

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд на тема „*Моделиране на процеси в нискотемпературна плазма в кухокатоден разряд*“ от Данка Александрова Йорданова, докторант към ИФТТ-БАН, за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ в област 4. Природни науки, математика и информатика по професионално направление 4.1. Физически науки, докторска програма „Лазерна физика, физика на атомите, молекулите и плазмата и физика на вълновите процеси“.

от проф. дфн Хассан Шамати – Институт по физика на твърдо тяло, БАН.

Актуалност на проблема

Физиката на плазмата се радва на голям изследователски интерес и ангажира вниманието на голям брой учени, работещи в различни дялове на физиката, като ядрената физика (термоядрен синтез), физиката на твърдото тяло, лазерна физика и др. Интересът към плазмата се дължи и на големите възможности за приложения в най-различни сфери от индустрията. Изследванията тук касаят както чисто фундаментални въпроси, така и такива, свързани с прилагането на плазмените технологии в ежедневието. Те са свързани с изучаването на елементарните и транспортните процеси в плазмата и определянето на физичните, физикохимичните и химичните свойства на плазмени системи в зависимост от плътността, температурата, външното магнитно поле, взаимодействието с електромагнитно поле и др.

Изследванията в настоящата дисертация имат интердисциплинарен характер. Те са посветени на изучаването на физическите процеси в плазмата и по-конкретно в газовия разряд и съпровождащите механизми. Такъв тип изследвания са решаващи при изграждане на нови лазерни системи, където трябва да се оптимизират условията на производителност, отчитайки немалкия брой параметри на плазмата, така както и геометрията на лазерната конструкция. За постигането на тази цел се използва компютърно моделиране като средство за извършване на научните изследвания. През годините този подход не само е помогнал за решаването на много сложни проблеми, но е довел до разкриването на свършено нови, неочаквани физически явления. Ето защо този метод се предпочита за проучвания в модерната наука. Авторът на дисертацията следва именно тази тенденция и използва добре известни съвременни методи за решаване на залежалите в нея физически задачи.

Темата на дисертационния труд е добре формулирана. Основната цел и пос-

тавените задачи са добре развити и правилно отразяват научните разработки на докторанта. От изложението на материала става ясно, че кандидатът е добре запознат с актуалното състояние на проблема и научните приноси в тази бурно развиваща се област, както в общ план на изследванията в литературата, така и в частност с темата на дисертацията. Това се доказва от извършения подробен анализ на получените, от други автори, резултати и дава възможност да се формулират точно основните задачи и поставените цели на дисертационния труд.

Аналитична характеристика на материалите

Изследванията в дисертацията се базират на решаване на транспортното уравнение на Болцман, което е в основата на два широко използвани модела за изследване на свойствата на плазмата. Това са кинетичен и флуиден модели. При първия модел се решава уравнението на Болцман с разпределение на Максвел на скоростите на частиците, а при другия се решава уравнение с разпределение на плътността, енергията и импулсите на частиците в плазмата (уравнение за баланс). Двата модела имат своите предимства и недостатъци. При числено моделиране, кинетичният модел позволява бързо получаване на резултати за сметка на акуратността, а флуидният модел води до по-прецизни резултати, но времето, нужно за извършване на симулациите, е много дълго. Едно от възможните решения е използването на хибриден модел, съчетаващ добрите страни на двата модела. В дисертацията се използва програмният продукт PLASIMO, развиван в Техническият университет в Айндховен (Холандия). От описанието на тази програма в дисертацията се вижда, че дисертантът притежава необходимите умения за използването ѝ.

Представеният ми за рецензиране дисертационен труд е написан на 124 страници и съдържа голям брой илюстрации, фигури и таблици. Състои се от увод и 4 глави – глава първа има обзорежен характер, следващите три (от втора до четвърта) излагат оригиналните резултати. Останалата част от дисертацията представлява списък, обобщаващ основните научни приноси, списък на публикациите, залегнали в основата на дисертацията, изпълнението на изискванията по образователната компонента на докторанта и библиография със 115 литературни източника.

Уводът обосновава необходимостта от настоящето изследване, на което се основава дисертацията и описва съдържанието ѝ. Дефинира се главната цел, а именно „извършване на компютърно моделиране за процесите в газов разряд в кухокатодна тръба за лазер с разпрашване на метални пари“ и поставените задачи за постигането ѝ.

В глава първа се въвеждат основните понятия и процеси в газовия разряд,

който е обект на изследване тук. Обсъжда се връзката на приложението на изследванията в лазерните технологии. Описват се възможните процеси за зарядообменни реакции в катодния разряд. В тази глава се отделя специално внимание на числения подход, алгоритмите за решаването на уравненията, описващи физическата система и моделите, използвани за определяне на оптималните условия на кухокатодния разряд. Коментират се техните предимства и недостатъци.

