Р Е Ц Е Н З И Я

по конкурс за заемане на академично звание "**доцент"**
по професионално направление 4.1 „Физически науки" (01.03.26 „Електрични, магнитни и оптични свойства на конзензираната материя"),
съгласно обявата в ДВ № бр.6 от 20.01.2012 г.
с кандидат: **ЗЕЛМА МОИС ЛЕВИ, доктор по физика, гл.асистент в ИФТТ-БАН**

Рецензент: **ДОРИАНА ИВАНОВА ДИМОВА-МАЛИНОВСКА д.физ.н, професор, в Централна лаборатория по слънчева енергия и нови енергийни източници - БАН**

Единственият кандидат в конкурса, **гл.асистент, доктор по физика ЗЕЛМА МОИС ЛЕВИ,** е завършила висше образование - магистърска степен във ФФ на СУ „Св.Кл.Охридски" - София през 1978 г. Работила е като физик в ЗЕПЕ - София, (1978-1989 г.) и в ИФТТ-БАН (1989-1990 г.). Успешно полага изпит за научен сътрудник в ИФТТ-БАН през 1990 г., където работи и сега като главен асистент. От 2003 г.- до 2006 г. е била зачислена като докторант на самостоятелна подготовка. След успешна защита на дисертационен труд през 2006 г. й е присъдена образователната и научна степен „доктор по физика".

Гл.асистент, доктор по физика ЗЕЛМА МОИС ЛЕВИ е представила за конкурса списък от общо 45 труда в чужди и български научни издания, 28 от които са в международни научни списания с импакт фактор (ИФ) и 5 – без импакт факктор, 1 глава от книга, 1 патент и 10 публикации в сборници и поредици от международни конференции у нас и в чужбина. След присъждане на научното звание н.с. I ст. е публикувала общо 20 публикации (13 в списания с ИФ, 2 –без ИФ и 5 доклади в пълен текст в сборници на международни конференции) и 1 патент. След защитата на докторската дисертация кандидатката е публикувала 9 статии в списания с ИФ, 2 - без ИФ и 4 доклада в пълен текст в сборници на международни конференции. В докторската й дисертация са включени резултати, публикувани в 10 научни списания и 4 – в сборници от конференции [1, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 32, 36,37, 38, 40].

Научните статии са публикувани в реномирани международни списания като Phil.Mag. B, Phys. Rev. B., J. Phys. Chem. Solids, J. Phys. Cond. Matt., Vacuum, phys.stat.sol. (a), J. Appl.Phys.

Всички представени публикации ще бъдат обект на настоящата рецензия.

Всички научни трудове на кандидатката са по специалността на обявения конкурс. Изследователската й дейност е в областта на получаване и изследване на нови материали (кристални, аморфни, наноразмерни тънки слоеве-тримерни, двумерни и нулеворазмерни), както и възможностите за приложението им.

Бурното развитие на съвременните технологии изисква разработване на нови перспективни материали, както и усъвършенствуване на свойствата на съществуващите с цел подобряване на свойствата им и разширяване на възможностите на тяхното приложение. Материали, съдържащи клъстери с наноразмери, се характеризират с необичайни структурни, електрофизични и оптични свойства, които нямат аналог в обемните тела. Поради това получаването и охарактеризирането им е отделено в нов клон, наречен материалознание на наноматериалите. В последното десетилетие определено подчертан интерес се проявява от различните научни и научно-организационни институции към получаването и изследването на наноматериали, като тази тематика е определена като една от приоритетните на 7 РП на ЕС, както и от Националния фонд за Научни изследвания при МОН.

Имайки предвид гореизложеното, областта на научните изследвания на **гл. асистент, доктор по физика ЗЕЛМА МОИС ЛЕВИ** може да се определи като много актуална и резултатите имат определен значим принос за тези тенденции, главно с фундаментален характер.

Резултатите от изследванията са получени в лаборатории в ИФТТ и главно в лабораторията "Фотоелектрични и оптични явления в широкозонни полупроводници" при ИФТТ БАН, в рамките на инстутския план за научни изследвания и на международни сътрудничества с различни европейски лаборатории, където са използвани възможностите на съвременни експериментални апаратури.

