

РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс, обявен от Институт за оптични материали и технологии (ИОМТ) „акад. Н. Малиновски“, БАН (ДВ бр.48/31.05.2013) за получаване на академичното звание „доцент“ по област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, 4.2 Химически науки, специалност Физикохимия

с единствен кандидат: д-р Димитър Захариев Димитров, химик в ИОМТ

Рецензент: Дианка Димитрова Нешева-Славова, проф. дфн в Институт по физика на твърдото тяло „акад Г. Наджаков, БАН, научна специалност: 4.1 Физически науки.

1. Кратки биографични данни за д-р Димитър Димитров

Д-р Димитров завършва висше образование (магистър) през 1981 г. в Университета за химични технологии и металургия, София (сега ХТМУ) със специалност „Синтез и изследване на среди за оптичен запис на информация“. В периода 1981-1984 г. е научен сътрудник в Енергопроект, а от 05.1984 г. до 1.01.1989 г. е редовен докторант в ХТМУ. През 1989 г. защитава успешно дисертационен труд на тема „Синтез и изследване на среди за оптичен запис на информация“ с ръководител проф. д-р Марин Р. Маринов. След защитата работи като научен сътрудник в Институт за магнитни и оптични системи (1989-1991). в Централна лаборатория по фотопроекти, БАН (1989, 1992-1999, през 2000 г., 2001-2002), 1 година е на следдокторска специализация в Институт по оптика, Мадрид (1994 г.) и на 2 пъти е „поканен професор“ в Институт по електрооптично инженерство в National Chiao Tung University, Hsinch, Тайван. В периода 2002-04.2013 г. е изследовател в Изследователски институт по индустриални технологии, Hsinch, Тайван. Понастоящем е „химик“ в ИОМТ.

2. Общо описание на представените от кандидата материали

Предоставените за рецензиране материали, включват общо 56 научни труда. От тях според групирането на кандидата:

- **в специализирани реферирани списания са** 20 публикации (работи А1-А20 в списъка на кандидата);
- **доклади на конференции**, публикувани в пълен текст – 27 бр. (работи С1-С27);
- **патенти** – 9 бр. (работи В1-В9), от тях 2 бр. признати и 2 бр. заявки за американски патенти; 1 бр. признат и 2 бр. заявки за тайвански патенти, 2 бр. признати български авторски свидетелства;
- приложен е и **рефератът на дисертацията** на д-р Димитров за образователната и научна степен «доктор».

За рецензиране приемам всички трудове с изключение на: 1) автореферата и две от публикациите (работи А20 и С27), които са включени в дисертацията; 2) работа С17

защото е само резюме; 3) патенти B5 – B7, в които само резюмето е четимо. Работи C17, B5 – B7 отчитам в общата оценка на приносите на кандидата.

3. Обща характеристика на научната и научно-приложната дейност на кандидата

Основните научни интереси на д-р Димитров са в областта на отлагане на тънки слоеве от многокомпонентни системи, изследване на нови материали за оптични и компютърни памети с фазов преход, оптимизиране на параметрите на фотоволтаични преобразуватели на базата на силиций. Преобладаващата част от изследванията на д-р Димитров могат да се обединят в две групи:

I. Подобряване на параметрите на фотоволтаични преобразуватели на базата на силиций.

Тази група изследвания са проведени през последните по-малко от 10 години в Изследователския институт по индустриални технологии, Hsinch, Тайван, където д-р Димитров е работил. Основните резултати в тази област са върху:

I.1. Структуриране на повърхността на мултикристален и монокристален силиций.

(а) най-ранните резултати са свързани с метода на химическо ецване, катализирано от метални (Ag) наночастици (работи C6, C7, C9). Предложено е наноструктуриране на повърхността в двустъпков чисто химически мокър процес в който сухото ецване или реактивно йонно ецване, използвани от други автори, се заменят с по-прост и евтин химически процес. Постигнато е отражение <3% без друго антиотражателно покритие, но е показано, че наноструктурирането може да влоши параметрите на слънчевия елемент, включително качеството на металните контакти.

(б) Горните изследвания са доразвити в оригинален тристъпков метод за микротекстуриране на повърхността с обърнати пирамиди (работи A2, A3, A6). При този метод не се използва литография, няма съществено влошаване на параметрите, отражението е намалено до 5% и е увеличена квантовата ефективност в късовълновата област (350-550 nm). Предимства на метода са екологичните отпадъчните продукти, по-ниска цена на технологията при постигане на същите параметри, както при други обработки.

(в) Предложен е нов двустъпков, чисто химически мокър процес за получаване на т.н. „черен” силиций (работи A2, A4, C5, C8, B2, B5), който включва обработка на повърхността за нехомогенно оксидиране, последвано от ецване на промененните области. Отражението в цялата област 300-900 nm е намалено до 5%. Методът е подходящ за всички типове кристални силициеви подложки, а допълнително загладяване на повърхността подобрява квантовата ефективност в късовълновата област.

