

РЕЗЮМЕТА НА НАУЧНИТЕ ТРУДОВЕ НА БЪЛГАРСКИ И НА АНГЛИЙСКИ ЕЗИК

В4. Хабилизационен труд

№	Библиографско описание	Точки
В4	Янчев, В. Технология на тънкослойните резонансни устройства на обемни микро-акустични вълни. ТУ – София, 43 с.	261
	<p align="center">ТЕХНОЛОГИЯ НА ТЪНКОСЛОЙНИТЕ РЕЗОНАНСНИ УСТРОЙСТВА НА ОБЕМНИ МИКРО-АКУСТИЧНИ ВЪЛНИ</p> <p>Хабилизационният труд обхваща част от научните изследвания на автора през последните 20 години, като засяга редица аспекти на технологията. Основните научни приноси са както в разбирането и подбръвяването на технологичните процеси, така и в проектирането и прототипирането на иновативни устройства със специфични работни характеристики. Хабилизационният труд включва 15 индексирани научни публикации и 2 международни патента, от които 12 са публикациите в реферирани издания с импакт фактор, а останалите 3 са публикувани в сборници на реферирани международни конференции на IEEE. Реферирането към тези публикации се изразява в общо 688 цитата, към края на 2024г.</p>	
	<p align="center">THE THIN-FILM BULK ACOUSTIC WAVE RESONATOR (FBAR) TECHNOLOGY</p> <p>The habilitation thesis summarizes part of the FBAR technology related research conducted by the author in the last 20 years. The scientific contributions include the development of the technological processes as well as the design, fabrication and characterization of innovative resonant devices for frequency control and sensing applications. The habilitation thesis is based on 12 refereed publications with IF, 3 publications in IEEE conference proceedings and 2 international patents. The included publications have been cited 688 times by the end of 2024.</p>	

В4. Научна публикация в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация

№	Библиографско описание	Точки
В4.1	Dependence of the electromechanical coupling on the degree of orientation of c-textured thin AlN films Bjurström, J., Rosén, D., Katardjiev, I., Yanchev, V.M. , Petrov, I. <i>IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control</i> , 2004, 51(10), pp. 1347–1353 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-8344238894&origin=resultlist	12

	<p>ЗАВИСИМОСТ НА ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧНАТА ВРЪЗКА ОТ ОРИЕНТАЦИЯТА НА С-ОСТТА НА ТЕКСТУРИРАНИ ТЪНКИ СЛОЕВЕ AlN</p> <p>Силно с-ориентирани слоеве AlN са синтезирани при стайна температура с реактивно разпръскване. Мембранен тип ОАВ резонатори в следствие са формирани с обемно микромашино прототипиране върху Si. Резонаторите са електрически характеризирани с векторен мрежов анализатор в режим на едновходово измерване. Коефициентите на електромеханична връзка и Q факторите на надлъжно поляризирания и напречно поляризирания резонанс са екстрахирани посредством фитване на проводимостта към еквивалентен електрически модел. Целта на тази работа е изучаването на вариацията на електромеханичния коефициент и качествения фактор на двата акустични мода в зависимост от наклона на с-остта. Поведението на текстурираните филми съвпада с поведението на монокристал с подобна кристална ориентация. По специфично е показана промяна на електромеханичния фактор от 8% до 4% на надлъжния мод и от 0% до 3% на напречния мод при промяна на наклона на с-остта корелирана към прмяната на ширината на (002) рентгенов ω-скан пик от 2° до 10°.</p>	
	<p>DEPENDENCE OF THE ELECTROMECHANICAL COUPLING ON THE DEGREE OF ORIENTATION OF C-TEXTURED AlN FILMS</p> <p>Highly c-oriented thin aluminum nitride (AlN) films have been grown at room temperature with reactive sputter deposition. Membrane film bulk (FBAR) thickness excited resonators have been subsequently fabricated by bulk micro machining of silicon (Si). The resonators were then electrically characterized with a network analyzer in a one-port configuration. Subsequently, the coupling coefficients and the Q factors of both the longitudinal and the shear mode were extracted from fitting the measured admittance with that of the equivalent circuit model at the resonance frequencies. The goal of this work is to study the variation of the electromechanical coupling and the quality factor of the resonators, for both the longitudinal and the shear modes as a function of the degree of film texture. It is observed that the films exhibit a mean tilt of the c-axis relative the surface normal. This tilt is found to depend on both the film texture and the distance from the wafer radius. It is also demonstrated that the textured films exhibit a behavior of the electromechanical coupling effectively identical to that of a single crystalline material of equivalent tilt. Thus, it is shown that the electromechanical coupling for the longitudinal mode decreases from 8% to 4%, and that for the shear mode increases from 0% up to 3% by varying the full width half maximum (FWHM) of the (002) rocking curve in the interval from 2° to 10°.</p>	
B4.2	<p>Buried electrode electroacoustic technology for the fabrication of thin film based resonant components Martin, D.M., Yantchev, V., Katardjiev, I. <i>Journal of Micromechanics and Microengineering</i>, 2006, 16(9), pp. 1869–1874, 016 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-33747314440&origin=resultlist</p>	20

