

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационния труд на инж. Ани Ангелова Стоилова на тема “Изследване на сложни тройни халкогенидни тънки слоеве” за придобиване на образователната и научна степен “доктор” по научната специалност 4.1 Физически науки (Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя) с научен ръководител проф. д-р Пламен Петков.

РЕЦЕНЗЕНТ: Проф. д-р Людмил Петров Вацкичев, член на състава на научното жури съгласно заповед на Ректора на ХТМУ от 25.04.2013 г. за провеждане на процедурата за публична защита на дисертацията.

1. Биографични данни и научни интереси на авторката на дисертационния труд. Ани Стоилова е родена на 15.10.1979 г. и е българска гражданка. Получава бакалавърска и магистърска степени по инженерна химия (с преподаване на немски език) след обучение в ХТМУ от 2000-2005 г. и специализира в Рур Университет-Бохум, Германия и в Техническия университет-Кемниц, Германия. Като дипломиран инженер-химик, през 2007-2009 г. работи като технически сътрудник, проект-координатор и хоноруван преводач на техническа документация на немски и български език в наши и чуждестранни фирми в България. От 2010 г. е на работа като инженер-химик в катедра Физика на ХТМУ – София. През 2012 г. тя е зачислена като докторант на самостоятелна подготовка в същата катедра с научен ръководител проф. д-р Пламен Петков, а през 2013 г. е отчислена с право на защита. Владее отлично (писмено и говоримо) немски език и задоволително – английски език. Има умения за работа с компютърни програми и Интернет. Интересът ѝ към научните изследвания вероятно води началото си още от специализацията ѝ в Рур Университет-Бохум, Германия.

2. Преглед на дисертационни труд и анализ на резултатите. Дисертационният труд на инж. А. Стоилова е на тема “Изследване на сложни тройни халкогенидни тънки слоеве” и е обсъден и приет за защита на заседание на разширен научен съвет в катедра “Физика” на 21.03.2013 г. Съдържанието му е изложено на 117 стр. и в него са цитирани 165 източника. То е посветено на модерна област в *информационните технологии*, в която се търсят и изследват нови материали за оптичен запис на информация, между които стъклообразните системи с различен химичен състав се сочат в научната литература като *най-перспективни*. Затова получаването и изследването на сложни тройни халкогенидни стъкла, на които е посветена дисертацията на инж. А. Стоилова, имат *обещаващ научен и приложен принос* за осъществяване на оптичен запис на информация в тях. С тях са свързани и *основните задачи*, които дисертантката си поставя. Те включват синтез на обемни образци Ge-Se-In, чийто състав и структура се анализират с физични и химични експериментални методи. От тях се получават тънки слоеве, чийто състав и структура също се изучават детайлно, като *специално внимание* се обръща на технологичните процеси при изпарение и кондензация. От приложна гледна точка *особено интересни* са изследванията на оптичните свойства на получените тънки слоеве и резултатите от тях разкриват възможността за осъществяване на оптичен запис на информация в тънки слоеве Ge-Se-In. Така формулираните резултати съответстват на *задачите*, които инж. А. Стоилова си е поставяла по време на изследователския процес, и показват

методите, чрез които е постигната *целта* на проведеното цялостно изследване, описано в дисертационния труд.

Съдържанието на дисертацията започва с *обстоен* литературен обзор, в който се разглеждат разнообразните свойства на халкогенидните полупроводникови стъкла, които определят възможността за осъществяване на холографски оптичен запис в тях. Проучени са подробно редица техни качества като разделителна способност, дифракционна ефективност, чувствителност и др., като се цитират редица чужди научни публикации, между които и една монография. На холографския запис в слоеве от стъкла е посветено *щателно проучване* на чуждите научни резултати. Характерно за повечето от тях е съдържанието на арсен (As), а останалите съставки се добавят за подобряване на оптическите свойства на продукта. Арсенът обаче има доста вредно влияние върху човешкия организъм и затова продължава търсенето на нови материали, които не са опасни при производството на устройства за холографски запис на информация. Това обяснява факта, че дисертантката може би е насочила своите изследвания и по *хуманитарни съображения* към образци от Ge-Se-In.

