



РЕЦЕНЗИЯ

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

област на висше образование : 5. Технически науки

професионално направление : 5.2 Електротехника, електроника и автоматика

научна специалност : Микроелектроника

Автор на дисертационния труд : маг. инж. Борис Данаилов Добричков

катедра „Микроелектроника“, ФЕТТ

Технически университет – София

**Тема на дисертационния труд : „Изследване и проектиране на защиты от
електростатичен разряд за CMOS интегрални схеми“**

Член на научното жури : проф. д-р Георги Василев Ангелов

катедра „Микроелектроника“, ФЕТТ, Технически университет – София

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

Дисертационният труд е в тематика, свързана с надеждността на интегралните схеми. Разглежда се електростатичния разряд (electrostatic discharge, ESD) и неговото влияние върху надеждността на микроелектронните компоненти. Високите изисквания за надеждност са неизменни в развитието на съвременната микроелектроника. В момента се намираме в повратна точка за полупроводниковата индустрия, когато традиционното мащабиране (scaling) водещо индустрията напред в последните 7 десетилетия отстъпва на комплексно развитие, разчитащо не само на намаляване на размерите, но вече на промяна на архитектурата на устройствата, използване на нови материали, използване на техники за усъвършенствано корпусиране (advanced packaging) и съвместен процес на разработка и оптимизация, включващ проектиране и технология (System Technology Co-Optimization, SCTO).

Последните постижения в областта на защитата на интегралните схеми от електростатичен разряд (ESD) получават тласък от преминаването към нанолентови транзисторни архитектури от типа „Gate-All-Around“ (GAA) от технологичен възел 3 nm нататък, 3D интеграцията на чиплети и свръхвисокоскоростните интерфейси за данни, като всички тези фактори значително стесняват традиционния диапазон за проектиране на ESD защитата. Поради ултратънките оксидни слоеве на гейта при последните FinFETs и навлезлите вече GAA FETs, намалените прагове на пробив и ограниченото разсейване на топлината в 3D структурите, традиционните паразитни механизми за ограничаване на ESD все по-често се заменят с ултракомпактни силициево-управляеми изправители (SCR), динамични диодни схеми и вторични ограничители на преходни състояния, проектирани да смекчават събития по модела на заредените устройства (Charged Device



Model, CDM) с време за реакция под наносекунда. За да се приспособят към високочестотни приложения като PCIe 6.0 и 5G/6G комуникации, без да се компрометира целостта на сигнала, съвременните топологии за защита използват механизми за обратно съгване (foldback) и техники за намаляване на паразитния капацитет под 0.1 pF. Освен това, въвеждането на стандарти за корпусиране като Die-to-Die (D2D) (напр. UCle – Universal Chiplet Interconnect Express) въведе метода на съвместно проектиране на ниво чип и корпус в паралел с автоматизирана верификация чрез софтуер за автоматизирано проектиране (EDA). В последния аспект, се развиват все повече инструментите за екстракция с цел осигуряване на оптимално разпределение на тока, ниски загуби и надеждно поведение при активиране T_{on} .

В настоящия дисертационен труд са анализирани начини за натрупване на ESD, които застрашават живота на интегралните схеми през целия им експлоатационен цикъл. Класифицирани са отказите, предизвикани от електростатичен разряд (ESD), изяснени са физическите механизми зад тях и са представени конкретни практически примери. Всичко това прави разглежданата тема изключително актуална, а изследваните въпроси – с важна стойност за надеждността на интегралните схеми в практически аспект.

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

Дисертационният труд се състои от 148 страници, от които 120 страници изложение и 23 страници приложения (програмен код). Трудът включва осем глави: въведение, електростатичен заряд, разгледан в две глави – типове електростатичен заряд и неговите проявления, ESD модели, тестване и характеризация на ESD устройства, ESD защитни концепции, On-Chip ESD защитни устройства, време на активация на ESD защитни устройства и заключение. Цитирани са 69 литературни източника, авторските публикации по дисертацията са 5. Включени са 72 фигури и 8 таблици.

Изложението показва задълбочено познаване на съвременните постижения в областта на дисертацията.