Глава втора е посветена на компютърното моделиране на газов разряд с определена геометрия, газова смес и налягане. Използват се два основни модела – кинетичен и флуиден, както и хибриден модел, който съчетава двата предходни. Последният модел се прилага в случай на меден кух катод с цилиндрична геометрия и газова смес от He (95%) и Ar (5%) при напрежение -400 V и налягане 1.5 kPa . Аргонът подпомага разпръскването на катода и води до повишаване на концентрацията на медните пари. В модела са включени голям набор от възможни химични реакции, съответстващи на процесите в плазмата. Получени са пространствения профил на потенциала в обема на кухия катод и е показано влиянието на отделните съставни елементи на конструкцията върху профила. Наблюдава се неравномерно разпределение на плътността на различните видове частици в катода. Друго изследване цели получаване на електричните и оптични свойства на напречните и надлъжните разряди в цилиндричен кух катод. Профилите на аксиалното и радиалното разпределение на електричното поле са пресметнати с помощта на флуидния модел. Резултатите за функцията на разпределението на електроните показват, че има три основни групи в зависимост от енергията им. Това определя и тяхното поведение в разряда. В последния параграф от тази глава се представя изследване, в което двата модела се редуват и обменят текущите резултати за по-голяма производителност. Трябва да се отбележи, че стойностите, получени за плътностите в рамките на хибридният модел, са по-високи от тези, пресметнати с флуидния.

Глава трета разглежда възможното приложение на моделните пресмятания за изграждане на надеждна кухокатодна лазерна тръба. Тук се построява модел с помощта, на който може да се получи ценна информация за поведението на плазмата в газоразрядна тръба за кухокатоден газов лазер с разпръскване на медни пари. Целта тук е да се намерят оптималните условия, отчитайки вида на газовата смес, най-подходящите метали с голям добив на разпръскване, геометрията на лазерната конструкция, налягането, температурата и напрежението. Това ще позволи контролирането на някои важни параметри, като скоростта на разпръскване и възбуждането на лазерните нива от разрядния ток. Изследваната система представлява цилиндър със съдържание на газова смес от He с 5% Ar, равномерно разпределени в обема на разряда при налягане 1.3 kPa , постоянно напрежение -300 V и темпера-

тура 1000 К. Моделът разглежда съвкупност от електрони, йони на He, Ag и Cu, както и възбудени атоми на He и Ag. Получени са разпределенията на потенциала в разглежданата конструкция, плътността на медните йони при разпрашване на страничен и/или основния катод. Показано е, че при едновременно разпрашване на главния и страничния катода, профилът на аксиалното разпределение на плътностите на частиците е комбинация на профилите, когато двата катода се разпрашват по-отделно. Вижда се също, че плътността на медните йони и атоми значително се повишава. В края на тази глава се обсъжда възможна експериментална реализация на резултатите.

Досега дисертантът разглежда случая с един вид метал. В глава четвърта се допуска използването на различни видове метали. Това обаче увеличава многократно броя на възможните реакции в плазмената система и прави решаването на физическата задача почти невъзможно, поради големия брой степени на свобода. Ето защо трябва да се намери подходящ алгоритъм за редуциране на броя на реакциите. Именно в тази глава се предлага подход за опростяване на сложните задачи, свързани с усъвършенствани лазерни системи. Така се отчитат само реакциите с най-голям принос към физическите свойства на плазмата.

Научни приноси

От досегашния анализ се вижда, че настоящият дисертационен труд има фундаментален характер с възможност за приложение в лазерните технологии. Основава се върху добре дефинирани в литературата модели за описание на плазмата. Научните приноси, върху които се защитава дисертацията, касаят намиране на оптимални параметри за получаване и устойчивост на газов разряд в кух катод. Намерени са профилите на важни за кухия катод физически величини и е обсъдена възможността за приложение при създаването на лазерни конструкции за метални пари. Използваните методи за провеждане на научните изследвания са добре апробирани и се основават на числени подходи. Научните резултати тук могат да се характеризират като получаване и доказване на нови факти, а също така и получаване на потвърдителни такива, които проверяват и надеждността на използваните методи.

Преценка на публикациите

Резултатите, залегнали в основата на дисертацията, са получени от различни колективи с участието на докторанта. От анализа на материала и след запознаване с научните трудове се вижда, че дисертантът е показал умение за работа в екип и е демонстрирал способност да усвоява и да използва съвременни научни

методи.

Дисертацията се основава на 3 научни труда, публикувани в международни реномирани списания, индексирани в световни бази данни с научна информация: една статия в реномирането специализирано списание Plasma Sources Science Technology, една в Доклади на БАН и една в Journal of Physics: Conference Series. В тези статии кандидатът е първи автор. Има и една статия публикувана в материали на международна конференция. Основните резултати, включени в дисертацията, са изнесени и като доклади на няколко международни научни форума. От представените материали се вижда, че една от статиите е цитирана един път.

Авторефератът е написан съгласно изискванията и достоверно отразява съдържанието на дисертационния труд.

Забележки и препоръки

Въпреки доброто научно качество на дисертационния труд в него могат да бъдат очертани и някои слабости. Те са от чисто техническо естество и са свързани предимно с оформлението на работата.

Заклучение

Въз основа на казаното дотук, считам че изискванията за образователната и научна степен „доктор“ са изцяло изпълнени и давам положителна оценка за присъждането на образователната и научна степен „доктор“ на Данка Александрова Йорданова, асистент към ИФТТ–БАН, по професионално направление 4.1. „Физически науки“.

Рецензент:

Дата:

06.04.2020г.

/ проф. дфн Хассан Шамати /