктах важко виявляються в експерименті. Тому удосконалення існуючих та особливо розробка нових методів та приладів для дослідження сильно поглинаючих середовищ є актуальною проблемою. Використання міліметрової діелектрометрії дозволяє отримати унікальні дані, що значно розширює спектр застосування таких методів як для контролю якості, зокрема, харчових продуктів, так і у біомедичній галузі.

Дещо окремо знаходяться задачі визначення діелектричної проникності газових середовищ, результати яких використовуються, зокрема, для визначення змін показника заломлення повітря.

В дисертаційній роботі О.І. Шубного розглянуто проблеми вимірювання в мікрохвильовому діапазоні діелектричної проникності як газових середовищ, що характеризуються малим поглинанням електромагнітних хвиль мікрохвильового діапазону, так і рідких речовин, що мають досить велике поглинання. За результатами проведених досліджень автором розроблені нові автоматизовані прилади, які знайшли використання в різних галузях науки і техніки. Враховуючи це, дисертація О.І. Шубного, що присвячена розвитку методів та апаратури для діелектрометрії у мікрохвильовому діапазоні, без сумніву, є важливою і актуальною.

Наукова новизна і обґрунтованість результатів, представлених в дисертаційній роботі О.І. Шубного переконливо підтверджується наступним:

- Запропоновано квазіоптичний генератор, що працює на 2-й гармоніці основної частоти генерації, для використання в активних системах для



вимірювання комплексної діелектричної проникності газоподібних середовищ, які заповнюють об'єм квазіоптичного резонатора. Таке принципове рішення дозволяє підвищити добротність резонатора, а через це і чутливість розробленого приладу.

- Показано, що втрати на нерезонансне випромінювання, а також розсіювання резонансного поля на елементах зв'язку вимірювального квазіоптичного резонатора з хвилеводами є важливим фактором, що впливає на чутливість приладу та точність вимірювань, коли цей резонатор вже було оптимізовано по омичним втратам і дифракційним втратам на краях дзеркал.

- Розміри хвилеводної узгоджувальної комірки, що являє собою трансформатор імпедансів напівпровідникового генераторного діода, розташованого в цій комірці, і відкритого резонатора автором оптимізовано таким чином, що це дозволило суттєво знизити рівень втрат енергії через розсіювання на комірці і суттєво знизити рівень частотних флуктуацій активної вимірювальної системи в залежності від відстройки робочої частоти від несучої частоти (таблиця 3.1).

- Вперше показано, що в системі, що представляє собою прямокутний хвилевід, який переходить в діелектричний циліндр, занурений в сильно поглинаючу рідину, з найменшими втратами збуджується тип хвилі HE_{11} і ця хвиля поширюється уздовж циліндра з найменшим загасанням.

Достовірність отриманих результатів, одержаних особисто О.І. Шубним, ґрунтується на застосуванні здобувачем сучасних фізико-математичних методів, за допомогою яких отримано та оброблено значний обсяг експериментальних та теоретичних даних, їх відтворенні у різних серіях вимірів, проведених протягом тривалого часу, та узгодженням із результатами, отриманими іншими спеціалістами. Проведена дисертантом низка експериментальних досліджень добре підтверджує теоретичні результати.

Отримані результати представляють наукову цінність для фундаментальних досліджень із вивчення взаємодії електромагнітного поля мікрохвильового діапазону з різними середовищами та практичний інтерес в області розробки сучасної апаратури для точних та швидких вимірювань КДП.

Практична значимість результатів, отриманих О.І. Шубним, полягає в наступному:

- На основі проведених досліджень розроблено квазіоптичні напівпровідникові генератори, що можуть працювати з використанням сигналу як першої так і другої гармоніки з дуже низьким рівнем частотного шуму. Такі генератори використовуються в якості високостабільних малошумлячих джерел електромагнітних коливань мікрохвильового діапазону, а також в складі активної вимірювальної системи в якості перетворювачів змін КДП речовини, якою заповнений квазіоптичний резонатор генератора, в зміни частоти та амплітуди коливань.