Основните резултати и приноси в публикациите на кандидатката могат да бъдат обощени по видове материали в следните области:

1. Кристални оксидни материали

Изследвано е влиянието на рекомбинационни центрове и уловки върху оптичните, електричните и фотоелектричните свойства на силенити $Bi_{12}MO_{20}$ (M=Si, Ti) [3,4,5,35]. Наблюдавано е подзонно поглъщане в тези материали (по-силно изразено в кристалите $Bi_{12}TiO_{20}$), като е установено, че е свързано с наличието на дефекти. Показано е, че в легираните с Cr и Mn $Bi_{12}SiO_{20}$ кристали е възможно осъществяване на запис на холограми с ефективност 10-15% [31]. Тук могат да се отнесат и проведените изследвания върху влиянието на стехиометрията на $LiTaO_3$ [30] върху параметрите на протонно-обменни вълноводи [30].

2. Аморфни и нанокристални тънки слоеве.

Проведени са изследвания върху електричните и транспортни свойства на обемни стъкла и тънки слоеве от $Ge_xSb_{40-x}S_{60}$, като е показано, че проводимостта в обемните материали се определя от транспорт на токови носители в локализирани състояния в забранената зона, а в слоевете – по нелокализирани състояния [9].

Чрез термично изпарание са отложени тънки слоеве от CdSe и ZnSe, по методите на стандартно и стъпково отлагане. Приложени са различни методи на изследване – метод на стационарен, на преходен фототок и на термостимулираните токове върху неотгряти и отгряти образци със слоеве от CdSe, както и на съхранявани в продължение на 10 години, като е установено намаляване на дефектите за последните две групи, което се потвърждава и от изследвания с Раманова спектроскопия. Изследвана е възможността за приложение на нанокристалните CdSe слоеве като газови сензори [23].

Чрез комплексни изследвания с Раманова спектроскопия, елипсометрия и атомно-силова микроскопия са изследвани структурните и оптичните свойства на слоеве ZnSe с дебелина <100 nm, като е наблюдавано наличие на нанокристали и аморфна фаза. Установено е увеличаване на аморфната фаза с намаляване на дебелината [26-28]. Чрез изследване на спектри на фотолуминесценция е наблюдавано наличие на две ивици на излъчване, свързани с дефектни състояния, разположени в долната половина на забранената зона [28].

Отложени са чрез разработен оригинален метод и са изследвани оптичните и структурните свойства в зависимост от състава на смесени слоеве от $Zn_xCd_{1-x}Se$, като максимална стойност на оптичната зона ~ 2.4 eV е намерена за x =0.8 [29,34,44].

3. **Периодични многослойни структури от аморфни материали.**

Отложени са многослойни структури от Se/CdSe и са изследвани абсорбцията и промяната на интерфейсните състояния по метода на постоянен (константен) фототок в зависимост от дебелината на подслоя от CdSe. Установено е наличие на непреки преходи от валентната зона на Se към зоната на проводимост на CdSe при изследване на фотопроводимостта [2]. Намерено е, че отгряването в определен температурен интервал в случай на подслоеве с дебелина по-малка от 5 nm води до подобряване на структурната подреденост в подслоевете от CdSe [6].

4. Композитни слоеве и аморфни-нанокристални многослойни структури

Композитни слоеве и периодични аморфни-нанокристални многослойни структури са отложени чрез разработена методика чрез термично изпарение във вакуум, такива като SiO_x/CdSe, GeS_2/CdSe, SiO_x/ZnSe, ZnSe/CdSe. Методиката се основава на стъпково отлагане, което позволява добра периодичност и гладкост на интерфейсите [1, 7 13, 21, 36]. Когато

