

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен "Доктор"

Автор на дисертационния труд: Росен Йорданов Георгиев, задочен докторант в ИОМТ-БАН

Тема на дисертационния труд: "Мезопорест ниобиев оксид: получаване, характеризиране и оптимизиране за сензорни приложения"

Професионално направление: 4.1 „Природни науки“, Научна специалност: „Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя“

Рецензент: Вера Маринова Господинова, проф., дфн., ИОМТ-БАН

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение

Целта на дисертационния труд е намирането на най-подходящи условия за възпроизводимо получаване на мезопорести тънки слоеве от Nb2O5 за използването им като активна среда в оптични сензори. Дисертацията има ясно определена практическа насоченост за разработване на нов тип компактни, евтини и лесни за направа устройства за оптично детектиране на пари на органични съединения.

Интересът към оптохимичните сензори и по-специално към стековете на Браг (четвърт-вълнови стекове, представляващи многослойни системи от редуващи се слоеве с висок и нисък показател на пречупване) е изключително актуален през последните години. Затова установяването на методиките за отлагане на тънки слоеве и дизайн на разработването на стекове на Браг на тяхна основа, както и оптимизирането им за детектиране на пари на летливи органични съединения е важна и оправдана задача от гледна точка на изключителната им значимост за обществото. В тази връзка темата на настоящата дисертация е актуална не само в социален аспект, тя има мултидисциплинарен характер, като обединява оптика, физико-химия и екология.

В дисертацията е избран нов, различен от познатите до момента подходи за изграждане на стекове на Браг, като е използван един и същ материал, а оптичният контраст е постигнат чрез създаване на мезопористост в самия материал. След детайлно проучване на съществуващите материали, като най-подходящ докторантът е избрал Nb2O5 -прозрачен оксиден полупроводник с отлична химична и корозионна устойчивост, както в кисела, така и в алкална среда. В допълнение,

Nb₂O₅ притежава висок показател на пречупване, което позволява модулацията на показателя на пречупване да се осъществява в широки граници и осигури висок оптичен контраст, необходим за генериране на ивица на високо отражение посредством малък брой слоеве в стека.

За изпълнение на целите на дисертационния труд, дисертантът си е поставил следните задачи:

- Да подбере на най-подходящи блокови съполимери за използването им като шаблони за мезоструктуриране и изучаване на мицелообразуването при стайна температура
- Да отработи техника на отлагане на тънки мезопорести слоеве от Nb₂O₅ с контролирана пористост чрез 2 метода: зол-гел метод и метод на мекия шаблон.
- Да изследва влиянието на параметрите на мекия шаблон върху оптичните, морфологични, структурни и сензорни свойства на слоеве от Nb₂O₅
- Да проектира и отложи стекове на Браг, използвайки тънки слоеве от Nb₂O₅, характеризира и оптимизира за детектиране на пари на летливи органични съединения.

2. Познава ли дисертантът състоянието на проблема и оценява ли творчески литературния материал.

Представената ми за рецензиране дисертация на докторант Росен Йорданов Георгиев се състои от 110 страници, 45 фигури, 14 таблици и 246 цитирани източника. Работата е написана логически, на достъпно ниво и е много добре подредена. Много често, след представяне на серия от експериментални резултати, дисертантът подробно анализира и напомня за набелязаната цел, с което улеснява читателя.

Дисертацията е разделена на 4 основни части. В първата, уводна част, подробно са разгледани методите за отлагане на тънки слоеве, като специално внимание е отделено на методите за получаване на мезопорести материали и са описани свойствата на различни мезопорести оксиди. Също така, подробно са описани стековете на Браг, представляващи многослойна система от редуващи се слоеве с висок и нисък показател на пречупване и ивица на високо отражение, чувствителна към промени на параметрите на стека. Подробно са обяснени принципите на детекция и селективност на разглежданите структури. Съдържанието на този раздел показва много добро познаване на съвременното състояние на проблема и възможност за интерпретация. Затова целите и задачите

