

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на
образователна и научна степен “доктор”

Автор на дисертационния труд: *Гергана Емилова Алексиева*

Тема на дисертационния труд: *“Акустични свойства и приложения на полимерни
материали”*

Рецензент: *Лозан Спасов Славов - дфн, член-кореспондент на БАН*

Представеният дисертационният труд е резултат от проведени научни и приложни изследвания на акустичните параметри и сорбционните свойства на полимерни материали и възможностите за създаване на акустичен сензор за селективна газова абсорбция. За тази цел са използвани богатите възможности, които предоставят полимерните материали и натрупания опит в лабораторията по Акустични вълни към катедрата по “Физика на твърдото тяло и микроелектроника” на Физическия факултет на СУ “Св. Климент Охридски” при изследване на възбуждането и разпространението на микроакустични вълни в твърди тела и слоести системи.

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

Полимерите (синтетични и биополимери) по разпространеност заемат второ място след суровинните (рудни и нерудни) материали в природата. Биополимерите съставят над 75% от сухото вещество на живата клетка и по своите функции са с решаващ принос за съществуването и генезиса на живата материя. Синтетичните полимери откриват безпрецедентни възможности за приложения като полупроводници, свръхпроводници, светоemitиращи диоди и батерии, топлинни и фотоволтаични клетки и високоселективни мембрани. Това голямо разнообразие от полимерни материали и възможността за контрлирано изграждане на полимерната структура, открива широки възможности за създаване и модифициране на нови наноструктурирани и наноразмерни материали и композити с новопридобити свойства и възможности за нови приложения. Всичко заедно предопределя безалтернативно необходимостта от интензивна изследователска и приложна дейност в областта на полимерната наука и практика.

От друга страна ежегодното изхвърляне в атмосферата на огромни количества от токсични газове, опасни за живота и здравето на човека, изисква създаването на високочувствителни газови сензори и надежни сензорни системи за екологичен контрол. Пиезорезонансните методи, по многообразието на функционалните им възможности, са едни от най-широкообхватните. Те дават възможност за приложения в различни области за измерване на механични параметри (сила, налягане, ускорение, деформация), температурни сензори, вакууммери, устройства за измерване на *микромаси* и на тази основа регистриране наличието на различни токсични газове в атмосферата. По разрешаваща способност и точност пиезорезонансните устройства в много от случаите превъзхождат преобразователите изпълнени на други физически принципи. В някои случаи при измерване на механични величини, температура и *микромаси* са достигнати прагови чувствителности от порядъка на 10^{-6} – 10^{-7} от върховата стойност на измерваната величина, което им дава възможност да работят с висока точност в широк динамичен интервал. Високата прагова чувствителност на

микроакустичните устройства в съчетание с проявените сорбционни свойства на тънки полимерни слоеве, открива перспектива за създаване на газови сензори за екологичен контрол с висока чувствителност и селективност.

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

Дисертационният труд е представен на 144 страници и съдържа: увод, обща и специална част, заключение и приноси на дисертацията, литература и публикувани научни статии и доклади върху които се основава дисертацията.

В общата част (гл.2), дисертанта представя физическите основи на възбуждането и разпространението на микроакустични вълни в кондензирани среди, включително такива с пиезоелектрични свойства. По аналогичен начин е представено експозе върху физичните, пиезоелектричните и акустичните свойства на някои от полимерните материали и възможностите им за приложения в тънкослойната електроника. Въпреки, че дисертацията е посветена основно на резултати от експериментална дейност, включването на тази глава играе важна роля, както за по-доброто разбиране на получените резултати, така и за оценка на теоретичната подготовка и осведоменост на дисертанта. Представения материал показва, че дисертанта има отлична теоретична подготовка и литературна осведоменост, познава както състоянието на проблема който трябва да решава, така и методологията за разрешаването му.

3. Избраната методика на изследване може ли да даде отговор на поставената цел и задачи на дисертационния труд?

Специфичен обект на изследване в дисертацията са полимерни материали. Поради високото акустично затихване в полимерите, класическите импулсни ехо-методи за анализ срещат трудности, които акустооптиката преодолява с възможността за сканиране на акустичната мощност по направление на акустичния вълнов вектор. Предложеният акустооптичен метод позволява едновременното бързо определяне на акустичната скорост и затихване и компютърна регистрация на параметрите им.

Дисертанта работи в лабораторията по акустични вълни в катедрата по Физика на кондензираното състояние и микроелектроника на Ф₃Ф на СУ”Св.К.Охридски”, която има богат опит и експериментални възможности в прилагането на акустооптичните методи за изследване на кондензирани среди, така за изследване на сорбционните свойства на полимерни слоеве, отложени върху високочестотни резонаторни елементи с обемни (ОАВ) и повърхнинни акустични вълни (ПАВ).