дебелината на слоевете от матричния материал е 20 пъти по-голяма от тази на CdSe се формират самоорганизирани нанокристали с размери 3-8 nm от CdSe, които са вградени в матрица от SiO_x, GeS_2 или ZnSe. Промяна на структурата на нанокристалите и по-равномерното им разпределение в матрицата от SiO_x се наблюдава след термично отгряване [1,13, 20, 37-39]. Изследванията с прилагане на фотоелектрични и оптични методи, Раманово разсейване и модулационна спестроскопия показват, че зоната на CdSe нараства с намаляване на дебелината на слоевете в многослойната структура. Предложено е заключението, че локализацията на носителите на заряд в нанокристалните слоеве от CdSe в многослойните структури е едномерна, докато тя е тримерна в композитните слоеве [1, 8, 13, 20, 41]. Чрез Раманово разсейване при възбуждане с различни дължини на вълната и при наблюдаване на фина структура в спектрите на погльщане в композитните слоеве GeS_2/CdSe е показано, че нанокристалите от CdSe имат сферична форма и по-съвършена кристална структура [17,20]. Установено е, че наличието на нанокристали от CdSe възпрепятства фотоиндуцираните промени в аморфната матрица от GeS_2 [20,40]. Проведено е изследване на фотолуминесцентните спектри на многослойните структури и е наблюдавано отместване на основната ивица към по-високи енергии при намаляване на размера на нанокристалите от CdSe, което е обяснено с междузонна излъчвателна рекомбинация [8], докато при композитните слоеве такова отместване не се наблюдава и фотолуминесценцията е свързана с рекомбинация през интерфейсни състояния [10,11].

Изследванията на транспорта на токовите носители в посока, паралелна на слоевете показва, че транспортът в многослойните структури се осъществява през слоевете от CdSe, а в композитните слоеве – през образуваните токови пътеки от нанокристалите от CdSe. Бариерите, възникващи на интерфейсите CdSe/CdSe оказват влияние на транспорта на токовите носители, като при композитните слоеве тези бариери са значително по-ниски поради образуване на акумулиращ слой на интерфейса SiO_x/CdSe. Проведените комбинирани изследвания на оптично поглъщане, спектрите на фотолуминесценция и термостимулираните токове са позволили да се определи енергетичната позиция на дефектните състояния на интерфейса SiO_x/CdSe – те са разположени на ~ 0.35 eV над върха на валентната зона на CdSe [12].

Изследванията на оптичните свойства и електронната структура на композитните слоеве от SiO_x/CdSe и GeS_2/CdSe водят до заключението за тясно размерно разпределение на получените нанокристали. Трябва да се отбележи, че за пръв път е наблюдавано резонансно Раманово разсейване в нанокристали от полупроводници от групата на $A^{II}B^{VI}$ материалите. Изследванията на фотолуминесцентните спектри показват широки ивици, които се свързват с рекомбинация през повърхностни дефектни състояния. Сравнението на експерименталните данни за зависимостта на ширината на забранената зона от средния диаметър на нанокристалите с теоретично пресметнатите от други автори показват, че в композитните слоеве може да се предположи локализация както на електроните, така и на дупките в потенциални ями с дълбочина $\leq$ 0.6 eV. При разполагане на CdSe в матрица от GeS_2 е наблюдавано намаляване на фотопросветлението на матрицата, когато размерът на наночастиците от CdSe е > 2 nm., като е предложено логично обяснение на този ефект [11,18, 20].

В случай на многослойни структури и композитни слоеве от ZnSe/CdSe изследването чрез Раманово разсейване показва, че двата материала се смесват, което е свързано с лесно взаимно заместване на Zn и Cd и формиране на обща подрешетка [32]. Сплавяването се наблюдава и в композитни слоеве от GeS_2/CdSe [38].

5. Нанокомпозитни слоеве, съдържащи силициеви наночастици.

Чрез разработена в лабораторията методика за отлагане са получени стабилни във времето слоеве от SiO_x с даден състав в диапазона на x от 1.1 – 1.7.Чрез високоразделителна електронна микроскопия и Раманово разсейване е установено, че след термично отгряване в матрицата от SiO_x могат да се формират Si наночастици с аморфна или кристална структура

Изследвана е фотолуминесценция от такива нанокомпозитни слоеве [15, 16]. Определени са размерите на наночастиците след отгряване при различни температури; показано е, че механизмът на транспорт зависи от температурите на отгряване - при температура на отгряване 250^0C, когато в слоевете не се наблюдават наночастици, доминират токове, ограничени от пространствен заряд, докато при слоеве, отгряти при 700^0C, където се наблюдават аморфни Si частици – механизмът е Пул-Френкел, а при отгряване при 1000^0C – се наблюдава тунелиране между Si нанокристалити [24].

