

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационния труд
за придобиване на научната степен „доктор на науките“
по професионално направление 4.5 „Математика“,
научна специалност „Математическо моделиране и приложение на
математиката“
към Факултет по приложна математика и информатика на ТУ - Сф

автор: доц. д-р Христо Цветанов Търнев;
тема „Моделиране на високочестотни разряди“
рецензент: проф. дфзн Стефан Трифонов Иванов

Христо Цветанов Търнев е роден 1965 г. в гр. Велико Търново. През 1990 г. завършва висшето си образование във Физическия ф-т на СУ “Св. Кл. Охридски” по специалност Физика, специализация Радиофизика и физическа електроника. От 1990 до 1995 г. работи като учител по физика. През периода 1995-2000 г. работи в НВУ “В. Левски” - В. Търново като асистент и ст. асистент. От 2000 год. работи в ТУ - София. Постъпва като ст. асистент и през 2002 г. става главен асистент. През 2001 г. защитава докторска дисертация на тема “Газови разряди, създавани от разпространяващи се електромагнитни вълни” с ръководител проф. дфзн А. Шиварова. Участвал е и участва в 11 договора - на Европейската комисия, по 5-та и 6-та рамкова програма, на НФ “Научни изследвания”, на НАТО, на Фондация Фолсфаген и на DFG-Германия (по двустранния обмен). Специализирал е като Хумболдов стипендиант в Университета във Вупертал, Германия и е бил на краткосрочни специализации и командировки в университетите във Вупертал и Бохум и в Макс Планк Институтите в Дрезден и Гархинг.

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем

Увеличаващият се интерес към изследванията в областта на плазмата се дължи на нейните приложения в области като съвременните технологии (плазменото ецване, отлагане на слоеве и модифициране на повърхности, заваряване и рязане при дъгови разряди, плазмените двигатели), на термоядрения синтез (най-големият плазмен проект, който е и най-големият физичен проект (~3.10⁹ долара) е строящият се в момента нов реактор за управляем термоядрен синтез ITER. Реакторът е тип токамак. Като най-перспективен метод за допълнително нагряване на плазмата в него, е инжекция на неутрални снопове; с изследването на този проблем са свързани част от задачите на дисертацията), плазмено осветление (то масово измества светодиодните източници), в една от най-бързо развиващите се области на физиката, физика на елементарните частици (частиците много често се раждат в среда на разряди) и др. Тук ще спомена и астроплазмата, която е основната форма на веществото във Вселената.

Във физиката на плазмата, както и в много области на науката, моделирането се утвърди като трети основен метод на научно изследване наред с теоретичния анализ и с експеримента.

2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

Считам, че доц. Търнев познава отлично съвременните проблеми на различните видове разряди. За това без съмнение говорят разбираемото на хубав научен стил обяснение на явленията, добре илюстрираните му публикации, сравнението на неговите резултати от теоретичния анализ и моделирането с експериментални резултати и то не само с такива, в получаването на които той участва, но и с чужди, големият брой цитирана литература (271 заглавия).

Дисертационният труд е изложен коректно, информативно и разбираемо. Типографските грешки почти отсъстват.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд

Целите на дисертационния труд компактно са изложени в Автореферата:

□ *Усъвършенстване и развиване на методите за моделиране на газовите разряди в променливи електромагнитни полета.*

□ *Приложение на моделите за определяне на характеристиките на изследваните газови разряди.*

В дисертацията те са постигнати – или с аналитични изследвания или с развитието на различни модели (най-вече) са получени резултати за газовите разряди в променливи електромагнитни полета, които позволяват да се определят характеристиките им.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд

Рецензирам физическата същност на изследваните проблеми. Математическата страна оставям на другите рецензенти.

Дисертацията е в 298 страници. Тя има литературен обзор и 5 глави с оригинални резултати и накрая основни приноси, списък на публикациите по дисертацията и използвана литература с 271 източника. В нея са включени 233 фигури и 4 таблици.

Основната област на изследване са моделиране на високочестотни и микровълнови разряди. Работите в областта на физиката на газовите разряди обхващат а) разряди в поле на разпространяващи се вълни, без и във външно магнитно поле, б) индуктивни разряди в) капацитивни разряди. Работите на кандидата са теоретични и представят изява на много висок професионализъм по отношение на методи на изследване, който идва в комбинация със задълбочено проникване в основите на физиката на газовите разряди: газовите разряди като проява на силна йонизационна нелинейност, механизми на самосъгласуваност на разряда и механизми на нагряване на електроните във ВЧ поле. Изследванията са с широк спектър, обединени от единна тематика. Представените модели са аналитични и предимно числени – едномерни, двумерни и тримерни, при това на комплексна система, каквато са газовите разряди, чието описание изисква обединяване на газоразрядната част на модела с електродинамичната част. Именно това обединяване води до значителни усложнения и съществено математическо ниво. С най-голям принос и новина за физиката на газовите разряди е моделирането на индуктивни разряди с малък радиус.

