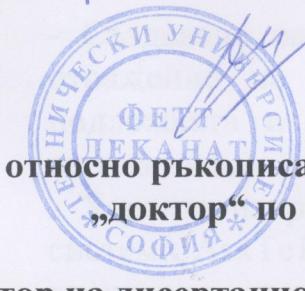


РЕЦЕНЗИЯ



относно ръкописа на дисертационен труд за придобиване на научна степен „доктор*“ по научната специалност 02.20.02 „Микроелектроника“

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Ради Несторов Несторов

Тема на дисертационния труд: Изследване и оптимизирано характеризиране на тънки слоеве от интерференчния им спектър на пропускане и на отражение

Обучаващо звено: Технически университет – София, Факултет по електронна техника и технологии, Катедра – Микроелектроника

Научни ръководители: доц. д-р Георги Василев Ангелов и доц. дтн Дориан Асенов Минков

Изготвил рецензията: проф. дтн Тихомир Борисов Таков

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем

Дисертационният труд представя научните изследвания на автора в областта на специфична група проблеми свързани с характеризиране на тънки диелектрични или полупроводникови равномерни или неравномерни слоеве, отложени върху стъклена подложка с използване на метода на обвивките

Тънките диелектрични и полупроводникови слоеве намират редица практически приложения в оптиката, магнитооптиката и оптоелектрониката. Провеждането на оптично характеризиране се обосновава предвид наличието на разнообразни химични елементи, както и различното им съотношение, в състава и технологиите за производство на полупроводникови устройства. Оптичното характеризиране на този тип слоеве най-често се извършва посредством измерване на само един спектър на пропускане или отражение. То се провежда чрез дисперсионни методи, интерференчни методи и алгоритми и хибридни методи, които най-често представляват съвкупност от един интерференчен спектър на пропускане или отражение, както и дисперсионен модел или друго измерване. За оптично характеризиране на тънък диелектричен или полупроводников слой, слоят обикновено се изготвя върху стъклена подложка с дебелина около 1 mm, поради механичната неустойчивост и чупливост на тънките слоеве.

Основната цел на разработваната дисертация е да се определи и оптимизира алгоритъм за най-точно характеризиране на един тънък полупроводников или диелектричен светопропускащ слой върху светопропускаща подложка с използване на само един спектър на пропускане на слоя. За постигането на целта са поставени за решаване четири конкретни задачи. Обобщените задачи в научно, научноприложно и приложно отношение включват :

- Феноменологично разглеждане влиянието на дебелината на слоя върху интерференчната картина на спектъра на пропускане, като са развити по-акуратни математически формулировки, което води до подобрена точност на пресмятане на обвивките на спектъра на пропускане

- Създаване на математическа формулировка за пресмятане на спектъра на отражение на тънки слоеве с отчитане на поглъщането на светлина в подложката и оптимизиране на алгоритъм за пресмятане на спектъра на отражение

- Характеризиране на тънки слоеве от аморфен силиций и от халкогенидни системи AsxTe100-x чрез оптимизирания алгоритъм на метода на обвивките за спектъра на пропускане.

Проблемът е с висока степен на актуалност в световната научна общност, като свидетелство за това е както големият брой статии и доклади на форуми, така и появата на нови усъвършенствани схеми на водещите фирми. Конкретните задачи, разработени в дисертацията, са новост за научните изследвания у нас в областта на аналоговата схемотехника.

В пряка връзка със споменатите области и нерешени въпроси е и оценката ми за актуалност на оригиналност на разработената тема.

2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

Решаването на задачите в дисертационния труд изискват от автора много задълбочени познания в областта на изследването на параметрите и характеристиките на тънки светопропускащи полупроводникови и диелектрични слоеве, нанесени върху светопропускаща подложка. Той е извършил анализ на подходите за оптично характеризиране на тънки слоеве и на тази основа е извършил сравнение на точността на характеризиране на тънки слоеве, подбор на показателя на грешките за характеризиране на тънък светопропускащ слой върху светопропускаща подложка, създал е оптимизирани алгоритми на метода на обвивките за характеризиране на такъв слой и е осъществил характеризиране на тънки слоеве арсенов телурид.

Съдейки от изложеното в дисертацията отбелязвам, че авторът познава много добре тази материя и е представила един задълбочен труд. Анализът на проблемите, решавани в дисертационния труд е предшестван от преглед на съвременното състояние в тази област. Цитирани са 144 публикации, основно на чуждестранни автори. Дисертантът е показал много добро познаване на научното ниво в изследваната област. Добро впечатление прави актуалността на проучените публикации, повечето от които са от последните години. По мое впечатление е извършен сравнително подробен обзор на съвременните публикации в тази област.

3. Характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд

Представеният в дисертацията материал, върху който се градят приносите, е от научно и научно-приложно естество. Достоверността на получените резултати се доказва с направените 4 публикации в авторитетни чуждестранни списания и от цитиранията на публикациите му.

Дисертационният труд се състои от 133 страници, включващи актуалност, цел и задачи, използвани методи за изследване, научна новост, апробация, увод, шест глави

а решаване на формулираните задачи, списък на основните приноси, списък на публикациите по дисертацията и използвана литература. Включени са 55 фигури и 9 таблици. Използвани са 102 формули.

В глава 1 дисертантът е направил преглед на подходите за оптично характеризиране на тънки слоеве отложени върху стъклена подложка в спектралната област от UV (ултравиолетова) до NIR (близка инфрачервена светлина).

В глава 2 е направен сравнителен анализ на точността на характеризиране от $T(\lambda)$ (спектъра на пропускане) на тънки слоеве a-Si от тънък светопропускащ слой върху подложка посредством два метода на обвивките и два дисперсионни метода

В глава 3 е направен избор на показател на грешките за характеризирането на тънък слой от тънък светопропускащ слой върху подложка посредством усъвършенстван алгоритъм на метода на обвивките за $T(\lambda)$ (спектъра на пропускане)

В глава 4 е представен оптимизиран алгоритъм на метода на обвивките за $T(\lambda)$ (спектъра на пропускане), с чиято помощ се характеризират тънки светопропускащи слоеве върху подложка.

В глава 5 са характеризирани тънки слоеве от халкогенидни системи As_xTe_{100-x} от тънки светопропускащи слоеве върху подложка чрез оптимизирания алгоритъм на метода на обвивките за $T(\lambda)$ (спектъра на пропускане).

В глава 6 е представен създадения оптимизиран алгоритъм на метода на обвивките за $R(\lambda)$ (спектъра на отражение) за характеризиране на тънки светопропускащи слоеве върху подложка .

Цялостното оформление на труда е много добро, езикът на изложението е ясен, с използване на специализирани понятия и терминология.

4. Съответствие на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд с постигнатите приноси

Целта и задачите в дисертацията са дефинирани по конкретен и ясен начин, в някои точки дори по-подробно от необходимото. Разработките в дисертацията имат практически и приложен характер. В дисертацията са решени поставените задачи с използване на следните методи:

- Определяне на най-точния съществуващ алгоритъм за характеризиране на тънък аморфен слой върху светопропускаща подложка с използване на $T(\lambda)$. Аморфните полупроводникови материали са особено подходящи за тази задача, тъй като обично се приема, че техните зонни диаграми съдържат Урбахова опашка.
- Създаване на оптимизиран алгоритъм с повишена точност спрямо съществуващия най-точен алгоритъм за характеризиране, определен в основната определения по-горе най-точен алгоритъм, с използване на същите тънки аморфни светопропускащи слоеве върху подложка.

- Проверка на точността на оптимизирания алгоритъм, описан в основната оптимизирана по-горе метод с повищена точност, за слоеве от друг аморфен материал върху светопропускащи подложки.
- Създаване и валидиране на валидиран оптимизиран алгоритъм за характеризиране на тънък полупроводников или диелектричен слой от тънки светопропускащи слоеве върху подложка с използване на $R(\lambda)$, по подобие на оптимизирания алгоритъм с използване на $T(\lambda)$ описан в основната оптимизирана по-горе метод с повищена точност.

Избраната методика на изследването съответства с поставената цел и задачи на дисертационния труд.

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

Авторът е отбелаял осем приноса в своята дисертация. Приносите ги класифицирам като научни, научно-приложни и приложни. Те могат обобщено да бъдат класифицирани към групите на:

5.1. Научни приноси свързани със създаване на нови квалификации, методи на изследване, технологии и др. :

- Показано е, че разсейването на светлина в слоя води до свиване на интерференчната картина в спектъра на пропускане $T(\lambda)$ на тънък слой върху светопропускаща подложка и е постигнато значително подобрение на точността на пресмятане на горната и долната обвивки на спектъра на пропускане $T(\lambda)$, основано на две нововъведения. Представени са нови, по-точни формули за горната обвивка на $T+(\lambda)$ и долната обвивка $T-(\lambda)$ на спектъра на пропускане $T(\lambda)$.

5.2. Научно-приложни приноси с характер на обогатяване на съществуващите знания при изследване на тънки светопропускащи слоеве:

- Два тънки слоя a-Si, с много различни дебелини, са характеризирани посредством четири метода, подбрани като най-подходящи за точно характеризиране на аморфен слой с използване само на $T(\lambda)$, основан на известен от литературата алгоритъм. Показано е, че характеризирането посредством предложен оптимизиран алгоритъм на метода на обвивките за спектъра на пропускане $T(\lambda)$ на двата тънки слоя a-Si върху светопропускаща подложка е по-точно, отколкото посредством друг известен алгоритъм.
- Представени са формули за спектъра на отражение $R(\lambda)$ на тънък слой върху светопропускаща подложка и обвивките на $R(\lambda)$, при квази-нормално падане на светлината, в които за първи път е отчетено поглъщането на светлина в подложката. Въз основа на това е създаден и валидиран оптимизиран алгоритъм на метода на обвивките за $R(\lambda)$.

5.3. Приложни приноси, съдържащи нови решения при изследване на различни тънки слоеве:

- Характеризирани са два тънки слоя а-Si, изготвени посредством радиочестотно магнетронно разпрашване с различно налягане на използвания газ Ar и три слоя AsxTe100-x, изготвени посредством плазмено подпомогнато отлагане от газова фаза, посредством предложен оптимизиран алгоритъм на метода на обвивките за $T(\lambda)$.

6. Преценка на публикациите по дисертационния труд

В "Списък на публикациите по дисертацията" кандидатът представя 4 публикации в периода 2019 – 2020 г., като всички те са на английски език. Всички статии са в чуждестранни списания, като статии [2], [3] и [4] са в списания с импакт фактор > 1 , а [1] е самостоятелна. В Scopus са видими 3 статии (това са [2], [3], [4]) и 4 цитата. В Google Scholar кандидатът няма профил, но са видими всичките му статии.

Съгласно Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в Техническия университет – София, минималното изискване за придобиване на образователна и научна степен "доктор" по Група показатели Г (публикации) е 30 точки, а маг. инж. Р. Несторов има 42.38 точки, формирани от сумата на показатели 7 и 8 от група Г.

По мое мнение основните резултати на дисертационния труд са станали достояние на българската и международна научна общественост в тази област.

7. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите

Считам, че дисертационният труд е лично дело на кандидата. Основание за това ми дава факта, че една от статиите е самостоятелна, а в останалите колективни е съавтор с научните си ръководители. Благодарение на международните контакти на ръководителите му, колективните статии са и с участието на чуждестранни учени. По този начин докторантът е получил възможност да работи в международен екип, с което е придобил много полезен опит.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в науката и практиката

Дисертантът работи от няколко години в областта на характеризирането на тънки диелектрични и полупроводникови слоеве върху стъклена подложка. Като автор и съавтор има редица научни публикации в издания с висок импакт-фактор, като от разговорите ми с ръководителите му разбрах, че за една от тях е присъдена награда като най-добра в раздела "Оптични и лазерни техники" на списание. Разработките на кандидата имат подчертано практическа насоченост.

Както отбелязах по-горе, в Scopus са видими 4 цитата на публикациите по дисертацията.

9. Оценка на автореферата

Авторефератът съответства с изискванията за изготвянето му. Той адекватно отразява основните положения и приносите на дисертационния труд.

10. Мнения, препоръки и бележки

Запознат съм с работата на маг. инж. Ради Несторов и на неговите научни ръководители и с техните изследвания в областта на характеризирането на тънки диелектрични и полупроводникови слоеве върху стъклена подложка. Представеният ми за рецензиране дисертационен труд, който е в една актуална област на оптоелектрониката, е написан ясно, разбираемо, с точен и стегнат език, много добро техническо оформление. Работата се откроява с приложна насоченост. Авторът демонстрира задълбочено познаване на съвременното състояние в областта на дисертацията и доказва способностите си с представените резултати и реализацията им. Общото впечатление, което оставя дисертационният труд, е задълбочеността при неговата разработка.

Ще направя няколко забележки и препоръки, които са основно от редакционен характер:

- желателно е било претенциите за приноси да се съкратят и представят в обобщен вид;
- да се подобри форматирането на текста;
- след всяка глава е било необходимо да се направят съответните изводи;
- трябвало е в началото на труда да се включат списци с използваните в текста съкращения и означения и да се избегне по възможност използването на съкращения от рода на ТССВСП, УАМОТ и т.н.;
- на титулната страница на труда е задължително да се посочат имената на научните му ръководители;
- полезно е било да се включи и списък със забелязаните към момента цитирания на публикациите по дисертацията.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По отношение на образователната част на степента "Доктор", докторантът е получил задълбочени познания в областта на изследването и характеризирането на тънки светопропускащи слоеве.

Що се отнася до научната част, докторантът показва много добри изследователски възможности, които могат да послужат за бъдещото му професионално развитие. Налице са научни, научно-приложни и приложни приноси, достатъчно на брой и качество публикации по темата на труда в престижни международни списания и наличие на цитати.

Считам, че дисертационният труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България и в частност на изискванията, заложени в Правилата за условията и реда за придобиване на научни степени в ТУ-София.

Оценявайки актуалността на дисертационния труд, задълбочеността му, практическото приложение на резултатите, предлагам на научното жури да присъди на маг. инж. Ради Несторов Несторов образователната и научна степен „доктор” по:

Област: Технически науки

Професионално направление: 5.2 Електротехника, електроника и автоматика

Научна специалност: Микроелектроника

01.12.2020 год.

Изготвил рецензията:

София

/проф.д.т.н. Т.Таков/

1/2

Варно с оригинал

ТУ - СОФИЯ
ФЕТТ

ВАРНО С ОРИГИНАЛА

1. Актуалност на разработките в дисперсионният тро

Дисперсионният тро е представен научните изследвания, които са специфични за група проблеми – свързани с характеризиране на тъкби диелектрични или полупроводникови разномерни или неравномерни слоеве, отложена от тях структура подложка с запазване на метода за обикновите

Таките диелектрични и полупроводникови слоеве иматат редица интересни приложения в оптическа, антенна и радиотехниката. Прекрасните на оптическите волници, които са създадени чрез различни и многообразни химични елементи, като золото, сребро, алуминий и др., са създадени чрез технологите за производство на когорните лъчи. Във всяка такава когорна материята на този лъчестъбълност се изпълнява посредством изпълнение само със специални пропускателни и ограничители. Това се изразява чрез определените математически алгоритми и алгоритмът може да бъде изпълнен чрез това, че съществува достатъчност от такива материи като кристали, когорни лъчи и др. Така че това, че отложена конта и дисперсионният тро е друго, защото това е изпълнено чрез използването на тъкби диелектрични или полупроводникови слоеве, които са създадени чрез други структури. Издадени са с дебелина около 1 mm, подложка създадена чрез използването на тъкби

Съществуващата разработка във изследванията ю да се определя в областта на оптическите и антенните устройства, които са създадени чрез използването на тъкби диелектрични или полупроводникови слоеве, които са създадени чрез използването на само съществуващи алюминиевые лъчи и ограничители на център и ограничители на тъкби диелектрични или полупроводникови слоеве, които са създадени чрез използването на тъкби

Определящо разпределение на дебелина на тъкби диелектрични или полупроводникови слоеве, които са създадени чрез използването на тъкби диелектрични или полупроводникови слоеве, които са създадени чрез използването на тъкби