3. Оценка на съответствието между автореферата и дисертационния труд. Дисертацията на инж. А Стоилова в оформена в няколко раздела. В първия от тях (Увод) след въстъпителните бележки са формулирани *целта* на дисертацията и задачите, произтичащи от нея, *изложени ясно и в сбита форма*. Във втория раздел е направен *подробен и компетентен* литературен обзор на научните резултати на други изследователи, имащи отношение към дисертационната тематика. Съдържанието на обзора обхваща около 40% от обема на дисертацията и в него са включени основни понятия и процеси при формиране на стъклообразните материали. Разгледани са кинетичните фактори и теории при стъклообразуването, видовете стъклообразни материали и структурни модели, свързани с тях. Подробно са описани свойствата на халкогенидните стъклообразни материали, съдържащи Ge-Se – тяхната структура и модели за обяснението ѝ, както и някои непълноти в обяснението им от чужди автори. Специално внимание се обръща на материалите, съдържащи Ge-Se, заради възможностите за приложението им в холографските памети, електронно-лъчевата литография и другаде. И докато системата Ge-Se е проучена обстойно от множество други автори, относно системата Ge-Se-In (обект на самата дисертация) “почти липсва информация за възможностите тя да бъде използвана като среда за оптичен запис на информация”. Това е *заключението* на направения от дисертантката литературен обзор, което е най-същественият *аргумент в полза* на проведените от нея изследвания и резултати, изложени в третия раздел, наименован “Експериментална част”.

Разделът “Експериментална част” започва с описание на синтеза на обемни образци Ge-Se-In, при съотношения Ge/Se 1:4, 1:5 и 1:6 и различно съдържание на In в образците, при което се определят съставите и границите на областта на стъклообразуване за образците. Посочени са технологичните условия за получаването им с последващ анализ на тяхната структура. Анализът се извършва върху резултатите от рентгеновата дифракция, които показват аморфно състояние на образците и условията, при които в тях се появяват кристални фази, свързани с участието на In. Изследванията на обемните образци продължават чрез инфрачервена спектроскопия, при която в получените спектри се наблюдават широки пикове, характерни за аморфните материали. Направено е сравнение между спектрите на образците Ge-Se-In и тези на сходни аморфни

системи Ge-Se, съдържащи Te, Ga, Sb, Tl и B, и се коментира евентуалното влияние на In върху различията в спектрите. Предполага се, че “структурата на стъклата в системата Ge-Se-In е изградена от мрежа, съставена от структурни единици тетраедричен GeSe_2 и пирамидален In_2Se_3 ”. Описани са подробно резултатите от Рамановата спектроскопия и е направено сравнение между спектралните пикове при Ge-Se и други добавки, включително и In. Обемните образци са изследвани също със сканираща електронна микроскопия, абсорбционна рентгенова спектроскопия, синхронна рентгенова дифракция и неутронография. В изследванията е използвана апаратура на чуждестранни научни организации и анализът на резултатите е направен със специални програми, включително и компютърно моделиране. Изследвани са и някои физико-химични свойства на объемните образци Ge-Se-In като плътност, компактност и моларен обем и са представени графично структурните фрагменти в системата Ge-Se-In, в която In води до допълнителна “аморфизация” на стъклото в объемните образци, важно за получаването на тънки аморфни слоеве с посочения състав.

Направената съпоставка между изследванията на Ge-Se и Ge-Se-In при объемните образци е важна стъпка за обяснение на резултатите при тънките слоеве Ge-Se-In, нанесени чрез изпарение във вакуум при контролиран температурен режим, отчитащ скоростта и температурата на изпарение, както и зависимостта на скоростта и енергията на кондензация от температурата на подложката за слоеве с различно съдържание на In в тях. Анализът на така получените слоеве е направен с различни методи: с Оже-спектроскопия, установяваща идентичността на състава на слоевете с този на объемните образци и с Рентгенова дифракция и електронна микроскопия, установяващи аморфността на слоевете както тази в объемните образци. Установено е влиянието на In върху механичните напрежения в отложените тънкослойни образци. С оглед на евентуалното практическо приложение на слоевете в устройства за оптичен запис на информация са направени изследвания на спектрите на пропускане и на отражение на слоевете и са определени основните им оптични константи (като показател на пречупване и ширина на забранената зона в зависимост от съдържанието на In в образците). Подробно е изследвана възможността за холографски запис в синтезираните аморфни слоеве и е установена дифракционна ефективност на записа при различно съдържание на In в тях.

Като цяло както дисертационният труд, така и авторефератът към него, отразяват достатъчно пълно замисъла, съдържанието на конкретните изследвания и анализа на получените експериментални резултати по темата на дисертацията. Те са реализирани чрез използването на подходяща апаратура за конкретните измервания, както и на методи и модели, характерни за тях.

