

## **РЕЦЕНЗИЯ**

**от проф. д-р Теменужка Йовчева,**

**ръководител на катедра „Експериментална физика“ на ПУ „П. Хилендарски“**

на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен 'доктор'

в област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика,

професионално направление: 4.1 Физически науки,

докторска програма: Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя

**Автор:** Теодора Иванова Пашова

**Тема:** Флуоресценция на среди в поле на високоенергитично лъчение

**Научен ръководител:** Проф. д-р Тинко Александров Ефтимов

### **1. Общо описание на представените материали**

Със заповед № Р33-3548 от 14.07.2016г. на Ректора на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“ (ПУ) съм определена за член на научното жури за осигуряване на процедура за защита на дисертационен труд на тема „Флуоресценция на среди в поле на високоенергитично лъчение“ за придобиване на образователната и научна степен ‘доктор’ в област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление: 4.1 Физически науки, докторска програма “Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя“. Автор на дисертационния труд е Теодора Иванова Пашова – редовен докторант към катедра „Експериментална физика“ с научен ръководител проф. д-р Тинко Александров Ефтимов от Пловдивски университет.

Представеният от Теодора Иванова Пашова комплект материали на хартиен носител е в съответствие с чл.36 (1) от Правилника за развитие на академичния състав на ПУ, включва всички необходими документи.

Докторантката е приложила 6 научни публикации, от които 1 в списание с импакт фактор и 5 участия в научни конференции.

### **2. Кратки биографични данни за докторанта**

Теодора Иванова Пашова е родена през 1986г. Тя е придобила последователно във Физически факултет на Пловдивски университет ”Паисий Хилендарски” ОКС бакалавър по инженерна физика през 2009г. и ОКС магистър по Фотоника и модерни оптични технологии през 2011г. В периода от 2010г. - 2011г. е била хоноруван преподавател в Пловдивски университет и е водила лабораторни упражнения по Молекулна физика и АВИТО. Работила е 1 година като младши инспектор в РЗИ Пловдив. От януари 2014г. до април 2015г. е

работила като физик в Ергин ЕООД, а от септември 2015г. до сега работи като машинен оператор в Геоглоуб Юръп ЕООД. От март 2012г. до март 2015г. е докторант – редовна форма на обучение в катедра „Експериментална физика“ на ПУ „Паисий Хилендарски“. Активно участва в организирането на няколко научни конференции в Пловдивски университет.

### **3. Актуалност на тематиката и целесъобразност на поставените цели и задачи**

Целта на дисертацията е свързана с научно-изследователска дейност с фундаментален характер, а в практически план резултатите са от актуален интерес за приложения във фотониката. Основната цел е свързана с изследване на оптичните свойства на многокомпонентни системи на основата на  $ZnO/ZnF_2$ , легирани със самарий, при оптично възбуждане в широк диапазон от дължини на вълните, включително и рентгеново лъчение, за получаване на подходящи нови материали с потенциално приложение като енергийни преобразуватели, което и определя високата степен на актуалност на настоящата работа.

### **4. Познаване на проблема**

Направеното изложение и анализ в докторската дисертация показва, че докторантката добре познава състоянието на проблема и оценява творчески литературния материал по проблема. В дисертацията са използвани 119 литературни източници, главно книги и статии на утвърдени научни издателства, като повечето от тях са публикувани след 2000 година.

### **5. Методика на изследването**

Дисертационният труд има ясно формулирани цел и задачи. Целта на работата е охарактеризиране оптичните свойства на модифицирани стъклени и стъклокристални цинк-борфосфатни материали. Добре са поставени четирите основни задачи. Избраните методики на синтез на пробите и химичното им представяне, както и методите за изследване на характеристиките и ефективността на флуоресцентните спектри, позволяват постигане на поставената цел и получаване на адекватен отговор на задачите, решавани в дисертационния труд.

