

Відгук на автореферат дисертації
Зикова Олександра Володимировича

«Генерація і транспортування іонних потоків в плазмових системах з комбінованими електричними і магнітними полями» представлена на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.08 – фізика плазми.

Плазмові системи з комбінованими Е-Н полями знайшли дуже широке використання як у багатьох сферах прикладної та фундаментальної науки, так і у технологіях виробництва. Зокрема, можна відзначити актуальні фундаментальні дослідження дрейфу заряджених частинок у низькотемпературній та іон-іонній плазмі, дослідження процесів генерації електричних струмів у розплавлених ядрах планет, дослідження взаємодії потоків заряджених частинок з магнітосферою тощо. Крім того, на базі таких систем побудовано декілька типів двигунів для космічних апаратів, а також більшість систем синтезу та травлення у мікро і нано електронній промисловості. Але не дивлячись на широке використання таких систем, багато питань досі залишаються недостатньо дослідженими (як, наприклад аномальна пристінкова проводимість у джерелах з замкненим дрейфом електронів).

В дисертаційній роботі Зикова О.В. досить детально розглянуті процеси пробою/запалення розрядів з однорідними та неоднорідними Е-Н полями, формування прианодного електронного шару за різних умов, досліджено та обгрунтовано принципове значення первинних високоенергетичних електронів у запаленні магнетронного розряду, розглянуті процеси згасання розрядів з об'ємною іонізацією. Також досліджені процеси у системах з індукційним ВЧ розрядом, зокрема границі застосування просторово-усередненої моделі, вплив квазі-одночасної екстракції іонно-електронного потоку з плазми на енергетичний баланс розряду, процеси нейтралізації широкого потоку іонів у просторі транспортування. Проведено систематизацію процесів генерації і транспортування потоків іонів у системах з комбінованими Е-Н полями.

Для досягнення поставленої мети, автором дисертації було розроблено декілька теоретичних моделей та проведена їх експериментальна верифікація. Експериментальні дослідження проводились на різноманітних стандартних і нестандартних плазмових системах, зокрема у системах з комбінованим магнетронно-індукційним та комбінованим ВЧ індукційно-ємнісним розрядами. Діагностика плазми та потоків частинок більшою мірою проводилась за допомогою добре вивчених електростатичних зондів. Було оброблено і систематизовано великий обсяг експериментальних даних.

Окремо можна відзначити проведену роботу по узагальненню фізичних процесів, що супроводжують екстракцію, прискорення та транспортування заряджених частинок у нетипових плазмових пристроях, зокрема у комбінованому індукційно-ємнісному розряді, який нещодавно (починаючи з 2012 року) був покладений до основи принципово нового електрореактивного двигуна для космічного застосування, перше випробування якого у космосі заплановано на наступний рік. Розробка цього енергоефективного двигуна наразі проводиться у Франції (Еколь Політехнік та ThrustMe), але теоретичний та практичний базис було закладено піонерськими

роботами О. В. Зикова у співавторстві з його колегами з лабораторії діагностики плазмово-технологічних процесів (ХНУ ім. В.Н. Каразіна та НФТЦ МОН і НАН України).

Зауваження до автореферату:

1. Відсутні чіткі пояснення до деяких позначень приведених в тексті. Наприклад, немає своєчасного пояснення до «os-електронів», що введені на стр.11. Також, доволі складно відрізнити в тексті вплив різних груп електронів на ті чи інші процеси (гамма-електрони, o- та os-електрони) внаслідок недостатньо чітких відповідних формулювань при описі феноменологічної моделі.

2. Пряме порівняння результатів експерименту з аналітичним моделюванням на Рис. 4 ускладнено тим, що відповідні частини рисунку (а,б) мають різні значення ординати (U/I та U).

3. Твердження про однозначне зменшення енергетичної ціни іону в комбінованому ВЧІЄ розряді в порівнянні з ВЧІ розрядом (ст. 21) повинно бути підтверджено більшою кількістю експериментальних вимірювань, в тому числі у системах з іншою геометрією. Хоча цілком зрозуміло, що такі дослідження вимагають чималого фінансування і можливо будуть проведені у майбутньому в рамках міжнародного співробітництва.

Зазначенні зауваження не впливають на цінність дисертаційної роботи і не зменшують значення отриманих результатів.

Дисертаційна робота Зикова Олександра Володимировича «Генерація і транспортування іонних потоків в плазмових системах з комбінованими електричними і магнітними полями» являє собою цілісне наукове дослідження проблем генерації, екстракції та прискорення заряджених частинок у комбінованих Е-Н полях. Результати роботи є актуальними і затребуваними у сучасних технологіях, зокрема при удосконаленні існуючих і розробці нових плазмових двигунів космічних апаратів. Автореферат дисертації задовольняє вимогам Атестаційної Колегії МОН України, а її автор Зиков Олександр Володимирович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.08 – «фізика плазми».

Науковий співробітник Лабораторії Фізики Плазми,
Еколь Політехнік (Палезо, Франція);
Технічний директор компанії "ThrustMe" (Париж, Франція),
кандидат фізико-математичних наук

Д.В. Рафальський
9/01/2017