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

В дисертационния си труд докторантът маг. инж. Борис Добричков предлага задълбочен и последователен преглед на стандартните ESD модели, действащите нормативни рамки и методи за тестване, разгледани подробно в гл. 4 „ESD модели“ и гл. 5 „Тестване и характеризация на ESD устройства“. Този систематичен подход е напълно допустим и ефективен.

За успешното решаване на заложените научно-приложни задачи, докторантът е създал специализирана софтуерна програма на езика R – подходящ при статистически анализ на големи обеми от данни. Чрез нея са имплементирани и изследвани различни иновативни алгоритми за прецизно определяне на времето за активация T_{on} на разглежданите защитни структури.

Изключително висок атестат за качеството на разработката е направеното сравнително изследване: авторът съпоставя получените резултати с тези от специализирания



софтуер за екстракция на T_{on} на компанията HPPI – утвърден световен лидер в производството на ESD тестери и импулсни генератори.

Бих искал да изразя своето отлично впечатление от високото професионално ниво, с което докторантът владее и съвременните програмни продукти, и специализираните среди за обработка на данни. Тяхното компетентно прилагане в изследователския процес е ключово за постигането на целите на дисертацията.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд

Дисертационният труд се фокусира върху времето за задействане (активация) на устройствата за ESD защита. Кандидатът аргументира изчерпателно ключовата роля на този параметър при процеси на бърз разряд. Включена е обща дефиниция на процеса на активация, като ясно е аргументирана неговата сложност с оглед на различните полупроводникови структури и технологични особености. На базата на задълбочен преглед на научната литература са изведени три подхода за определяне на времето за активация T_{on} . Тези методи са в основата на разработения софтуер за екстракция на T_{on} , като именно реализираната автоматизация представлява основният научен принос на труда. Програмата обработва входни данни от TLP измервания и определя времето за активация спрямо трите методики, визуализирайки резултатите чрез систематизирани таблици и подробни графики. Специално внимание е обърнато на иновативните алгоритми за филтриране и детекция, които гарантират по-висока точност и надеждност на получените данни.

Практическата приложимост на разработения софтуерен инструмент е потвърдена чрез валидация върху реални експериментални данни. Автоматизирана система е внедрена и тествана върху VF-TLP (Very Fast Transmission Line Pulsing) измервания на разнообразни ESD защитни елементи, включващи тиристорни и диодни структури, реализирани в три различни технологични процеса: 12 nm, 180 nm и 350 nm.

Особено ценен е извършеният критичен анализ на резултатите в гранични и нестандартни режими на работа, където алгоритмите за екстракция са подложени на максимално натоварване и потенциални смущения. На базата на тези тестове авторът формулира обосновани изводи относно устойчивостта, стабилността и точността на предложените методи, съчетани с конкретни практически препоръки за тяхното правилно и ефективно прилагане в инженерната практика.

Допълнително е направена задълбочена сравнителна оценка между създадената автоматизация и утвърденото специализирано софтуерно решение на компанията HPPI – както беше споменато по-горе, един от световните лидери в областта на изпитвателното оборудване за ESD закрила. Сравнението е проведено при идентични начални условия и върху еднакви масиви от данни, анализирайки спецификите в архитектурата и логиката на алгоритмите.

Резултатите категорично доказват практическото предимство и високата ефективност на новосъздадените от автора алгоритми за филтрация на сигнала. Същевременно обективно е отчетен и анализиран подходът на HPPI при компенсирание на постояннотоковото отместване (DC offset) в напрежителния импулс, което подчертава академичната коректност и дълбочина на дисертационното изследване.



5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд

В дисертационния труд авторът е посочил общо 8 приноса, изредени във списъчен вид без класификация по научни, научноприложни или приложни.

Обобщавам приносите на кандидата за ОНС "доктор", както следва:

1. Систематизиране на физичните процеси и стандарти (Приноси №1 и №2) – направен е задълбочен анализ на феномена на електростатичния разряд (ESD), механизмите му на генериране и спецификата на повредите в съвременната микроелектроника. Разгледани са водещите индустриални ESD модели, техните характерни особености, както и прилежащите им стандарти и методи за тестване и характеризация на защитни устройства.

