

РЕЦЕНЗИЯ

Върху дисертационен труд за получаване на научната степен “доктор на науките”. Професионално направление 4.1. „Физически науки”.

Автор на дисертационния труд: д-р Цветан Стаменов Велинов, доцент във Физически факултет на Софийски Университет „Св. Кл. Охридски”, катедра Физика на твърдото тяло и микроелектроника.

Тема на дисертационния труд: **Съвременни оптични микроскопски методи.**

Рецензент: проф. дфн Минко Първанов Петров, Институт по Физика на Твърдото Тяло, БАН.

• *Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем.* Експерименталното и теоретично изследване на широк клас от съвременни оптични микроскопски техники, предназначени за ефективни повърхнинни и обемни структурни изследвания на органични и неорганични материали, е *актуален проблем*, подходящо избран и разработен в дисертационния труд на д-р Велинов. Той се отнася до фототоплинната и плазмонна микроскопия, едни от най-перспективните съвременни микроскопски техники, които до голяма степен конкурират или допълват класическата оптична микроскопия и в същото време се развиват в съгласуваност с най-съвременните близко и далечно-полеви изследователски апаратури като AFM, SEM и др. Предимствата на фототоплинната и плазмонна микроскопия се изразяват в принципно различни, от тези на класическата микроскопия, механизми на визуализиране, осигуряващи безконтактни и не разрушаващи микро и нано-структурни изследвания. Те позволяват достъп до повърхности и интерфейси, както и до локализиране в материалите наночастици, които не могат да бъдат визуализирани с конвенционалните структурно изследователски методи. Особено перспективно е съгласуването на фототоплинната с плазмонната микроскопия, съществен принос за което има доц. Велинов. Значително усъвършенстване и приложно значение в последните години получи и повърхнинната плазмонна микроскопия в комбинация с имерсионна техника. $V(z)$ метода, в развитието на който значителен принос има доц. Велинов, е един нов ефективен метод, който позволява да се контролира контрастът на образа без нарушаване на пространствената разделителна способност. Създават се все по-нови оптични методи за възбуждане на повърхнинните плазмонни моди, както и такива за детекцията им. Важен етап в плазмонната микроскопия е създаването на фазочувствителни схеми, които позволяват да се постигне микроскопски режим на тъмно поле, увеличаване на контрастът и детекция на трудни за регистриране по друг начин слаби сигнали. В последните години се развиха и плазмонно усилената визуализиращата елипсометрия, плазмонната микроскопия на разсейване и имерсионно модифицираната плазмонна микроскопия, които са от особено значение за изследването на тънкослойни образци метал-диелектрик и на широк клас биологични обекти. За голяма част от така формираната се актуалност на научната сфера, в която се вписва настоящият дисертационен труд, е допринесъл доц. Велинов с научните си трудове, които са известни на световната научна общност.

• Д-р Велинов *познава задълбочено състоянието на проблема.*

Той използва и успешно съчетава най-съвременни теории и експерименти от оптиката с такива от термодинамиката, полупроводниковата и лазерна физика.

Освен от изложението на дисертационния труд, високата информираност на дисертанта по съвременното състояние на поставения проблем може да се оцени и от цитираната литература, състояща се от 244 цитата, в която преобладават цитирания от последните няколко години. Д-р Велинов добре разграничава направеното от други автори от новото, което той е разработил. Очертава се и творческата оценка на автора върху цитирания литературен материал.

