

РЕЦЕНЗИЯ

На представяне в конкурс за доцент по професионално направление 4.1. Физически науки, научна специалност „Оптика на вълновите процеси“, Направление „Оптична метрология и холография“, обявен от Институт по Оптически Материали и Технологии (ИОМТ) „Акад.И.Малиновски“ при БАН-София

Кандидат: главен асистент д-р Бранимир Людмилов Иванов от ИОМТ – БАН

Рецензент: проф. дфн и дтн Марин Ненчев Ненчев от ТУ – София и ф-л Пловдив

Научна област на хабилитацията, в която кандидатът показва творчески ниво, умения и достигнати резултати, необходими за исканата доцентска хабилитация. Селективно обобщено представяне на резултатите, с които се представя кандидатът.

Научните и приложни резултати на кандидата са разделени в две части – за хабилитация към конкурса и за получаване на доцентско ниво. Общо научните публикации със съавторство на кандидата са 37 научни статии с ИФ и ИР – собствен еквивалент ~ 10, от които той участва в настоящия конкурс с 24 - представени 9 за хабилитация и 15 за доцентско звание. Има участие в 9 проекта (3 международни). Представил е общ списък на 32 цитирания – в научни публикации. Резултатите от работите, с които участва в конкурса, са свързани определено тематично в насока на конкурса. По SCOPUS има h-index 6, което приемам като много добър показател за конкурса за доцент. В практически аспект е участвал в подготовка и организиране около 10 холографски изложби, с холограмите, изработени в ИОМТ и представящи български артефакти, 3 в чужбина, което също приемам за полезна и авторитетна за България практическа научно-приложна дейност.

В началото считам за уместно да систематизирам широкия кръг от научна и приложна активност и представя обобщено постиженията и оценката на кандидата, а след това да дам и детайли. За моето виждане, кандидатът, както в обобщението, така и в разграничението на двете части – резултати и трудове за хабилитацията и за получаване на доцентското ниво, се представя като учен с необходимата висока квалификация в исканата област за хабилитация като доцент. За мен това е доказано с групата от представените негови научни и приложни резултати в областта на интерферометричните системи, дифракционната оптика, цифровата холография и оптичната метрология. Развитието на тези методи и техники, в частност и с приносът на кандидата, са с приложимост в материалознанието, информатиката, фотониката, химията, биологията, медицината. За практически приложения те предлагат като предимство висока разделителна способност и информационен капацитет, контролът и измерванията са безразрушителни и с възможност за паралелен запис на информация, с приложимост при динамично развиващи се явления, за изучаване на механични деформации, топографско и томографско визуализиране на микро- и макро-обекти, проследяване на процеси, холографски запис и съхранение на данни. Отбелязаното развитие разбираемо е свързан с напредъка на компютърната техника и методи, познания, по които и използването им кандидатът показва също в своята работа - цифровите мегапикселови оптични сензори (CCD или CMOS двумерни сензори) и пространствено светлинните модулатори – като съществен момент в развитието на кохерентната оптичната метрология и визуализирането на триизмерни обекти. Интерферометрите в бяла светлина се утвърдиха като универсални, по-прости и достъпни инструменти за измерване на спектри, профили на повърхности, механични премествания и

дебелини на прозрачни материали, както и за изучаване на свръх-бързи релаксационни процеси при възбудените състояния на веществото или при измерване на дисперсията. Интерферометрията в бяла светлина е алтернатива на техниката със свръхкъси лазерни импулси (фемтосекундни или пикосекундни), което генериране е възможно само в ограничен спектрален диапазон. В резултати от работата на кандидата по изложената проблематика виждам проява на сериозната му компетентност и определено достигнато ниво за доцентско звание. Отбелязах в подкрепата на това мое виждане и определено **значимата негова дейност в практическо направление**, свързана с изложби у нас и в чужбина на български холограми изработени в ИОМТ с негов принос, основно на артефакти от историята на Българияр което е значима дейност по издигане на престижа на България.