### **6. Характеристика и оценка на дисертационния труд**

Дисертационният труд е структуриран в шест основни глави, заключение, основни приноси, списък на авторски публикации и апробации. Цялостното оформление е добре изпълнено и илюстрирано с фигури, схеми, снимки, спектри, таблици, представени като 73 фигури, 10 таблици и 119 литературни източника.

**В първа глава** са разгледани основните понятия и закономерности при взаимодействието на светлината с оптичните материали и при фотолуминисценцията. Описани са монохроматори и спектрофлуориметри. Трябва да се отбележи, че докторантката си е позволила да даде някои елементарни обяснения и схеми, които се дават в базовия курс по Оптика на ОКС „бакалавър“ по Инженерна физика като например в част 1.4. линейно пречупване и закон на Снелиус, както и поглъщане и закон на Ламберт-Бер, в част 1.6 дифракционна решетка и френелова дифракция. Добро впечатление прави това, че при описанието на различни оптични материали, легирани с редкоземни елементи, се споменават възможностите им за различни практически приложения.

**Във втора глава** накратко са представени подготовката на образците и използваните експериментални методи за анализ.

**В трета глава** са разгледани оптичните свойства на  $ZnO-P_2O_5-B_2O_3-Sm_2O_3$  стъкла и зависимостта им от състава на стъклата, като изследванията са разделени на две части.

*В първата част е променяно само съотношението на  $P_2O_5: B_2O_3$ .* Установено е, че стъклата поглъщат лъчение в област от 200 до 450 nm и пропускат над 450 nm, като съставът на пробите влияе само върху интензитета на флуоресценция. Показано е, че най – ефективен е източникът за напмпване с дължина на вълната 395 nm и най- чувствителен е съставът на матрицата при съотношение на  $P_2O_5: B_2O_3$  1:2, т.к. при този състав има изцяло аморфна фаза, което гарантира изотропност при разпространение на светлината в пробата.

*Във втората част е променяна концентрацията на редкоземния йон самарий ( $Sm^{3+}$ ) при съотношение на  $P_2O_5: B_2O_3$  1:2.* Установено е, че интензитетът на флуоресценция намалява с увеличаване количественото съдържание на  $Sm_2O_3$ . В материали със състав  $72ZnO-9.69P_2O_5-18B_2O_3-xSm_2O_3$  ( $x = 0.25, 0.50, 0.75$  [mol%]) се индуцира конверсия на самариевите йони, при оптично възбуждане на 535 nm, като най-ефективна е конверсията при  $x = 0.75$  mol%  $Sm_2O_3$ .

**В четвърта глава** са разгледани оптичните свойства на  $ZnO-ZnF_2-P_2O_5-B_2O_3-Sm_2O_3-SmF_2$  стъкла при съотношението на  $P_2O_5: B_2O_3$  1:2 и зависимостта им от състава на стъклата, като изследванията са разделени на две части.

*В първата част е променяно само съдържанието на легиращите редкоземни йони - самариев оксид ( $Sm_2O_3$ ) и самариев флуорид ( $SmF_2$ ).* Експериментално е показано, че интензитетът на флуоресцентния спектър зависи от съдържанието на  $Sm_2O_3$  и  $SmF_3$ . Установено е, че най-ефективен е източникът на възбуждане в диапазона 390-420 nm, като зависи от концентрацията на редкоземния йон.

Във втората част се променя процентното съотношение между ZnO и ZnF<sub>2</sub>. Експериментално е показано, че интензитетът на флуоресценция се изменя нелинейно с изменението на съдържанието на ZnF<sub>2</sub>. Установено е, че най-ефективен е източникът на възбуждане на 405 nm. Наблюдавана е конверсия на Sm йони (Sm<sup>3+</sup> → Sm<sup>2+</sup>) под въздействие на високоенергетично лъчение и е установено, че това е обратим процес. Амплитудният спад във флуоресцентния сигнал при въздействие с рентгеново лъчение е добре описан със степенен закон, зависещ от дължината на вълната на флуоресценция.

