

Відгук
отримано 14.12.2021 р.
Голова спеціалізованої
вченої ради ДФ 64.051.057
Кушніра Валерій

Голові спеціалізованої вченої
ради ДФ 64.051.057

Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
майдан Свободи, 4, м. Харків

ВІДГУК

офіційного опонента, старшого наукового співробітника, провідного наукового співробітника відділу теорії ядерного синтезу Інституту ядерних досліджень Національної академії наук України, доктора фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.08 – Фізика плазми) Луценка Вадима Васильовича на дисертаційну роботу Сюська Євгена Васильовича «Застосування рефракції мікрохвиль для діагностики неоднорідної плазми», подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія

Актуальність теми дисертації. На сьогодні область практичного застосування та дослідження плазми дуже різноманітна і постійно розширюється. Так наприклад, високотемпературна плазма в основному використовується в термоядерних установках, спрямованих на вирішення проблем керованого термоядерного синтезу. Низькотемпературна плазма використовується в енергетиці (плазмовий вимикач), фізичній електроніці, металургії (плазмове напилення, плазмова різка), плазмохімії (синтез матеріалів), медицині (газовий розряд), та ін. Тому, для контролю параметрів плазми, при реалізації того чи іншого технологічного процесу, або для дослідження лабораторної плазми, плазми іоносфери та космосу,

застосовують різні методи діагностики плазми. При проведенні досліджень плазми важливо, щоб методи діагностики не впливали на параметри плазми, що досліджується, тобто були безконтактними. Серед безконтактних методів діагностики поширеними являються методи мікрохвильової діагностики. Серед мікрохвильових методів існують методи, які засновані на рефракції мікрохвиль. Для реалізації методів на основі рефракції необхідно змінювати кут нахилу рупорних антен відносно поверхні плазми, що досліджується. Для цього в діагностичній системі рупорні антени повинні мати можливість змінювати кут нахилу антени відносно поверхні плазми. В пристроях для лабораторних досліджень плазми, зазвичай використовують металеву вакуумну камеру. Встановлення рухомих антен в порти металевої камери з можливістю зміни кута нахилу в широкому діапазоні по відношенню до плазми є технічно складним або, взагалі, неможливим.

У світлі цього, дисертаційна робота Сюсько Є. В. набуває надзвичайної актуальності та наукової цінності, адже дослідження, що спрямовані на подальший розвиток мікрохвильових методів на основі рефракції з застосуванням фіксованих в просторі рупорних антен, створюють передумови для удосконалення існуючих методів діагностики плазми і здійснення оптимальних режимів плазмових розрядів.

Ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації обумовлені сукупністю наукової парадигми й теоретичної концептуалізації наукових досліджень, організацією експериментальної роботи із залученням надійних аналітичних, чисельних, вимірювальних методів досліджень, адекватних поставленим у роботі завданням. Достовірність отриманих даних базується на обробці значних масивів експериментальних даних, використанні перевірених теоретичних моделей, доброму узгодженні

отриманих результатів із результатами теорії та, за наявності, порівнянні та узгодженні отриманих експериментальних результатів з результатами вимірювань іншими методиками.

Новизна одержаних результатів полягає у наступному:

1. Вперше запропоновано метод мікрохвильової діагностики плазми на основі рефракції мікрохвиль, що випромінюються з периферійної частини рупорної антени і поширюються похило по відношенню до плазми, що зондується. Проведено чисельне моделювання цього методу, яке підтвердило його ефективність для визначення середньої густини периферійних шарів плазми.

2. Вперше за допомогою вимірювання зсуву фази хвиль при похилому зондуванні плазми з застосуванням фіксованих в просторі антен визначено величину середньої густини периферійних шарів плазми, що утримується в схрещених електричному і магнітному полях.

3. Вперше, за допомогою спектрального та кореляційного аналізу амплітуди мікрохвиль, віддзеркалених від поверхні плазми при нормальному та похилому зондуванні, виявлено азимутальні неоднорідності плазми, що обертається, визначено кутову швидкість обертання та кути азимутального зміщення між неоднорідностями.

У дисертаційній роботі з використанням загальновідомих експериментальних, аналітичних та числових методах **відпрацьовано нові методи мікрохвильової діагностики плазми, що використовують рефракцію мікрохвиль.**

Дисертація є завершеною, самостійно написаною кваліфікаційною працею, що містить сукупність нових науково обґрунтованих результатів, які представлені автором для публічного захисту. Дисертаційне дослідження не містить плагіату та відповідає вимогам академічної доброчесності.