В кратка бележка ще отбележа, че кандидатът има от ученическите си години насока към последващата му дългогодишна активна работа в направлението на модерната оптика и лазерна техника. Той е завършил известния в България Техникум "Ломоносов" от насока оптика и лазерна техника. След това завършва висше образование в същата насока в Софийския Университет "Климент-Охридски" като финализиращ възпитаник на Катедрата по Квантова Електроника (с насока Лазерна техника и оптика). Работи с продължителен вече стаж като физик и научен сътрудник в Института по Оптика и Механични Технологии на БАН, със защита на дисертация в направлението лазерни и оптични технологии. Запознаването с 37 научни публикации с негово съавторство в рангови издания (с ИФ и ИР) е в пълна подкрепа, че кандидатът е оформен специалист в областта на претенцията за доцентска хабилизация.

С обобщение на разграничението на публикациите, дадено от него, ще отбележа и ще разгледам по-детайлно извадка от водещи негови резултати, в потвърждение на изказаното по-горе мнение относно виждането ми за оценка за достатъчно значима и смислена активност в отбелязаното направление за присъждане на доцентска длъжност.

Анализирайки с компетентност предимствата и проблемите при отбелязаните по-горе конкурентни методи, кандидатът формулира своя изследователска програма за преодоляване на проблемите, свързана с приложението на: **1) Интерферометрични методи за определяне на спектралните характеристики на оптични източници с корекция на шума; 2) Холографски и интерферометрични методи за визуализиране и контрол на образци; 3) Числени методи за анализ на данни от динамични спекъл измервания; 4) Профилометрични методи за дистанционно определяне на формата и тримерното визуализиране на обекти; 5) Мониторинг и контрол на процеси на съхнене чрез динамичен спекъл анализ.**

Сред конкретизираните постиженията на кандидата като резултати от поставената програма могат да се селектират следните, с обсъдените постижения, по-нататък в рецензията.

Основни научни приноси за кандидатстването в конкурса

А) Публикации по исканата хабилизация (публикации А1-А9):

Тук са описани приносите включени в показател В по статии от А1 до А9, които са еквивалентен заместител на хабилизационен труд

I. Интерферометрични методи за определяне на спектралните характеристики на оптични източници с корекция на шума – работи [А1-А3] от списъка.

1. Към това отнасям разработеният три канален корелационен Фурие спектрометър със създаден прототип на този спектрометър на базата на интерферометър на Майкелсон работещ по схемата на

Тваиман-Грийн с едновременен запис на интерферограми за еталонния източник на светлина, за работния източник и за светлината от изследваната проба. С помощта на Монте-Карло моделиране са установени източниците на шумови смущения. С използване на получените интерферограми е симулирано е проследяване в реално време на промените в автокорелационните функции на различни полупроводникови източници на светлина. **Предложена е система** за обратна връзка за извършване на текуща корекция на автокорелацията на работния светлинен източник след промени в еталонния източник с цел подобряване на точността [A1].

2. Оценена е точността на възстановяване на единичен пик на поглъщане при измерване с Фурие спектрометър за случаите на адитивен шум при детектиране на сигнала и шум, който добавя флукутираща компонента към носещата честота в източника и измервателния канал на интерферометъра. **Флукутациите са моделирани** като цветен шум с гаусова корелационна функция. **Получени са резултати** от тестови измервания на спектъра на лазерен диод създадения в [A1] прототип на триканален Фурие спектрометър [A2].

3. Разработен е подобрен метод за прецизно измерване на оптичните характеристики на различни източници на светлина чрез Фурие спектрометър, базиран на класически интерферометър на Майкелсън с подвижно огледало. **Разработена е процедура** за обработка на записаните интерферограми с цел подобряване на оценката на спектъра. Ефективността на процедурата е доказана чрез Монте-Карло симулация на зашумени интерферограми. Времето, необходимо за запис на данните и възстановяване на спектъра, е в рамките на няколко секунди. Тествани са различни полупроводникови източници. Доброто качество на получените спектри е потвърдено чрез сравнение с измервания с помощта на оптичен спектрален анализатор. Това позволява текуща пренастройка на изследваните източници, което разширява възможните им приложения в спектроскопията, оптичните комуникации, компютърните технологии и др. [A3].

