

## РЕЦЕНЗИЯ

### на дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор“

Автор на дисертационния труд: **Данка Александрова Йорданова, ИФТТ, БАН**

Тема на дисертационния труд: **„Моделиране на процеси в нискотемпературна плазма в кухокатоден разряд“.**

Професионално направление: **4.1 „Физически науки“**

Рецензент: **Станимир Тодоров Колев, д-р, доцент в СУ „Св. Кл. Охридски“**

Дисертационният труд съдържа общо 124 страници, разделени в увод, литературен обзор (глава 1) и три глави, представящи изследванията на докторанта. Цитирани са 115 литературни източника и са включени 43 фигури и 4 таблици. Най-общо, работата е концентрирана върху изследване на разряд с кух катод с помощта на числено моделиране.

#### **Актуалност**

Макар че разрядите с кух катод са познати отдавна и се използват широко, те представляват полезен инструмент в редица приложения, като например това, изследвано в дисертацията – за създаване на лазерен сноп създаден от възбуждане на метални пари. Изследваната конструкция представлява модификация на класическите конструкции и може да представлява интерес за изследователи в различни области. В този смисъл, **темата на изследванията продължава да бъде актуална** и работата обогатява познанията за тях.

#### **Познаване на проблема**

Литературният обзор (глава 1) е с обем от 27 страници и е сравнително кратък. Като цяло най-важните аспекти на работата са засегнати и коментирани, но някои теми биха могли да се развият по подробно. Обзора върху други работи, правила изследвания върху такъв тип разряди, включително и с моделиране, е доста скромно и макар че редица работи са споменати и цитирани, техният принос не е пояснен. Направен е и преглед на основните и най-често използваните методи за числено моделиране на такъв тип разряди, без да се влиза в детайли къде са използвани, за какви конфигурации и условия и т.н. **Поради това, макар че обзора показва познаване на проблема като цяло, работата не представя в пълнота какво е направено от други автори и не е поставена в контекста на предишните изследвания.**

## **Методика на изследването и достоверност на получените резултати**

Дисертацията представя резултати от числени симулации за анализ на поведението на разряда и изследване на различни конфигурации. Компютърното моделиране на много ценен инструмент за изследване физиката на газови разряди и плазма, тъй като позволява да се получи информация за характеристики на плазмата, които много трудно се получават чрез експерименти. В същото време обаче е важно да се отбележи че плазмата и газовите разряди въобще, са сложна многокомпонентна система и характеристиките на взаимодействията между частиците и стените/електродите не винаги са известни с достатъчна точност за да се гарантира точност на резултатите. Освен това, сложността на описанието налага значителни опростявания в системата уравнения което води до наличието на различни типове модели в зависимост от числения метод, системата уравнения, приближенията и др. Това прави работата на изследователя, използващ такива модели, много отговорна и трудна, тъй като той трябва да подбере правилния подход (метод, система уравнения, приближения), който да позволи симулацията да се осъществи за кратко време и в същото време да се получат надеждни резултати за дадения проблем.

Разглежданият в тази дисертация разряд, е пример за проблем, при който се налага използването на малко по-усложнени модели, така че да могат коректно да се опишат процесите в разряда. Наличието на високо-енергетични електрони в кухия катод, придобили енергия в резултат на ускоряване на катодния слой и породени най-вече от вторична емисия, прави резултатите от моделирането на разряда с класически флуиден модел не много точно. Това е показано много добре в глава 2 на разглежданата дисертация, където е направено сравнение на флуиден модел, кинетичен Монте Карло модел, описващ само високо-енергетичните електрони и хибриден модел. Възприетият хибриден модел за симулация на разряда с кух катод в глава 3 е според мен един от най-подходящите методи, тъй като той съдържа правилната комбинация от приближения, така че да може да се осъществи симулацията за разумно време и в същото време да се получат достоверни резултати за процесите в плазмата, които са определящи за цялостното поведение.