Рекомендації з практичного використання одержаних автором наукових результатів роботи. Практичне значення отриманих в дисертаційній роботі результатів полягає в тому, що виконане дослідження відкриває шлях для застосування у методах мікрохвильової діагностики на основі рефракції, тієї частини випромінювання рупорів (периферійної), яке зазвичай не використовувалось, а іноді, навіть, вважалось шкідливим. Це дає можливість подальшого використання методів мікрохвильової діагностики на основі рефракції на установках для магнітного утримання плазми, де немає можливості змінювати кут нахилу рупорних антен. Методи діагностики, що запропоновано і реалізовано у дисертації, можуть бути використані як в дослідженнях лабораторної плазми, так і в установках керованого термоядерного синтезу для діагностики диверторних областей, що мають значні градієнти густини та малу кривизну поверхонь.

Зміст дисертації логічний, дисертаційна робота має завершений вигляд, оформлена відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, що містить 196 найменувань, та додатку.

Повнота викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях. Основний зміст дисертаційної роботи відображений в 19 наукових роботах, з них 2 статті у фахових виданнях України, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus, 2 статті у закордонних фахових виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus, 3 статті у виданнях України, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus, та 4 матеріали конференцій та 7 тез доповідей на міжнародних та вітчизняних конференціях, 1 стаття

додатково відображає наукові результати дисертації. Наведені публікації повністю віддзеркалюють зміст дисертації.

Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи.

Незважаючи на загальну високо позитивну оцінку викладених у дисертації положень, висновків та рекомендацій, робота містить ряд недоліків та зауважень. До них, зокрема, можна віднести наступні:

1. Наголос робиться на рупорній антені. На стор. 71 зазначено, що в діапазоні НВЧ використовуються, *як правило*, рупорні антени та є коротке обговорення стосовно цього вибору. Бажано б мати порівняння можливості (чи неможливості) використання інших типів антен, що працюють приблизно в тому ж діапазоні, а деякі можуть мати навіть більший коефіцієнт підсилення порівняно з рупорною антеною.

2. В дисертації мова йде, головним чином, про визначення азимутальних неоднорідностей плазми. В той же час відзначена можливість застосування діагностики для тороїдальних термоядерних пристроїв. Одразу ж виникає питання можливості визначення неоднорідностей в іншому кутовому напрямку, а саме тороїдальному. Чи не може це бути доповненням до існуючої магнітної діагностики у тороїдальному напрямку?

3. На стор. 129-130 дисертації йде обговорення такого важливого питання як похибка вимірювання. Залежно від кута прийому похибки досить значні (табл. 4.2). Які реально можливі шляхи мінімізації похибок? Як змінюється похибка вимірювань з наближенням до центру плазмового шнура?

4. Є питання стосовно меж застосовності діагностики. Які діапазони, зокрема, густин доступних для вимірювань?

5. У п'ятому розділі запропонований метод визначення азимутальних неоднорідностей плазми, що обертається, що заснований на

спектральному і кореляційному аналізу віддзеркалених від плазми сигналів при похилому і нормальному падінні на плазмову поверхню. Відпрацювання методу виконано на механічній моделі та на плазмі, що обертається. На мою думку, для впевненості в ефективності запропонованого методу, необхідні додаткові експерименти на плазмі, що обертається. Бажано з урахуванням залежності швидкості обертання від радіусу, що має місце в реальному експерименті.

Серед дрібних зауважень зазначу використання терміну «данні» замість «дані».

Однак, зазначені зауваження *не знижують високий науковий рівень* дисертаційної роботи та її практичну цінність, і *не впливають* на загальну позитивну оцінку проведеного дослідження.

Загальний висновок.

Дисертаційна робота Сюська Є. В. «Застосування рефракції мікрохвиль для діагностики неоднорідної плазми» є завершеною науковою працею, результатом якої є удосконалення методів мікрохвильової діагностики плазми, заснованих на рефракції мікрохвиль, і застосування цих методів для діагностики неоднорідної плазми, що утримується в схрещених електричному і магнітному полях.

Тема і зміст дисертаційної роботи відповідають спеціальності «104 – Фізика та астрономія» галузі знань «10 – Природничі науки» та відповідають вимогам передбаченими наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 р. № 167 зі змінами, внесеними згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2020 р. № 979).

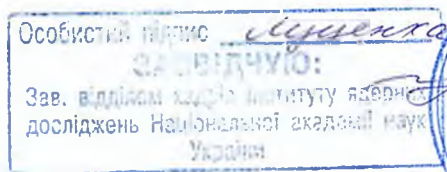
Враховуючи, актуальність, обґрунтованість наукових положень і висновків, наукову новизну дисертаційної роботи та дотримання академічної доброчесності вважаю, що Сюсько Євген Васильович заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії в галузі знань «10 – Природничі науки» за спеціальністю «104 – Фізика та астрономія».

Опонент

Доктор фізико-математичних наук
(спеціальність 01.04.08 – фізика плазми),
старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
відділу теорії ядерного синтезу
Інституту ядерних досліджень
Національної академії наук України



Вадим ЛУЦЕНКО



Н. Верещагіна