

## РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на образователната и научната степен "доктор"  
Автор на дисертационния труд: **Нина Кънчева Колева**

Тема на дисертационния труд: *2D числено моделиране на газовата температура в наносекунден импулсен надлъжен He-SrBr<sub>2</sub> разряд за мощен стронциев лазер*

Рецензент: **Снежана Георгиева Гочева-Илиева,**  
проф. д-р в Пловдивски университет "Паисий Хилендарски"

С решение на Научния съвет на Института по физика на твърдото тяло - БАН (Протокол №40 от 16.10.2014 г.) съм включена в състава на Научното жури по процедура за придобиване на образователната и научна степен "доктор" от Нина Кънчева Колева, докторант в професионално направление: 4.1. Физически науки, научна специалност: Физика на вълновите процеси, с научни ръководители проф. д-р Н. К. Вучков и доц. д-р К. А. Темелков, и научен консултант доц. д-р Т. П. Черногорова.

### Описание на документите, върху които се базира рецензията

За рецензиране ми бяха предоставени следните материали по процедурата:

1. Дисертационен труд.
2. Автореферат на дисертационния труд.
3. Публикации – 4 броя.
4. Автобиография.

Дисертационният труд е разработен в Лабораторията "Лазери с метални пари" към ИФФТ на БАН, София. Състои се от 119 печатни страници, разпределени в увод, 5 глави, заключителна част и библиография от 145 заглавия. Авторефератът съдържа 30 печатни страници. Не са ми предоставени документи за завършено образование, както се изисква по ЗРАСРБ. Предполагам, че те са представени в Научния съвет на ИФФТ и докторантката удовлетворява изискванията.

### 1. Актуалност на проблема

Още от създаването на първите лазери с пари на металите и техни съединения един от основните проблеми е определянето на температурния режим на разряда. За всяка конкретна лазерна система се отделя специално внимание на поддържането на оптимална работна газова температура, от което зависят в по-голяма или по-малка степен всички основни лазерни характеристики и процеси в разрядната тръба. Може да се отбележи, че това в много голяма степен е валидно за He-SrBr<sub>2</sub> лазер, поради спецификата на този тип лазери, тъй като тяхната газова температура е сравнително висока, от порядъка на 1500-1900 К. Това прави задачата за оценка на температурния профил на разряда съществена и актуална. Представеният дисертационен труд разглежда този проблем за случая на наносекунден импулсен надлъжен He-SrBr<sub>2</sub> разряд за мощен стронциев лазер, като се използват възможностите на математическото моделиране с помощта на числени методи и компютърни симулации. Този подход е също актуален, тъй като дава възможност да се изчисляват стойностите на газовата температура, с което се подпомага и насочва експерименталната работа, спестяват се средства,

труд и време в процеса на конструиране и изследване на параметрите на съществуващи и бъдещи лазерни системи.

## **2. Познава ли дисертантът състоянието на проблема и оценява ли творчески литературния материал**

Проблемът и литературните източници в областта на лазерите с метални пари и техни съединения са разгледани подробно в Глава 1, цитирани са над 130 източника. Обърнато е по-специално внимание на развитието на He-SrBr<sub>2</sub> лазери, като дисертантката е показала добро познаване на физичния проблем. В същото време трябва да се отбележи, че недостатъчно са проучени съществуващи математически модели, както аналитични, така и числени, решаващи близки проблеми от топлотехниката за лазерни системи и лазери с метални пари, постигнати от наши и чуждестранни учени. Няма достатъчно цитирана литература през последните 5-10 години.

## **3. Избраната методика на изследване може ли да даде отговор на поставените цел и задачи на дисертационния труд**

За цел на дисертацията е поставено разработването на двумерен модел за мощен He-SrBr<sub>2</sub> лазер със значително увеличен активен обем. За постигане на тази цел са поставени следните задачи:

- Определяне на газовата температура в проектираната нова тръба без допълнителна термична изолация.
- Съставяне на 2D числен модел за температурата за разработената високотемпературна разновидност на тръбата с допълнителна термична изолация.