	<p>ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНА ТЕХНОЛОГИЯ С ВКОПАН ЕЛЕКТРОД ЗА ПРОИЗВОДСТВОТО НА ТЪНКΟΣЛОЙНИ РЕЗОНАНСНИ КОМПОНЕНТИ</p> <p>Производствен процес за тънкослойни електроакустични устройства с вкопани електроди е представен. Едностъпков литографски процес е разработен за вкопаване на електродите, който се характеризира с изгладена повърхност на подложката. Предложената технология има значими предимства от гледна точка на производителността и надеждността на тънкослойните ОАВ електроакустичните устройства. При тънкослойни резонатори на Лембови вълни, вкопаването на електродите на насрещно грбеновдния преобразувател води до подобряване в коефициента на отражение и евентуално подобряване на издръжливостта срещу акустична миграция при високи мощности на работа. Показано е че, използването на технологията при производството на ОАВ компоненти, елиминира микро-структурните дефекти в пиезоелектричния слой. Технологията е демонстрирана за AlN пиезоелектричен слой с вкопани молибденови и волфрамови електроди. Тези метали са специфично подбрани поради ниските им акустични загуби. Тънкослойните резонансни структури произведени с тази технология са електрически характеризирани и тяхните качества са дискутирани.</p>	
	<p>BURIED ELECTRODE ELECTROACOUSTIC TECHNOLOGY FOR THE FABRICATION OF THIN FILM BASED RESONANT COMPONENTS</p> <p>A fabrication process for thin film electroacoustic devices utilizing buried electrodes is presented. A one-step lithography process has been developed to bury electrodes resulting in a planarized surface. The proposed technology is expected to bring about a number of benefits concerning the performance of a variety of thin film electroacoustic devices. With respect to thin film plate acoustic resonators (FPAR), burying the reflector electrodes results in improved reflectivity and potentially lower susceptibility to acousto-migration effects. It is also shown that employing the proposed technology for the fabrication of both thin film bulk acoustic resonators (FBAR) and thin film solidity mounted bulk acoustic resonators (SBAR) eliminates certain macro-structural defects in the piezoelectric film which is a prerequisite for substantially improved device performance and higher power handling capability. The buried electrode electroacoustic (EA) technology is demonstrated for a thin aluminium nitride (AlN) piezoelectric film with electrodes of both molybdenum (Mo) and tungsten (W). The latter have been primarily chosen because of their high electroacoustic material quality. Thin film resonant structures produced by this technology are characterized and their features are discussed.</p>	
B4.3	<p>Shear mode AlN thin film electro-acoustic resonant sensor operation in viscous media Wingqvist, G., Bjurström, J., Liljeholm, L., Yantchev, V., Katardjiev, I. <i>Sensors and Actuators, B: Chemical</i>, 2007, 123(1), pp. 466–473 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-33947645345&origin=resultlist</p>	12