- На основі відкритого резонатора, що розташований в колі зворотного зв'язку твердотільного підсилювача, розроблена автогенераторна

вимірювальна система. Така система використовується для вимірювання змін індексу заломлення тропосфери на атмосферному полігоні інституту радіофізики та електроніки НАНУ. Результати такого вимірювання використовуються для підвищення точності визначення координат приймачами ГНСС.

- Розроблений автором хвилеводний диференційний діелектрометр використовується для експрес-аналізу сильно поглинаючих рідин. Пристрій малогабаритний, простий в експлуатації та придатний для роботи в умовах біохімічних лабораторій. Диференційна чутливість по КДП такого приладу краща, ніж 0,5%, що дозволяє використовувати його для контролю якості харчових продуктів з великим вмістом рідини або для швидкого контролю складу і властивостей біологічно активних речовин.

Декілька зауважень відносно змісту дисертації:

1. На рис. 2.10 та рис. 2.11 однаковими літерами позначені положення короткозамикаючого поршня та зміна довжини резонатора, що призводить до ускладнень в розумінні.

2. У розділі 2 неодноразово вживається словосполучення «радіопрозорий матеріал», але ніде не вказується матеріал з якими саме характеристиками використовувався.

3. Підпис під рис. 2.24 не відповідає посиланню на нього в тексті дисертації.

4. У розділі 3 (стор. 82) йдеться мова про ідентифікацію збуджуваних у відкритому резонаторі типів коливань методом візуалізації електромагнітних полів пробним тілом, але не вказано, якими були результати цієї ідентифікації.

5. У розділі 3 при оцінці чутливості методу вимірювання флуктуацій КДП робиться припущення про нехтовно малі діелектричні втрати зразка, в той же час робиться зауваження про зростання втрат в резонаторі при збільшенні об'єму речовини, що його заповнює.

6. У розділі 4 (стор. 116) йдеться про обчислення положення мінімумів апаратних функцій методом, в якому відношення сигнал / шум повинно дорівнювати 10, що не підтверджується наведеними рисунками.

Наведені зауваження не порушують принципову суть викладеного в дисертації матеріалу. В цілому, ці зауваження не принижують цілісності і значення дисертаційної роботи і її наукового рівня.

Загальна оцінка дисертації та висновки. Дисертація, що подана до захисту О.І. Шубним, виконана на високому науковому та професійному рівні, вона є завершеною працею. Матеріали дисертації викладено чітко, у логічній послідовності. В роботі порушені питання та знайдено на них відповіді, що важливі для створення активних вимірювальних систем, виконаних з використанням квазіоптичних резонаторів. Наведені у дисертації результати розширюють знання про електродинамічні властивості відкритих резонаторів та складних хвилеведучих систем і важливі у прикладному значенні для розробки та удосконалення мікрохвильової техніки.

Автореферат дисертації в повному об'ємі висвітлює зміст роботи. Результати дисертації апробовані на 7 міжнародних конференціях високого професійного рівня.

Найбільш важливі результати в достатньому об'ємі викладені у 7 статтях, опублікованих у виданнях, що входять до переліку фахових видань за даною спеціальністю.

Вважаю, що дисертація «Резонаторні та хвилеводні методи виміру діелектричної проникності слабо та сильно поглинаючих середовищ в мікрохвильовому діапазоні» повністю відповідає актуальним вимогам до змісту та оформлення кандидатських дисертацій, повністю відповідає паспортів спеціальності 01.04.01 – фізика приладів елементів і систем та вимогам пунктів 9, 11 та 13 діючого «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника». Автор дисертації, Олександр Іванович Шубний, заслуговує на присудження йому вченого ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів елементів і систем.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри прикладної електродинаміки

Харківського національного університету

імені В. Н. Каразіна,

доктор фізико-математичних наук, професор М.М. Горобець

«12» грудня 2017 р.

Підпис Миколи Миколайовича Горобця засвідчую

учений секретар

Харківського національного університету

імені В.Н. Каразіна

«12» грудня 2017 р.