В глава 4 е представен метод за намаляване на броя от диференциални уравнения и реакции, използвани за моделирането на плазма с множество частици и реакции. Методът е един от възможните пътища в това направление и заслужава внимание като възможно решение за намаляване на времето за изчисления при тежки модели. Алгоритъмът е описан достатъчно подробно, но не са представени резултати, което предполагам е поради това, че в работата основен принос има друг автор.

**Най-общо, представените изследвания и резултати в дисертацията са оригинални, добре обосновани и реализирани и с голяма вероятност са достоверни. Разработените модели за моделиране са подходящи за целите, за които са използвани.**

## Приноси

Приносите в дисертацията са формулирани в 5 точки и като цяло считам, че съответстват на постигнатото в дисертацията. На базата на представените материали и лични впечатления, считам че **личният принос на дисертанта към изследванията е значителен и съответства на очакванията и изискванията за присъждане на образователната и научна степен „доктор“.**

## Публикации по дисертационния труд

Изследванията са публикувани в 2 статии в списания с импакт фактор (Q1 и Q2) и 1 доклад на международна конференция с SJR. **Това напълно удовлетворява изискванията на ИФТТ и националните изисквания в направление 4.1.**

## Оформление

Като цяло дисертацията е технически оформена добре, като са забелязани малък брой правописни грешки. По отношение на оформлението на фигурите също нямам съществени забележки.

## Автореферат

Авторефератът адекватно представя изследванията в дисертацията и основните приноси.

## Забележки

1. На страница 22, под формула 16, сечението за удари е дефинирано като напречно сечение без да се пояснява на какво е напречно сечение.

2. Описанието на принципа на действие на разряда с кух катод на страница 22 би могло да е по-изчерпателно.

3. На страница 34 долу е записано „В тази дисертация ще бъдат представени резултатите от самостоятелен флуиден модел за описание на кухокатоден разряд, самостоятелен Монте Карло модел за описание на бързите електрони, както и предварителни резултати от хибриден модел, базиран на сдвояването на двата самостоятелни модела“. В дисертация и научни публикации не би следвало да се представят предварителни резултати, а окончателни, проверени и по възможност анализирани резултати!

4. Както беше казано по горе, обзора не представя добре изследванията в литературата, които са аналогични или близки до настоящото.

5. Не е очевидно, функцията на разпределение на фиг. 2.12 в какъв обем е снета. Вероятно е в целия обем, но това не е казано в явен вид и се налага да гадаем.

## Въпроси

1. Какво определя стъпката във времето при Монте Карло модела, когато работи като самостоятелен модел и когато работи като част от хибридният модел?

2. На страница 22 е написано че „При достигането на област от противоположната страна със същото по големина, но противоположно по посока електрично поле, те се отразяват обратно, по този начин тези електрони се оказват захванати от полето и осцилират в обема, затворен от катодния цилиндър. В следствие на бомбардирането на повърхността на металните стени на катода с бързо движещи се електрони, от стените се излъчва вторична емисия електрони.“

Означава ли това, че вторичната електронна емисия на електрони е породена от електронни удари със стените, а не от йонни?

3. На страница 57 е казано че „Получените резултати са при време на симулация за хибридно описание по-малко от времето необходимо за достигането на стационарно състояние.“ Защо не са представени резултати в стационарното състояние?

4. На страница 66 се казва че „синусоидален токов импулс с продължителност 3 ms и честота на повторение на импулса 3 Hz“. Доколкото разбирам това е синусоидален сигнал модулиран с правоъгълен импулс. Ако е така, каква е честота на носещия синусоидален сигнал, а ако не е, моля пояснете каква е формата на сигнала, който се подава.

## Заклучение

В заключение, представената дисертация е като цяло добре подготвена и съдържа оригинални изследвания, публикувани в реномирани международни списания. Поради това, **оценявам положително представеният дисертационен труд „Моделиране на процеси в нискотемпературна плазма в катоден разряд“**. При убедително представяне на работата на защита, с увереност ще предложа на научното жури да присъди на Данка Йорданова образователната и научна степен „доктор“.

28.04.2020 г.

Рецензент:

/ доц. д-р Ст. Колев/