	<p style="text-align: center;">СЕНЗОРНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА AlN ТЪНКОСЛОЕН ЕЛЕКТРОАКУСТИЧЕН РЕЗОНАТОР ВЪВ ВИСКОЗНА СРЕДА</p> <p>Изследвани са характеристиките на тънкослоен резонатор на напречни ОАВ при работа в течни среди. Резонатора е прототипиран на базата на израстването на тънък AlN слой с 30° наклон на с-остта. Резонатора е с резонансна честота от 1.2 GHz и качествен фактор 150 при работа във вода. Характеризирани са резонатори работещи във вода и разтвор на глицерол. Теоретичните модели са сравнени с измерванията. Резултатите разкриват потенциала за ОАВ тънкослойната технологията за производството на биосензори и био-аналитични устройства с висока чувствителност и ниска цена.</p>	
	<p style="text-align: center;">SHEAR MODE AlN THIN FILM ELECTRO-ACOUSTIC RESONANT SENSOR OPERATION IN VISCOUS MEDIA</p> <p>A shear mode thin film bulk acoustic resonator (FBAR) operating in liquid media together with a microfluidic transport system is presented. The resonator has been fabricated utilizing a recently developed reactive sputter-deposition process for AlN thin films with inclined <i>c</i>-axis relative to the surface normal with a mean tilt of around 30 °. The resonator has a resonance frequency of around 1.2 GHz and a <i>Q</i> value in water of around 150. Sensor operation in water and glycerol solutions is characterized. Theoretical analysis of the sensor operation under viscous load as well as of the sensitivity and stability in general is presented. The theoretical predictions are compared with experimental measurements. The results demonstrate clearly the potential of FBAR biosensors for the fabrication of highly sensitive low cost biosensors, bioanalytical tools as well as for liquid sensing in general.</p>	
B4.4	<p>Temperature compensation of liquid FBAR sensors Bjurström, J., Wingqvist, G., Yanchev, V., Katardjiev, I. <i>Journal of Micromechanics and Microengineering</i>, 2007, 17(3), pp. 651–658, 030 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-34249030617&origin=resultlist</p>	15

**ТЕМПЕРАТУРНА КОМПЕНСАЦИЯ НА ОАВ ТЪНКОСЛОЙНИ
СЕНЗОРИ ЗА ТЕЧНИ СРЕДИ**

В тази статия демонстрираме на практика пълна температурна компенсация на втори овертон напречна ОАВ в композитен Al/AlN/Al/SiO₂ резонатор. Температурната компенсация е демонстрирана в интервала 25°C - 95°C. Важно предимство на това устройство е неговият по-висок Q фактор при работа в течни среди, както и по високата честота спрямо фундаменталния хармоник в композитната структура. По този начин работата на втори овертон подпомага по-високата резолюция на сензора. Температурно некомпенсиран ОАВ резонатор на фундаменталния напречен мод е използван за сравнение. Двете устройства са характеризирани при работа в работа във въздух и вода. Качествените фактори, коефициентите на електромеханична връзка, индуцираното затихване на вълните в течността както и чувствителността към високосен товар са изследвани. Напречните ОАВ на втори овертон демонстрират почти пълно температурно компенсиране при 1.22µm дебелина на SiO₂ в композитна структура с 2µm дебел слой AlN. Температурно компенсирания резонатор е с 200nm дебели електроди от алуминий. Измерения температурен коефициент на честотата е в интервала -31 до -36 ppm/K в разглеждания температурен интервал за некомпенсираното ОАВ устройство, докато за температурно компенсираното варира между 2ppm/K и -2ppm/K. Q факторите при работа в течна среда са съответно 230 и 180 за компенсираното и некомпенсираното устройство. Коефициент на електромеханична връзка е 2% за некомпенсираното устройство и 1.4% за компенсираното устройство.

TEMPERATURE COMPENSATION OF LIQUID FBAR SENSORS

In this work we demonstrate a practically complete temperature compensation of the second harmonic shear mode in a composite Al/AlN/Al/SiO₂ thin film bulk acoustic resonator (FBAR) in the temperature range 25 °C–95 °C. The main advantages of this mode are its higher Q value in liquids as well as its higher frequency and hence higher resolution for sensor applications. For comparative reasons the non-compensated fundamental shear mode is also included in these studies. Both modes have been characterized when operated both in air and in pure water. Properties such as Q value, electromechanical coupling, dissipation and sensitivity are studied. An almost complete temperature compensation of the second harmonic shear mode was observed for an oxide thickness of 1.22 µm for an FBAR consisting of 2 µm thick AlN and 200 nm thick Al electrodes. Thus, the measured temperature coefficient of frequency (TCF) in air for the non-compensated fundamental shear mode (1.25 GHz) varied between -31 and -36 ppm °C⁻¹ over the above temperature range while that of the compensated second harmonic shear mode (1.32 GHz) varied between +2 ppm °C⁻¹ and -2 ppm °C⁻¹ over the same temperature interval. When operated in pure water the former type shows a Q value and coupling coefficient, k_{2t} , around 180 and 2%, respectively, whereas for the second harmonic these are 230 and 1.4%, respectively.