**В пета глава** са разгледани оптичните свойства на ZnO – SrCO<sub>3</sub> – ZnF<sub>2</sub> – SrF<sub>2</sub> – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – SmF<sub>3</sub> стъкла и зависимостта им от състава на стъклата, като пробите се различават по количественото съдържание на SrCO<sub>3</sub> – стронциев карбонат. Експериментално е показано, че интензитетът на флуоресценция се изменя нелинейно с изменението на съдържанието на стронциев карбонат. Максимална интензивност на емисия в цялата изследвана област е получена при съдържание 7.5 mol% SrCO<sub>3</sub>. Максимална интензивност във флуоресцентните емисионни спектри при всички образци се получава при оптично напомнимане на 405 nm.

**В шеста глава** са разгледани оптичните свойства на ZnO – ZnSe – SrF<sub>2</sub> – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – SmF<sub>3</sub> (ZSPB) стъкла като се изменя количественото съдържание на цинковия селенид (ZnSe) от 6.5 до 66.5 mol%, за да се провери възможността за индуциране на конверсия на вложения редкоземен йон, вследствие облъчване с рентгеново лъчение, т.е. да се провери наличие на сензорен ефект. Експериментално е показано, че интензитетът на флуоресценция се изменя нелинейно с изменението на съдържанието на ZnSe. Максимална интензивност на емисия в цялата изследвана област е получена при съдържание 6.5 mol% на цинков селенид. Максимална интензивност във флуоресцентните емисионни спектри при всички образци се получава при оптично напомнимане на 405 nm. Установено е, че Zn-Se-оксифлуоридни материали, съдържащи ZnSe от 6,5 до 66,5 mol%, са нечувствителни при излагане на рентгеново лъчение и не се наблюдава сензорен ефект.

## **7. Приноси и значимост на разработката за науката и практиката**

Основните приноси на дисертационния труд са значими за науката и за практиката. Те имат научно-приложен характер с потенциално приложение за разработване на сензорни елементи за рентгеново лъчение.

1. Успешно са синтезирани няколко вида стъклени материали и детайлно са изследвани техните флуорисцентни спектри в зависимост от съсъва им както следва:

- стъкла Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: ZnO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,

- за първи път са получени по метода на високотемпературен синтез оксифлуорисни материали от системите  $\text{ZnO-ZnF}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-B}_2\text{O}_3\text{: Sm}_2\text{O}_3\text{/SmF}_3$  и  $\text{ZnO - SrCO}_3\text{ - ZnF}_2\text{ - SrF}_2\text{ - P}_2\text{O}_5\text{ - B}_2\text{O}_3\text{ - Sm}_2\text{O}_3\text{ - SmF}_3$ ,
  - нови, функционални материали на основата на  $\text{ZnSe}$  добавен към оксифлуоридна матрица  $\text{ZnO - ZnSe - SrF}_2\text{ - P}_2\text{O}_5\text{ - B}_2\text{O}_3\text{ - Sm}_2\text{O}_3\text{ - SmF}_3$  (ZSPB).
2. След въздействие с високоенергетично рентгеново лъчение експериментално е наблюдавана конверсия на самариеви йони  $\text{Sm}^{3+} \rightarrow \text{Sm}^{2+}$  в стъклени материали  $\text{Sm}_2\text{O}_3\text{: ZnO-P}_2\text{O}_5\text{-B}_2\text{O}_3$ , при възбуждане с лазерно лъчение с дължина на вълната 535 nm.
  3. Установен е обратим сензорен ефект, при частична конверсия на  $\text{Sm}^{3+} \rightarrow \text{Sm}^{2+}$  в оксифлуоридни материали от системата  $\text{ZnO-ZnF}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-B}_2\text{O}_3\text{: Sm}_2\text{O}_3\text{/SmF}_3$  под въздействие на високоенергетично рентгеново лъчение и е установен степенен закон в амплитудния спад на флуоресценцията като времеви параметър и степенния показател зависят от дължината на вълната.