Подходът за определяне на газовата температура на лазери с метални пари и техни съединения чрез провеждане на числено моделиране е напълно подходящ. Създаването на работещ компютърен модел може да позволи автоматизиране на изследването на влиянието на различни газови смеси, различни конструктивни особености на тръбата и други елементи върху температурния профил на газоразрядната тръба.

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

В дисертацията е използван математически модел на разпределението на температурата в газоразрядната тръба на мощен He-SrBr<sub>2</sub> лазер, изложен в Глава 3. Моделът е основан на примерното стационарно уравнение на топлопроводност с вътрешен източник на топлина, като коефициентът в топлинния поток е във вида  $kT^m$ , където  $k$ ,  $m$  са известни константи, постоянна е и дясната част на уравнението, която е входната мощност на единица обем  $q_v = 1,9W.cm^{-3}$ . Като е отчетена осевата симетрия, уравнението е сведено до двумерно. С него се описва разпределението на топлината в напречно-надлъжно осево сечение на лазерната тръба в областта на активния обем на разряда. В зависимост от областта на композитната тръба, съдържаща вътрешна керамична и външна кварцова тръба със зона между тях, са поставени различни гранични условия от първи и втори род.

За числено решаване на задачата в получената правоъгълна област е избран методът на мрежите. Съставена е консервативна еднородна диференчна схема по метода на баланса, на

базата на петточков шаблон върху равномерна правоъгълна мрежа. Теоретично апроксимацията на модела е от втори порядък. Стойностите на температурата по външните граници (в участъка от кварцовата тръба) са получени с измерване с помощта на термодвойка, а във вътрешните радиални участъци се изчисляват приближено с помощта на аналитичен едномерен модел, получен в предишни изследвания на колектива на Лабораторията по лазери с метални пари. Диференчната схема се решава с подходящ едностъпков итерационен метод. Съставена е компютърна реализация на числения модел в средата на специализирания математически софтуер MATLAB.

Ще добавя като коментар, че тъй като по предположение разработеният числен модел изисква да бъдат известни температурите по границите на областта, той не може директно да се прилага за изследване на нови лазери, за които тези значения са неизвестни (моделът е несамосъгласуван). Това е известно и за други подобни аналитични и числени модели в литературата.

В Глава 4 разработеният числен двумерен модел е приложен за намиране на разпределението на температурата за тръба с фиксирани геометрични размери без термична изолация, в разряди с основен газ хелий и с малки количества добавки на неон, стронций и бром и различни комбинации от тях. По-специално за случая на хелий с добавки на стронций (с налягане от 45 Torr и 0.6 Torr, съответно) е изчислена максимална газова температура в центъра на тръбата от 1920K. Резултат от 1900K максимална температура е получен и за хелий с добавки на бром при налягане 45 Torr и 1.2 Torr, съответно. Представени са сравнителни графики за температурата при множество стойности по радиуса и по дължина на активната зона, получени с числените експерименти.

В Глава 5 численият модел е приложен за вариант на лазера, в който зоната между двете тръби е запълнена некомпактно с изолационен материал  $ZrO_2$ . Пресметнати са разпределенията на температурата и температурните профили за случая на хелий с добавки на стронций (с налягане от 45 Torr и 0.6 Torr, съответно) и е изчислена максимална газова температура в центъра на тръбата от 1790K. За случая на хелий с добавки на бром (45 Torr, 1.2 Torr, съответно) максималната стойност е 1780K.

Като цяло, считам, че развитият числен двумерен модел е приемлив, а получените резултати са достоверни и са в съответствие с претенциите за приносите на дисертационния труд. Заедно с това, следва да отбележа някои непълноти и пропуски: (1) Не са ясно формулирани допусканията и опростяванията на представения математически модел; (2) Задачата не е обезмерена; (3) Отсъстват ясна физическа интерпретация на получените резултати, сравнения с експеримента и изводи за приложението им в експерименталната работа за по-нататъшното развитие на високомощен He-SrBr<sub>2</sub> лазер.

## **5. Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд**

Приносите на дисертационния труд следва да се класифицират като научно-приложни. Те са ориентирани към решаване на конкретни практически проблеми, свързани с развитието на He-SrBr<sub>2</sub> лазери. Използването на числени модели и компютърната им реализация и получаването на конкретни резултати е прилагане на нови средства към решаване на съществуващи научни проблеми, в случая – проблема с оценка на газовата температура, получаване както на утвърдителни, така и на нови факти.

