

РЕЦЕНЗИЯ

от

Проф. дфн. Дориана Иванова Малиновска, ЦЛ СЕНЕИ-БАН,

Домашен адрес: община Слатина, ул. Хемус бл. 61 А, ап. 20, София 1574

Върху дисертационен труд за присъждане

на образователната и научна степен „Доктор”

**Професионално направление 4.1 „Физически науки” („Електрични,
магнитни и оптични свойства на кондензираната материя”)**

Тема на дисертационния труд:

„ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИ Bi_2Se_3 - Bi_2Te_3 ТЪНКИ СЛОЕВЕ“

Автор на дисертационния труд: Алла Мохамед Мохамед Адам

Алла Мохамед Мохамед Адам е придобил диплом за магистърска степен от Университет Сохаг, Египет, през 2011г., със специализация „Физика“. В периода (март 2007г. - септември 2011г.) е бил асистент-изследовател и демонстратор по физика, а през периода (октомври 2013г.- юли 2015г.) като асистент-лектор и изследовател към Департамента по физика в Университет Сохаг, Египет.

Има опит в научно-изследователска дейност по различни проекти, финансирани от програма TEMPUS, както и от ХТМУ-София. Преди зачисляването му в докторавтура към ХТМУ е участвал с доклади на конференции в Египет, както е и съ-автор на 2 публикации в научни списания.

От 01.10.2013г. е зачислен като редовен докторант към катедра „Физика“ при ХТМУ по професионално направление 4.1 „Физически науки” („Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя”) с научен ръководител проф. д.р инж. Пламен Петков.

По време на обучението по време на докторантурата е **Алла Мохамед Мохамед Адам** положил успешно 4 изпита: 1 изпит - по научната специалност „Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя” с оценка

„отличен (5.50)”, 1 изпит - по „Физика на тънките слоеве - синтез, структура и свойства“ (специализиращ) с оценка „отличен (5.75)”, и 1 изпит - по „Стъклообразни полупроводници“ (широкопрофилен) с оценка „отличен (5.50)”, както и 1 изпит по чужд език (английски) с оценка „отличен (5.50)”. Отчислен е с право на защита, считано от 01.10. 2015 г.

Дисертационният труд на **Алла Мохамед Мохамед Адам** е посветен на синтез и изследване на халогенни стъклообразни материали $\text{Bi}_2\text{Se}_3\text{-Bi}_2\text{Te}_3$. Тези материали притежават свойства, които привличат вниманието на изследователите във връзка с възможността да бъдат използвани за създаване на термоелектрични прибори за преобразуване на енергия. За бъдещото използване на материалите в иновационните технологии е необходимо провеждане на задълбочено изучаване на методите на синтез и свойствата им. Това определя темата на дисертационния труд и проведените изследвания като актуални, както от гледна точка на фундаменталните изследвания, така и за практическо приложение на резултатите.

Дисертационният труд на **Алла Мохамед Мохамед Адам** е написан на 178 стр. и съдържа: Въведение, Теоретичен и литературен преглед, Експериментална техника, Резултати и дискусия, Обобщение и заключение, както и Списъци на цитираната литература и на авторските публикации, в които са публикувани представените резултати. Трудът е илюстриран с 10 таблици и 78 фигури, 26 от тях са включени в литературния обзор, 17 илюстрират експерименталните методи и техника и 30 фигури представят експерименталните резултати. Една фигура не е номерирана (стр.19). Цитирани са 202 литературни източници, въпреки че са представени 203, (един източник е цитиран 2 пъти - № 160 и 161).

Прави впечатление използване на литературни източници в областта на синтез и изучаване на свойствата на изследваните в дисертационния труд материали, публикувани след 1959г., но ще отбележа, че половината от цитирани публикации са от последните 15 години.

Целите на дисертационния труд са формулирани много общо – изследване на сложни халкогенидни материали за термоелектрическо приложение и в оптоелектрониката (стр. 7). В автореферата тези цели са описани в известна степен по-конкретно – изследване на нови халкогенидни стъклообразни

материали от системата $\text{Bi}_2\text{Se}_3\text{-Bi}_2\text{Te}_3$ и постигане на по-високи стойности на термоелектричната ефективност в температурния интервал 300-500K.