4. Характеристика и оценка на приносите в дисертационния труд.

Приносите в дисертационния труд (от гледна точка на дисертантката) са систематизирани в раздела “Изводи”, който съдържа систематизирана информация за получените технологични резултати, за определени свойства и параметри на тънките слоеве, както и резултатът от холографския запис в тях. Такъв род приноси са *задължителни* при изследвания на новополучени тънки слоеве. Те определят технологичните условия, при които от масивните образци се получават тънкослойни такива, като се запазва аморфната им структура и се установява (в случая) каква е така нар. структурна мрежа от атоми в слоя. Определени са важни параметри на процесите като енергията на изпарение и кондензация на системата Ge-Se-In (в зависимост от състава), които са съществени за спектралната

прозрачност на слоевете и така е реализиран успешно холографския запис в слоевете Ge-Se-In. Оказва се, че дифракционната ефективност на този запис превишава на четири порядъка записа в чистия Se и на два порядъка тази в системата Ge-Se. Този експериментален резултат показва *практическата полза* от изследването в дисертацията и оформя неговия *научни-практически принос*.

5. Мнение за публикациите на дисертанта по темата на дисертационния труд. На пръв поглед публикациите на дисертантката са колективни и затова трудно може да се определи личният ѝ принос във всяка от тях. Но все пак научните резултати, поместени в тях, са реализирани с множество разнообразни технологии, апаратура за изследвания и анализи, които *естествено изискват участието на специалисти с разнообразен опит и познания по избраната тематика*. Затова сред съавторите на публикациите са не само български колеги на инж. А. Стоилова, но и чуждестранни специалисти, с които тя е установила необходимото сътрудничество. Затова и двете ѝ публикации в списания с импакт-фактор, публикувани през 2009 и 2010 г., са с международно съавторство. Публицистичната дейност на инж. А. Стоилова продължава с българско съавторство при участието ѝ в научни форуми във Франция (1 постер) и Румъния (1 постер), както и на научни сесии и конференции у нас (3 постера). Последната публикация в международно списание, но без импакт-фактор, в с българско съавторство и е направена през 2012 г. Тези данни показват, че научните изследвания на инж. А. Стоилова продължават *активно* до пълното оформяне на дисертацията и личното ѝ участие в тях е било обсъждано и е получило *положителна оценка* в катедрата по “Физика” на ХТМУ.

6. Критични бележки и коментarii. Единствените критични бележки на рецензента се отнасят до номерацията на списъка от публикации с участието на дисертантката, която номерация би трябвало да фигурира в дисертационния текст с нейните данни и коментар на резултатите, получени с нейно участие. Така всеки читател на дисертацията и автореферата би получил бърз отговор на въпроса кои от резултатите и коментарите към тях, направени от инж. А. Стоилова, *къде* са публикувани.

Съдържанието на дисертационния труд и авторефератът към него са изложение ясно и сбито на “научен език”, характерен за научните публикации не само за избраната научна област. Неголемият брой вече отпечатани в списания публикации може да бъде разширен значително чрез оформянето на такива на базата на докладваните вече на конференции постери. Желателно е новоподготвените текстове да бъдат максимално съобразени с изискванията и изпратени на авторитетни научни списания с импакт-фактор, за да получат по-голяма международна известност и така да допринесат за бъдещата научна кариера на инж. Ани Ангелова Стоилова в областта и на научните длъжности.

7. Лични впечатления за дисертанта. Преди да се заема с рецензирането на дисертационния труд *не познавах* лично инж. А. Стоилова и нямаш представа за нейните изследвания в катедрата по физика на ХТМУ и извън нея. Затова личните си впечатления изградих върху характера на изследванията, описани в дисертационния труд и съм на мнение, че те имат *сериозен научен характер*, изискват лични нейни *компетенции* от разнообразно естество (научна подготовка в тематиката, информираност за чуждите изследвания в нея, експериментални умения и задълбочен анализ), които инж. А. Стоилова *несъмнено притежава*.

8. Заключение. Съдържанието на дисертационния труд и постигнатите научни резултати, описани в него, *отговарят* на изискванията на Закона за развитие на академичния състав на РБ и Правилника на ХТМУ за прилагането му. Те са *достатъчни* за придобиването на образователната и научна степен “доктор”, която *убедено* предлагам журито да присъди на инж. Ани Ангелова Стоилова.

София, 18.05.2013 г.

РЕЦЕНЗЕНТ:

(Проф. дфн. Л. Вацкичев)