

РЕЦЕНЗИЯ

на Дисертационен труд за придобиване на
научната степен “Доктор на науките” на Доц. д-р Илийчо Петков Илиев
на тема:

"Методики за развитие на лазери с пари на халогенидите с подобрени изходни
характеристики"

по специалност: Лазерна физика, физика на атомите,
молекулите и плазмата и физика на вълновите процеси

Рецензент: доц. д-р Стефка Стефанова Карталева
Институт по електроника – БАН

Доц. д-р Илийчо Петков Илиев е преподавател по физика в Катедра „Математика,
физика и химия“ на Технически университет-София, Филиал Пловдив.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от Научен семинар на научно
направление „Лазерна физика и физика на атомите, молекулите и плазмата, в
Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Георги Наджаков“- БАН на
11.02.2015г.

1. *Актуалност на разработения в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение.*

Газовите лазери с пари на халогенидите се усъвършенстват интензивно поради
широкото им приложение в техниката, медицината, екологията и др. Създаването
на нови лазери с повишена мощност на лъчението води до разширяване на тяхното
приложение.

Научните изследвания на дисертанта са както в експериментален план така и
посветени на аналитични и числени модели, описващи процесите в отделните
лазерни системи. Определено все още остават много нерешени проблеми, както от
непълното анализиране на протичащите в газовия разряд процеси, така и относно
усъвършенстването на конструкцията на лазерните системи. От различни автори е
констатирано, че теоретичното моделиране в тази област изостава от богатите
експериментални изследвания. Необходимо е построяването на нови аналитични и
компютърни модели за активно развиващите се през последните 5-10 години нови
лазерни системи с пари на мед, на меден и стронциев бромид, излъчващи в
ултравиолетовия, видимия и инфрачервения на спектрални диапазони.

Важен проблем представлява поддържането на оптимален температурен режим на
лазерната тръба, защото се отразява на срока на годност на лазера, на понижението
на лазерната мощност във времето и на качеството на лазерния лъч. Недостатъчно
добре е изследвано разпределението на газовата температура в активната среда, а
съществуващите модели не дават възможност за коректно определяне на
пространствения температурен профил. Не е изучена сложната природа на
топлопредаването от активния лазерен обем към околната среда.

Богатият експериментален материал все още не е бил предмет на статистическа
обработка. А използването на статистически техники би позволило по нов начин да
се анализират въпросите, свързани с лазерната генерация и други изходни
характеристики посредством систематично извличане на съществена информация
от събраните експериментални данни.

Всичко това определя актуалността на представения дисертационен труд, в който авторът си поставя като обща цел решаването на споменатите проблеми. Във връзка с определянето на температурата на газовия разряд дисертантът си поставя за цел да пресметне радиалния топлинен поток в напречното сечение на лазерната тръба при лазерни източници със сложна геометрия като дефинира нови гранични условия, да определи влиянието на радиалното разпределение на подаваната електрическа мощност на радиалното разпределение на газовата температура, а така също и средната температура на газовия разряд. В областта на статистическото моделиране, целта е развитието на методики за оценяване на взаимната връзка и зависимост между величините, за проектиране на нови лазерни източници и за обясняване на сложната природа на процесите в активния лазерен обем.

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

Дисертантът показва отлично познаване на литературата, свързана с темата на дисертационния труд. Първо е систематизирана научната литература посветена на експериментални работи от трите основни вида лазери, които са обект на изследване: (1) импулсен лазер с пари на меден бромид с лъчение във видимата област; (2) ултравиолетов йонен лазер с пари на меден бромид; (3) лазер с пари на stronциев бромид с генерация на линията $6.45\mu\text{m}$. Лазерите изследвани в дисертационния труд са създадени от екипа на Лабораторията по лазери с пари на металите към ИФТТ на БАН и са оригинални разработки, защитени с български и международни патенти.

След това е направен подробен преглед и анализ на съществуващите кинетични и феноменологични теоретични методи и модели за характеризирание на физичните процеси в този вид лазерни системи. Разгледани са и статистически обработки с многомерен факторен, клъстерен и регресионен анализи.

Проучени и критично анализирани са внушителен масив от публикации в реномирани научни списания, монографии и книги от водещи специалисти в света (руски, американски, австралийски, китайски и български автори). Литературният обзор се базира на 195 публикации. Този аналитичен поглед и задълбоченото разбиране на литературата от дисертанта му служат като стабилна база за създаване на адекватни теоретични модели за развитие и усъвършенстване на лазерните системи от гледна точка на тяхното успешно приложение в практиката.