Предложен е нов подход за създаване на MIS структури, съдържащи аморфни и кристални Si наночастици, като изследването на волт-фарадните характеристики показват, че структурите със Si наночастици са подходящи за електронни памети [22,23,42,43]. Защитен е български патент за изготвяне на MIS структури на базата на тези материали, които са подходящи за създаване на електронни памети [45].

Приносите на д-р Леви могат да бъдат класифицирани като:

а) **разработване на методи и подходи**

1. Разработена е оригинална техника за отлагане на нанокристални и композитни слоеве с различни състави.
2. Предложен е нов подход за за създаване на MIS структури, съдържащи аморфни и кристални Si наночастици, като изследването на волт-фарадните характеристики показва, че тези в структури със Si наночастици са подходящи за електронни памети. Методът е защитен с патент.

б) получаване на нови факти:

1. В нанокристали от CdSe в аморфна матрица от GeS_2 е наблюдавано за пръв път резонансно Раманово разсейване, свързано с няколко различни електронни прехода с енергия по-голяма от ширината на забранената зона, като е показано, че този метод може да се прилага за изследване на електронната структура на нанокристали.
2. Установено е намаляване на фотопросветлението на матрицата в композитни слоеве от GeS_2-CdSe при размер на нанокисталите > 2 nm.
3. Определено е енергетичното положение на дефектни състояния на интерфейса SiO_x-CdSe, като е показано, че те са разположени на ~ 0.35 eV над върха на валентната зона.
4. Установено е, че и в двата вида материали (GeS_2-CdSe и SiO_x-CdSe транспортът на токови носители се осъществява по токови пътеки, формирани от контактуващи помежду си нанокристали.

в) получаване на потвърдителни факти:

1. Установено е, че локализацията на зарядовите носители в композитните слоеве от CdSe е тримерна, както се очаква в изолирани нанокристали.
2. Установена е зависимост на коефициента на пречупване от стехиометрията на кристал $LiTaO_3$.
3. Получени са спектри на фотолуминесценция на слоеве от ZnSe.

Резултати, представени в публикациите на **гл. асистент, доктор по физика ЗЕЛМА МОИС ЛЕВИ** представляват значителен научен принос при интерпретация на фундаменталните свойства на нанокристални материали. Заключенията са направени след задълбочени анализи на експерименталните резултати, като използваните разнообразни и съвременни методи на изследвания са допринесли за сравнение и обобщение на получените

данни и формулиране на важни изводи от научните изследвания в една изключително нова област на науката, каквато е наукознанието за наноматериалите.

Без съмнение основна част от резултатите и приносите, представени в дисертационния труд са осъществени главно с участието на кандидатката. Публикациите в научни списания са в съавторство, но трябва да се отбележи, че използваните специфични методи изискват провеждане на изследвания с помощта на големи колективи.

След разговор с кандидатката, тя формулира личните си приноси в представените за конкурса публикации, както следва:

- Изследване на оптичните свойства и фотоелектрични измервания на оксидни кристали [3, 4, 5, 30, 31, 35].
- Електрични измервания на стъкла и тънки слоеве от системата $Ge_xSb_{40-x}S_{60}$ [9].
- Фотоелектрични измервания по метода на константния фототок на аморфни многослойни структури от Se/CdSe [2, 6].
- Получаване на тънки слоеве от CdSe и ZnSe и изследване на оптичните и електричните им свойства [19, 23, 25, 26, 27, 28].
- Участие в разработването на технология за получаване на многослойни структури и композитни слоеве, съдържащи нанокристални слоеве от CdSe [1, 7, 8, 10-21, 23, 32, 36-41].
- Изследване на оптичните свойства на съдържащи CdSe многослойни структури и композитни слоеве [7, 10, 13, 14, 20, 36].
- Електрични измервания на съдържащи CdSe многослойни структури и композитни слоеве [1, 10, 12, 13, 40].
- Фотоелектрични измервания на съдържащи CdSe многослойни структури и композитни слоеве [1, 7, 11, 13, 14, 20, 38].
- Участие в разработването на техника за получаване на слоеве от $Zn_xCd_{1-x}Se$ с различен състав и фотоелектрични измервания на тези слоеве [29, 34, 44].
- Участие в отлагането на тънки слоеве от SiO_x и израстването на Si наночастици в тях и в изготвянето на метал-изолатор-силиций (МИС) структури, съдържащи Si наночастици [15, 16, 22, 24, 33, 42, 43, 45].
- Оптични и електрични измервания на слоеве от SiO_x, отгрети при различни температури [24].