От подробно представения обзор на литературата личи, че дисертантът добре познава състоянието на проблемите, като е демонстрирал добро владение на физичните аспекти на процесите, свързани със синтез и изследване на свойствата на халкогенидните стъклообразни материали във връзка с тяхното използване като термоелектрични материали.

Експерименталните методи са избрани подходящо за постигане на целите на проведените изследвания. Използвани са методи за определяне на фазовия състав – Рентгенова дифракция (XRD), за изследване на микроструктурата - Сканираща електронна микроскопия (SEM) в комбинация с Енергийно дисперсионна рентгенова микроскопия (EDAX), Трансмисионна електронна микроскопия (TEM), Атомно-силова микроскопия (AFM). Изследвани са физико-химични свойства като плътност, компактност, моларен обем и свободен обем. Термоелектричната мощност е измерена чрез двусондов метод и е изчислен коефициентът на Зеебек в температурен интервал 30-200 °C.

Разгледани са и са описани и анализирани методите на синтез на обемните материали, както и методи на получаване на тънките слоеве - чрез вакуумно изпарение и лазерно импулсно изпарение (т.н. лазерна аблация). Данните от изследванията са съпроводени с представяне на експериментални данни, съдържащи XRD дифрактограми, SEM, AFM, както и данни за физико-химичните свойства на обемните материали и на отложените тънки слоеве в зависимост от състава. Проведените термоелектрични изследвания показват зависимостта на коефициента на Зеебек от температурата. От изследванията на оптичните свойства (оптично поглъщане) са определени коефициентът на поглъщане и неговата спектрална зависимост за образци с различно съдържание на Te и, съответно, на Se. Изчислени са стойностите на ширината на забранената зона, на показателя на пречупване и на коефициента на екстинкция на получените тънки слоеве и тяхното изменение от промяната на съдържанието на Te.

Проведените изследвания са способствали за изясняване на технологичните и изследователски задачи и обобщаване на резултатите в дисертационния труд.

В резултат на проведените изследвания са получени следни по-важни резултати:

- Чрез конвенционелен метод – от стопилка, са получени обемни образци от сплави $\text{Bi}_2(\text{Se}_{1-x}\text{Te}_x)_3$. Показано е, че плътността на получените материали зависи от съдържанието на Те.
- Чрез методите на термично изпарение във вакуум и импулсно лазерно отлагане са получени тънки слоеве от $\text{Bi}_2(\text{Se}_{1-x}\text{Te}_x)_3$ като е изследвано влиянието на съдържанието на Те върху техните структурни, физико-химични, електрични, оптични свойства и коефициента на Зебеек.
- Получени са по-високи стойности на коефициента на Зебеек на тънките слоеве в сравнение с обемните материали, което се обяснява с квантово ограничение на електроните в тънките слоеве $\text{Bi}_2(\text{Se}_{1-x}\text{Te}_x)_3$ при наличие на кристални зърна с наноразмери.
- Наблюдавано е намаляване на проводимостта на отложените слоеве $\text{Bi}_2(\text{Se}_{1-x}\text{Te}_x)_3$ с увеличаване на температурата на изследване (метална проводимост), което е обяснено с разсейване на носителите при наличие на наноразмерна структура.
- Изчисленията на стойностите на електронната топло-проводност на отложените слоеве $\text{Bi}_2(\text{Se}_{1-x}\text{Te}_x)_3$, показват екстремално ниски стойности, което се обяснява с разсейване на носителите на границите на зърната.
- Показано е, че слоевете Bi_2Te_3 и $\text{Bi}_2\text{Se}_{0.6}\text{Te}_{2.4}$ имат най-високи стойности на термоелектричен „figure of merit“ (ZT) при стайна температура – 0.85 и 0.84, съответно. Най-високи стойности на ZT за регистрирани при 200 °C като те са максимални за състави Bi_2Te_3 и $\text{Bi}_2\text{Se}_{1.2}\text{Te}_{1.8}$ – 3.07 и 2.75, съответно. Тези стойности показват възможностите за приложение на тези материали за термоелектрични елементи