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

Избраните методики са подходящи за постигане на поставените от автора на дисертационния труд цели и решаване на съответните задачи. Температурата на газа е важна термодинамична характеристика на активната лазерна среда. Тя определя термичното заселване на долните лазерни нива и по този начин влияе върху лазерната мощност и модовия състав на лазерното лъчение. Високата температура може да предизвика термо-йонизационна и електро-йонизационна нестабилност на газовия разряд. Развит от автора е нов температурен модел, който разглежда детайлно реакцията на лазерната тръба по отношение на газовия разряд като източник на топлина, а така също и реакцията на лазерната тръба при нейното охлаждане от околната среда. Разглеждат се различни профили на разпределение на обемната плътност на приложената електрическа мощност в газовия разряд.

Детайлното отчитане на основните физически процеси предполага и по-достоверно определяне на температурния профил по радиуса на тръбата.

За провеждането на статистическо изследване на лазер с пари на меден бромид удачно са използвани статистически методи като клъстерен анализ, факторен анализ и регресионен анализ. Анализирани е степента на влияние на 10 независими величини върху две важни зависимы величини: лазерна мощност и ефективност на активната среда. Извършена е оценка и сравнение на получените теоретични резултати с известни експериментални данни. Изследвана е статистическата адекватност и достоверност на резултатите. Извършени са компютърни симулации с цел проектиране на нови лазерни източници с повишени и подобрени изходни характеристики.

Избраните подходи базирани на числено моделиране са подходящи, защото създаването на работещ компютърен модел позволява автоматизиране на изследването на влиянието на различни газови смеси, различни конструктивни особености на тръбата и други елементи върху температурния профил на газоразрядната тръба и важни параметри на лазерната система.

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

В Глава 2 е представен развит от автора нов температурен модел на лазер с пари на меден бромид, който подробно отчита реакцията на лазерната тръба по отношение на газовия разряд като източник на топлина и реакцията на лазерната тръба на евентуални промени на околната среда при охлаждане. Разглеждат се различни профили на разпределение на обемната плътност на приложената електрическа мощност в газовия разряд. Детайлното отчитане на тези физически процеси позволява по-достоверно определяне на температурния профил по радиуса на тръбата. Развит е двумерен числен модел в надлъжно вертикално сечение на лазера през електродите, който по-детайлно отчита всички геометрични и конструктивни особености на газовата тръба.

Развит е нов аналитичен и числен модел, позволяващ да се определи температурата на газа в активния лазерен обем. Предложени са гранични условия, които отчитат процеса на топлоотдаване на лазерната тръба с околното пространство. Това позволява да се пресметне температурният профил на нови лазерни източници, за които не може предварително да се определи температурата на външната стена на тръбата.

Разгледани са серия от радиални разпределения на подаваната електрическа мощност. Направена е оценка на степента на влиянието им върху разпределението на температурата. Предложена е аналитична формула за определяне на средната температура на газовия разряд. Развит е числен метод, който отчита реални конструктивни особености и дизайн на лазерната тръба, електрически и температурни особености на граничните условия.

В Глава 3 и 4 е представено статистическо изследване на лазери с пари на меден бромид, излъчващи във видимата и ултравиолетова области. Използвани са данни от близо 400 експеримента, проведени в ИФТТ – БАН. Направени са случайни извадки, които са послужили за основа на изпълнените статистическите изследвания. Определени са 10 независими параметъра, които характеризират лазерната система и се анализира тяхното влияние върху изходната мощност на лазера. Получените резултати от факторния анализ показват, че фактически 6 независими параметъра оказват съществено влияние върху изходната мощност на лазера. Този резултат позволява да се намалят експерименталните изследвания и да

се повиши ефективността на инженерното проектиране. При следваща стъпка реалните независими величини се редуцират до 3 фиктивни факторни величини, което довежда до принципна промяна в подхода на експерименталното изследване. При клъстерния анализ, класификацията на обектите се извършва на основата на критерии за близост и хомогенност. Като цяло предложените и развити нови подходи за изследване на сложни обекти като импулсните лазери на метални пари, базирани на факторен, клъстерен и регресионен анализ имат висок потенциал за изследване на процесите в лазерни среди и за подобряване на съществуващи и конструиране на нови лазерни източници.