II. Холографски и интерферометрични методи за визуализиране и контрол на образци [A4-A9].

1. Анализирано е генерирането на 3D цифрови входни данни за два вида **холографски принтери**, които могат да се използват за печат на аналогови отразителни холограми на артефакти. При холографския принтер за **стереограми** се използват като входни данни само ъглова и цветова информация за обектите, извлечени от множество изображения, заснети от различни гледни точки. Изображенията са пренаредени, за да се формират т. нар. перспективни изображения с информация за посоката на светлинните лъчи от обекта. Холографският принтер **на вълновия фронт** за създаване на реални обемни холограми от цифрови входни данни във формата на 2D масиви, представляващи компютърно генерирани холограми, при които информацията за посоката, дълбочината и цвета са кодирани в холограмата, предоставя възможност за увеличаване на обекта и гарантира реалистичност на възпроизвеждането. **Даден е** ускорен метод за изчисляване на входните данни и качеството на печат е демонстрирано с отпечатани цветни холограми [A4].

2. Предложена и разработена е комбинирана фазово-отместваща холографска полярископична система с кохерентен източник на светлина за провеждане на измерване с фото-еластично покритие с цел определяне на механични напрежения. Чрез симулация е доказана възможността за точно измерване на изохроматични и изоклинни фазови карти, които дават местоположенията на точките с постоянна разлика на главните напрежения и съответно постоянна посока на главните напрежения. С обработката на експерименталните данни е потвърдено заключението, че точността на фазовото извличане на изохромати и изоклини от подходящо филтрирани и нормирани интерференчни картини е напълно приемлива [A5].

3. Демонстрирана е способността на техниката на динамичния спекъл да установява промяна в скоростта на процесите вследствие на изменение на влажността и на химично въздействие върху листа на растения в два тестови експеримента. Експериментите потвърждават потенциала на този подход за различаване на листа, подложени на различно въздействие [A6].

4. Потвърден е потенциалът на динамичния спекъл анализ като ефективно средство за наблюдение на процеса на охлаждане и стареене на хляб и способността на този подход да прави разлика между

различните видове хляб. Методът за характеризирание на скоростта на основните процеси е технически прост, безразрушителен и позволява работа в реално време. Използвана е времева структурна функция за оценка на активността от спекъл картини, записвани последователно [A7, A8].

5. Предложен е подход за подобряване на визуализацията на области на по-бавни или по-бързи промени върху повърхността на дифузно отразяващ обект. Подходът се основава на експоненциално намаляваща времева корелационната функция на флуктуациите на интензитета. Подходът е **потвърден** чрез наблюдаван експеримент за съхнене на боя, при който времевата корелационна функция в дадена точка съответства на приетия модел, с което е възможно активността да се опише количествено [A9]

Б) Публикации за получаване на доцентско ниво (показател Г), публикации извън хабилитационния труд [B1–B15]

I. Разработване на числени методи за анализ на данни от динамични спекъл измервания [B1–B8].

1. Предложена и доказана е възможността за компресиране на данни при динамичен спекъл-анализ чрез по-грубо квантуване на необработените спекъл изображения. Данните от измерването са последователности от корелирани във времето спекъл картини, формирани на повърхността на изследваните обекти. Анализът разчита на високата чувствителност на спекъла към микро-промени на оптичните пътища на светлинните лъчи, отразени от повърхността на обекта и записани от оптичния сензор.

За да се проследи промяната на активността във времето, броят на заснетите изображения трябва да надвишава много пъти интервала на осредняване при пресмятане на оценката. По този начин нараства изчислителната сложност като потребление на изчислително време и обем компютърна памет. Тъй като абсолютните стойности на интензитета в спекъл картините не са важни за изходния резултат на динамичния спекъл анализ, предложено е намаляване на броя на нивата на квантуване преди статистическата обработка. Изследвана е ефективността на такова компресиране на спекъл изображенията чрез анализ на изходните данни, получени за синтетичен цифров обект при идеални условия на равномерно осветяване и еднаква отразителна способност и за тестов обект, когато идеалните условия не са изпълнени. Приложени са както нормирани, така и ненормирани алгоритми и е установено, че квантуването до 32 нива не причинява изкривяване в получената карта на активността.

