

СТАНОВИЩЕ

от професор д-р Бранимир Банов,

от *Институт по Електрохимия и Енергийни Системи – БАН*, член на **Научно Жури** за защита на дисертационен труд за получаване на *образователна и научна степен „доктор”* по научна специалност **4.1 Физични науки** (*Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя*).

За кандидата:

Научна организация: Химикотехнологичен и Металургичен Университет – София;

Автор на дисертационния труд: Ала Мохамед Мохамед Адам;

Тема на дисертационния труд: *”Термоелектрични Bi_2Se_3 - Bi_2Te_3 - тънки слоеве”*.

Представеният ми за рецензиране дисертационен труд на Ала Мохамед Мохамед Адам представлява системно и задълбочено изследване върху едно ново приложение на халкогенидни тънки слоеве от системата бисмут селен телур като термоелектрични генератори.

Темата на дисертацията е актуална и попада в едно много интересно направление отнасящо се до производство и трансформация на енергия. Световната енергийна криза и опазването на околната среда налагат все повече да се обръща внимание и да се търсят нови материали и технологии за съхранение и конверсия на различни енергийни системи.

В дисертационният труд се преплитат, общо материалознание - синтез на нови материали, пълно физикохимично охарактеризиране, електрични и термоелектрични свойства, оптични свойства, все приоритетни области от общочовешко значение.

Работата е написана на 182 стр. съдържа 46 фигури, 10 таблици, като са цитирани 203 източника. От обема се вижда, че това е една много задълбочена и целенасочена работа. Изключително добро впечатление прави литературния обзор, който обхваща не само световната литература, но и подробно описание на използваните методи които дисертанта в крайна сметка трябва да овладее в края на своето обучение.

Ще започна хронологично с извършената и обобщена изследователска дейност.

Синтезирани са обемни образци от системата $Bi_2(Se_{1-x}Te)_3$, за x от 0.0 до 1.0, като на получените образци са извършени пълни

физикохимични изследвания, включващи последователно XRD, DSC&TG. Получените резултати са обобщени в таблица където са показани и измерените температури на кристализация и топене на споменатия по-горе ред. На така получените проби са направени SEM снимки и резултатите са обсъдени. Проведен е и EDAX (energy dispersive X-ray analysis). Определени са и останалите физикохимични параметри като плътност като е направен и анализ на постигната от измерването точност на този параметър. Тази оценка за мен е важна защото показва и самокритичност на човека провеждащ самото изследване и измерени или изчислени резултати. В това представяне на резултатите са дадени и компактността на материалите, молния обем и координационното число. На графика е показано, че молният обем минава през минимум.

От така пригответените и напълно охарактеризирани физикохимично обемни образци са изготвени проби чрез VTE метода. Получените тънки филми чрез вакуумно термично изпарение са подложени на повторни физикохимични изследвания, които включват, XRD, SEM, TEM, *TEP* **реална термоелектрична мощност** коефициент на *Сеебек*, електропроводност и разбира се оптични характеристики в честотния диапазон от 400 nm до 900 nm и от 900 nm до 2700 nm. Снети са спектрите на отражение и пропускане. Резултатите са обсъдени. Направена е корелация между съдържанието на *Te* в пробите и коефициента на абсорбция. Коефициента на абсорбция е изчислен на база измерената пропускливост и отражение, като е взето под внимание дебелината на филма. От получените данни е изчислена и екстинкцията на тънките филми. Ширината на забранената оптичната зона е изчислена по добре познатия начин използвайки *Tauc-plot* и неговото уравнение. Индексът на пречупване също е изчислен на база на отражението и екстинкцията по позната формула. Получените данни са представени графично и обсъдени.

Тук пак ще отбележа със задоволство, че от направените измервания на определени параметри дисертанта е показал, че може да извлече пълната информация за обекта, използвайки и познавайки взаимовръзките и релациите между отделните реално измеряеми и познаваеми величини.

Използвайки и метода на PLD импулсно лазерно отлагане дисертанта е изготвил проби със следните състави за $x = 0.0, 0.5, \text{ и } 1.0$. Този път пробите са получени с UV ексимерен лазер на KrF^* работещ на 248nm дължина на вълната и генериращ импулс с продължителност 25ns и отдаващ енергия от 3.3J.cm^{-2} .