5. В какво се заключават научните и научно-приложните приноси на дисертационния труд.

Като един от най-съществените приноси в дисертационния труд бих отбелязала предложеният нов обобщен аналитичен модел за определяне на температурата на газа в лазери с метални пари и техни съединения. При решаване на проблема са формулирани нови гранични условия, които по-адекватно описват сложната природа на термичните процеси в импулсния газовия разряд, а така също топлинния поток от лазерната тръба към околното пространство и обратно. Предложена е и нова обобщена аналитична формула за определяне на средната температура на газа. Предложеният теоретичен модел добре описва процесите и в трите основни вида лазери: импулсен лазер с пари на меден бромид с лъчение във видимата област, ултравиолетов йонен лазер с пари на меден бромид; лазер с пари на stronциев бромид с генерация в инфрачервения диапазон. Предходен модел, получен от други автори, се явява като частен случай на новия модел.

От особена важност за развитието на този тип лазери е предложената и развита от дисертанта нова методика за определяне на разпределението на температурата на газа в условията на естествена и принудена топлинна конвекция и при произволно задаване на обемната плътност на електрическата мощност. Така температурата на газа и нейното разпределение се определя по-адекватно от известните досега аналитични модели.

За първи път на основата на голям брой статистически техники и методи е развита формална методика, която на базата на натрупаните експериментални данни, позволява да се изследват и анализират процесите в лазерната среда, и да се разработват нови лазерни източници с пари на халогенидите, с предварително зададени изходни параметри, включително лазери с подобрени изходни характеристики (лазерна мощност, лазерна ефективност и време на живот).

Значимостта на приносите не следва да се ограничава само за случая на конкретните лазерни системи, а те могат да се разглеждат и като метод, приложим и за други подобни лазери с метални пари, след известна модификация.

6. До каква степен приносите в дисертационния труд са личен принос на докторанта.

За личния принос на дисертанта в подготовката на представения труд съдя както по представените автореферат и дисертация, така и по реда на авторите в публикациите, на които се базира дисертационния труд. Последователното и тематично свързано съавторство на дисертанта в представения голям цикъл от работи показва, че неговото участие в получаването на представените резултати определено е било значимо и съществено, с достатъчен личен принос за включването им в дисертацията. В 24 от представените публикации той е първи автор.

7. *Преценка за публикациите по дисертационния труд.*

Дисертационният труд общо се базира на 33 научни труда, които могат да бъдат разпределени както следва:

- 11 статии в международни списания с импакт фактор IF (Thomson Reuters);
- 11 публикации в международни научни поредици само с импакт-ранг SJR (Scopus);
- 11 статии в списания без импакт фактор и в сборници на конференции;

Основната част от трудовете са публикувани в международни списания и поредици на конференции, между които: Quantum Electronics, Mathematical Problems in Engineering, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Optics and Laser Technology, Conf. Proc. American Institute of Physics, Proceedings of SPIE.

Според представен списък в Дисертационния труд, научните трудове на доц. д-р И. Илиев са цитирани 70 пъти от други автори.

Наукометричните данни за научната продукция, на която се базира Дисертационният труд на доц. д-р И. Илиев съответстват на изискванията на ИФТТ-БАН за придобиване на научната степен “Доктор на науките”, както се вижда от представената таблица.

Показатели	Изисквания на ИФТТ	Продукция на кандидата
Минимален брой на научните трудове, публикувани в пълен обем	30	33
От тях: минимален брой в списания/издания с ИФ и/или ИР	20	22
Минимален брой цитирания	70	70

8. *Авторефератът изготвен ли е съгласно изискванията, отразява ли основните положения и научни приноси на дисертационния труд?*

Авторефератът на дисертационния труд е много добре написан, съдържа 59 страници, включително цитирана литература от 195 заглавия. Считаю, че авторефератът отразява правилно приносите на дисертационния труд и е изготвен в съответствие с изискванията.

9. *Заключение.*

Отчитайки обема на представените в дисертацията научни резултати, тяхното високо качество и актуалност, напълно убедено предлагам на уважаемото Научно жури да присъди на **Доц. д-р Илийчо Петков Илиев Научната степен “Доктор на науките“ по специалност: Лазерна физика, физика на атомите, молекулите и плазмата и физика на вълновите процеси.**

София
25.04.2015 г.

Рецензент:

/ доц. д-р Стефка Каргалева /