Избраната методика на изследване обезпечава реализиране на цялостната програмата и изпълнение на поставената цел и задачи: акустооптични изследвания, създаване, експериментални изследвания, изпитания, анализ на сорбционните свойства на полимерни слоеве и оценка на акустичните параметри и сензорните характеристики на резонаторните елементи.

4. Кратка аналитична характеристика на проведените изследвания и оценка на приносите на дисертационния труд.

Целта, която си поставя дисертанта е изучаване на акустичните свойства на някои полимери и проучване потенциалните възможности на различни видове полимерни слоеве за създаване на химически сензори за селективна газова сорбция на базата на акустични резонатори с (ОАВ) и (ПАВ).

За постигане на тази цел са реализирани няколко задачи:

- Разработен е акустооптичен метод за експресна оценка на акустичната скорост и затихването на микроакустични вълни в прозрачни полимерни слоеве.

- Решени са поредица от експериментални и технологични задачи, свързани със синтезирането и отлагането на различни полимерни слоеве и композити върху активните области на резонаторни структури на ОАВ и ПАВ.
- Изследвани и анализирани са сорбционните им свойства. Постигани са високи чувствителности, съизмерими с най-добрите докладваните в литературата. Особено внимание заслужават високата масочувствителност на наноструктурирани полимерни композити, модифицирани със златни наносфери както и плазмено полимеризирани полимерни слоеве от хексаметилдисилоксан (HMDSLO), отложени върху високочестотни акустични резонатори на обемни акустични вълни, реализирани в тънки мембрани от AlN/Si, при които разделителната способност навлиза в интервала на *ppb*-концентрациите.

5. *В какво се състоят научните и научно-приложните приноси на дисертационния труд?*

Основните приноси на дисертационния труд могат да бъдат определени както следва:

- Разработени са метод и установка за акустооптични измервания, позволяващо експресно определяне на скоростта и затихването на акустични вълни в прозрачни полимерни материали с използването на непретенциозна експериментална техника. Получените резултати показват, че предложеният метод и установка с успех могат да бъдат използвани за характеризиране на материали с високо акустично затихване и влиянието на оптичната им обработка върху ефективността на акустооптичната дифракция.
- Посредством акустооптично изследване на фолия от поливинилфлуорид-трифлуоретилен (PVDF) е показано, че степента на кристалност на полимера не оказва влияние за напречна акустична активност, но води до значително повишаване на коефициента на електромеханична връзка при надлъжните акустични вълни. Този резултат открива път за генериране на повърхнинни акустични вълни в тънки фолия от PVDF посредством насрещно-гребеновидни преобразователи и потенциална възможност за създаване на резонаторни системи.
- Създадени и изследвани са полимерни слоеве по метода на кварцовата микровезна (КМВ). Те показват висока чувствителност и разделителна способност при детекция на газове от летливи течности. За определени газове са получени са чувствителности сравними с най-добрите известни в литературата, а разделителната способност за отделни случаи има потенциална възможност да достигне до *ppb*-концентрациите.
- С проведените сорбционни изследвания на кварцови резонатори с ПАВ с нанесени нанокompозитни полимерни слоеве, са доказани потенциалните възможности на модифицираните нанополимерни филми да абсорбират големи количества органични летливи молекули. Изследваните слоеве в динамичен режим показват селективност и обратимост при взаимодействието с околната среда.
- Експериментално са потвърдени теоретичните очаквания за висока масочувствителност на нискочестотния симетричен лембов мод S_0 на обемни акустични вълни в тънки мембрани, който по чувствителност и ниски акустични загуби (при високи концентрации) показва значително предимство за сензорно приложение, спрямо един от най-ефективните за сега акустични модове на STW.

6. *В каква степен дисертационния труд и приносите представляват лично дело на дисертанта?*

Съвременните научни и научно-приложни изследвания, свързани със създаването на нови материали и микроструктури изискват, от една страна специализирано технологично оборудване и високо квалифицирани специалисти и от друга, уникални апаратури и прецизна измерителна техника за изследване на техните свойства. Проблемите обикновено се решават от екипи от специалисти с различна специализация и професионален опит, а публикациите са дело на колектив. Едно от достоинства на дисертационния труд, е че той е реализиран в тясно сътрудничество с водещи специалисти от наши и чуждестранни изследователски центрове, без участието на които той би загубил част от своята стойност и значение за науката и възможностите за нейното приложение. Висока оценка заслужават дисертанта и неговият ръководител за положените усилия за координиране и реализиране на тази не лека многостранна дейност.