на дисертационния труд са поставени много точно. В глава 2 детайлно е описан подбора на избраните 4 органични темплейта - блокови съполимери от серията Pluronic на BASF за използването им като шаблони за отлагане на мезопорести тънки слоеве от Nb_2O_5 . Глава 3 е посветена на отлагането на тънки слоеве от Nb_2O_5 по методите на зол-гел и центрофужно отлагане, като подробно са описани параметрите на отлагане с цел получаване на максимална пористост. Последната 4 глава е посветена на проектирането на стекове на Браг на основата на плътни и порести слоеве от Nb_2O_5 и е демонстрирано тяхното приложение като оптични сензори за детектиране на пари на ацетон. В резултат на проведените изследвания са отбелязани научните приноси. Дисертацията завършва със заключение, списък на статиите на докторанта и на използваната литература.

3. Избрана методика на изследване.

За провеждане на експерименталните изследвания са използвани 2 различни метода за отлагане на тънки слоеве (зол-гел и центрофужно отлагане), както и спектрофотометрични измервания, фотолуминесценция, сканираща електронна микроскопия.

Проведени са моделирания на стековете чрез т.нар. метод на матричния трансфер.

Научен и приложен интерес представляват представените резултати, получени в Глави 3 и 4.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд.

В дисертационния труд са представени експериментални резултати от систематично и насочено проведени научни изследвания.

Посредством разработена експериментална методика са определени критичните концентрации на мицелообразуване на изследваните съполимери. Образоването на мицели е потвърдено чрез метода на динамичното светлинно разсейване и трансмисионната електронна микроскопия. Изследванията, които имат приносен характер за отразени в Глави 3 и 4.

В глава 3 са представени резултати от получаването и изследване на тънки слоеве от ниобиев оксид приготвени по зол-гел методи чрез центрофужно отлагане. Определени са оптичните константи и дебелината на слоеве по метода на нелинейно минимизиране на разликата между изчислен и измерен спектър на отражение. За да се потвърди наличието на пори е изследвана морфологията и структурата на тънките слоеве чрез трансмисионна електронна микроскопия. В детайли е изследвано температурното третиране на отложените слоеве с цел

оптимизиране режима на загряване и получаване на максимална пористост. Прави впечатление големия брой експерименти, които са проведени, което дава възможност за получаване на подробна и статистически коректна информация и направата на обобщаващи изводи за 4-те темплейта, избрани за отлагане на тънки порести слоеве от Nb_2O_5 .

В глава 4 са представени резултати от моделиране на стековете и са пресметнати коефициентите на пропускане и отражение на стека с цел максимална пористост и най-голямо количество абсорбиран ацетон, както и постигане на по-голям контраст, което позволява получаването на по-висок интензитет на ивицата с по-малък брой слоеве в стека. Изследвано е взаимното проникване на слоевете, като е показана необходимостта да се третира температурно всеки слой, за да се запазят границите между отделните слоеве. Определено е температурното влияние върху всеки един слой от стековете. Подбрани са два порести слоя, получени с помощта на темплейти PE6800 и PE6200, вградени в стекове на Браг. При първия е получен най-голям свободен обем, а при втория - най-голямо количество абсорбиран ацетон. Демонстрирани са приложения като оптични сензори в 2 режима на работа - на отражение и на пропускане.

Резултатите са представени много ясно в графичен и табличен вид.

5. Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд.

Приносите в дисертационния труд могат да се класифицират както следва:

За първи път е изработен стек на Браг, изграден само от един тип материал, Nb_2O_5 , като оптичният контраст е осигурен чрез въвеждане на мезопористост в четните слоеве на стека.

Разработен е нов метод за определяне на критичната концентрация на мицелообразуване, като е измервано спектралното отместване на абсорбционния пик на хидрофобното багрило вместо на интензитета му, което позволява да се определи критичната концентрация на мицелообразуване при температури, при които интензитета на абсорбционния пик е нисък и класическият метод не може да се приложи.