(г) Чрез комбинирано нано-микротекстуриране и микро-нанотекстуриране с използване на трите изброени по-горе подхода и допълнително загладяване на

повърхността са получени най-добрите за този група изследвания параметри на фотоволтаичните преобразуватели (работи A1, A2, C3).

1.2. Други технологии за подобряване на ефективността на слънчевите елементи

(а) Подобрена е ефективността на елемент, направен с промишлена мултикристална силициева пластина, чрез PECVD отлагане на нискотемпературен слой (220°C) от силициев нитрид (като антиотражателно и пасивиращо покритие) и допълнителна мокра химическа обработка в силен оксидант (работа A7).

(б) Предложени са методи за формиране на селективен емитер чрез лазерно структуриране (работа A5) или чрез химическа обработка (патенти B4, B7).

(в) Разработени са и методи за получаване слънчеви елементи на базата на хетеропреход кристален/аморфен силиций с контакти на задната повърхност (подадена е заявка за патент (B3)) и слънчеви елементи с метализирани канали за подобряване на транспорта на зарядовите носители (C2).

II. Разработване и характеризиране на среди и структури за оптични дискове и постоянни електронни памет

(а) Най-отдалечени във времето са работите върху лазерно отлагане на тънки слоеве от Te-Se-Sn, Te-Ge-Sn-O, (работи A17, C26) и Te-O-Ln (работи A19, C25). Предимства на тази техника са високата чистота и добре контролиран състав на слоевете. Добри постижение при слоевете от Te-Se-Sn са получаването на аморфни слоеве без охлаждане на подложката и осъществяването на запис с Nd:YAG лазер. Предложен е механизъм на наблюдаваните промени. За слоевете от Te-O-Ln е показано, че оптичните им свойства се влияят от наличието на O ваканции, а термичното третиране увеличава количеството на кристалната фаза и променя оптичните параметри.

(б) Значително внимание е отделено на тънки слоеве от $\text{Sb}_x\text{Se}_{100-x}$, отложени с термично изпарение във вакуум при вариране на състава в широки граници ($x=0.4-0.80$) (работи A12-A15, C20-C23). Показано е, че температурата на кристализация намалява с нарастване на x (работа C23) и аморфната фаза е най-стабилна при състав близък до стехиометричния (Sb_2Se_3) (работи A14, A15). Наблюдавана е структурна релаксация на аморфния материал, предхождаща кристализацията, която също води до промени в оптичните свойства (работа C22). Показано е, че слоеве с $x=0.45, 0.55$ и само 10-20 nm дебелина са с подходящи оптични характеристики за запис със светлина с дължина на вълната 640 и 780 nm (работа A12). Установено е, че при кристализацията се образуват едновременно чист Sb и Sb_2Se_3 (работи A13, A14) и в слоеве с $x=0.7-0.8$, чрез подходящо отгряване са формирани нанокристали от Sb с размери 12-20 nm (работи A13, C20, C21).

(в) Изследвани са магнетронно разпрасени слоеве на базата на $\text{Ge}_x\text{Sb}_{100-x}$ (работи A8, C11-C15) и GeSbTe (работи A9, A10, C16, C19). Мотивът е, че Sb е с много кратко време на фазова трансформация (10 nsec), но има проблем със стабилността на аморфната фаза и затова за високоскоростен запис със синя светлина се изследва GeSb с много Sb. Установено е, че кристализационната температура намалява с увеличаване на антимона и при стайна температур слоевете са аморфни до 94 ат.% Sb. При слоеве с 10% Ge е изследвано влиянието на легиране с Sn или с Sn+Ag (работа C15) и е постигнат висок оптичен контраст (54 DB) върху диск с DVD структура. Легирането с Ga е довело до подобрена изтриваемост (до 25 децибела) (работи A8, C13). При $\text{Ge}_{21}\text{Sb}_{26}\text{Te}_{53}$ слоеве, легирани с N, O или O+N, е наблюдавана по-висока температура на кристализация и по-малък размер на зърната (работи A9, A10, C16, C19). С това е увеличена чувствителността на записа и скоростта на пълно изтриване на информацията и е осигурен по-добър оптичен контраст. Най-добри са резултатите при комбинирано легиране с O+N.

(г) Най-новите изследвани среди за запис са слоеве от GeSbSnIn и GeSbIn (работи C11, C12), които са с фина структура (20 nm в GeSbSnIn при $\text{Ge}_{10}\text{Sb}_{90}$ (52 nm)). При запис върху GeSbIn с 405 nm светлина и линейни скорости 14 m/sec за 400 nm „белег“ и 12.5 m/sec при 250 nm „белег“ са получени добри оптичен контраст и изтриваемост. Тук изследванията се разширяват и към фазови електрични памети. При кристализация е наблюдавана >2 порядъка промяна в електричното съпротивление.