Проверена е ефективността на грубото квантуване на интензитета при динамичен спекъл анализ чрез обработка на синтетични спекъл изображения, генерирани при нисък и висок контраст на спекъла.

Показано е, че за изображенията с нисък контраст, разпределението на интензитета е симетрично и равномерното квантуване работи добре. За изображенията с висок контраст, разпределението на интензитета е силно асиметрично и равномерното квантуване не е подходящо.

Въведено е нееднородно квантуване чрез логаритмична трансформация на заснетите изображения, вследствие на което качеството на картата на активността е сравнимо с това за изображенията с нисък контраст. Тези резултати са потвърдени експериментално [B1, B2].

2. Предложена е поточкова обработка на динамичните спекъл картини, което води до по-контрастна двумерна карта за пространственото характеризирание на активността. В допълнение, поточковото нормиране на оценката осигурява надежден резултат за най-често срещания случай на неравномерно разпределение на интензитета в рамките на осветяващия сноп и различната отразителна способност по повърхността на образеца. Закljučения са доказани чрез симулация и експеримент за нормираните времева корелационна и структурна функции [B3, B4].

3. Предложен е метод за динамичен спекъл анализ за неразрушаващо откриване на физическа или биологична активност чрез преобразуване на получените спекъл изображения в бинарни изображения само с две нива. Бинаризацията на изходните данни за интензитета е извършена чрез въвеждане на прагова стойност. Значителните поточкови флуктуации на интензитета, дължащи се на

спекъл природата на данните и ограничения брой изображения, използвани за оценяване на активността, наложиха средната стойностна интензитета като най-добър избор на праг. **Установено е**, че предложеният алгоритъм може да работи и с нестохастичен праг, в който случай разликата между осреднената оценка и входната корелационна функция вече не зависи от броя на заснетите изображения и това е обещаващо за калибриране на измерването. Недостатък на нестохастичния праг е по-широкото разпределение на флуктуациите в рамките на картата на активността, но все пак качеството на картата остава приемливо за различаване на областите с различна активността по повърхността на обекта.

Доказано е, чрез симулация и експеримент, че полярната корелационна функция, пресметната от бинарни данни, показва ефективно областите с различна активност както при еднородно, така и при нееднородно разпределение на интензитета в осветяващия лазерен сноп без нормиране [B5, B6, B7].

4. Предложен е метод за подобряване на качеството при определяне на двумерното разпределение на скоростта (карта на активността) на протичане на процеси в дифузно отразяващи обекти от променящи се спекъл картини, на повърхността им чрез филтриране на това разпределение. За целта е използвано динамично лазерно спекъл измерване с интензитетно базирана обработка, която дава възможност за точкова оценка и се нуждае от проста експериментална установка. За да изберем филтър, е проучена статистиката на флуктуациите в картите на активността, изградени за три алгоритъма за оценка на времевата структурна функция. **Доказан е** зависимият от сигнала характер на флуктуациите, което показва, че тяхното разпределение зависи от активността дори при еднакво разпределение на флуктуациите на интензитета на спекъла в изследвания обект. Приложени са двустранни филтри с гаусови ядра към картите на активността. Подобрени са контрастът и разделителната способност на картата на активността чрез филтрирането и е облекчено до голяма степен двумерното количествено определяне на кратковременните промени на активността. [B8].

5. Внедрен е фазов пространствен светлинен модулатор като оптичен симулатор на спекъл картини с контролируема пространствено променяща се еволюция във времето за тестване на алгоритми в динамичната спекъл метрология на физическа или биологична активност.

Потвърдена е възможността за пространствено светлинно базирано тестване на алгоритми в динамичния спекъл анализ [B9, B10].