Значимостта на приносите не следва да се ограничава само за случая на конкретната лазерна система, а те могат да се разглеждат и като метод, приложим и за други подобни лазери с метални пари, след неголеми промени.

В предвид колективната работа по публикациите, не мога директно да определя участието на дисертантката, но приемам, че тя има достатъчен личен принос в получаването на представените резултати и приносите на дисертационния труд.

## **6. Преценка на публикациите по дисертационния труд**

Основните резултати от изследванията са публикувани в 4 работи, съвместно с научните ръководители и консултанта на дисертантката. От тях 2 статии са публикувани в списания с импакт фактор (IEEE Transactions on plasma science и Доклади на БАН) и 2 работи са пълнотекстови статии от трудове на International Summer School on Vacuum, Electron, and Ion Technologies (VEIT 2011, 2014), публикувани в издание с импакт ранк (Journal of Physics: Conference Series, UK).

Не е представена информация за цитиране на работите до момента.

## **7. Приложение на резултатите**

Не ми е известно резултатите от дисертационния труд да са използвани в практиката и не са представени документи за това.

## **8. Въпроси и препоръки**

Имам следните въпроси към дисертантката:

1) Какво е съответствието между получените резултати и тези от аналитичните едномерни модели, за което в публикациите, но не и в дисертацията е споменато, че са в рамките на 10%, но не са приведени конкретни данни?

2) В началото на Глава 5, стр. 97, е записано, че "Новата разрядна тръба с некомпактна изолация на активния обем от ZrO<sub>2</sub> е разработена, за да се увеличи допълнително работната температура". Как се обясняват в този смисъл изчислените по-ниски стойности на максималната газова температура за He-SR и He-Br<sub>2</sub> в центъра на тръбата, получени в същата Глава 5 спрямо съответните стойности за първата тръба?

Като препоръка мога да посоча по-нататъшно развитие на модела, за отчитане на други конструктивни елементи на тръбата, както и прилагане на друг числен метод за съпоставка на резултатите и/или използване на готов софтуер по топлотехника като Ansys, SciLab, Comsol и др.

## **9. Автореферат**

Авторефератът на дисертационния труд съдържа 30 страници, включително цитирана литература от 12 заглавия. Тъй като самият дисертационен труд не е леснодостъпен, считам, че липсата на пълния списък от използвана литература не дава възможност читателят да добие точна представа за мястото на получените резултати сред съответните литературни източници, на които е базирана темата и които са пряко свързани с проведените изследвания. Срещат се отделни неточности, напр. във формула (6), цитати от дисертацията (на стр. 7 и 13), правописни грешки, чуждици и др.

Като цяло, авторефератът на дисертационния труд отговаря на основните изисквания и отразява правилно съществените положения и претенциите за научни приноси.

### **Заклучение**

От гледна точка на научната специалност, в дисертационния труд са получени научно-приложни резултати, които имат определено значение за развитието на високомощен He-SrBr<sub>2</sub> лазер и в частност, за решаване на важни проблеми, свързани с изясняване на разпределението на газовата температура в разряда и температурния профил на лазерната тръба. Публикациите съдържат основните постигнати резултати.

Въз основа на направения по-горе анализ, считам, че научното ниво на постигнатите резултати е високо и отговаря на изискванията на ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ, Правилника на БАН и Изискванията за ИФФТ за присъждане на образователната и научна степен „доктор”, а докторантката Нина Кънчева Колева е изграден учен в областта на лазерите с метални пари.

**Всичко това ми дава основание да оформя ПОЛОЖИТЕЛНА оценка за дисертационния труд на Нина Кънчева Колева.**

Предлагам на Научното жури по защитата да присъди на Нина Кънчева Колева образователната и научна степен „доктор”, в съответствие със Закона за развитие на академичния състав в Република България, по област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.1. Физически науки, научна специалност: Физика на вълновите процеси.

Дата 15.01.2015 г.

Рецензент:

/проф.д-р Снежана Гочева-Илиева/