

РЕЦЕНЗИЯ
на дисертацията на Димитър Йорданов Йорданов
„Матричен източник на отрицателни водородни йони“
за получаване на научна и образователна степен
„доктор“
от проф. дфзн Стефан Т. Иванов

Представена е докторска дисертация от 158 стр. с 148 литературни източника и богато илюстрирана с 101 рисунки. Дисертацията се състои от 5 глави - 1 е обзорна, 1 е теоретична, 2 са експериментални и в 1 са представени експериментални и теоретични изследвания. Дисертацията е голяма – в една страница има 30 реда, а дължината на реда е 16 cm. Авторефератът отговаря на текста на дисертацията и на изискванията към него.

Обща характеристика на дисертацията

— Тя много добре е **формулирана** в Увода на дисертацията и затова просто ще приведа цитат от там:

„Дисертацията включва теоретични и експериментални изследвания. Теоретичните изследвания, основаващи се на флуидната теория за описание на плазмата, са върху влиянието на Легмюровата сонда върху структурата на разряда и мотивировката на концепцията за извличане на йоните. Експериментите..., включват диагностика на разряда и измервания на извлечените токове на електрони и йони. Дисертацията е направена в Групата по физика на плазмата и газовия разряд при Физически факултет на Софийски Университет "Св. Кл. Охридски" и е част от работа на колектива в рамките на проекта за допълнително нагряване на термоядрена плазма по програмата за термоядрен синтез на Хоризонт 2020 на Европейската комиссия.“

— Отлична обща характеристика на дисертацията дават и **задачите поставени пред дисертанта:**

1. Диагностика на плазмата в първата камера на двукамерен плазмен източник с индуктивен разряд с плоска намотка. (Резултатите от диагностиката са необходими при изследванията на единичен елемент на матричен източник.)
2. Диагностика на плазмата в единичен елемент на матричен източник (начални резултати за влиянието на потенциала приложен на плазмения електрод (ПЕ) и магнитния филтър (МФ) върху разряда в единичния елемент) (източникът е предложен от групата въз основа на резултатите от нейните изследвания!)
3. Влияние на Ленгмюрова сонда върху структурата на индуктивен разряд (за малкия матричен елемент, в който диагностиката се извършва с такава сонда, влиянието ѝ е голямо и е много важно да се анализира как действа на разряда).

4. Извличане на отрицателни йони от единичен матричен елемент.

— За намиране на начин за **формиране на висока концентрация** на отрицателните йони са проведени **подробни експериментални** (в съществуващата установка на двукамерен източник с индуктивен разряд с плоска намотка и в единичен елемент на матричен източник) **и теоретични изследвания** (създаден е втори модел) на матричен източник. Основните приноси са експериментални и теоретични (числени), като преобладават експерименталните;

— **дисертацията е написана** много коректно и внимателно – практически няма правописни грешки. Типографски всички уравнения, математични величини, единици, надписите под фигурите, заглавия, параграфи и т.н. са написани по стандарт за публикуване.

Обща характеристика на дейността на кандидата

Той има много сериозно отношение към изследователската работа и използването на компютрите, както в експеримента, така и в числените методи. Много добрата предзачита остави доста добро впечатление - кандидатът разбира много добре и умее да обясни физическата същност без формули. Нееднократно съм се обръщал към него за помощ при използване на компютър и съм се убедил във високата степен на познанията му.

Какво представлява дисертацията

Интензивните изследвания в литературата досега на разряди за създаване на отрицателни йони се основават на два основни начина: 1. създаване в обема на плазма и повърхнинно създаване. Общото в използваните досега източници е амбиполярният режим на разряда и ниската концентрация на отрицателни йони в сравнение с необходимата в реакторите на УТС. В новата концепция за матричен източник, основан на нелокалност в разряда, малкият му радиус осигурява висока концентрация на отрицателните йони чрез потока им в силно постоянно електрично поле.

