



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

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

Член на научното жури : доц. д-р Татяна Маринова Иванова, ЦЛ СЕНЕИ-БАН

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

Дисертационният труд обхваща изследвания върху формирането и изследване на металizacionни системи върху новосинтезираните едномерен наноматериал карбин и двумерни наноматериали. Дисертационният труд представя изследвания в мултидисциплинарна и актуална област. Изследванията върху контактите между метали и наноматериали са значими, те могат да подобрят функционалността на миниатюрни електронни устройства.

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

В литературния обзор е представена актуалността на тематиката, използвани са 52 статии (общо 130). Към всяка глава има допълнителен кратък обзор с описание на изследваните материали, методите за отлагане и за характеризиране. В дисертацията има 98 фигури и 8 таблици. Докторантът показва, че е добре запознат с разгледания проблем, анализарал е в дълбочина литературните източници. Докторантът успешно е дефинирал нерешените проблеми и на тяхна база е определил целта и изследователските задачи на дисертацията.

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

Избраната методика на изследване съответства с поставените цели и задачи. Получените резултати и тяхната интерпретация потвърждават приносите на докторанта и постигат целта на дисертацията.

4. Научноприложни и приложни приноси на дисертационния труд

Докторантът е формулирал 9 приноса - 5 научно-приложни и 4 приложни.

Научно-приложни приноси могат да бъдат обобщени, както следва:

- Успешно са формирани контакти между карбин и различни метали (Au, Ag, Pd) и многослойна металizacion с Ni бариерен слой.
- Установени са корелации между отгряване, параметри на електр. поле и електрическите характеристики на карбин/Au, Al, Pd структури. Разработена технология за бондиране на Pd и Ag слоеве върху карбин.



- Разработени и изследвани контакти на емексен с Ti и Al, установени са механизмите на формиране омични и Шотки контакти
- Разработени и изследвани контакти на MoS₂ с Mo и Ni.

Приложените приноси представят разработването на:

- Методика за волт-амперните характеристики на метал/карбин наноструктури.
- Фотошаблони за фотолитография за структуриране на метални слоеве.
- Оптимизирана екологична технологията за отлагане на емексен и MoS₂ слоеве.
- Хеморезистивни структури.

Получените приноси са добре формулирани, оригинални, имат научно-приложен и приложен характер и се базират на научни резултати. Приносите предплат нови научни знания и допринасят за развитието в областта на електронните устройства. Те съответстват на поставените цели на дисертацията.

5. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

Докторантът е приложил 9 (девет) научни публикации (отпечатани през 2023 и 2024 г.), базирани на дисертационния труд. 8 от тях са индексирани в Scopus. Във всички статии, докторантът е първи автор, 1 е самостоятелна, 6 в съавторство със своя ръководител и в 2 - в колектив. До 12.05.2025 са забелязани 3 **независими цитати**, статия №3 (2 цитата) и статия №4 (1 цитат).

6. Мнения, препоръки и бележки

Докторантът е учасвал в 3 изследователски проекта (един международен), свързани с дисертационния труд. Разработил е експериментални постановки, внедрени в учебния процес в ТУ-София и в специализирания курс за обучение по Еразъм. Тези факти потвърждават актуалността и значимостта на разработката.

Критични забележки нямам. Препоръчвам на докторанта да продължи по тази мултидисциплинарна тема по разработка на сензори за биомедицината.

7. Заключение

Научно-приложните и приложни приноси доказват, че маг. инж. Раде Томов е постигнал високо образователно ниво, притежава теоретически и изследователски опит с оригинални резултати. Докторантът покрива изискванията на ТУ-София.

Давам положителна оценка на представената дисертация, автореферат, представените резултати и приноси. Предлагам на уважаемото жури да присъди образователната и научна степен „Доктор“ на маг. инж. Раде Томов по професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“, научна специалност “Технология на електронното производство”.

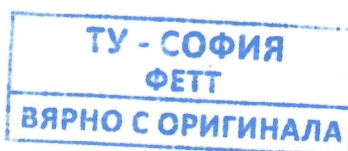
Дата: 12.05.2025 г.

