



СТАНОВИЩЕ

от чл.-кор. проф. дн инж. Георги Димитров Тодоров

по дисертационен труд за придобиване на научната степен „доктор на науките”

Автор: **доц. д-р инж. физ. Венцислав Митков Янчев**

Тема на дисертацията: „The Thin-Film Lamb Wave Resonator Technology“
(„Технология на тънкослойните резонансни устройства на Лембови микро-акустични вълни“)

Професионално направление **5.1 Машинно инженерство**

Научна специалност: „Динамика, якост и надеждност на машините, уредите, апаратите и системите”

1. Актуалност на изследвания проблем в научно и научно-приложно отношение.

Съвременните мехатронни системи изискват все по-прецизни и адекватни решения. Представеният научен труд е посветен на един фундаментален проблем на изследвания във връзка с теоретичните, моделните и практическите приложения на тънкослойните повърхностни и Лембови резонатори. През последните 20 години, научните изследвания в тази специфична област се разшириха към тънкослойни устройства на повърхнинни акустични вълни и на вълни на Лемб. В резултат на тези интензивни изследвания, се увеличи драматично качеството на радиочестотните филтри, като същевременно се разшири и техния честотен обхват. Работата по тънкослойната Лембова технология се ограничава в научни организации с чисти стаи с възможности за прототипиране на микроелектронни и MEMS компоненти. Изискването към финансирането на този тип научни изследвания ограничава включването на твърде широк кръг от научни колективи. Темата на дисертационния труд е актуална за световната наука и практика, което се вижда по големият брой публикации по темата в света в последните години.

2. Съдържание и структура

Дисертационният труд е с обем 281 страници и се състои от, увод, 4 глави, приноси, списък на включените публикации (общо 38), списък на използвана

литература, включваща 198 източника, и заключение. Работата включва общо 204 фигури, 21 таблици и 54 формули

В първата глава е направен обзор на областта и е анализирано съвременното научно ниво в изследваната област и посоките на развитие, на основата на което е дефинирана обосновано целта на дисертационния труд - изследване на тънкослойната резонансна технология на Лембови вълни в теоретичен, технологичен и в резултат в приложен план.

Дефинираните 10 основни задачи корелират на целта на дисертационния труд, като на тяхното решаване са посветени глави от 2 до 5. Глава 6 съдържа обобщението на резултатите от теоретичните и експериментални изследвания, заключенията и приносите на дисертационния труд.

3. Степен на познаване на състоянието на проблема, литературна осведоменост и творческа интерпретация на автора

Цитирани са над 190 литературни източника, почти изцяло на английски. Включени са от основополагащи трудове до съвременни изследвания на водещи изследователи. Литературните източници са добре систематизирани и отразяват актуалното ниво, както и по-съществените проблеми и посоки за развитие. Считам, че литературната осведоменост и познаването на областта, както и интерпретацията от автора е много добра.

4. Адекватност на методиката на изследване с поставените цел и задачи на дисертационния труд

В анализа на използваните методи, подходи и технологии за разработването на тънкослойната резонансна технология на Лембови вълни от самото и начало, като систематично изследва теоретичните, технологичните и приложните аспекти на технологията започвайки от физичните фундаменти.. Целите и задачите на работата са точно и адекватно дефинирани и са в съответствие с избраните методи на аналитичната, моделната и прототипната технология, комбинирани с възможностите на компютърната симулация. Считам използваните методи, подходи и симулации за адекватни и даващи възможност за приложимост за практически цели.

5. Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд

Авторската справка за научните и научно-приложните приноси на дисертационния труд приемам с условието за преформулиране, като към научните приноси потвърждавам два приноса, а останилите 3 отнасям към групата на научно-приложните такива.