2. Анализ на схемотехничните концепции и параметри (Приноси №3 и №4) – извършено е обобщение на основните On-Chip ESD схемотехнични концепции и топологични особености на активните защитни елементи, изяснен е техният принцип на работа.

Детайлно е изследвано времето за активация T_{on} в контекста на VFTLP (Very Fast Transmission Line Pulsing) характеризацията, като са съпоставени съществуващите методи за неговата оценка.

3. Разработване на специализиран софтуерен код и алгоритми за обработка на сигнали (Приноси №5 и №6) – създаден е оригинален софтуерен инструмент за автоматизирано извличане на ключови параметри на ESD устройства, който имплементира три различни методологии за екстракция на времето за активация T_{on} . В него са интегрирани три новосъздадени алгоритъма за детекция и филтриране на шума при VFTLP измервания, които гарантират значително повишаване на точността, стабилността и надеждността на извлечените резултати.

4. Експериментална валидация в широк технологичен обхват – проведено е мащабно VFTLP изследване на ESD диодни и тиристорни структури, реализирани в три модерни полупроводникови технологични възли – 12 nm, 180 nm и 350 nm.

5. Сравнителен анализ (бенчмаркинг) – извършено е пряко сравнение на функционалността, точността и работните алгоритми на авторския софтуер с утвърдено търговско решение, предоставено от световния лидер в областта HPPI, което доказва практическата приложимост и конкурентоспособност на разработката.

Гореформулираните приноси 1 и 2 класифицирам като научноприложни, а приноси 3, 4, и 5 – като приложни.

На база всичко това считам, че приносите адекватно отразяват извършеното с препоръка да бъдат съкратени и обобщени.

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

Запознат съм с работата на маг. инж. Борис Добричков още като студент в Технически университет – София, както и с неговите изследвания в областта на защитата от електростатичен разряд по-късно в неговия кариерен път. Той е задълбочен и продуктивен, подхожда към творческите и практически задачи със старание и прецизност. Предложените резултати в настоящата дисертация, както и неговата публикационна дейност до момента, ясно показват личното му участие във формулираните приноси.



7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

В „Публикации по дисертационния труд“ кандидатът представя общо 5 публикации, публикувани между 2018 и 2025 г. Всички те са на английски език, което дава широк достъп на международната научна общност до постигнатите резултати. Научните публикации са в издания с високо качество: една от статиите е публикувана в авторитетното международно списание Microelectronics Reliability (с висок импакт фактор и импакт ранг в областта на надеждността на микроелектрониката). Останалите четири са представени и публикувани в доклади от международни научни конференции, индексирани в световните бази данни. Наличен е и един самостоятелен научен труд, което е ясен атестат за личната изследователска автономия и зрялост на кандидата.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика

В предоставените документи кандидатът е приложил справка за забелязани цитирания, съдържаща 7 цитата на негови публикации, всички те в международни специализирани научни издания. Направената от мен справка в международната библиографска база данни Scopus отчита общо 10 негови публикации и 13 независими цитирания. Това категорично показва, че постигнатите в дисертацията резултати не само са получили необходимата публичност, но и се ползват с активен интерес и признание от страна на международната научна общност.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му

Представеният автореферат е в обем от 33 страници. Съдържанието му съответства на съдържанието на дисертационния труд. Авторефератът последователно и точно показва главите от дисертацията. Авторефератът завършва със списъка на публикациите по труда и резюме на английски език.

Считам, че авторефератът съответства на съдържанието и приносите на дисертацията и отговаря на общоприетите изисквания за изготвянето му.

10. Мнения, препоръки и бележки

Дисертационният труд се отличава с ясно изразена научно-приложна и практическа насоченост. В него авторът демонстрира задълбочено познаване на съвременното състояние на проблематиката, висок професионален капацитет и способност за самостоятелно провеждане на научни изследвания, подкрепени от представените резултати и тяхната софтуерно-инженерна реализация.

Нямам забележки по същество към представения дисертационен труд. Като препоръка за подобряване на структурата смятам, че в уводната част на изложението би било



подходящо да се обособи ясна и конкретно формулирана глава „Цел и задачи на дисертационния труд“, която да очертае рамката на изследването.