За значимостта на проведените изследвания и получените резултати говорят най-добре цитиранията и прилагането им от други автори. Научните изследвания, проведени от **гл. асистент, доктор по физика ЗЕЛМА МОИС ЛЕВИ,** и публикуваните резултати в тях са намерили отражение в международната и българската научна колегия – забелязани са 250 цитата на нейните трудове, като 1 публикация е цитирана 100 пъти, 1 – 14 пъти и останалите по 12, 9 и т.н. пъти. Тук ще отбележа цитатите:

1. Band-edge absorption spectroscopy of CdSe/a-SiO_x multilayer nanocomposites P.E.Shepelyavyj, I.Z. Indutnyj, V.P. Bryksa, Vas.P. Kunets, V.P. Kunets**,** Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures, 41 (2009) 436–440,

   където авторите използват предложената в публикация на кандидата зонна диаграма на многослойни структури CdSe/*a*-SiO_x, за да обяснят нарастването на оптичната ширина на забранената зона при намаляване на дебелината на отложения CdSe.

2. Laser annealing of silicon nanocrystal films formed by pulsed-laser deposition
C. F. Tan, X. Y. Chen, Y. F. Lu,Y. H. Wu, B. J. Cho, and J. N. Zeng, JOURNAL OF LASER APPLICATIONS , 16, (2004), 4678-4683

   където авторите докладват резултати, потвърждаващи тези публикувани от кандидатката и прилагат модела относно наблюдаваното насищане в зависимостта на енергията на фотолуминесценция, наблюдавана от Si нанокристали в матрица от тънък слой SiO_x.

Гл.асистент, доктор по физика ЗЕЛМА МОИС ЛЕВИ е участвала и участва понастоящем в редица научни проекти, финансирани от Фонд "Научни изследвания " при МОМН, както и в международни проекти финансирани от научната програма на НАТО и по двустранно сътрудничество. Тя има участия на международни конференции в Чехия, Германия, Румъния, Русия, Унгария, Словакия, Франция, Гърция, Сърбия, Полша, САЩ.

Всичко казано до сега е доказателство за задълбочената и сериозна научно-изследователска дейност на кандидата, която може да се постави на много високо ниво.

Резултатите, представени в рецензираните трудове, са изложени обстойно. Личи много добрата литературна осведоменост на кандидатката по разглежданите от нея проблеми. Точността и пълнотата на резултатите не будят съмнение. По мое мнение е осигурено необходимото методично равнище на научните изследванията.

Обемът на публикационната дейност на **гл. асистент, доктор по физика ЗЕЛМА МОИС ЛЕВИ** е значителен. Извършена е значителна дейност в областта на синтез и изследване на нови наноматериали като задълбочено са проведени комплексни изследвания на техните оптични структурни и електрически свойства и са показани реални възможности за тяхното приложение.

Имам лични впечатления от кандидатката, както от изследователска й дейност и от нейни участия на семинари и на конференции, така и от защитата на дисертационния й труд, който съм рецензирала. Тя се изявява изключително уверено и убедително при представяне на резултатите от своите изследвания.

ОБЩО ЗАКЛЮЧЕНИЕ НА РЕЦЕНЗЕНТА:

Подробното запознаване с научните трудове, на единствения кандидат в конкурса ми позволяват да направя заключение, че по отношение на научната си квалификация, **гл. асистент, доктор по физика ЗЕЛМА МОИС ЛЕВИ** отговаря на изискванията на ЗИАС, на Правилника на БАН и на Правилника на ИФТТ-БАН за хабилитиране като доцент в областта на обявения конкурс.

Това ми дава основание с убеденост да препоръчам на Уважаемото жури да предложи на Уважаемия Научния Съвет на ИФТТ-БАН да присъди на **гл. асистент, доктор по физика ЗЕЛМА МОИС ЛЕВИ** академичното звание **"доцент"**.

23.04.2012г. Подпис:

София