• *За достоверността, съвременното ниво и адекватното усъвършенстване* на експерименталната техника, използвана при изработването на дисертационния труд, може да се съди от изграждането на д-р Велинов, като специалист по физика на кондензираната материя и оптика в специализираната в това направление Катедра по физика на твърдото тяло и микроелектроника във Фз.Ф и по-късно в две водещи в областта на фототоплинната и плазмонна техника международни лаборатории. За високата степен на подготвеност на д-р Велинов за работа в тези области може да се съди и от това, че той прилага вече усвоения от него опит във фототоплинната микроскопия, в по-късен етап и за развитие на плазмонната микроскопия. Не на последно място обаче е и личната много добра подготовка на г-н Велинов в теоретичните и експериментални проблеми на съвременната физика. Това се потвърждава от анализите на използваната от него литература и подходите при поставяне и решаване на проблемите. В такъв дух е написан дисертационният труд в обем от 10 глави на 204 страници. Представени са 121 фигури и 4 таблици. Основните изводи на дисертационния труд, напълно отразяващи основните научни и научно-приложни приноси, са сведени до 7. Представени са изводи и в някои от главите, като глава 2, 5.5, 7, 6, 9, 10. Обзорната част е представена в началото на главите, фигурите и таблиците са обособени за всяка глава, а цитатите са дадени в края на главите, което улеснява четенето. Няма работи, които да са включени в дисертационния труд за получаване на образователната и научна степен „доктор”.

• *Обобщеният принос* на дисертационния труд на д-р Велинов се изразява в експерименталното и теоретично изследване на фототоплинната и плазмонна микроскопия. За оптимизиране на микроскопските характеристики са създадени експериментални методи и съответни теоретични модели позволяващи числено симулиране на голяма част от експерименталните измервания. Много от експерименталните установки са специализирани за визуализация на поделикатни среди, каквито са биологичните и локализираните наночастици. За целта са използвани адаптирани методи, като нарушеното пълно вътрешно отражение, имерсионно детектиране и уникалната установка за локални спектрометрични измервания. От особено значение за успешните изследвания е личното участие на д-р Велинов в оформянето на идеи и последващо конструиране и реализиране на оптично прецизните експериментални установки, повечето от които са на територията на Фз.Ф.

• *Дисертационният труд* на д-р Велинов *може да се раздели на 3 части*, като общото в първата и втората части (глави 2-4, 6-10 съответно) е, че те включват фототоплинната и плазмонната микроскопски техники, техните модификации, теоретичен, експериментален анализ и съгласуване на оптичните параметри и апаратурни качества на експерименталните установки. В тези части са обосновани научно и подкрепени с технологични описания избора на съответните компоненти на микроскопите, като светлинни източници и оптични елементи. Третата част, изложена в първа и пета глава, може да се свърже с излагане на механизмите на фототоплинните и плазмонни ефекти, тяхното теоретично обосноваване и адаптирането им за физико-химично

охарактеризиране и съответно количествени измервания на неорганични и органични материали.

• *Научните приноси* на дисертационния труд, застъпени в отделните глави, могат да се представят накратко както следва:

В първа глава, на основата на класическото уравнение на топлопроводността и неговото решение при специфични гранични и начални условия, е анализирана специфичността на фототоплинния ефект, залегнал в основата на фототоплинния микроскоп. Този теоретичен подход обосновава и позволява измерване на редица топлинни характеристики, като коефициент на топлопроводност, топлинна дифузионна дължина и намиране на дълбочинните профили на изменение на топлинните параметри в твърдетелните образци. *Във втора глава* е представена принципната схема на фототоплинния микроскоп, в чиято основа е заложена зависимостта на отражателната способност на твърдите тела от температурата, подбора на лазерите осигуряващи загряващия и пробен лъчи и оптичните елементи определящи оптичните ходове на лъчите през образеца и до момента на визуализирането на наблюдавания обект. Представена е съпоставка на радиусите на фокусираните оптични лъчи и е направен извод за оптималното им съотношение осигуряващо ефективна отражателна способност и качество на сигнала. Показано е, че фототоплинната микроскопия е високо ефективна техника за структурни изследвания на непрозрачни материали (откриване на видими, слабо видими или невидими и с различно разположение спрямо повърхността дефекти). Отчетено е влиянието на топлинното разширение, изкривяването на повърхността на образеца и легирането на материалите върху характера на фототоплинния сигнал. *В трета глава*, на основата на теорията на дифракционната решетка, анализирана чрез пропускливостта на пространствените честоти от оптичната система, е представена формула за пълния сигнал на сканиращ лазерен микроскоп, която е адаптирана за фотодифракционния. Модификацията на сигнала на фотодифракционния микроскоп, е пригодена да отчита промените в отразения лъч при оптично загряване на образеца. Анализирано е влиянието на нарстването на мощността на загряващия лъч върху качествата на микроскопа и е показано, че при индуциране на нелинейни ефекти се влошава разделителната му способност. Показано е, обаче, че фотодифракционният микроскоп е силен метод за изследване на повърхности и повърхнинни дефекти при по-добра разделителна способност от сканиращия лазерен микроскоп, както това се вижда от по-стръмното изменение на неговия сигнал при сканиране. *В четвърта глава* продължава модифицирането на фототоплинната микроскопска техника, като в принципа на визуализирането се включва дефлекцията на пробния лъч (“мираж ефект”) предизвикана от температурната зависимост на показателя на пречупване на средата. Дисертантът е избрал най-подходящата теория на ефекта за анализ на нормалното и тангенциално отклонение при напречния “мираж ефект”. Създадена е адекватна експериментална установка позволяваща измерване на амплитудата и фазата на сигнала предизвикан от този ефект. От изследването на топлопроводността на две семейства халкогенидни стъкла са направени изводи за влиянието на химичните връзки и топологията върху структурната им подретеност.

