



СТАНОВИЩЕ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“ в област на висше образование „Технически науки“, професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“, научна специалност „Технология на електронното производство“.

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Раде Томов, катедра „Микроелектроника“, Факултет Електронна техника и технологии, Технически университет – София.

Тема на дисертационния труд: „Изследване на многослойни металizacionни системи в съвременните микро- и наноелектронни устройства“.

Член на научното жури : доц. д-р инж. Валентин Петров Ценев, катедра „Електроника и електроенергетика“, ТКС, Технически университет – София.

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията

Дисертационният труд разглежда съвременен научно-приложен проблем, свързан с метализацията на микро- и наноструктури за създаване на контакти между метали и полупроводници. Работата е актуална и свързана с практическото развитие на сензориката и приложението и в медицината и много други сфери. Описаните цел на дисертационния труд, основни задачи и методи за изследване са достатъчни за решаване на заложения в темата актуален научно-приложен и приложен проблем.

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

Дисертационният труд демонстрира много добро познаване на състоянието на формулирания научно-приложен проблем. Докторантът е подходил творчески и професионално към разглеждането му.

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

Избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд съответстват в пълнота с постигнатите приноси.

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



Считам, че приносите имат научно-приложен и приложен характер и са достатъчна основа за бъдещо развитие на тази модерна и съвременна сфера. Напълно приемам формулираните научно - приложни и приложни приноси. Ще ги обобщя накратко, както следва:

Научно-приложни приноси:

- За първи път са изследвани възможностите за създаване на контакти между карбин и различни метали и е изследвано влиянието на отгряването и бондирането на металните контакти.
- Изследван е типът на контакта на карбин със злато, паладий и алуминий, като са открити нови взаимовръзки между температурата, големината и честотата на електрическото поле върху електрическото поведение, характеристики и параметри на карбоновите преходи с различните метали.
- Разработена е технология за бондиране на паладиеви и сребърни слоеве върху карбин.
- Изградени са преходи между емексен слоеве от титанов карбид и металните слоеве титан и алуминий.
- Изследвани са преходите, формирани между слоеве молибденов дисулфид и метални покрития от молибден и никел и е получена информация за механизма на формиране на омични и Шотки преходи към съвременен двумерен наноматериал и тяхното електрическо поведение.

Приложни приноси:

- Разработена е методика за снемане на волт-амперните характеристики на преходи метал/карбинов наноматериали с иглена сондова установка по метода на предавателната линия с автоматизирано снемане на данни за електрическото поведение на преходите.
- Изработени са фотошаблони за права и обратна фотолитография за структуриране на метални слоеве с топологии за определяне на контактно съпротивление между метал и полупроводник.
- Оптимизирани са условия на отлагане на емексен (титанов карбид) и дихалкогенид на преходен метал (молибденов дисулфид) чрез адаптирана технология за ултразвуково пулверизиране от воден разтвор.
- Изготвени са хеморезистивни структури и е изследвана реакцията им към съставки от човешката пот.



Считам, че получените резултати са оригинални и напълно съответстват на изискванията за дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“.

5. Преценка на публикациите по дисертационния труд:

Основните постижения и резултати от дисертационния труд са публикувани в 9 научни статии, от които 1 самостоятелна, 8 са индексирани в SCOPUS, 4 са докладвани на конференция, 5 са в списания, от които 2 с импакт фактор и 2 с импакт ранг. Отражението в науката е значително, доказателство за което е наличието на цитирания. Оценка за признаването на работата на докторанта в научните среди са цитиранията и съвместната му работа с други колеги.

6. Мнения, препоръки и бележки:

Познавам маг. инж. Раде Томов от съвместната си работа в катедра „Микроелектроника“. Запознат съм с неговата изследователската, научна и научно-приложна и преподавателска дейност. Мога да отбележа, че е сериозен професионалист, коректен колега и действащ учен с постигнати сериозни резултати. Бих само отбелязал, че е човек, на който може да се разчита и вярва. Искане ми се да има още много други млади учени с подобни постижения.

Нямам сериозни забележки и препоръки към представените материали.

7. Заключение:

Считам, че получените от маг. инж. Раде Томов резултати са оригинални и напълно съответстват на изискванията за дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“. Разработките в дисертацията са описани компетентно и в необходимата пълнота, изводите и заключенията са много добре построени, подредени и аргументирани. Докторантът е покрил напълно минималните изисквания на ТУ-София.

Получените в дисертационния труд научно-приложни и приложни приноси, демонстрираните високо образователно ниво и натрупан теоретически и изследователски опит с постигнати и практически резултати в една актуална научна област, ми дават достатъчни основания убедено да препоръчам на уважаемото жури да присъди на маг. инж. Раде Томов образователната и научна степен „Доктор“ в областта на висше образование „Технически науки“, професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“, научна специалност „Технология на електронното производство“.

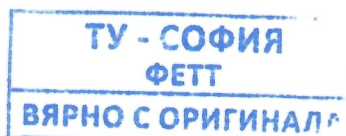
Дата: 12.05.2025 г.