Обзорът разглежда основните типове разряди и методите за моделиране в тях. Разгледано е състоянието на онази област от физиката, на която е посветен дисертационния труд. Той е пълен, информативен и разбираем – личи се, че е написан от университетски лектор.

Втора глава използва работите А1-А5, Б1-Б4 и е посветена на **Моделиране на индуктивни разряди с малък радиус** при ниско налягане. Доказано е, че малкият радиус на разряда влияе силно върху дебелината на скин слоя както в дифузионен режим, така и в режим на свободен пробег. Установен е, че радиалният ток в намотката обяснява поддържането на разряда в Е-мод, Разработени СА ефективни методи за описание на движението на йоните и за отчитане на влиянието на диелектричните стени. Като цялостен модел на плазмен източник е разработен DSMC модел за неутралния газ. Изследванията СА аналитични и числени и резултатите са сравнени с експеримента.

Трета глава използва работите А4, Б8, Б9 и е посветена на **Моделиране на индуктивни разряди в електроотрицателни газове**. Главните изводи от

резултатите на моделирането са два: 1) в *слабо електроотрицателния* водород се наблюдава акумулиране на отрицателните йони в приосната област, където тяхната концентрация достига стойности много по-големи от средните (ефектът е съществен в източниците на отрицателни водородни йони) и 2) в *силно електроотрицателния* кислород, в импулсен режим, се наблюдава пик на електронната концентрация след изключване на мощността.

Четвърта глава използва работите А9, А6, А7 Б5, Б6 и е посветена на **Плазмени източници с индуктивни разряди с периодична структура**. Главните изводи от моделирането са: 1) новият механизъм за безударно нагряване на плазмата в индуктивни разряди, който за разлика от традиционно разглежданото при безударно нагряване движение на електроните перпендикулярно на намотката, разглежда движение успоредно на намотката, дава възможност за регистрация на резонансните електрони в Монте Карло модели и за ясно идентифициране на скоростите, при които става резонансния трансфер на енергия от полето към частиците и 2) изследвани са различни страни (конструкции) на все по-често използваните матрични плазмени източници: а) конструкцията със спирална намотка на всяка тръба дава най-добри резултати за еднаквост на плазмените параметри. Технически проблем представлява подаването на еднаква мощност към всяка една намотка; б) конструкцията с една спирална намотка за цялата матрица е технически лесно реализуема, но не осигурява еднаквост на плазмените параметри в тръбите; в) поставянето на голяма камера между намотката и тръбите осигурява почти еднакви стойности на плазмените параметри, но се губят част от предимствата на малкия радиус; г) групирането на няколко тръби в блок осигурява еднаквост на плазмените параметри, но в един блок може да има сравнително малък брой и трябва да се подава мощност към голям брой намотки.

Пета глава използва работата Б12 и е посветена на **Моделиране на капацитивен разряд с локализирано магнитно поле**. Главните изводи от моделирането потвърждават експериментално наблюдаваното периодично възникване на области с нарастване на енергията на електроните от двете страни на магнитния филтър. Доказано е, че основна роля за формирането им играе **ЕхВ** дрейфа. Не е потвърдено предположението, че това са електронни снопове, подобни на сноповете при разширяване на пристенните слоеве.

Шеста глава използва работите А13- А20, Б13 и е посветена на **Разряди в поле на електромагнитна вълна**. Представени са модели на разряди в полето на повърхнинни вълни и вълни на Trivelpiece–Gould. Главните изводи от моделирането са: 1) за първи път са представени аксиални и радиални самосъгласувани модели в аргон и водород с отчитане на нехомогенността на плазмата и ударите електрони-неутрала (преди публикациите на групата такива модели за разряд във външно магнитно поле липсват в литературата), 2) обяснено е поддържането на разряда в нов плазмен източник, наречен „Свободен плазмен стълб“ и е показано, че основна роля играе потокът на неутралния газ.

Основни приноси в дисертацията

Компактно и ясно са описани приносите от изследванията. Всеки принос започва с думите установен е, разработен е, изследван е, изяснен е. Приносите печелят от това, че след всяко установено, разработено и т.н. следва до какви физически изводи е довело това.