А. Научни приноси

A1. Създаден и представен за пръв път е нов клас радиочестотни микро-акустични резонатори на базата на тънки пиезоелектрични слоеве, базирани на Лембови акустични вълни. Едновходови и двувходови S0 Лембови резонатори с висока производителност са проектирани, прототипирани и характеризирани върху напълно закрепени и конзолно закрепени AlN мембрани. Нова резонаторна структура с двойна електрическа шина е предложена за потискане на нежеланите напречни паразитни модове в структурата. Разработени са S0 Лембови резонатори с вградена температурна компенсация на честотата на базата на композитни AlN/SiO₂ мембрани.

Основни публикации по A1: Г7.2, Г7.3, Г7.5, Г7.7, Г7.8, Г7.9, Г7.10, Г7.21

A2. Разработена е теоретична рамка за моделиране и оптимизация на тънкослойни резонатори на Лембови акустични вълни. Разширени и адаптирани са аналитични модели на базата на теоремата на Floquet-Bloch и функциите на Green. Аналитичните процедури са обогатени чрез използването на анализ посредством метода на крайните елементи. Разработената аналитична рамка е синергично интегрирана с модела на свързаните модове за проектиране и оптимизация на микровълнови акустични прибори.

Основни публикации по A2: Г7.1, Г7.4, Г7.6, Г7.12, Г7.19, Г7.22, Г7.28

В. Научно-приложни приноси

B1. Разработената теоретична рамка е вградена в софтуер за проектиране на тънкослойни Лембови резонатори. Софтуера позволява проектирането на практически значими резонансни структури базирани на S0 вълни на Лемб. Извършено е интегриране към конвенционални симулатори за радиочестотен анализ, което подпомага индустриалното проектиране на такива резонатори. Разработена е

система за оптимизация която синергично комбинира акустични модели, електромагнитни модели и модели за радиочестотно оптимизиране.

B2. Изобретен е тънкослоен резонатор на A1 Лембова вълна с разширена честотна лента и повишени работна мощност и надеждност. Иновативен дизайн с акустично дебели електроди на преобразувателя както и със симетрично структуриране на резонатора за потискане на паразитните модове е осъществен върху пиезоелектрични пластини от завъртян Y-срез на LiNbO₃. Изобретена е нова концепция за резонансно устройство на A1 Лембов мод върху пиедестали структурирани като рефлектори на Bragg.

B3. Предложени и прототипирани са принципно нов тип резонансни структури на Лембови акустични вълни. Нова резонансна структура базирана на взаимодействието между S₀ и A₁ Лембови модове е проектирана, прототипирана и характеризирана за пръв път. Нова резонансна структура базирана на S₁ Лембова вълна с нулева групова скорост е проектирана, прототипирана и характеризирана за пръв път. Изобретен е радиочестотен трансформатор на напрежение базиран на S₀ Лембова резонансна структура (WIPO Patent Application WO/2012/156818A2). Трансформатора е проектиран, прототипиран и интегриран в комуникационна схема работеща с изключително ниска консумирана мощност.

Основни публикации по A3: Г7.13, Г7.17, Г7.18, Г7.20, Г7.25, Г8.1

B4. Честотен генератор с нисък шум, стабилизиран посредством S₀ Лембов резонатор е проектиран, прототипиран и характеризиран за пръв път в схема с висока мощност и нисък базов термичен шум. Нови високо чувствителни S₀ Лембови резонансни датчици на външно налягане и маса са изследвани теоретично и експериментално с оглед на подобряването на тяхната резолюция. Очертани са принципите за проектиране и приложението на тези резонансни датчици.

С. Приложни приноси

C1. MEMS технологията е специфично адаптирана към необходимите стандарти за успешно прототипиране на тънкослойни Лембови резонансни структури. Разработените диаграми на процесите позволи прототипирането на Лембови резонатори базирани на пиезоелектричен AlN.

C2. Като част от екип, се разработи комуникационна система с ниска консумирана мощност чрез специфично интегриране на трансформаторни чипове базирани на Лембови вълни.

