

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационния труд

„МАТЕМАТИЧЕСКО МОДЕЛИРАНЕ НА ЛАЗЕРИ С МЕТАЛНИ ПАРИ“

на Димитър Васков Фиданов

редовен докторант към катедра „Математически анализ“

на Факултет по математика и информатика

при Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“

за присъждане на образователната и научна степен „Доктор“
в област на висше образование 4. Природни науки, математика и
информатика, Професионално направление 4.5 Математика
Докторска програма: Математическо моделиране и приложение
на математиката

от проф., дфн Ренна Бориславова Дюлгерова,
асоц. член на Института по физика на твърдото тяло,
Българска Академия на Науките

За изработване на настоящата рецензия се запознах с дисертационния труд заедно с декларацията за оригиналност, автореферата на дисертационния труд и всички останали необходими документи за участие на редовния докторант Димитър Фиданов в процедурата за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, Професионално направление 4.5 Математика, Докторска програма: Математическо моделиране и приложение на математиката, а именно: автобиография, протокол от предварителното обсъждане на дисертационния труд на разширен катедрен съвет на катедра „Математически анализ“, декларация за оригиналност и достоверност на приложените документи, справка за спазване на специфичните изисквания на Факултета по математика и информатика на ПУ за придобиване на образователна и научна степен „доктор“, списък на публикациите по дисертационния труд, копия на публикациите по темата и справка за участие в научни проекти.

След запознаване с посочените по-горе документи, от формална гледна точка, **считам че докторантът Димитър Фиданов отговаря на всички изисквания за участие в процедура за придобиване на образователната и научна степен „доктор“.**

Дисертацията на Д. Фиданов „Математическо моделиране на лазери с метални пари“ съдържа 131 страници, включвайки 146 цитирани източника, 24 таблици, 26 фигури, декларацията за оригиналност и апробационните документи по темата на дисертационната работа: четири научни публикации, шест изнесени доклада и участия в три научни проекта. Спазени са специфичните изисквания на ФМИ при ПУ за придобиване на образователната и научна степен „доктор“, като докторантът представя 4 научни публикации върху дисертационния си труд, едната - в научно списание, а останалите три - в рецензирани, реферирани и индексирани в наукометрични бази данни издания (при минимално изискване за три публикации в рецензирани издания, едната от които да е в списание). Цялата тази дейност на докторанта Д. Фиданов, в рамките на три годишния период на редовната докторантура, намирам за съществена и тя говори за неговото много сериозно отношение към изследователската му дейност по темата на дисертацията.

Авторефератът правилно отразява същността на дисертационния труд.

Дисертационният труд е структуриран стегнато и ясно. **Състои се от кратък увод, четири глави и заключение**, съдържащо претенциите за научни и научно-приложни приноси в областта на моделирането на лазери на метални пари.

Като съвременник на цялата история на лазерите, позволявам си да направя едно кратко встъпление. Лазерите с метални пари възникнаха само няколко години след пускане на първия в света лазер през 1961г., който е

твърдотелен. Те са газови лазери, на самоограничени преходи, което априори ги прави много по-сложни, с много разнородни параметри, формиращи техните качества. Бих желала да отбележа, че България се нарежда сред първите страни на света, където изследването и приложението на тези лазери започна. През 1970 г. в Института по физика на твърдото тяло – БАН, под ръководството на акад. Н. Съботинов, беше пуснат първият лазер на медни пари, скоро след това усъвършенстван чрез замяна на изходното вещество от мед с медни съединения, чрез добавка на водород, както и чрез разработка на нови конструкции, в резултат на което стана обект на голям брой патенти и научни публикации. Неговите разнообразни приложения веднага намериха място в практиката в нас и по света, като продължават и до момента да бъдат адресирани към нови области за прилагане и да доказват своята актуалност и перспективност.

В глава 1 . „Въведение“ се прави исторически преглед на възникването на лазерите с метални пари, тяхната физическа същност, тяхното усъвършенстване и разнообразни приложения.

Както докторантът отбелязва, лазерите на метални пари (ЛМП) представляват един сложен динамичен обект с разнообразни по своя характер параметри - енергетични, термодинамични, оптически, конструктивни, определящи неговите характеристики, така че само емпиричното им изследване в наши дни е невъзможно. От различни категории математично моделиране на ЛМП - кинетични, флуидни, симулационни, статистически, докторантът разглежда кинетичните и статистическите методи, към които спадат и изследванията в този труд. Този дисертационен труд, именно, е мотивиран **от необходимостта да се обработят** натрупаните нови експериментални данни при изследване на нов клас лазери с пари на меден бромид, с малък диаметър на тръбата, разработвани като усилватели на яркостта в модерни оптични системи, **която обуславя неговата актуалност. Целта е,** чрез подходящо математическо моделиране да се установи връзката между входните и изходните лазерни характеристики, при това качеството на предсказване на моделите да бъде съизмеримо с точността на експеримента, така че, в крайна сметка да се постига **оптимизиране на работния режим на лазера**. В тази връзка, много точно са формулирани целта на изследването и основните **задачи** за нейното постигане. В първата глава, също така е направено **кратко описание и обосновка на използваните методи** за моделиране и изследване на лазерите, обект на това изследване, а именно **факторен анализ, многомерна полиномна регресия и метод на случайните гори**.