Основната дейност за реализиране на цялостната програмата – акустооптични изследвания на полимери, създаване, експериментални изследвания, изпитания, анализ на сорбционните свойства на полимерни слоеве и оценка на акустичните параметри и сензорните характеристики на резонаторните елементи, **са дело на дисертанта**, което му дава право на авторство на представения дисертационен труд.

7. *Преценка на публикациите по дисертационния труд:*

Дисертантът напълно отговаря на препоръчителните изисквания към кандидатите за придобиване на образователната и научна степен “доктор” във Физическия факултет на СУ “Св. Климент Охридски”

Резултати от дисертационния труд са публикувани в 5 научни статии, отпечатани в специализирани международни списания : *Optica Applicata* Vol.37,(2007); *Sensor Lett.*, Vol.7, No.2,(2009); *IEEE Trans. UFFC*, Vol.56, No.5,(2009); *Sensors and Actuators*, Vol.B149, No.2, (2010); *Sensors*, Vol.11.(2011).

В една от статиите дисертанта е първи автор, в 3 от тях е втори и в 1- трети автор. В доклад изнесен и отпечатан в пълен текст на съвместна сесия на престижните международни форуми *IEEE-IFCS* и *EFTF*, San Francisco, (2011) са демонстрирани възможностите за сензорно приложение на тънкослойни акустични резонатори с плазмено отложени полимерни слоеве.

Публикуваните материали са цитирани от други автори в 6 научни статии в международни списания и в тезисите на 2 дисертации в *Uppsala University*.

8. *Резултатите от дисертационния труд използвани ли са вече в научната и социалната практика? Мотивирана препоръка за използване на научните и научно-приложните приноси.*

Резултатите от дисертационния труд имат пионерен характер и все още не са намерили конкретна реализация. Но посочените по-горе приноси имат важно значение за определяне на насоките за по-нататъшното развитие на научно-приложните изследвания за разработване на високочувствителни акустични газови сензори за екологичен контрол.

На база на резултатите от дисертационния труд могат да бъдат направени следните изводи:

- Голямото разнообразие от полимерни материали и възможността за контролирано изграждане на техната структура, открива широки възможности за създаване на високоефективни сорбенти за сензорно

приложение. На базата на натрупания опит и знания у нас в областта на плазмената полимеризация е необходимо продължаването на целенасочени научни и технологични изследвания за получаване и модифициране на нови наноструктурирани и наноразмерни материали и композити с повишена селективност и сорбционни свойства и технологична съвместимост с акустичните резонаторни структури.

- Необходимо е повишаване нивото на сензорните изпитания, използвайки по-ефективно наличното в страната ни аналитично оборудване за газови изследвания и прецизна апаратура за честотни измервания. Тогава получените резултати от “индикативни” ще преминат към “параметрична” оценка на сензорните възможности на изследваните структури.
- Засилване на сътрудничеството между учени и специалисти работещи в областта на полимерните материали и сензорното им приложение от университетите и институтите на БАН, преминавайки от персонално в институционално сътрудничество на базата на разработка на съвместни национални проекти за научни изследвания.
- Засилване на международното сътрудничество на базата на установеното вече персонално сътрудничество с български и чуждестранни учени, от водещи научни центрове и лаборатории в Европа в областта на високите технологии (MEMS и NEMS) чрез разработване на съвместни европейски проекти за наука и технологично развитие.

Убеден съм, че с наличния в страната ни кадрови потенциал (макар и разпръстнат в различни институции и звена) и наличната (макар недостатъчна) материална обезпеченост) е възможна реализацията на една Национална програма за развитие на химически сензори на акустични принципи за ефективен екологичен контрол. Необходимо е само малко по-голяма вяра в собствените сили и възможности и мотивация за работа.

9. Заключение с ясно становище да се даде ли или не образователната и научна степен.

Приносителите на кандидата имат важно значение за определяне на насоките за по-нататъшното развитие на научно-приложните изследвания за разработване на високочувствителни акустични газови сензори за екологичен контрол. Наукометричните показатели *напълно удовлетворяват* препоръчителните изисквания на Ф₃Ф на СУ”Св.Климент Охридски” за придобиване на образователната и научна степен “доктор”.

Поради това *убедено препоръчам на научното жури да присъди, а Факултетния съвет на Ф₃Ф на СУ”Св.Климент Охридски” да утвърди, образователната и научна степен “доктор” на Гергана Емилова Алексиева.*

София, Декември 2012 година..

Рецензент:.....
(Лозан Спасов)