Оценявам развитието и обобщаването на математични модели и изследванията с метод на крайните елементи като особено актуална тема с научно и приложно значение, а създадените от автора патентовани решения оценявам като актуални и отразяващи съвременното ниво на изследванията в тази област.

6. Публикации по труда

Към дисертационния труд са приложени 29 публикации, реферирани в SCOPUS и WoS. Считам публикуването за адекватно, а нивото за много добро и отразяващо достиженията на автора. Цитиранията (без автоцитирания) на публикациите в горните бази са с впечатляващото число от над 800. Представени по темата на дисертацията са и 7 патента, регистрирани в САЩ (US Patent). Работите са предимно колективни, което е характерно за екипния стил, като авторът има изявено участие в тях.

7. Критични бележки и препоръки

В дисертацията се срещат немалко повторения и прави впечатление като предимно събрана от научни публикации, акато липсват свързващи обосновки и изводи.

В дисертационният труд трябва в явен вид да се появят целта на дисертационния труд и произтичащите от нея задачи, както това е направено в автореферата.

Научните и приложните приноси биха могли да бъдат обобщени в подраздели с цел редукция на техния брой, без да се редуцира смисълът им.

Дисертационният труд за придобиване на научната степен „доктор на науките” на доц. Венцислав Янчев е представен на английски език. Това може да се разглежда нееднозначно, но би могло да се оцени и като положително, в контекста на стремежа на университета ни да бъде на международно ниво и видим в Европа и по света.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Познавам работата на доц. Венцислав Янчев повече от 10 години и мога да го охарактеризирам като ерудиран преподавател и учен на световно ниво. Понастоящем доц. Янчев е преподавателят от ТУ – София с най-висока наукометрия и изтъкнат изобретател. Въз основа на цялостното ми впечатление от представения дисертационен труд, актуалността на научната и приложна проблематика и постигнатите научни, научно приложни и приложни приноси считам за адекватни на законовите и възприетите в академичната общност изисквания както получените теоретичните резултати, така и приложните достижения. Анализът на посочените данни показва, че са изпълнени по всички групи показатели изискванията на ЗРАСРБ, ППЗРАС, както и на изискванията от Приложение 1 на ПУРПНС в ТУ – София. Това ми дава пълно основание да предложа на уважаемото Научното Жури да оцени положително дисертационния труд за придобиване на научната степен „ДОКТОР НА НАУКИТЕ“ на доц. д-р инж. физ. Венцислав ЯНЧЕВ на тема: „The Thin-Film Lamb Wave Resonator Technology“ („Технология на тънкослойните резонансни устройства на Лембови микро-акустични вълни“) в Професионално направление 5.1 Машинно инженерство, Научна специалност: „Динамика, якост и надеждност на машините, уредите, апаратите и системите“.

Дата: 14.01.2026 г.

ЧЛЕН НА ЖУРИТО:

/чл.-кор. проф. дн инж. Георги Тодоров/



O P I N I O N

by Prof. Georgi Dimitrov Todorov, PhD, DSc, CM of BAS

on dissertation work for the acquisition of the scientific degree „Doctor of Science”

Author: **Assoc. Prof. Dr. Eng. Phys. Ventsislav Mitkov Yanchev**

Thesis topic: „**The Thin-Film Lamb Wave Resonator Technology**”

Professional field **5.1 Mechanical engineering**

Scientific specialty: „**Dynamics, strength and reliability of machines, devices, apparatus and systems**”

1. Relevance of the research problem in scientific and applied science attitude.

Modern mechatronic systems require increasingly precise and adequate solutions. The presented scientific work is dedicated to a fundamental problem of research related to the theoretical, model and practical applications of thin-film surface and Lamb resonators. Over the past 20 years, research in this specific area has expanded to thin-film surface acoustic wave and Lamb wave devices. As a result of these intensive research, the quality of radio frequency signals has increased dramatically filters, while also expanding their frequency range. The work on thin-film Lamb technology is limited to scientific organizations with clean rooms with capabilities for prototyping microelectronic and MEMS components. The requirement for funding this type of research limits the inclusion of a very wide range of scientific groups. The topic of the dissertation work is relevant to world science and practice, which is evident from the large number articles on the topic in the world in recent years.