Във въведението на дисертационния си труд, докторантът показва много добро цялостно представяне на обекта на неговото изследване – лазери на меден бромид – възникване, усъвършенстване, изследвания, приложения и

логически обосновава актуалността на проведените от него изследвания. Прави добро впечатление, че Д. Фиданов много сериозно е навлязъл в същността на изследвания обект от физическа гледна точка и отлично е обосновал необходимостта от проведените от него научни изследвания. Като основание за достоверността на проведените изследвания и получените резултати трябва да се вземе предвид използването на експерименталните резултати върху лазери на меден бромид, получени от групите в гр. Томск, Русия, които са известни като едни от най-сериозните учени в областта на лазерите с метални пари.

В Глава 2. „Аналитични модели на лазери с метални пари“, използвайки точни решения на двумерното квазистационарно уравнение на топлопроводността в напречното сечение на лазерната тръба са построени и приложени аналитични модели за изчисляване на електронната T_e и газовата $T_{газ}$ температури, получавайки важните зависимости $T_e=f(Q)$, $T_e=f(r)$, $T_{газ}=f(Q)$, $T_{газ}=f(T_w)$, където Q е запазващата мощност, r е радиусът на разрядната тръба, T_w е температурата на стената на лазерната тръба, докато се стига до резултатите, представени на фиг. 2.13, представляващи едновременната зависимост на T_e и $T_{газ}$ от големината на подаваната мощност. Последната зависимост е изключително важна за прогнозиране на пределните възможности на лазерните параметри, тъй като установява, че подаваната мощност има естествена прагова стойност, над която не може да се използва за повишаване на електронната температура. Преимуществата на разработените модели са, че те са самостоятелни, не се нуждаят от провеждане на сложни изчисления със стотици уравнения.

Получените резултати, описани в тази глава, са публикувани в научните статии (P1), (P3) и (P4) от приложения списък на публикациите.

В глава 3. „Статистическо моделиране на характеристиките на CuBr-Ne-NBr лазер с височестотни импулси“ от експериментални данни, получени в НИПУ в гр. Томск, са установени основни **зависимости между лазерните характеристики** при висока честота на лазера и **намалената подавана енергия** в разряда, прилагайки многомерни статистически методи – факторен анализ и полиномна регресия от втора степен. Чрез факторния анализ е установено, че **най-голяма е ролята на NBr върху изходната лазерна мощност**, след което чрез факторните променливи е разработен линеен регресионен модел, добре описващ данните. Чрез построения нелинеен полиномен модел от втора степен, основан на множествен регресионен анализ, е изследвана зависимостта на изходната лазерна мощност от 27 независими променливи величини и една константа, като е постигнато много високо ниво на надеждност за съвпадение с данните. **Приносът на влияние на отделните променливи** в комплекса на променливи **върху изходната лазерна мощност**, който е определен тук, не може да се получи чрез кинетичните модели.

Резултатите от описаните в тази глава изследвания са публикувани в статията (**P2**) от списъка на публикациите.

Глава 4. „Статистическо моделиране на експериментални данни за CuBr лазери, използвани като усилватели на яркостта, с метода на случайните гори (RF)“. В това изследване, от литературни източници специално са подбрани 465 експеримента и са обработени, като са описани 12 независими лазерни характеристики и **Ризх** като функция от тях. Само по себе си това е много голям труд и говори за усърдието и трудолюбието на докторанта. Чрез непараметричен корелационен анализ на Спирмън са изучени взаимовръзките между тези лазерни характеристики и **Ризх**, а чрез втори анализ, проведен с мощната и гъвкава дейта майнинг с машинно обучение регресионна техника Random Forest (**RF**) е установена степента на влияние на всяка от независимите величини върху **Ризх**. Установено е, че най-голямо влияние върху **Ризх** имат захранващата мощност, налягането на **HBr** и геометричните размери на тръбата, като съпадението на моделите с експерименталните данни е много добро. Полученото е от изключителна важност за оптимизиране и прогнозиране работата на лазера.

Критични забележки и препоръки.

Би трябвало да се обърне внимание на качеството специално на графиката на фиг.4.3, която в този си вид не е ясна.

Желателно е докторантът да уточни на базата на какъв критерий (или критерии) специално са подбрани данните от посочените 465 експеримента.

Би било добре в тази работа авторът да е посочил накратко някакво **обяснение от физическа гледна точка** за съществената роля на добавката на водорода върху качествата на ЛМП, което би осветлило по-пълно елементарните процеси в плазмата на тези лазери.

Минималният брой печатни грешки може да се пренебрегне.

В заключение, считам, че поставените цели в това научно изследване са постигнати и те са съществени.

Претенциите за научни и научно-приложни приноси са правилно формулирани и логично произтичат от получените резултати.

Като цяло, работата прави много добро впечатление - добре структурирана, така че разработваните проблеми и получените нови резултати в нея са анализирани критично, оформлението е добро, но преди всичко високо може да бъдат оценени задълбочените познанията на Д. Фиданов върху обекта на изследването - лазерите с метални пари, което, според мен, е важна предпоставка за успешното разработване и прилагане на съвременни математически модели върху този обект. Проличава доброто ръководство от страна на научния ръководител на Д. Фиданов – проф. дмн С. Гочева-Илиева, която е успяла да подготви един добър последовател в

споменатото приложно направление. А това направление има голям потенциал за развитие в бъдеще - както за откриване и създаване на нови лазерни източници, така и за тяхното разностранно приложение.

След като се запознах с дисертационния труд и посочените по-горе съпътстващи документи, **убедено давам своята положителна оценка и предлагам на уважаемото жури да присъди на Димитър Васков Фиданов** - редовен докторант към катедра „Математически анализ“ на ФМИ при ПУ „Паисий Хилендарски“, **образователната и научна степен „Доктор“** в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, Професионално направление 4.5 Математика. Докторска програма: Математическо моделиране и приложение на математиката

Проф., дфн Ренна Дюлгерова

24. 05. 2021г.