

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Кузнецової Катерини Сергіївни
«Мікрохвильова діелектрометрія сильно поглинаючих рідин на основі
шаруватих електродинамічних структур»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань
10 – Природничі науки за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія

1. Актуальність та зв'язок з науковими програмами, темами

Дисертаційна робота присвячена експериментальному та чисельному дослідженню особливостей поширення електромагнітних хвиль у шаруватих хвилевідних структурах з сильною поглинаючою рідиною та визначенню комплексної діелектричної проникності розчинів біологічно активних речовин в області частотної дисперсії дійсної та уявної частин комплексної діелектричної проникності води. Робота є актуальною у зв'язку з постійно зростаючим попитом на ефективні методи вимірювань діелектричних властивостей різноманітних рідин у біомедичних та екологічних дослідженнях. Оскільки метод мікрохвильової діелектрометрії дозволяє здійснювати безперервний моніторинг діелектричних властивостей розчинів біологічно активних речовин та реакційних сумішей, в яких відбувається ферментативна реакція гідролізу білка в реальному часі, його використання надзвичайно актуально в сферах біохімії та фармацевтики для оптимізації технологічних процесів виробництва розчинів фармацевтичних препаратів. У контексті медичних досліджень акцент на визначенні зміни концентрації біомаркерів, таких як сироватковий альбумін та імуноглобулін G, підкреслює важливість досліджень для виявлення та контролю захворювань, що робить цю роботу особливо актуальною в сучасному медичному контексті.

2. Обґрунтованість і достовірність результатів дисертації

Наукові положення та висновки наукового дослідження, представлені в дисертації, є досить обґрунтованими, відображають її зміст і постановку задач дослідження. Автором дисертації визначено діелектричні властивості ряду розчинів біологічно активних речовин, таких як антибіотики, глюкоза, сироватковий альбумін людини, імуноглобулін G людини, дифтерійний анатоксин, застосовуючи відому методику вирішення електродинамічної задачі, що засновано на розв'язанні рівнянь Максвелла. Комплексна діелектрична проникність сильно поглинаючих рідин визначена за допомогою вимірювання фази та амплітуди хвилі HE_{11} , застосовуючи мікрохвильовий диференційний

діелектрометра на частоті 31.82 ГГц. Чисельно досліджено вплив зміни геометричних розмірів структури вимірювальної комірки та діелектричних властивостей сильно поглинаючої рідини, яка є одним із шарів хвилевідних шаруватих структур, на характеристики поширення електромагнітних хвиль, коефіцієнти фази та загасання, у цих структурах. Встановлено, що дійсна і уявна частини комплексної діелектричної проникності ряду досліджуваних розчинів біологічно активних речовин зменшуються зі збільшенням концентрації розчинених речовин через зменшення кількості вільних молекул води в розчині. Метод визначення комплексної діелектричної проникності сильно поглинаючих рідин у мікрохвильовому діапазоні удосконалено за допомогою оптимізованої вимірювальної кювети диференційного діелектрометра. Запропоновано новий підхід використання діелектрометра та методик для безперервного моніторингу ферментативної реакції гідролізу білка на основі визначення комплексної діелектричної проникності ферментативних реакційних сумішей білка із ферментом впродовж часу реакції. Зазначено, що значення комплексної діелектричної проникності реакційної суміші з часом реакції гідролізу білка збільшуються та наближаються до значень комплексної діелектричної проникності води, через поступове зниження концентрації білку в реакційній суміші.

3. Наукова новизна отриманих результатів

Можна погодитися з вказаними в дисертаційній роботі висновками про наукову новизну, а саме:

1. Вперше класифіковано різновиди типів хвиль у круглому металевому хвилеводі з центральним діелектричним стрижнем, який оточений шаром сильно поглинаючої рідини, що не мають фіксованих частот відсікання мод, а коефіцієнт загасання для типу хвилі HE_{11} має найменші значення у широкому частотному діапазоні.

2. Удосконалено конструкцію кювети мікрохвильового диференційного діелектрометра, яка складається з двох комірок різної довжини в яких усунено вплив дифракційних ефектів на краях комірок, що не потребує використання референсної рідини, та достатньо тонким шаром досліджуваної рідини, внаслідок чого підвищена чутливість визначення комплексної діелектричної проникності рідин.

3. Дістало подальший розвиток експериментальне визначення значень комплексної діелектричної проникності ряду водних розчинів біологічно активних речовин, які зменшуються в залежності від збільшення концентрації

біологічно активних речовин, через зменшення кількості вільних молекул води в розчині. Ці результати підтверджено методом молекулярно-динамічного моделювання, а також отримали добре узгодження результатів з відомим фармакопейним методом аналізу фармацевтичних препаратів – методом спектрофотометрії.

4. Вперше запропоновано методику моніторингу ферментативної реакції гідролізу білків альбуміну та імуноглобуліну G людини з трипсином в реальному часі за визначенням діелектричних характеристик цих розчинів за допомогою мікрохвильової диференційної діелектрометрії, при цьому, на відміну від класичної методики, реакція не потребує зупинки.

4. Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях, відсутність порушень академічної доброчесності

Дисертаційна робота Кузнецової К. С. складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків до роботи, списку використаних джерел та додатку. Матеріали дисертаційної роботи представлені у 5 статтях, з яких 4 статті у зарубіжних виданнях, що входять до наукометричних баз даних, 1 стаття у науковому фаховому виданні України та у 5 наукових працях, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації. Автор дисертаційної роботи має 1 главу в книзі та 1 патент на винахід України у співавторстві. Публікації Кузнецової К. С. повною мірою відображають всі ключові аспекти результатів дисертаційної роботи. Зазначається дотримання автором етичних норм наукового дослідження і відсутність порушень академічної доброчесності. Дисертація оформлена згідно існуючих вимог.

5. Науково-практична значимість отриманих результатів

В роботі пропонується використання вимірювальних комірок, які засновано на поширенні електромагнітних хвиль в мікрохвильових шаруватих хвилевідних структурах для виявлення комплексної діелектричної проникності сильно поглинаючих рідин.

Представлено новий підхід використання експериментального методу мікрохвильової диференційної діелектрометрії для моніторингу ферментативної реакції гідролізу білка в реальному часі, що включає безперервне визначення значень комплексної діелектричної проникності реакційної суміші, де відбувається поступове зниження концентрації білка. Таким чином, мікрохвильова діелектрометрія може слугувати альтернативним методом моніторингу ферментативної реакції, не вимагаючи руйнування ферменту,

зупинки реакції та обробки зразка реагентами-барвниками, на відміну від класичних методів моніторингу.

Запропоновано використовувати метод диференційної мікрохвильової діелекторометрії для контролю процесу переходу дифтерійного токсину в нетоксичну форму – анатоксин, що засновано на експериментальних результатах визначення діелектричних властивостей досліджуваних зразків і може знайти застосування в технологічному процесі виробництва вакцин проти дифтерії, замість використання тварин.

Розроблено вдосконалену конструкцію вимірювальної кювети для визначення комплексної діелектричної проникності розчинів біологічно активних речовин об'ємом 1 мл у кожній комірці, при цьому не використовується еталонна рідина. Диференційна чутливість цієї кювети з шаром рідини 1.0 мм перевищує чутливість кювети з більшим шаром досліджуваної рідини 7.5 мм в середньому у 3 рази.

Можна стверджувати, що запропонована вимірювальна кювета та розроблені підходи для виявлення комплексної діелектричної проникності сильно поглинаючих рідин виявляють великий потенціал для застосування в біомедичних та біотехнологічних дослідженнях, можуть бути використані для виявлення біомаркерів, таких як сироватковий альбумін та імуноглобулін G, що є ключовими для ідентифікації захворювань, а також для контролю поширення біологічно активних забруднювачів у навколишньому середовищі та безпеці харчових продуктів, де дослідження рідин в малому обсязі є суттєвим.

6. Недоліки та зауваження

1) В тексті представлені елементи вимірювальної комірки, що відповідають за перетворення хвилі H_{10} в хвилю HE_{11} , але немає обґрунтування, чим обумовлено вибір матеріалів та геометричних розмірів узгоджувальних частин прямокутних хвильоводів з коміркою, а також як враховується зміна хвильового опору вимірювальної комірки при зміні параметрів зразків. Було б доцільно докладніше пояснити, чому запропоновані характеристики узгоджувальних частин вважаються оптимальними та який вони мають значущий вплив на процес формування хвилі HE_{11} .

2) Проведений в роботі аналіз доводить що при дослідженні сильно поглинаючих зразків чутливість вимірювань може бути значно підвищена при зменшенні товщини шарів, але не показано, як це можна зробити при конкретно визначених розмірах і конструкціях вимірювальних комірок.

3) На рис. 2.10 та 3.1 показано що зсув фази збільшується при збільшенні концентрації домішок в зразках, але з загально фізичних міркувань витікає що при зменшенні дійсної частини КДП він повинний також зменшуватись. Можливо, у цьому випадку маються на увазі якісь інші більш складні процеси, але пояснень не надано.

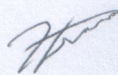
7. Загальні висновки

Подані зауваження не є критичними для зменшення загальної позитивної оцінки даної роботи. Дисертаційна робота відзначається цілісністю змісту та логічністю викладення, включаючи нові науково обґрунтовані експериментальні та чисельні результати, які були отримані автором у ході досліджень із дотриманням вимог академічної доброчесності.

Вважаю, що дисертаційна робота Кузнецової К. С. **«Мікрохвильова діелектрометрія сильно поглинаючих рідин на основі шаруватих електродинамічних структур»** представляє завершене наукове дослідження та відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року “Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії”, а її автор, Кузнецова Катерина Сергіївна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія.

Офіційний опонент:

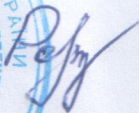
Завідувач кафедри мікроелектроніки,
електронних приладів та пристроїв
Харківського національного університету
радіоелектроніки,
доктор фізико-математичних наук, професор



Ігор БОНДАРЕНКО

Підпис І.М. Бондаренка засвідчую:

Проректор з наукової роботи

Юрій РОМАНЕНКОВ