гр. София



ЧЛЕН НА ЖУРИТО : (и)

(доц. д-рТатяна Иванова)





OPINION

on the PhD dissertation for the educational and scientific degree "Doctor"

Author of the dissertation: M. Sci. Eng. Rade Tomov

Topic of the dissertation: „Study of multilayer metallization systems in the modern micro- and nanoelectronic devices“

Member of the Scientific Jury: Assoc. Prof. Dr Tatyana Ivanova, Central Laboratory of Solar Energy and New Energy Sources, Bulgarian Academy of Sciences

1. Relevance of the problem addressed in the dissertation from the scientific and applied perspective

The dissertation covers research on the formation and study of metallization systems on the novel synthesized one-dimensional nanomaterial carbyne and two-dimensional nanomaterials. The dissertation research is in a multidisciplinary and state-of-the-art field. Research on contacts between metals and nanomaterials is significant as they can improve the functionality of miniature electronic devices.

2. Degree of familiarity with the state of the research on the problem and creative interpretation of the literature

The literature review presents the current state of the research area, using 52 articles (total 130). Each chapter is accompanied by a brief overview describing the materials studied, the deposition and characterization methods. The dissertation contains 98 figures and 8 tables. The doctoral student demonstrates that he is well acquainted with the scientific problem under consideration with in-depth research papers analysis. The doctoral student has successfully defined the unsolved problems in the research field and, on their basis, has determined the goal and research tasks of the dissertation.

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

The chosen research methodology corresponds to the set goals and objectives. The obtained results and their interpretation prove the contributions of the doctoral student and achieve the goal of the dissertation.

4. Scientific and applied contributions of the dissertation

The doctoral student has formulated 9 contributions - 5 scientific and 4 applied.

Scientific contributions can be summarized as follows:

- Contacts between carbyne and various metals (Au, Ag, Pd) and multilayer metallization with Ni barrier layer have been successfully developed.
- Correlations between annealing temperature, electric field parameters and electrical characteristics of carbyne/Au, Al, Pd structures have been established. Approach for bonding Pd and Ag layers on carbyne is developed.
- Contacts between MXene and metals (Ti, Al) were developed and studied. Formation mechanism and properties of Schottky and ohmic contacts have been established.

- Contacts between two-dimensional nanomaterial MoS₂ and metals (Mo, Ni) have been fabricated and investigated.

The applied contributions present the developed of:

- Methodology for measuring the volt-ampere characteristics of metal/carbyne nanostructures.

- Photo stencils for photolithography for structuring of metal layers.

- Optimization of sustainable, eco-friendly technology for depositing MXene and MoS₂ thin films

- Chemiresistive sensor structures

The contributions are grounded on the scientific results and they well formulated, original and have a scientific and applied impact. The contributions provide new scientific knowledge and enrich to the development in the field of electronic devices. They correspond to the set goals of the dissertation.

5. Evaluation of the publications related to the dissertation.

The doctoral student gives 9 (nine) scientific publications (published in the period 2023 - 2024) related to the dissertation work. Eight papers are indexed in Scopus. In all of them, the doctoral student is signed as first author, 1 is a single-authored, in 6 papers is co-authored with his supervisor and in 2 with 4 co-authors.

Until now (12.05.2025), the dissertation publications have 3 citations (excluding self citation of all authors) as article №3 (2 citations) and article №4 (1 citation).

6. Opinions, recommendations and remarks

The doctoral student cited the participation in 3 research projects (one international) related to the dissertation work. He has developed experimental setups that have been implemented in the educational process at TU-Sofia and in the specialized Erasmus training course. These facts confirm the relevance and significance of the work.

I have no critical remarks. I recommend that the doctoral student continue on this multidisciplinary topic of developing sensors for biomedicine.

7. Conclusion

The scientific and applied contributions prove that M.Sc. Eng. Rade Tomov has achieved high educational level, possesses the theoretical and research experience. The doctoral student meets the requirements of TU-Sofia.

I give a positive assessment of the presented dissertation, abstract, results and contributions. I propose to the esteemed scientific jury to award the educational and scientific degree "Doctor" to M. Eng. Rade Tomov in professional field 5.2 "Electrical engineering, electronics and automation", scientific specialty "Electronic manufacturing technology".

Date: 12.05.2025 г.
Sofia



Member of the Scientific Jury: (n)
(Assoc. Prof. Dr. Tatyana Ivanova)