Механизмът на възбуждане на повърхнинните плазмони, средите и условията за тяхното възбуждане, като плазмонен резонансен ъгъл, съотношение на диелектричните константи на активната и диелектрична среди, съотношението на вълновия вектор на диелектричната среда и плазмонния вектор, усилването на електричното поле на границата между двете среди,

дължината на разпространение на плазмоните в активната среда, всички те необходими за ефективно реализиране на плазмонния микроскоп, са разгледани в *пета глава*. Те са съгласувани с основните теории за създаване на повърхнинните плазмони и са приложени за различни комбинации от диелектрични и метални слоеви структури. Представена е най-популярната конфигурация на съгласуване на оптичен елемент с активна и диелектрична среда, известна като конфигурация на Кречман и е анализирана големината на плазмонния резонансен ъгъл за дадена структурна комбинация, допринасящ за най-ефективно плазмонно възбуждане. В същата глава е анализирана прецизността на установката, за което са приложени комбинации от оптично-механични напасвания и апаратурни тествания, водещи до прецизно измерване на отражението, плазмонния резонансен ъгъл и усилването на електричното поле. В *шеста глава*, на базата на конфигурацията на Кречман, д-р Велинов предлага нова схема, която позволява визуализиране на плазмоните чрез фототоплинно разсейване, локално определяне на интензитета и разпределение на температурата при възбуждането на повърхнинните плазмони. Анализирана е възможността за използване на индуцирането на нелинейност при усилването на електричното поле за структурни изследвания с нелинейни техники. Предложена е нова схема, като алтернатива на сканираща флуоресцентна микроскопия с добър контраст и разделителна способност, подходяща за нелинейна микроскопия на живи клетки. За съчетаване на добра разделителна способност с висока чувствителност в *седма глава* е предложена комбинация от известната в елипсометрията схема поляризатор-компенсатор-образец-анализатор с конфигурацията на Кречман, като се добавят и допълнителни оптични елементи, позволяващи пълен контрол на поляризацията на отразената светлина преди попадането ѝ в детектора-плазмонно усилена визуализираща елипсометрия. Основното предимство на тази схема е, че освен детекция на амплитудата на сигнала, както е при конвенционалната плазмонна микроскопия, може да се осъществи и фазов контрол-фазовочувствителна схема с повишена микроскопска чувствителност. В *осма и девета глави* са представени подобрени модификации на плазмонната микроскопия посредством имерсионна оптична техника и микроскопия на пълно вътрешно отражение. Целта е високо ефективно изследване на био обекти и на разстоянията им до подложките. В *осма глава* е представен оригинален метод на плазмонна микроскопия, известен като $V(z)$ оптична интерференчна схема, при която чувствителността и контраста се контролират чрез дефокусиране. Показано е, че разделителната способност не се влияе от дължината на разпространение на повърхнинните плазмони и е близка до дифракционната граница-с един порядък по-добра от тази постигната с метода на Кречман. В *девета глава*, с цел изследване на контакта и процесите, които протичат на границата между биологични клетки и подложки, е предложена нова схема и теоретичен модел, позволяващи да се определят размерите на биочастици (в случая дрожди) и разстоянието им до повърхността, с която те контактуват. Това изследване е от особено значение за съвместяване на био с неорганични материали, както и за израстване и закрепване на биофилми върху подложките. В последната *десета глава*, д-р Велинов предлага метод за получаване на локални спектри и респективно за измерване на локални оптични характеристики на микронни площи, които не могат да се получат от конвенционалните оптични спектрометри. В лабораторията е създаден спектрометър за локални спектрални измервания и е разработен модел, позволяващ анализ на характеристиките на наночастици