2. Content and structure

The dissertation is 281 pages long and consists of an introduction, chapters, contributions, list of included articles (total 38), list of used literature, including 198 sources, and a conclusion. The work includes a total of 204 figures, 21 tables and 54 formulas.

The first chapter provides an overview of the field and analyzes the current scientific level in the research area and the directions of development, on the basis of which the purpose of the dissertation work is well defined - research on the thin-film resonance technology of Lamb waves in theoretical, technological and as a result in an attached plan.

The defined 10 main tasks correlate to the purpose of the dissertation work, and chapters 2 to 5 are dedicated to their solution. Chapter 6 contains the summary the results

of theoretical and experimental research, the conclusions and the contributions of the dissertation work.

3. Degree of knowledge of the state of the problem, literary awareness and creative interpretation of the author

Over 190 literary sources are cited, almost entirely in English. Included are foundational works to contemporary research by leading researchers. The literary sources are well systematized and reflect the current level, as well as the more significant problems and directions for development. I believe that literary awareness and knowledge of the field, as well as the interpretation from the author is very good.

4. Adequacy of the research methodology with the set goals and dissertation tasks

In the analysis of the methods, approaches and technologies used for the development of the thin-film resonance technology of Lamb waves from its very beginning, as systematically investigates the theoretical, technological and applied aspects of technology starting from the physical foundations. The goals and objectives of the work are precisely and adequately defined and are in accordance with the chosen methods of analytical, modeling and prototyping technology combined with the capabilities of computer simulation. I consider the methods, approaches and simulations used to be adequate and enabling applicability for practical purposes.

5. Scientific and applied scientific contributions of the dissertation work

The author's reference for the scientific and applied scientific contributions of I accept the dissertation work with the condition of reformulation, as to the scientific contributions, I confirm two contributions, and I attribute the remaining 3 to the group of scientific the applied ones.

A. Scientific contributions

A1. A new class of radio frequency micro-devices has been created and introduced for the first time. acoustic resonators based on thin piezoelectric layers based on Lamb acoustic waves. Single-input and double- input S0 Lamb resonators with high performance are designed, prototyped and characterized on fully supported and cantilevered AlN membranes. New resonator structure with a double electrical busbar is proposed to suppress unwanted crosstalk parasitic modes in the structure. S0 Lambda resonators with

built-in temperature compensation of frequency based on composite AlN/SiO₂ membranes. Main articles under A1: D7.2, D7.3, D7.5, D7.7, D7.8, D7.9, D7.10, D7.21

A2. A theoretical framework for modeling and optimization of thin-film resonators of Lamb acoustic waves. Analytical models based on the Floquet-Bloch theorem and Green's functions have been extended and adapted. Analytical procedures are enriched through the use of analysis by the finite element method. The developed analytical framework is synergistically integrated with the model of the connected modes for design and optimization of microwave acoustic instruments. Main articles under A2: D7.1, D7.4, D7.6, D7.12, D7.19, D7.22, D7.28

B. Scientific and applied contributions

B1. The developed theoretical framework is embedded in software for designing thin-film Lamb resonators. The software allows the design of practically relevant resonant structures based on S₀ Lamb waves. Integration has been performed with conventional simulators for radio frequency analysis, which supports the industrial design of such resonators. A an optimization system that synergistically combines acoustic models, electromagnetic models and radio frequency optimization models.

B2. A thin-film resonator of A₁ Lamb wave with extended bandwidth and increased operating power and reliability. Innovative design with acoustically thick transducer electrodes as well as with symmetrical structuring of the resonator to suppress parasitic modes has been implemented on piezoelectric plates of rotated Y-cut LiNbO₃. A new concept for a resonant device of A₁ Lamb mode on pedestals structured as Bragg reflectors.