гр. София



ЧЛЕН НА ЖУРИТО :

(н)
(доц. д-р инж. Валентин Цанев)





POSITION

on a dissertation for the acquisition of the educational and scientific degree "Doctor" in the field of higher education "Technical Sciences", professional direction 5.2 "Electrical Engineering, Electronics and Automation", scientific specialty "Electronic Production Technology".

Author of the dissertation: M.Eng. Rade Tomov, Department of Microelectronics, Faculty of Electronic Engineering and Technology, Technical University - Sofia.

Topic of the dissertation: "Research on multilayer metallization systems in modern micro- and nanoelectronic devices".

Member of the scientific jury: Assoc. Prof. Dr. Eng. Valentin Petrov Tsenev, Department of Electronics and Power Engineering, Technical University of Sofia.

1. Relevance of the problem developed in the dissertation work in scientific and scientific-applied terms. Degree and levels of relevance of the problem and specific tasks developed in the dissertation.

The dissertation examines a modern scientific-applied and applied problem related to the metallization of micro- and nanostructures for creating contacts between metals and semiconductors. The work is relevant and related to the practical development of sensors and their application in medicine and many other areas. The described purpose of the dissertation, main tasks and research methods are sufficient to solve the current scientific and applied problem set in the topic.

2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the literary material.

The dissertation demonstrates a very good knowledge of the state of the formulated scientific and applied problem. The doctoral student has approached its examination creatively and professionally.

3. Compliance of the chosen research methodology and the set goal and objectives of the dissertation with the contributions achieved.

The chosen research methodology and the set goals and objectives of the dissertation work fully correspond to the contributions achieved.

4. Scientific, scientific-applied and applied contributions of the dissertation work.

I believe that the contributions have a scientific-applied and applied nature and are a sufficient basis for the future development of this modern and contemporary field.



I fully accept the formulated scientific-applied and applied contributions. I will summarize them briefly as follows:

Scientific-applied contributions:

- For the first time, the possibilities for creating contacts between carbyne and different metals have been investigated and the influence of annealing and bonding of the metal contacts has been studied.
- The type of contact of carbyne with gold, palladium and aluminum has been studied, and new relationships have been discovered between the temperature, the magnitude and the frequency of the electric field on the electrical behavior, characteristics and parameters of the carbon transitions with the different metals.
- A technology has been developed for bonding palladium and silver layers on carbene.
- Junctions are built between the emex layers of titanium carbide and the metal layers of titanium and aluminum.
- The junctions formed between molybdenum disulfide layers and metal coatings of molybdenum and nickel have been studied and information has been obtained about the mechanism of formation of ohmic and Schottky junctions to a modern two-dimensional nanomaterial and their electrical behavior.

Applied contributions:

- A methodology has been developed for recording the volt-ampere characteristics of metal/carbene nanomaterial junctions with a needle probe setup using the transmission line method with automated data acquisition for the electrical behavior of the junctions.
- Photo patterns for forward and reverse photolithography have been developed for structuring metal layers with topologies for determining contact resistance between metal and semiconductor.
- Deposition conditions of emexene (titanium carbide) and transition metal dichalcogenide (molybdenum disulfide) were optimized by adapted ultrasonic atomization technology from aqueous solution.
- Chemoresistant structures were prepared and their reaction to human sweat components was studied.

I believe that the results obtained are original and fully comply with the requirements for a dissertation for the acquisition of the educational and scientific degree "Doctor".



5. Assessment of dissertation publications.

The main achievements and results of the dissertation work have been published in 9 scientific articles, of which 1 is independent, 8 are indexed in SCOPUS, 4 are reported at a conference, 5 are in journals, of which 2 have an impact factor and 2 have an impact rank. The impact in science is significant, evidence of which is the presence of citations. An assessment of the recognition of the doctoral student's work in scientific circles is the citations and his joint work with other colleagues.

6. Opinions, recommendations and notes.

I know M.Eng. Rade Tomov from our joint work in the Department of Microelectronics. I am familiar with his research, scientific and applied scientific and teaching activities. I can note that he is a serious professional, a fair colleague and an active scientist with serious results. I would only note that he is a person who can be relied on and trusted. I wish there were many more young scientists with similar achievements.

I have no serious comments or recommendations regarding the presented materials.

7. Conclusion.

I believe that the results obtained by M.Eng. Rade Tomov are original and fully comply with the requirements for a dissertation for the acquisition of the educational and scientific degree "Doctor". The developments in the dissertation are described competently and in the necessary completeness, the conclusions and conclusions are very well constructed, arranged and argued. The doctoral student has fully covered the minimum requirements of TU-Sofia.

The scientific and applied and applied contributions obtained in the dissertation, the demonstrated high educational level and accumulated theoretical and research experience with achieved and practical results in a current scientific field, give me sufficient grounds to confidently recommend to the esteemed jury to award M.Eng. Rade Tomov the educational and scientific degree "**Doctor**" in the field of higher education "Technical Sciences", professional field 5.2 "Electrical Engineering, Electronics and Automation", scientific specialty "Electronic Manufacturing Technology".

Date: 12.05.2025 г.
Sofia

JURY MEMBER: (n)
(Assoc. Prof. Dr. Eng. Valentin Tsenev)