B4.5	<p>Solidly mounted thin film electro-acoustic resonator utilizing a conductive Bragg reflector Enlund, J., Martin, D., Yantchev, V., Katardjiev, I. <i>Sensors and Actuators, A: Physical</i>, 2008, 141(2) , pp. 598–602 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-38149017727&origin=resultslist</p>	15
	<p>ТВЪРДО ЗАКРЕПЕН ТЪНКΟΣЛОЕН ЕЛЕКТРО-АКУСТИЧЕН РЕЗОНАТОР С ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПРОВОДЯЩ РЕФЛЕКТОР НА БРЕГ Демонстриран е нов дизайн на тънкослоен ОАВ резонатор от твърдо закрепен тип, при който отражателя на Брег се използва и като електрод. Основното предимство на така проектираното устройство е в чувствителното намаляване на съпротивлението на електрода заедно с подобряване на топлопроводимостта на структурата, което е необходимо условие за подобряване на работата при високи мощности. Резонатори с класически дизайн на рефлектора и с електрически проводящ рефлектор са проведени и тяхните характеристики сравнени. Устройството с проводящ отражател показва подобрен качествен фактор и чувствително редуцирано паразитно съпротивление на електродите.</p>	
	<p>SOLIDLY MOUNTED THIN FILM ELECTRO-ACOUSTIC RESONATOR UTILIZING A CONDUCTIVE BRAGG REFLECTOR A new design of a solidly mounted resonator (SMR) that utilizes an all-metal Bragg reflector eliminating thus the need for a bottom electrode is proposed. In this configuration, the role of the bottom electrode is taken by the Bragg reflector rendering the resonator “combined electrode-Bragg reflector SMR”. The main advantages of the proposed design are the substantially reduced electrode resistance (and hence higher Q), the utilization of the full piezoelectric coupling at high frequencies as well as expected improvement in power handling capabilities due to lower dissipation and improved heat conductivity. Resonators with the classical and the new design have been fabricated and evaluated. The measurements indicate that indeed the resonators with the new design demonstrate improved performance.</p>	
B4.6	<p>Mass sensitivity of multilayer thin film resonant BAW sensors Wingqvist, G., Yantchev, V., Katardjiev, I. <i>Sensors and Actuators, A: Physical</i>, 2008, 148(1), pp. 88–95 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-55349084363&origin=resultslist</p>	20

	<p style="text-align: center;">МАСОЧУВСТВИТЕЛНОСТ НА КОМПОЗИТНИ ТЪНКΟΣЛОЙНИ ОАВ РЕЗОНАТОРИ</p> <p>Извършено е систематично изследване на масоо-чувствителността и нейната зависимост от свойствата на материалите в композитни многослойни ОАВ резонатори на напречно поляризирани обемни вълни. Едномерния модел на Mason е комбиниран със закона за запазване на енергията при определянето на масо-чувствителността на ОАВ резонаторите. Теоретичните резултати са експериментално потвърдени. Поведението на масочувствителността е корелирано към специфичното отражение и интерференция на вълната в композитната структура в допълнение на познатите зависимости от акустичния импеданс на резонатора и резонансната честотата. Масочувствителността на фундаменталния резонанс и на втория овертон в композитни структури е проучена от гледна точка на практическите приложения в гравиметрични сензори. В частност, усилване на масочувствителността е остановена за фундаменталния резонанс чрез нанасяне на слой с нисък акустичен импеданс. Използването на такава структура с повишена масо-чувствителност е дискутирано за газови и Био-химични сензори. Оптимизирани структури за двата вида приложения са предложени с оглед на подобряването на тяхната резолюция.</p>	
	<p style="text-align: center;">MASS SENSITIVITY OF MULTILAYER THIN FILM RESONANT BAW RESONATORS</p> <p>A systematic study of the mass sensitivity and its dependence on the material's properties and thicknesses in composite multilayer Thin Film Bulk Acoustic Resonators (FBAR) is presented. The Mason transmission line model has been employed in combination with the acoustic energy balance principle for the determination of the FBAR mass sensitivity. The results have been experimentally verified. Further, the mass sensitivity dependence on various parameters has been studied and correlated with wave reflection and interference within the composite structure in addition to the well-known dependence on resonator acoustic impedance and operation frequency. The mass sensitivity for both the fundamental and the second harmonic mode of operation has been studied in view of their practical relevance. In particular, sensitivity amplification induced by the presence of an on-top deposited low acoustic impedance layer has been identified for the first harmonic and its potential applicability discussed in terms of gas and in-liquid sensing. Optimized structures for both sensing applications are suggested by considering the overall sensor resolution defined by both the mass sensitivity and the FBAR performance.</p>	
B4.7	<p>Thick NiSi electrodes for AlN electroacoustic applications Martin, D.M., Smith, U., Yantchev, V., Katardjiev, I., Olsson, J. <i>Electrochemical and Solid-State Letters</i>, 2009, 12(5) https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-62549137851&origin=resultslist</p>	12