## **8. Преценка на публикациите по дисертационния труд**

Публикациите, които отразяват резултати на дисертацията, са 6 научни публикации и 5 апробации в научни конференции. Една от публикациите е в утвърдено научно списание с IF, което показва научната значимост на работата. 4 от статиите са на английски език и са публикувани в международни научни списания, а 2 – са на български език в национални научни списания. Всички статии са представени от колектив от 4 или 5 съавтора, тъй като работите са експериментални. 5 от научните публикации са в съавторство с ръководителя на докторантката. Добро впечатление прави фактът, че в 4 от статиите Теодора Пашова е първи автор, което по безспорен начин показва нейния принос при провеждането на експерименталните изследвания и техния анализ.

## **9. Лично участие на докторанта**

Докторантката е извършила огромна експериментална работа и е направила обработка на получените резултати. Коректно са описани експерименталните резултати и научно е обоснован техния анализ. Безспорно докторантката е запозната с теорията и методите, използвани в дисертацията, придобила е практически знания и умения за провеждане на научен експеримент и анализ на получените резултати. Считаю, че личното участие на докторантката в изготвяне на дисертационния труд е значимо.

## **10. Автореферат**

Авторефератът отговаря на съдържанието на дисертационния труд и включва най-съществените резултати, илюстрирани с подходящи графики, спектри и снимки. Той е изработен според изискванията на съответните правилници и отразява основните резултати, постигнати в дисертацията.

## **11. Критични забележки, въпроси и препоръки**

Имам някои забележки към техническото оформяне на работата, които смятам, че ще бъдат от полза на докторантката при бъдещото и развитие.

Има допуснати доста правописни и пунктоационни грешки.

В много фигури и таблици са използвани надписи на латиница. Например фиг. 1.1.1, 1.5.3, 1.7.1, 1.7.2, 1.7.3 и табл. 1.1.1. са на английски език без превод, което не е допустимо.

Използвани са неточни изрази като например:

на стр. 12 - „Отражението е отскачане на светлината на разстояние от повърхността на стъклото...“, „Коефициентът на пречупване за оптични материали ... е комплексно материално свойство“, „Зависимостта на дължината на вълната от коефициента на пречупване е дисперсията.“,

на стр. 43 – „Според критерия на Релей, максимума на дадена дължина на вълната съвпада с максимума на съседна дължина на вълната...“

Към докторантката имам следните въпроси:

Как е определена големината на частиците в изследваните прахообразни образци?

Докторантката ли е правила рентгенодифракционния анализ и анализа на термограмите от ДСК?

Моята препоръка е Теодора Пашова да продължи работата си в това направление до изработване на конкретен сензор на рентгеново лъчение.

## **12. Лични впечатления**

Познавам лично Теодора Иванова Пашова, т.к. тя е била моя студентка и е водила лабораторни упражнения в катедра „Експериментална физика“ на Пловдивски университет. Имам добри лични впечатления за работата на докторантката. Тя е един развиващ се млад учен с добри възможности и компетентности за прецизно провеждане на експериментални изследвания, необходими за изпълнението на конкретна физична задача.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисертационният труд *съдържа научни, научно-приложни и приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката* и отговарят на всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и съответния Правилник на ПУ „Паисий Хилендарски“. Представените материали и дисертационни резултати **напълно** съответстват на специфичните изисквания на Физическия факултет, приети във връзка с Правилника на ПУ за приложение на ЗРАСРБ.

Дисертационният труд показва, че докторантката Теодора Иванова Пашова **притежава** добри теоретични знания и професионални умения по научна специалност „Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя“ като **демонстрира** качества и умения за самостоятелно провеждане на научно изследване.

Поради гореизложеното, давам своята **положителна оценка** за проведеното изследване, представено от рецензираните по-горе дисертационен труд, автореферат, постигнати резултати и приноси, и **предлагам на почитаемото научно жури да присъди образователната и научна степен ‘доктор’** на Теодора Иванова Пашова в област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление: 4.1 Физически науки, докторска програма: Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя.

25.10.2016 г.

Рецензент: .....

(проф. д-р Теменужка Йовчева)