6. Проучена е възможността за нормиране на оценките при динамичен интензитетнобазиран спекъл анализ при обработка на данни от спекъл картини с пространствено варираща статистика, като например при неравномерно осветяване на образа. Анализирани са съществуващите корелационно-базирани алгоритми, при които нормирането се извършва чрез използване на оценката на дисперсията във всяка точка. Предложени са модификации на алгоритми, които използват за нормиране моментната сума от две стойности на интензитета или единичен интензитет. Проверена е ефективността на тези алгоритми чрез прилагането им към симулирани спекъл данни с нисък и висок контраст за обработка на бинарни изображения и изображения в компресиран формат. Доказано е, че поточковите алгоритми, в които нормирането се извършва във всеки момент с помощта на една или две стойности на интензитета, са по-ефективни от алгоритмите, прилагащи осреднени във времето оценки на средната стойност и дисперсията на интензитета на спеклите [B11].

II. Профилометрични методи за дистанционно определяне на формата и визуализиране на примерни обекти [B12-B13].

1. Анализирано е проектирането на синусоидална фазова решетка за прожекционна профилометрия със синусоидални ивици. Синусоидална фазова решетка с нисък контраст може да проектира фокусирани синусоидални ивици със задоволителен контраст в голяма пространствена област при осветяване с кохерентен разходящ сноп. Анализирани са изкривяванията в проектираните ивици, дължащи се на фазово квантуване, когато фазовата решетка се генерира от 8-битов фазов модулатор. Доказано е, че може да има изкривяване, дължащо се на фазовото кодиране на комплексната

амплитуда на решетката, моделирано като гама изкривяване с непроменливо поведение във времето при малки стойности на модулационния параметър. То се отстранява чрез правилна корекция на ивиците след полиспектрален анализ. Проведени са експерименти с 8-битов пространствено светлинен модулатор с $\pi/2$ фазов обхват, които потвърдиха способността на този оптичен елемент да проектира синусоидални ивици с висока спектрална чистота [B12].

2. Доказано е намаляването на спекъл шума в ивиците, проектирани със синусоидална фазова решетка, зададена на пространствено светлинен модулатор при използване на ниско кохерентен точков светлинен източник [B13].

III. Мониторинг и контрол на процеси на съхнене чрез динамичен спекъл анализ [B14-B15].

1. Приложена е техниката на динамичния спекъл за мониторинг на процеса на съхнене на азополимерни разтвори. **Демонстрирани са** промени във времето в капки от такива разтвори с различен размер чрез изграждане на двумерни карти на дадена статистическа оценка.

Определени са времевите мащаби на процеса на съхнене, чрез проследяване на промяната във времето на радиуса на корелация на флуктуациите на интензитета в рамките на спекъла, образуван върху повърхността на обекта [B14, B15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Обобщението на резултатите и оценката им от рецензента бе дадена в началото. То се заключава в преценката на рецензента, че представянето с неговата дейност и резултати на кандидата отговарят много добре на изискванията за присъждане на доцентското звание и заемане на длъжността „доцент“. Отбелязано бе и високият му h-индекс (6) по SCOPUS, което е представяне с много добър показател за конкурса, отчитащо и покриване на националните изисквания за присъждане на научното звание „доцент“ на кандидата. В рецензията бе оценен по съвкупност и с детайлизиране представения от кандидата материал за конкурса, показващи необходимата квалификация и публикационна активност (24 научни публикации в рангови издания – с ИФ и ИР, общи цитирания на кандидата – 37), участие в подготовката и основен организатор на 10 международни мероприятия – изложби и представяния на създадени в ИОМТ – БАН България холограми на исторически от България артефакти. Последното издига авторитета на България като страна с добра научна активност и исторически път. Съществени забележки нямам.

Съвкупността от научните резултати, добре отразени в научните публикации и отбелязаните представяния, намирам като определено добро представяне в конкурса и препоръчвам на Уважаемото Научно Жури да присъди „ДОЦЕНТ“ на н.с. д-р Бранимир Людмилов Иванов.

София 29.1.2023 г.

Рецензент/ подпис /

Проф.дфн и дтн. Марин Ненчев Ненчев