5. Научни и/или научноприложни приноси дисертационния труд

Научната му работа е последователна с добре очертана единна тематика. Тя е в областта на физика на плазмата и газовите разряди. Конкретните му разработки са

върху разряди в поле на разпространяваща се вълна, индуктивни разряди, капацитивни разряди и вълни в плазмени вълноводи във външно магнитно поле.

Бих отнесъл работата към „създаване на нови методи за изследване“ (ново моделиране) и „получаване и доказване на нови факти“. Ще уточня, че създадените модели на разряди акцентират върху основните проблеми в поддържането на разряда - самосъгласуваност и нагряване на електроните в електричното поле. Кандидатът представя теоретични разработки, които много добре се съгласуват с резултатите от експеримента.

Кандидатът е участвал в редица договори на европейско ниво - на Европейската комисия, по V рамкова програма, по VI рамкова програма, на програма Хоризонт, на НАТО, на Фондация Фолсфаген и др.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите

Търнев е самостоятелен в 5 публикации. Работите са предимно колективни. Неговата научна работа е в един много силен екип – този на Групата по физика на плазмата и газовите разряди във ФФ на СУ с ръководител проф. дфзн А. Шиварова (за съжаление от не много отдавна тя не е сред нас). Убеден съм в неговия принос в работата на групата и в представените публикации. Бил съм рецензент на много възпитаници на групата – редица нейни успешно защитили се докторанти и хабилитирани членове в работите си го смятат за свой учител по моделиране на изследваните газови разряди.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Представени са отпечатъците на:

- автореферата на дисертацията за доктор за доктор на науките;
- 20 статии в научни списания с импакт фактор: Rev. Sci. Instrum. – 3, Plasma Sources Sci. Technol – 6, Phys. Plasmas – 3, J. Plasma Phys. – 1, J. Appl. Phys. – 1, J. IEEE Transactions on Plasma Science – 1, Contr. Plasma Phys. – 2, Vacuum - 2, Appl. Phys. Lett. – 1. (Всичко 9 авторитетни световни списания с IF. Ще отбележа, че списанията са специализирани и реномирани.)
- доклади на научни конференции в пълен текст – 14: 6 в Conf. Series and Conf. Pr., 1 на конференция в Испания, 1 на конференция в Северна Ирландия, 1 на конференция в Холандия, 5 в София.

Всичко публикации – 35 (статии, доклади и автореферат).

Публикациите в дисертация за доктор са: статии 4 и доклади 5. Всички публикации в тази дисертация са след тях.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социална практика

Цитатите на работите са 84 (по Google scholar). Като правило цитиранията на докладите са малко. Така че 81 цитата на статиите са по-информативни. На специализации той много успешно се включва в изследваната тематика там. Работата А8 в Вупертал е цитирана 29 пъти!

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му...

Авторефератът е кратък, но много информативен. Той не само съответства на дисертацията, но дава пълна представа за дисертационния труд, като адекватно отразява основните положения и приноси в него.

10. Мнения, препоръки и бележки

От контактите ми с Групата по физика на плазмата и газовите разряди и участие в семинарите мога да кажа само хубави неща за Хр. Търнев, като човек и физик: коректен, критичен, събран, работлив, отзивчив, внимателен. Добър специалист и добър преподавател (познавам неговата лекторска и издателска

работа). Впечатлен съм от това, че много докторанти от групата са работили успешно с него и споменават с добро съвместната работа. Той работи и съответно има общи публикации с тях като добър специалист; има и дипломанти от Фзф ф-т на СУ.

Активна разработка на модели (и експериментална работа, което почти я няма в дисертацията) на различни газови разряди с приложна насоченост на високо научно ниво. Много добра литературна осведоменост. Критични забележки по представените трудове и литературната осведоменост на кандидата нямам. Имам забележка за това, че в дисертацията липсва IF на списанията. Те са реномирани и авторитетни и кандидатът губи от непосочването на IF.

11. Заключение с ясна оценка на дисертационния труд

Като цяло смятам, че Хр. Търнев е една добра кандидатура за доктор на науките с много добър опит в изследователската дейност по моделиране и физика на газовия разряд. Като достойнство на кандидата за доцент по физика, ще посоча неговата научна работа с дипломанти и докторанти и написването на добър учебник по физика.

Убедено препоръчвам на уважаемите членове на журито да присъдят научното звание доктор на науките на д-р Христо Цветанов Търнев.

Рецензент:



/проф. дфзн Стефан Т. Иванов/