Демонстрирана е възможност за отлагане на тънки слоеве от Nb_2O_5 с различни показатели на пречупване и пренебрежимо малки загуби от поглъщане и разсейване.

Демонстрирано е прилагане на стековете на Браг, изградени само от Nb_2O_5 за оптично детектиране на пари на летливи органични съединения, като е получено повече от 10 пъти увеличение на чувствителността, в сравнение с единичен слой.

Представени резултати са оригинални и достоверни.

6. Личен принос на дисертанта

Анализа на дисертационния труд и публикациите на Росен Йорданов Георгиев, върху които е написана дисертацията, дават основание да се приеме, че той има *основна и водеща роля в тези изследвания*.

Подробното изследване за подбора на органичните темплейти за отлагане на мезопорестите тънки слоеве, проведените експерименти по различните измервания на оптичните константи и температурни зависимости, представената дискусия, подкрепена с много подробен анализ на научните резултати- всичко това показва, че те са личен принос на докторанта.

Познавам Росен Георгиев от началото на докторантската му програма в ИОМТ и имам отлични впечатления за неговата научна компетентност, ерудираност и самостоятелност при планирането и извършването на задачите по дисертацията. Тук трябва да отбележа и отличните ми впечатления от неговата активност от участия в международни школи и желанието му да получава нови знания и опит, от отличното му представяне на доклади на научни конференции и форуми, потвърждение за което са изброените от автора десетки спечелени награди.

7. Публикации по дисертационния труд

Дисертационния труд е написан на основата на 3 публикувани работи в специализирани списания, от които 1 в Opt & Quant Electron (Q2; IF-1.55), 1 в Journal of Physics: Conf. Series (Q3; SJR 0.221) и 1 в Proceeding SPIE (SJR 0.238). Публикациите представят оригинални резултати, голяма част от които са представени в дисертационния труд.

Представените от кандидата материали включват всички изисквани документи, свързани с провеждането на защитата и отговарят на изискванията, съгласно Закона за развитието на академичния състав на Република България и правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в ИОМТ-БАН. Съгласно представените наукометрични данни, докторантът отговаря на националните изисквания, посочени в ЗРАС, Правилника на БАН и изискванията приети от НС на ИОМТ-БАН.

8. Авторефератът е изготвен съгласно изискванията, като в него са отразени основните резултати, заключения и приноси на дисертационния труд.

9. Въпроси и коментари

Дисертацията е написана ясно и е много добре подредена. Има дребни технически и пунктоационни грешки, на места липсва литература, както в текста на дисертацията, така и в самият списък на литературните източници (например номера 176-178), което по никакъв начин не омаловажава стойността на работата.

Имам следните въпроси и коментари:

1. Независимо от големия брой цитирани литературни източника, което разбира се прави много добро впечатление, липсват сравнения с параметрите на други оптични сензори, разработени от други автори.
2. Как са изчислени цветните координати за двата стека, показани на Фиг. 4.13. (посочената лит. [246] не е пълна)?
3. Каква е стабилността на разработените стекове във времето и спрямо околната среда?

Посочените по-горе забележки ни най-малко не променят мнението ми за достойнствата и качеството на дисертацията, както и за личния принос на автора.

10. Заключение

Представеният дисертационен труд на магистър по физика Росен Георгиев характеризира кандидата като много добре квалифициран специалист в областта на отлагане, характеризиране и приложения на тънки слоеве, способен за провеждане на научни изследвания на високо научно ниво в изключително важна и перспективна област.

В заключение, убедено препоръчвам на Уважаемото жури и на Уважаемият Научен Съвет към ИОМТ-БАН да присъди на магистър Росен Георгиев научната степен „доктор“.

28.12.2019

Рецензент:

/проф. дфн. Вера Маринова/

Чл. 4, т. 4 от
Регл. (ЕС)
2016/679