Изследваните състави и в този случай са подложени на внимателно физикохимично охарактеризиране. Снетите рентгенограми обаче показват определени "онечиствания" от типа Bi_3Se_4 за пробата получена за $x = 0.0$. При $x = 0.5$, се наблюдават примеси от следните фази Bi_3Se_4 ,

BiTe, а при $x=1.0$ (*Bi₂Te₃*) отново *BiTe*. На изследваните образци са направени снимки с AFM, на които много добре се вижда получената повърхност на PLD пробите. Повишаването на съдържанието на Te води до намаляване на грапавостта на получените проби в посока *Bi₂Se₃* към *Bi₂Te₃*. И за тези проби са снети оптични спектри, като получените дебелини в дадения случай са в диапазона 170-230 nm. Приложена е отново описаната за VTE методика и резултатите са представени в графичен и табличен вид. Представени са сравнителни резултати за пробите получени по двата метода VTE и PLD. Данните включват още екстинкция, ширина на оптичната забранена зона и индекса на пречупване.

На база всичко горе изложено са направени изводи за приносите от проведеното научно изследване. Те могат да се обобщят, както следва:

- Успешно са получени обемни образци от системата *Bi₂(Se_{1-x}Te_x)₃*, за $x=0.0\div1.0$.
- Получените обемни образци са комплексно физикохимично охарактеризирани и тяхната структура е обяснена от гледна точка на строежа на кристалния *Bi₂X₃*, представляващ подредени в реда X–Bi–X–Bi–X, или Te–Bi–Se–Bi–Te, петслойни структурни единици от Bi и X хексагонални равнини, формиращи ромбоедрична решетка, в която единичните клетки се състоят от три слоя, свързани със слаби вандерваалсови връзки.
- На база определените физикохимични свойства на обемните образци, е изяснен ефектът от добавянето на *Te* към *Bi₂Se₃* и влиянието му върху плътността, компактността, моларния обем и свободния обем.
- По два различни метода са получени тънки слоеве от системата *Bi₂(Se_{1-x}Te_x)₃*, за $x=0.0\div1.0$, и филмите са охарактеризирани чрез XRD, SEM, TEM и AFM. Получените по двата метода тънки слоеве, са хомогенни, с добра повърхностна грапавост и морфология.
- Термоелектрични свойства на получените материали са проверена, измерен е коефициентът на *Зеебек* (S), електропроводимостта (σ) и термичната проводимост (k) на слоевете получени чрез (VTE). Електричната и термичната проводимост са изключително ниски поради наличието на наноразмерни клъстери на повърхността на филмите. При високи температури коефициентът на *Зеебек* е с високи стойности. Стойностите на *ZT* при високи температури показват възможност за употребата на тези материали в реални термоелектрични елементи.
- Изучени са оптичните свойства на тънките филми от системата *Bi₂(Se_{1-x}Te_x)₃*, за реда $x=0.0\div1.0$, получени по два различни метода.

Определени са коефициентът на абсорбция, на екстинкция, показателят на пречупване и ширината на оптичната забранената зона.

- Изяснен е ефектът от добавянето на *Te* към системата *Bi₂Se₃* върху оптичните свойства на получените филми. Резултати показват възможност за реална употребата на тези филми в системи за оптичен запис.

Наукометрични показатели:

Предложеният ми за *становище* дисертационен труд е базиран на общо **8(осем)** публични изяви, **3(три)** броя са *публикации в международни списания с импакт фактор* и **5 (пет)** са доклади от конференции в пълен текст, **2(две)** на национални конференции с международно участие и **3(три)** в чужбина две през **2014** и една през **2015**. И в трите публикации **Ала Мохамед Мохамед Адам** е на *първо място*. Резултатите от дисертационния труд са представяни на национални и международни форуми където са предизвикали определен научен интерес в научната общност.

Така предложените материали отговарят напълно на препоръчителните изисквания на **Правилника** и условията за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в **Химикотехнологичния и Металургичен Университет - София**, където съгласно **чл. 11 т(4)** е казано дословно: "... или **3 (три)** научни публикации в доклади на международни форуми отпечатани в пълен текст."

Въз основа на всичко изложено по-горе, изразявам своето *положително становище* по представения ми за оценяване дисертационен труд и предлагам на уважаваното **Научното Жури** да присъди образователната и научна степен „доктор” на **Ала Мохамед Мохамед Адам**.

София, 06.01.2016 г.

Член на НЖ: /........../

/професор д-р Бранимир Банов/