B3. A fundamentally new type of resonant structures have been proposed and prototyped of Lamb acoustic waves. A new resonant structure based on the interaction between S₀ and A₁ Lambda modes has been designed, prototyped and characterized for the first time. A new resonance structure based on S₁ Lembova. A zero group velocity wave has been designed, prototyped and characterized for the first time. A radio frequency voltage transformer based on S₀ was invented Lamb resonance structure (WIPO Patent Application WO/2012/156818A2). The transformer was designed, prototyped and integrated into a communication circuit operating with extremely low power consumption. Main articles under A3: D7.13, D7.17, D7.18, D7.20, D7.25, D8.1

B4. Low noise frequency generator stabilized by S0 Lembov resonator was designed, prototyped and characterized for the first time in a high-performance circuit power and low baseline thermal noise. New highly sensitive S0 Lambda Resonant external pressure and mass sensors have been studied theoretically and experimentally with a view to improving their resolution. They are outlined the design principles and application of these resonant sensors.

C. Applied contributions

C1. MEMS technology is specifically adapted to the necessary standards for successful prototyping of thin-film Lambda resonant structures. The developed process diagrams allowed for the prototyping of Lembovi resonators based on piezoelectric AlN.

C2. As part of a team, a low-latency communication system was developed power consumption through specific integration of transformer chips based on Lamb waves. I appreciate the development and generalization of mathematical models and research using the finite element method as a particularly relevant topic with scientific and applied significance, and I evaluate the patented solutions created by the author as up-to-date and reflecting the current level of research in this field.

6. Articles

The dissertation is based on 29 papers referenced in SCOPUS and WoS. I consider the papers to be adequate, and the level to be very good and reflective. the author's achievements. The citations (excluding self-citations) of the papers in the above databases are an impressive number of over 800. Presented on the topic of the dissertation are also 7 patents registered in the USA (US Patent). The works are mostly collective, which is characteristic of the team style, with the author having a prominent participation in them.

7. Critical notes and recommendations

- There are quite a few repetitions in the dissertation and it is striking as mostly collected from scientific articles, lacking connecting justifications and conclusions.
- The dissertation must clearly state the purpose of the the dissertation work and the tasks arising from it, as has been done in the abstract.

- The scientific and applied contributions could be summarized in subsections with the aim of reducing their number without reducing their meaning.
- The dissertation for the acquisition of the scientific degree "Doctor of Science" of Assoc. Prof. Ventsislav Yanchev is presented in English. This can be viewed ambiguously, but could also be assessed as positive, in the context of the aspiration of our university to be at an international level and visible in Europe and around the world.

CONCLUSION

I have known the work of Assoc. Prof. Ventsislav Yanchev for more than 10 years and I can recommend him. I characterize him as an erudite teacher and world-class scientist. Currently Assoc. Prof. Yanchev is the lecturer at TU - Sofia with the highest scientometrics and a distinguished inventor. Based on my overall impression of the presented dissertation work, the relevance of the scientific and applied issues and I consider the achieved scientific, scientifically applied and applied contributions to be adequate to the legal and academic community-accepted requirements as well as the received both theoretical results and applied achievements. The analysis of the mentioned data shows that the requirements of the ZRASRB are met for all groups of indicators, PPZRAS, as well as the requirements of Appendix 1 of PURPNS in TU - Sofia. This gives me full reason to propose to the esteemed Scientific Jury to positively evaluate the dissertation work for the acquisition of the scientific degree "DOCTOR OF SCIENCES" by Assoc. Prof. Dr. Eng. Phys. Ventsislav YANCHEV on the topic: „The Thin-Film Lamb Wave Resonator Technology“ in Professional Direction 5.1 Mechanical Engineering, Scientific specialty: "Dynamics, strength and reliability of machines, "devices, apparatus and systems".

Date: 14.01.2026

JURY MEMBER:

/ Prof. Georgi Dimitrov Todorov, PhD, DSc, CM of BAS /