- Изследванията на оптичните свойства на отложените слоеве $\text{Bi}_2(\text{Se}_{1-x}\text{Te}_x)_3$ показват високи стойности на коефициента на поглъщане по-силно изразено в инфрачервената област на спектъра. Определена е ширината на забранената зона на слоевете и е показано, че нейните стойности намаляват от 1.75 до 1.04 eV с увеличаване на съдържанието на Te, x, от 0.00 до 1.00.

Научните приноси на дисертационния труд могат да бъдат квалифицирани като:

1. Разработване на нови методи за синтез на термоелектрични материали (*принос 1 и 2*).
2. Създаване на хипотеза (*принос 4*).
3. Получаване на нови данни (*приноси 2, 3 и 5*).

Авторефератът на дисертационния труд не съответства изцяло на текста и резултатите от изследванията, представени в дисертационния труд. Представените резултати, изводите и приносите не са описани достатъчно информативно. Липса индикация към кой текст се отнасят представените фигури.

Дисертационният труд се базира на 2 публикации в специализирани научни списания (едната от които е под печат) и 1 статия в книга-сборник от NATO ASI. Резултатите, публикувани от дисертантката, съответстват на тези, представени и дискутирани в научните статии и постери.

Считам, че докторантът има основен принос при провеждане на експериментите и представяне на резултати от изследванията, които са включени в дисертационния труд – той е първи автор във всички публикации, които са в съавторство с научния ръководител на докторантурата и още един ученик и които са способствали за провеждането на експериментите и обсъждането на резултатите.

Ще отбележа, че в дисертацията не са представени спектри на отражение. Възниква въпросът как са изчислени стойностите на коефициента на поглъщане и чрез него ширината на забранената зона?

В текста на дисертационния труд има неизяснени твърдения, напр. (стр 164) – цитирам: 1. „Physico-chemical investigations have been studied for the bulk synthesized samples. The density obtained from experiment showed an increase

followed by decrease. (Физикохимични изследвания са проведени на синтезираните обемни образци. Получените от експериментите стойности на плътността показват увеличение, последвано от намаляване.) “

2. Не е представена дискусия и възниква въпросът защо в спектрите на трансмисия (Т) се наблюдава сложен ход на зависимостта от концентрацията на Те - намаляване на Т при концентрации на Те 10%, увеличаване при 20% намаляване при концентрации на Те > 20% кои параметъри на изследваните материали предизвикват описаното изменение.

3. С каква точност са определени стойностите на ширината на оптичната зона, на активационната енергия (табл 4.7), на показателя на пречупване, на коефициента на екстинция. Някои данни са представени с числа до четвъртия и дори до петия знак след точката (Табл 4. 7 и 4.9).

В дисертационния труд има значителен брой технически грешки. Като примери ще посоча: несъответствието между посочените в съдържанието номера на страниците с номерата, дадени на всяка страница, липсата на номер на фигурата на стр. 27, на фиг. 4.12 (зависимости на коефициента на Зеебек, S , от температурата) са показани 4 графики с индикация на едно и също съдържание на Те, $x = 0.00$ (стр.115 и стр.116), докато от текста личи, че стойностите на x трябва да бъдат различни, недостатъчно информативни са надписите към фигурите и др.

Посочените пропуски не намаляват значимостта на представените резултати в дисертационния труд.

След като се запознах с дисертационния труд, автореферата и представените научни публикации на **Алла Мохамед Мохамед Адам**, считам, че материалите отговарят на изискванията на ХТМУ за присъждане на **образователната и научна степен „доктор”** и с пълна убеденост препоръчвам на членовете на научното жури да гласуват за присъждане на тази степен на **Алла Мохамед Мохамед Адам**.

07.01.2016 г.

София

Подпис:

