

## СТАНОВИЩЕ

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

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

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

**Член на научното жури:** проф. д-р Анатолий Трифонов Александров – ТУ-Габрово

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

Тънък слой от даден полупроводников или диелектричен материал може да бъде произведен посредством различни технологии и технологични режими. Нараства приложимостта на такива слоеве, съдържащи няколко химични елемента, което изисква определяне и характеризирание на оптимален състав на слоя за конкретното му приложение. От друга страна, оптичните и електричните характеристики на слоевете зависят от състава на слоя, технологията на изготвяне и технологичния режим. Тънки слоеве се използват в оптиката, оптоелектрониката и магнитооптиката. Конструкцията на болшинството оптични, оптоелектронни и магнитооптични изделия изисква познаване на оптичните характеристики на тънките слоеве. Всичко това обуславя необходимостта от увеличаване на точността на оптичното характеризирание на тънки слоеве.

Темата на дисертационния труд определено е актуална и важна и е свързана с разработването и верификацията на алгоритъм за оптимизирано характеризирание на тънки светопропускащи слоеве с използване на интерференчния им спектър на пропускане  $T(\lambda)$  и отражение  $R(\lambda)$ .

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

Дисертационният труд съдържа 133 страници, които включват увод, 6 глави, приноси, използвана литература и списък на публикациите по дисертацията. Цитирани са общо 144 литературни източника, като 135 са на латиница, а останалите са интернет адреси. Литературните източници от последните десет години са 65. Работата включва общо 60 фигури и 7 таблици.

Показани са основни оптични характеристики и оптични дисперсионни модели на различни материали. Разгледани са спектрите на пропускане и отражение, представляващи основа за оптично характеризирание на тънки слоеве, явлението тънкослойна интерференция и формулирането на интерференчно условие за тънкослойна интерференция. Анализирани са коефициентите на пропускане и отражение на повърхностите и на прозрачност на слоя и подложката при нормално падане на типичен спектрофотометричен светлинен сноп върху тънък светопропускащ слой върху светопропускаща подложка (ТССВСП). Изведени са аналитични изрази за оптично характеризирание на тънък слой от ТССВСП с използване на формулата на Мейсън за сигнално-потоккови графи. Формулирани са спектърът на пропускане  $T(\lambda)$  и спектърът на отражение  $R(\lambda)$  на ТССВСП. Представени са основните спектрофотометрични методи и алгоритми за характеризирание на тънкия слой от ТССВСП.

Литературният обзор е насочен конкретно към изследваната тематика и показва недвусмислено, че маг. инж. Ради Несторов познава много добре състоянието на проблема в теоретично и практическо отношение.

### **3. Съответствие на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд с постигнатите приноси.**

В дисертационния труд е налице съответствие между поставената цел и задачи и постигнатите резултати.

В глава 2 от дисертационния труд са разгледани особеностите при поглъщане на светлина в аморфни слоеве и дисперсионни модели за спектрофотометрично характеризиране на тънки аморфни слоеве. Синтезирана е постановка за характеризиране на тънки слоеве a-Si от ТССВСП посредством различни спектрофотометрични методи. Формулирани са параметрите на спектрофотометричното характеризиране на тънки слоеве a-Si. Представени са резултати от характеризирането на тънките слоеве a-Si посредством 4 различни спектрофотометрични алгоритъма.

В глава 3 от дисертационния труд е проведено систематично изследване на подбора на показателите на грешките, пресметнати са характеристиките на слоя и е направен анализ на получените резултати.

В глава 4 от дисертационния труд са анализирани недостатъците на алгоритъма УАМОТ за характеризиране на слоеве от a-Si. Предложен е оптимизиран алгоритъм на метода на обвивките за  $T(\lambda)$  (ОАМОТ), характеризирани са слоеве от a-Si и са верифицирани получените резултати.

За проверка на точността на алгоритъма ОАМОТ за слоеве от други материали в глава 5 са характеризирани ТССВСП, съдържащи слоеве  $As_xTe_{100-x}$ . Описани са характеристиките и параметрите на изследваните слоеве  $As_xTe_{100-x}$ , технологията на изготвяне и провеждането на изследването. Представени са получените експериментални резултати. Изготвянето на изследваните образци и проведените експериментални измервания са извършени в Лабораторията за функционални материали, Лобачевски университет, Нижни Новгород, Русия.

В Глава 6 е разгледано характеризиране на тънък слой от ТССВСП само от един интерференчен спектър на отражение  $R(\lambda)$  на ТССВСП, измерен при квази-нормално падане на светлината. Разгледани са особеностите на спектрите на отражение  $R(\lambda)$  и взаимовръзката им със съответния им спектър на пропускане  $T(\lambda)$  на ТССВСП. Създаден е оптимизиран алгоритъм на метода на обвивките за спектрите на отражение  $R(\lambda)$  - ОАМОП. Проведени са изследвания и е валидиран алгоритъмът за тънки слоеве от ТССВСП, които се срещат най-често в практиката.

#### **4. Научни, научно-приложни и приложни приноси на дисертационния труд**

Приносите в дисертационния труд имат научно-приложен и приложен характер и са свързани с оптично характеризиране и оптимизиране на тънък полупроводников или диелектричен слой от ТССВСП с използване само на един спектър на пропускане  $T(\lambda)$  или на отражение  $R(\lambda)$ . Те се отнасят към доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми и получаване на потвърдителни факти.

##### **Научно-приложни приноси**

- Доказано 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. За отчитане на разсейването на светлина в слоя е предложено използване на „външно заглаждане“ на  $T(\lambda)$  вместо „вътрешно заглаждане“.
- Постигнато е значително подобрене на точността на пресмятане на горната и долната обвивки на  $T(\lambda)$ , основано на двойното преобразуване и опростеното отчитане на влиянието на поглъщането в подложката върху двете обвивки на  $T(\lambda)$ , както и на едновременното използване на итерационна процедура и на допълнителни гранични точки за пресмятане на всяка от двете обвивки.
- Предложен е оптимизиран алгоритъм на метода на обвивките за  $T(\lambda)$  – ОАМОТ, чрез прилагане на който са характеризирани тънки слоеве от a-Si.
- Създаден е и е валидиран оптимизиран алгоритъм на метода на обвивките за  $R(\lambda)$  – ОАМОП. Представени са зависимости за спектъра на отражение  $R(\lambda)$  на тънък слой от ТССВСП, в които е отчетено поглъщането на светлина в подложката.

##### **Приложни приноси**

- С използване на алгоритъма ОАМОТ са характеризирани тънки слоеве от a-Si и от  $As_xTe_{100-x}$  и са определени техните характеристики - показател на пречупване, показател на затихване, средна дебелина и неравномерност на слоя.

### 5. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Във връзка с дисертационния труд са представени 4 публикации в рецензирани научни списания в чужбина. Три от списанията са индексирани в Scopus - Materials Research Express (SJR 2019 – 0,365), Thin Solid Films (SJR 2019 – 0,513) и Materials 2020 (SJR 2019 – 0,647). Една от публикациите е самостоятелна, а останалите са в съавторство. Кандидатът изпълнява минималните изисквания за придобиване на образователната и научна степен „доктор“. Общият брой на точките на кандидата е 42,37 при изискван минимален брой от 30 т.

Приемам, че основните резултати от дисертацията са публикувани и известни на научната общност. Считаю, че публикациите отразяват получените резултати в дисертационния труд.

### 6. Мнения, препоръки и бележки.

В дисертационния труд не открих съществени пропуски.

Считаю, че приносите могат да бъдат обобщени. Допуснати са и някои технически, терминологични и стилистични грешки. Би било добре да има списък с използваните означения и съкращения.

### 7. Заключение

В заключение мога да дам положителна оценка на получените резултати и полезността на дисертацията. Докторантът е демонстрирал задълбочени теоретични познания и практически умения за изследване и успешно решаване на разгледания инженерен проблем. Представени са значителни по обем експериментални резултати.

Постигнатите резултати ми дават основание да предложа да бъде придобита образователната и научна степен „доктор“ от маг. инж. Ради Несторов Несторов в област на висше образование – 5. Технически науки, професионално направление – 5.2 Електротехника, електроника и автоматика, специалност – „Микроелектроника“.

Дата: 2.12.2020 г

ЧЛЕН НА ЖУРИТО:

/проф. д-р А. Александров/

Вярно с оригинала  
*[Signature]*