Първа глава е обзор на горепосочените въпроси (подробен и обширен – 60 страници). Обзорът е направен професионално и информативно. Чете се с интерес и читателят получава информация за същественото и определящо в постоянно-токовите, във викочестотните и в матричните източници и за експерименталните методи при изследването им.

В гл. 2 са представени експерименталните резултати от диагностика на плазмата в първата камера на двукамерен източник на индуктивен разряд с плоска намотка. Източникът е умалено копие на източника ВАТМАН в Института по физика на плазмата „Макс Планк“, който е прототип на източника за ITER. Плазмените параметри са измерени чрез сондова диагностика, чрез диагностика по метода на лазерното фотоотделяне в комбинация със сонда и с диагностика по метода на оптичната емисионна спектроскопия с фазово разделяне.

Както експерименталната установка, така и изследвания са направени с оглед на матричен източник на отрицателни йони. Ето и главните изводи: при внасяне в разряда на енергия със сравнително ниска ВЧ мощност, се развива капацитивен мод, а – със висока ВЧ мощност – индуктивен. Механизмът за поддържане на капацитивния мод в индуктивен разряд е напълно аналогичен на капацитивния разряд; потвърдени са теоретичните резултати за разряда в матричен източник

В гл. 3 са представени резултатите от сондова диагностика и от диагностика с метода на лазерното фотоотделяне в комбинация със сонда в индуктивния разряда на единичен елемент на матричен източник с малък радиус. При това източникът е бил съоръжен с устройство за извличане на отрицателни йони. Представените резултати са подготвителен етап върху извличането на отрицателни йони от матричен източник. Основните изводи са:

- Прилагането на висок потенциал на извличащия електрод (той е в контакт с плазмата) води до „изглаждане” (термина е на кандидатът) на електричния потенциал по оста и го прави подобен на този на постояннотоков разряд.

- При внасяне в разряда на висока ВЧ мощност се осъществява индуктивен мод и се осигурява по-висока концентрация на отрицателни йони.

- Поставянето на магнитен филтър води до преход на разряда от капацитивен в индуктивен мод и създава условия за екстракция на отрицателните йони.

В гл. 4 се описва разработеният двумерен модел за влияние на Ленгмюрова сонда върху структурата на индуктивен разряд с плоска намотка. Използват се уравненията за непрекъснатост на всички заредени частици (ще отбележа, че това са електрони, положителни йони на H^+ , H_2^+ и H_3^+ и H-атоми), уравнението за баланс на енергията на електроните, уравнението на Поасон и уравнението за състоянието. Плътността на внасяната ВЧ енергия е симулирана с двумерно супер – Гаусово разпределение. Основният извод от анализа е, че сондата влияе на поведението на плазмата в целия разряд –нейното внасяне в обема на разряда води до преразпределение на плътността на плазмата и на плазмения потенциал в случая на плаваща сонда и до още допълнителни промени при прилагане на потенциал към сондата. Промените не са големи – те достигат до 10%

Гл. 5 представлява експериментални и теоретични (числени) изследвания върху извличането на отрицателни водородни йони от единичен елемент на разработения матричен източник (в експеримента широко се използват като основа резултатите от представената в гл 3 диагностика. Главата е два пъти по-голяма от другите и доста подробна. Тя е разделена на три части. Няма подробно да се спирам на тях, а ще спомена накратко най-главното в изследванията и основните изводи от експерименталния и теоретичния анализ. Като се използват (като начални) резултатите от гл.3 се

изследва извличането на отрицателни йони както нелокално акумулираните, следващи пространственото разпределение на плазмения потенциал, така и локално създадените пред плазмения електрод в областта на магнитния филтър. Резултатите от изследванията недвусмислено определят по-нататъшната работа за извличане на нелокално акумулирани йони. От експерименталния и моделния анализ могат да се направят следните важни изводи:

- Разрядната тръба да е с по-голяма дълбина (поне 12 cm).
- Внесената в разряда ВЧ мощност да бъде достатъчно голяма, за да осигури индуктивния му мод.
- Необходим е висок потенциал на плазмения електрод.
- Опорният електрод да е с по-голяма площ.
- Проникването на плазмата в магнитното поле на магнитите за филтър да се намали максимално възможно.