Предложените по-долу препоръки имат редакционен характер:

Езикови – използване на утвърдената българска терминология наред с чуждите термини (напр. замяна на термини като „скалиране“, „клампиране“, „есенциално“ и др.);

Структурни – по-стегнато подреждане на изложението в по-малко на брой глави с изводи след всяка глава, обобщение и заключения.

Форматиране – добавяне на пояснителни текстове, превод и описания на български език към използваните фигури.

В допълнение, с оглед на потенциала на разработката, препоръчвам на докторанта в бъдещата си научна кариера да се ориентира към популяризиране на резултатите си в реномирани международни списания с висок импакт фактор (IF) и импакт ранг (SJR).

Изложените критични бележки и препоръки по никакъв начин не омаловажават постигнатите високи научни и научно-приложни резултати, а имат за цел единствено да подпомогнат автора в бъдещата му публикационна и изследователска дейност.

11. Заключение с ясна положителна или отрицателна оценка на дисертационния труд

Дисертантът работи от няколко години в областта на защитата от електростатичен разряд (ESD). Навсякъде демонстрира усърдие и отлични инженерни способности, резултат на което е представената дисертация.

МИНИМАЛНИ ИЗИСКВАНИ ТОЧКИ

по групи показатели за придобиване на образователна и научна степен "Доктор"
валидни до май 2018 г.

Изисквания	ОНС "Доктор"	Борис Добричков
Общ брой научни трудове	3	5
- в т. ч. брой статии в рецензирани списания	1	5
- в т. ч. брой самостоятелни трудове	1	1
- в т. ч. брой статии в международни списания клас А (с Impact Factor)	0	1
Брой цитирания	0	7
- в т. ч. в международни специализирани научни издания	0	7



Въз основа на представения обем, задълбоченото съдържание, получените научни и научно-приложни резултати, както и формулираните приноси, изказвам категоричното си становище, че дисертационният труд отговаря напълно на всички критерии за придобиване на образователната и научна степен „доктор“.

Всички изложени дотук факти дават основание да потвърдя, че представеният труд напълно удовлетворява нормативните изисквания на *Закона за развитието на академичния състав в Република България* (ЗРАСРБ), *Правилника за неговото прилагане* (ПЗРАСРБ), както и вътрешния *Правилник за условията и реда за придобиване на научни степени в Техническия университет – София* (ПУРПНСТУС).

Воден от горепосоченото, давам убедено своята положителна оценка за дисертационния труд и убедено препоръчвам на почитаемото Научно жури да присъди на маг. инж. Борис Данаилов Добричков образователната и научна степен „доктор“ в област на висшето образование 5. Технически науки, професионално направление 5.2. Електротехника, електроника и автоматика, по научна специалност „Микроелектроника“.

08.10.2026
София

РЕЦЕНЗЕНТ:

121

/проф. д-р Г. Ангелов/





REVIEW REPORT

on a dissertation for the acquisition of an
educational and scientific degree of Doctor (PhD)

Field of higher education : 5. Technical sciences

Professional strand : 5.2 Electrical, Electronics and Automation

Scientific specialty : Microelectronics

Author of the dissertation thesis : Master Eng. Boris Danailov Dobrichkov

Department of Microelectronics, FEET

Technical University of Sofia

**Topic of the dissertation thesis : Study and Design of Electrostatic Discharge Protection
for CMOS Integrated Circuits**

Member of the scientific jury : Prof. Dr. George Vasilev Angelov

Department of Microelectronics, Faculty of Electronics

Engineering and Technology, Technical University of Sofia

1. Relevance of the dissertation's research topic from a scientific and applied scientific perspective

This dissertation addresses topic related to the reliability of integrated circuits. It examines electrostatic discharge (ESD) and its impact on the reliability of microelectronic components. High reliability requirements are a key factor in the development of modern microelectronics. We are currently at a pivotal point for the semiconductor industry, where the traditional scaling that has driven forward the industry over the past 7 decades is giving way to a complex evolution, relying not only on size downscaling but also on changes in device architecture, the use of new materials, the use of advanced packaging techniques, and a intertwined process of development and co-optimization involving design and technology (System Technology Co-Optimization, SCTO).