(д) Показана е възможност с нанасяне на допълнителни слоеве от Te да се постигне термично-индуцирана свръхразделителна способност в обратими оптични дискове за детектиране на записана информация с размери под дифракционния лимит (работи A11, C17).

По-слабо са застъпени изследванията на тънки слоеве, подходящи за други приложения. Това са диамантеноподобни въглеродни слоеве за защитни покрития на магнитни дискове (работа A18) и полиимидни слоеве с фина структура с висока химическа и термична стабилност и диелектрична константа и диелектрични загуби, подобни на тези на SiO_2 , които са приложими в микроелектрониката (работи A16, C24).

Въз основа на представения по-горе анализ, считам, че приносите на д-р Димитров могат да се обединят в три групи:

- 1) създаване на нови методи за наноструктуриране на повърхността на кристален и мултикристален силиций;

- 2) получаване и доказване на много нови данни: (а) за структурата, оптичните свойства, кинетиките и енергията на кристализация на изброените по-горе материали за оптичен запис на информация и (б) за подобряване на параметрите на фотоволтаични елементи с използване на микро- и наноструктуриране на

повърхността или с подобрена ефективност на преобразуване след прилагане на други нови технологии.

3) получаване на множество потвърдителни факти.

В документите за конкурса няма данни за внедрени в практиката резултати, но много от приносите, могат да се използват от работещи в областта индустриални структури.

4. Оценка на публикациите и личен принос на кандидата

Резултатите, представени в публикациите на д-р Димитър Димитров представляват важен научно-приложен принос за подобряване на параметрите на фотоволтаичните преобразуватели на базата на силиций и за разработването на материали за оптичен запис на информация. Използваният набор от методики за изследване е допринесъл за провеждане на задълбочени анализи и формулиране на убедителни изводи. Дискутирани са и възможностите за по-нататъшно подобряване на параметрите.

Тринадесет от публикациите на кандидата са в реномирани международни списания с ИФ: Thin Solid Films-3, Vacuum-2, Proc. SPIE-2, Appl.Surf.Sci.-1, Phys.Stat. Solidi (a)-1, Electronic Lett.-1, Mater.Sci.Eng.B-1, Jpn.J.Appl.Phys.-1, J.Non-Cryst.Solids-1. Общият ИФ е около 17.6. В документите на кандидата е представен и внушителен списък за участие с доклади в 51 конференции (32 в чужбина и 19 в България), от които 1 е поканен доклад (No20 в списъка), 27 от тях са публикувани в пълен текст. Нямам принципни забележки към публикациите, но намирам че резюметата на част от тях не дават достатъчно пълна информация за съдържанието на публикацията. 20 от публикациите са цитирани общо 139 пъти, което показва много добро познаване на резултатите от международната научна общност. Най-цитирани са работи A12-21 пъти, A15-19 пъти, A9-18 пъти. Специално внимание ще обърна на голямия брой патенти, които не носят много цитирания, но са доказателство за ефективността на научно-приложната дейност на кандидата.

В половината от представените за рецензиране статии д-р Димитров е първи автор, в 15 статии – втори, в 8 – трети и само в 5 е на 4-то или след 4-то място. Въз основа на обичайната практика мястото на автора да се определя от приноса му в изследването, разглеждам тази информация като свидетелство за много съществен личен принос на кандидата. Д-р Димитров има водеща роля в изследванията по наноструктуриране на силициеви повърхности.

5. Педагогическа дейност

От получената допълнителна информация се вижда, че д-р Димитров има значителна педагогическа дейност: бил е втори ръководител на 2 дипломанти за

магистър (Taiwan, National Ocean University) и на една докторска работа (Taiwan, NCTU).

ОБЩО ЗАКЛЮЧЕНИЕ НА РЕЦЕНЗЕНТА:

Броят на представените за участие в конкурса публикации, както и броят на забелязаните цитирания с много надвишава минималните изисквания на ИОМТ за присъждане на академичното звание „доцент“. Освен това д-р Димитров е бил ръководител на 1 проект и участник в 2 проекта с базова организация ЦЛАФОР-БАН, а също ръководител на 1 проект и участник в 10 проекта в NCTU и ITRI, Тайван и още участник в по 1 проект в Енергопроект, Институт за Магнитни и Оптични Системи и Институт по Оптика. Анализът на цялостната дейност на д-р Димитров показва, че той е изследовател със задълбочени познания в две важни области – оптични и електрични паметни и преобразуватели на слънчева енергия – и способност да поставя и разрешава научни проблеми. Въз основа на това убедено препоръчвам на Уважаемото жури да предложи на Уважаемия Научен съвет на ИОМТ-БАН да присъди на д-р Димитър Захариев Димитров академичната длъжност “доцент”.

23.09.2013 г.

Рецензент :

гр. София

(проф. д-р Д. Нешева)