потопени в непрекъсната среда. Този спектрален прибор е от значение за изследване на наноструктурирани материали.

- Научните и научно-приложни приноси на дисертационния труд могат да се охарактеризират, *като обогатяване на съществуващите знания.*
- *Дисертационният труд до голяма степен е лично дело на д-р Велинов.* В 12 от публикациите той е на първо място. Макар и да са публикувани с двама или повече съавтори, то във всяка от тях прозира основната идея заложена в целта на дисертационния труд. Лекционата дейност на д-р Велинов, макар и да не се изисква за дисертационен труд, е много обхващана. Ръководил е 15 дипломни работи и една дисертация за образователната и научна степен “доктор”. Участвал е в голям брой национални и международни проекти. Всичко това характеризира д-р Велинов, като водещ учен в областта към която принадлежи дисертационния труд
- *Публикациите по дисертационния труд са 30 от които 22 в списания с импакт фактор.* Те са публикувани в специализирани списания, като Colloids & surfaces B; Appl.Phys. A; Phys.Rev.B; Thin Solid Films; J. Microscopy; Appl.Opt.; Appl.Phys.Lett.; Sensors & Actuators B; Opt.Lett.; Sol.St.Comm. и др. 4 от публикациите са в национални списания и 4 доклада на конференции са отпечатани в пълен текст. Тоталният импакт фактор на 21 от публикациите е 45.64. Няма включена работа в дисертационния труд за образователната и научна степен “доктор”.
- Научните публикации включени в дисертацията са *цитирани от други автори* (независими цитата) 129 пъти (118 от тях са по дисертацията), като работи 7 и 18 са цитирани съответно 25 и 20 пъти. Хирш индексът на Велинов е 7.
- *Критични бележки* към изпълнението на дисертационния труд нямам. Възникналите въпроси в хода на рецензирането са изяснени и отпадат. Бележки могат да се направят само по представянето. Допуснати са не малък брой печатни грешки. Има повтарящи се номерации на фигури. Фиг. 15 и 16 и таблица 1 от глава 2 и фиг.4 в глава 7, но това не затруднява четенето. Често фигурите са представени или с латински или с български надписи. Има фигури, в които надписите трудно се четат. Някъде се използват чужици като “спекли” “скриининг”. Направените забележки ни най-малко не променят високата научна стойност на дисертационния труд. *Авторефератът* напълно отразява научните приноси на дисертационния труд. Забелязват се разминавания на номерациите на някои формули и фигури с текста.
- **Заключение:** Представеният за рецензиране дисертационен труд на д-р Велинов дава оригинални експериментални и теоретични решения за използването на фототоплинните и плазмонни ефекти в усъвършенстването на съвременната микроскопска техника. Той е изпълнен на високо научно ниво и е съобразен с най-съвременните достижения на оптиката, полупроводниковата и лазерната физика. Всичко това ми дава основание убедено да препоръчам на Научното жури да предложи на Факултативния съвет на Физически Факултет на СУ”Св.Кл.Охридски” доц. д-р Цветан Стаменов Велинов за присъждане на **научната степен “доктор на науките”.**

02.01.2013г.

Рецензент:/...../
Проф. дфн М. Петров