Recent advances in the protection of integrated circuits against electrostatic discharge (ESD) are being pushed ahead by the transition to Gate-All-Around (GAA) nanoscale transistor architectures starting at the 3-nm process node, 3D integration of chiplets, and ultra-high-speed data interfaces – all of which significantly narrow the traditional design margin for ESD protection. Due to the ultra-thin gate oxide layers in the latest FinFETs and the emerging GAA FETs, as well as reduced breakdown thresholds and limited heat dissipation in 3D structures, traditional parasitic mechanisms for ESD mitigation are increasingly being replaced by ultra-compact silicon-controlled rectifiers (SCRs), dynamic diode circuits, and secondary transient limiters designed to mitigate events based on the Charged Device Model (CDM) with response times under one nanosecond. To adapt to high-frequency applications such as PCIe 6.0 and 5G/6G communications without compromising signal integrity, modern protection



topologies employ foldback mechanisms and techniques to reduce parasitic capacitance to below 0.1 pF. Furthermore, the introduction of packaging standards such as Die-to-Die (D2D) (e.g., UCle – Universal Chiplet Interconnect Express) has introduced a method of co-design at the chip and package levels in parallel with automated verification using electronic design automation (EDA) software. In this regard, extraction tools are increasingly being developed to ensure optimal current distribution, low losses, and reliable T_{on} activation behavior. This dissertation analyzes the mechanisms that cause ESD buildup, which threaten the life of integrated circuits throughout their entire life cycle. Failures caused by ESD are classified, the physical mechanisms behind them are explained, and specific practical examples are presented. All this makes the topic under consideration highly relevant, and the issues investigated are very important for the reliability of integrated circuits in practical terms.

2. Level of knowledge of the content of the problem and creative interpretation of the reference literature

The dissertation consists of 148 pages, 120 pages of which are the body text and 23 pages are appendices (program code). The thesis includes eight chapters: introduction; electrostatic charge, discussed in two chapters – types of electrostatic charge and its manifestations, and ESD models; testing and characterization of ESD devices; ESD protection concepts; on-chip ESD protection devices; activation time of ESD protection devices; and conclusion. 69 references are cited, and the author has published 5 papers related to the dissertation. The thesis includes 72 figures and 8 tables.

The dissertation demonstrates a thorough understanding of current advances in the field.

3. Compliance of the selected research methodology with the aims and objectives of the dissertation

In his dissertation, Ph.D. candidate M.Eng. Boris Dobrichkov, presents an in-depth and thorough review of standard ESD models, current regulatory frameworks, and testing methods, which are discussed in detail in Chapter 4, "ESD Models," and Chapter 5, "Testing and Characterization of ESD Devices." This systematic approach is entirely valid and effective. To successfully address the scientific and applied research objectives, the doctoral candidate developed a specialized software program in the R language, which is well-suited for the statistical analysis of large datasets. Through this program, various innovative algorithms have been implemented and investigated for the precise determination of the activation time (T_{on}) of the protective structures under consideration.

The comparative study conducted serves as an exceptionally strong testament to the quality of the work: the author compares the obtained results with those from the specialized software for extraction of T_{on} developed by HPPI – a recognized global leader in the manufacture of ESD testers and pulse generators.

I would like to express my deep impression of the high level of professionalism with which the doctoral candidate masters both modern software products and specialized data processing environments. Their competent application in the research process is key to achieving the dissertation objectives.



4. A brief analytical description of the subject matter and an evaluation of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are based

The dissertation focuses on the turn-on time of ESD protection devices. The candidate thoroughly justifies the key role of this parameter in fast-discharge processes. A general definition of the activation process is provided, and its complexity is clearly explained in light of the various semiconductor structures and technological characteristics. Based on an in-depth review of the scientific literature, three approaches for determining the turn-on time T_{on} are identified. These methods form the basis of the software developed for extracting T_{on} , and it is precisely this automation that constitutes the main scientific contribution of this work. The program processes input data from TLP measurements and determines the turn-on time according to the three methodologies, visualizing the results through organized tables and detailed graphs. Special attention has been paid to the innovative filtering and detection algorithms, which ensure higher accuracy and reliability of the obtained data.