Достойнства на дисертацията

— Нови знания:

- Формиран е нов вид разряд, представляващ хибридна газоразрядна структура, обединяваща индуктивен разряд с плоска намотка с постоянно-токов разряд;
- За разлика от твърденията в литературата експериментално е установено, че механизмът на поддържане на капацитивния мод на индуктивния разряд е напълно аналогичен на този на капацитивния разряд;
- Експериментално е показано, че локализираното външно магнитно поле определя мода на индуктивния разряд с плоска намотка (то може да трансформира капацитивния мод на разряда в индуктивен).
- Доказано е, че сондата влияе върху цялостната структура на разряда, при което плазмените му параметри се изменят до 10% (общоприето е, че смущението от сондата на плазмените параметри е ограничено в слоя от некомпенсиран заряд.

— За първи път се създават модели, които обясняват много характеристики на матричен източник:

— Теоретичните и експериментални резултати от анализа на извличане на отрицателни йони от единичен матричен елемент

Публикации

По дисертацията са публикувани **5 статии** – смятам за статии и доклади на международни конференции, публикувани в авторитетни международни списания (в *J. Appl. Phys.* – 1, *J. Phys. D: Appl. Phys.* – 1, *Rew. Sci. Instrum.* – 3), 5 доклада в пълен текст (*AIP Conf. Proc.* – 1, трудовете на конференцията ESCAMPIG-2014, Germany – 1, трудовете на II национален конгрес по физически науки, София – 1); 5 резюмета или постери на международни и наши форуми – 1 в Германия, 1 в САЩ, 1 в Румъния и 1 в България.

Импакт факторът 9,544 е много висок за една докторска дисертация. Прави чест на дисертанта, че публикациите му са в авторитетни международни списания. Въпреки краткия срок след публикуването статиите са цитирани 5 пъти.

Самостоятелност

Работите са изпълнени в групата по физика на плазмата и газов разряд с ръководител покойната проф. дфзн А. Шиварова (лека ѝ пръст; Фзф загуби един международен учен). Работите са колективни - групата има редица наши и международни (европейски) договори. В четири от публикациите (в две статии и в два доклада) кандидатът е първи автор. Убеден съм в неговата изследователска работа и приноса му в представените статии и доклади. Много добрата му предзащита е доказателство, че в повечето изследвания е взел активно участие, а в някои е бил даже и водещ. Свидетел съм на израстването му като добър специалист. Той винаги е отзивчив и толерантен. Отличава се с една интелигентна скромност, която се среща изключително рядко.

Забележки

Имам следните бележки:

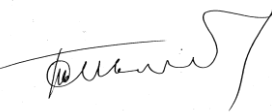
— В някои от експерименталните резултати не е посочена грешката.

— Една (несъществена) типографска забележка – главните букви Ф и Г са наклонени (прието е обозначенията на всички физични величини да са наклонени). Това е по скоро недостатък на програмата MathType, в която главните гръцки букви default са прави.

Заключение

Работата прави много хубаво впечатление с последователни, убедителни и ясни интерпретации на получените аналитични, числени и експериментално резултати. Направените бележки не намаляват оригиналността и ценността на изследванията. Като цяло смятам, че това е една много хубава докторска дисертация и с убеденост смятам, че той напълно заслужава научната и образователна степен "доктор. Уверен съм, че уважаемите членове на журито ще присъдят научната и образователна степен „доктор“ на **Димитър Йорданов Йорданов**.

Рецензент:



/проф. дфзн С. Т. Иванов/