The practical applicability of the developed software tool has been confirmed with validation against real experimental data. An automated system has been implemented and tested on VF-TLP (Very Fast Transmission Line Pulsing) measurements of various ESD protection devices, including thyristor and diode structures fabricated using three different process technologies: 12 nm, 180 nm, and 350 nm.

Particularly valuable is the performed critical analysis of the results under boundary and non-standard operating conditions, where the extraction algorithms are subjected to maximum stress and potential disturbances. Based on these tests, the author draws well-founded conclusions regarding the robustness, stability, and accuracy of the proposed methods, combined with specific practical recommendations for their correct and effective application in engineering practice.

Additionally, an in-depth comparative evaluation was conducted between the developed automation and the established specialized software solution from HPPI – as mentioned above, one of the global leaders in the field of ESD protection testing equipment. The comparison was conducted under identical initial conditions and using identical data sets, analyzing the specific features of the algorithms' architecture and logic.

The results clearly demonstrate the practical advantage and high efficiency of the signal filtering algorithms newly developed by the author. At the same time, HPPI's approach to compensating for the DC offset in the voltage pulse has been objectively documented and analyzed, which underscores the academic rigor and depth of the dissertation research.

5. Scientific and/or applied scientific and/or applied contributions of the dissertation

In the dissertation, the author has identified a total of 8 contributions, listed in a bullet format without classification into scientific, applied scientific, or applied categories.

I summarize the contributions of the candidate for the "PhD" degree as follows:

1. Systematization of physical processes and standards (Contributions No. 1 and No. 2) – an in-depth analysis is provided of the phenomenon of electrostatic discharge (ESD), its generation mechanisms, and the specific nature of damage in modern microelectronics. The



leading industrial ESD models, their distinctive features, as well as the associated standards and methods for testing and characterizing protective devices, have been examined.

2. Analysis of circuit design concepts and parameters (Contributions No. 3 and No. 4) – A summary of the main on-chip ESD circuit design concepts and topological features of active protective elements is provided, and their operating principles are clarified. The activation time T_{on} was studied in detail in the context of VFTLP (Very Fast Transmission Line Pulsing) characterization, and existing methods for its evaluation were compared.

3. Development of a specialized software code and signal processing algorithms (Contributions No. 5 and No. 6) – An original software tool was created for the automated extraction of key parameters of ESD devices, which implements three different methodologies for extracting the activation time T_{on} . It integrates three newly developed algorithms for noise detection and filtering in VFTLP measurements, which ensure a significant improvement in the accuracy, stability, and reliability of the extracted results.

4. Experimental validation across a wide technological range – a large-scale VFTLP study was conducted on ESD diode and thyristor structures fabricated in three modern semiconductor process nodes—12 nm, 180 nm, and 350 nm.

5. Comparative analysis (benchmark) – a direct comparison was performed of the functionality, accuracy, and operational algorithms of the author's software with an established commercial solution provided by the global leader in the field, HPPI, which demonstrates the practical applicability and competitiveness of the development.

I classify contributions 1 and 2, as outlined above, as applied scientific, and contributions 3, 4, and 5 as applied.

Based on all the above, I believe that the contributions adequately reflect the work performed, with a recommendation that they be shortened and summarized.

6. Assessment of the extent of personal involvement of the author in dissertation contributions

I am familiar with the work of M.Eng. Boris Dobrichkov from back when he was a student at the Technical University of Sofia, as well as with his research in the field of electrostatic discharge protection later in his career. He is meticulous and productive, approaching both creative and practical tasks with diligence and precision. The results presented in this dissertation, as well as his publications to date, clearly demonstrate his personal contribution to the identified achievements.

7. Assessment of the publications related to the dissertation

In "Publications Related to the Dissertation," the candidate presents a total of 5 publications published between 2018 and 2025. All of them are in English, which provides the international scientific community with an access to the results achieved.

The scientific publications appear in high-quality journals: one of the articles is published in the renowned international journal "Microelectronics Reliability" (which has a high impact factor and impact rank in the field of microelectronics reliability). The remaining 4 papers were presented and published at international scientific conferences, indexed in global databases.



There is also one single-author scientific paper, which is clear evidence of the candidate's personal research autonomy and maturity.

8. Application of the findings from the dissertation in scientific and social practice

In the documents submitted, the candidate has included a list of citations, containing 7 citations of his publications, all of which appear in international specialized scientific journals. My search in the international bibliographic database Scopus reveals a total of 10 of his publications and 13 independent citations. This clearly demonstrates that the results achieved in the dissertation have not only received the necessary publicity but are also the subject of active interest and recognition by the international scientific community.

9. Evaluation of the compliance of the auto-abstract with the requirements for its preparation

The Author's Abstract submitted is 33 pages long. Its content corresponds to that of the dissertation. The Author's Abstract presents the chapters of the dissertation in a coherent and accurate manner. The Author's Abstract concludes with the list of publications related to the dissertation and a summary in English.

I find that the Author's Abstract corresponds to the content and contributions of the dissertation and meets the generally accepted requirements for its preparation.

10. Opinions, recommendations, and comments

The dissertation is characterized by a clearly defined applied scientific and practical focus. In it, the author demonstrates in-depth knowledge of the current state of the field, high professional competence, and the ability to conduct independent scientific research, supported by the presented results and their software engineering implementation. I have no substantive remarks on the presented dissertation. As a recommendation for improving the structure, I believe it would be appropriate to include a clear and specifically formulated chapter entitled "Aims and Objectives of the Dissertation" in the introductory part of the text, which would outline the framework of the research.

The recommendations proposed hereafter are of an editing nature:

Linguistic – use the established Bulgarian terminology alongside terms from other languages (e.g., replace terms such as "скалиране / scaling," "клампиране / clamping," "есенциално / essential," etc.);

Structural – a more concise organization of the text into fewer chapters, with conclusions following each chapter, a summary, and final conclusions.

Formatting – add explanatory text, translations, and descriptions in Bulgarian to the figures used. In addition, given the potential of this work, I recommend that the doctoral candidate, in his future scientific career, focus on publishing in renowned international journals with a high impact factor (IF) and impact rank (SJR).

The critical remarks and recommendations presented herein in no way diminish the high scientific and applied scientific results achieved; rather, they are intended solely to assist the author in his future publishing and research activities.



11. Conclusion with a clear positive or negative evaluation of the dissertation

The doctoral candidate has been working in the field of electrostatic discharge (ESD) protection for several years. He has consistently demonstrated diligence and excellent engineering skills, which have resulted in the dissertation presented here.

MINIMUM REQUIRED POINTS
by indicator groups for the award of the academic and scientific degree of PhD
valid until June 2018

Requirements	SD "PhD"	Boris Dobrichkov
Total number of scientific publications	3	5
- incl. the number of papers in peer-reviewed journals	1	5
- incl. single-author papers	1	1
- incl. the number of articles in Class A international journals (with an Impact Factor)	0	1
Number of citations	0	7
- incl. in international specialized scientific journals	0	7

Based on the amount of material presented, the in-depth content, the scientific and applied scientific results obtained, as well as the contributions outlined, I express my firm opinion that this dissertation fully meets all the criteria for the award of the educational and scientific degree of PhD.

All the facts presented thus far provide grounds for me to confirm that the submitted thesis fully satisfies the regulatory requirements of the *Law on the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria* (ЗРАСРБ), the *Rules for Application of the Law on the Development of Academic Staff* (ППЗРАСРБ), as well as the internal *Rules on the Conditions and Procedures for Acquiring Academic Degrees at the Technical University of Sofia* (ПУРПНСТУС).

Based on the foregoing, I give my unequivocal positive assessment of the dissertation and strongly recommend that the esteemed Scientific Jury award M. Eng. Boris Danailov Dobrichkov, the educational and scientific degree of "Doctor" in the field of higher education 5. Technical Sciences, professional strand 5.2. Electrical Engineering, Electronics, and Automation, in the scientific specialty of Microelectronics.

08.10.2026
Sofia



REVIEWER:

/n/

/Prof Dr. G. Angelov/