	<p align="center">ДЕБЕЛИ NiSi ЕЛЕКТРОДИ ЗА ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНИ ПРИБОРИ НА БАЗАТА НА AlN</p> <p>Употербата на дебели NiSi електроди в електро-акустични резонатори позволява технологичното интегриране на резонаторите с интегралните схеми. Съществуват проблеми при формирането на дебели силцидни слоеве чрез нансянето на Ni върху Si подложка. Алтернативен технологичен процес е разработен чрез нансянето на слоиста структура от повтарящи се Ni и Si слоеве и последващо силицидиране на композитния слой. Силицидните слоевете са с ниска резистивност и висока гладкост на повърхността. Текстурирани пиезоелектрични слоеве AlN с (002) вурцитна структура са нанесени с ширина на ω-скан пика от 3.5° при нансяне върху дебел NiSi композит състоящ се от 10 двойки Ni и Si нанометрични слоя.</p>	
	<p align="center">THICK NiSi ELECTRODES FOR AlN ELECTROACOUSTIC APPLICATIONS</p> <p>The use of thick NiSi electrodes in electroacoustic resonators allows front-end integration with integrated circuit technology. Problems are identified in the formation of thick nickel silicide (NiSi) electrodes via a single deposition of Ni onto blank Si wafers. An alternative fabrication process based on the deposition and silicidation of a multilayer film is presented. The films were found to have low resistivity and smooth surfaces, with the layered structure preserved even after silicidation. Textured piezoelectric films of (002) wurtzite AlN demonstrated a diffraction-peak width that narrows to 3.5° when deposited on a thick 10 pair NiSi film.</p>	
B4.8	<p>On the applicability of high frequency acoustic shear mode biosensing in view of thickness limitations set by the film resonance Wingqvist G.; Anderson H.; Lennartsson C.; Weissbach T.; Yantchev V.; Lloyd Spetz A. <i>Biosensors and Bioelectronics</i>, 2009, 24(11), pp. 3387–3390 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-67349267266&origin=resultslist</p>	10
	<p align="center">ОТНОСНО БИО-СЕНЗОРНАТА ПРИЛОЖИМОСТ НА ВИСОКО-ЧЕСТОТНИ НАПРЕЧНИ ОАВ, ПРИ ДЕБЕЛ БИО-СЛОЙ, ОГРАНИЧЕНА ОТ АКУСТИЧНИЯ РЕЗОНАНС В СЛОЯ.</p> <p>Тънкослойната ОАВ резонансна технология позволи значителен скок в електро-акустичните гравиметрични сензори към работа при високи честоти и съществена миниатюризация. Високата работна честота ограничава линейния режим на работа на устройствата поради тънкослойния резонанс възникващ във виско-еластичния био- слой. В тази работа, тези ограничения са изследвани за пръв път в честотния диапазон 700MHz – 1.5 GHz. Два типа слоисти протеинови системи са използвани. Единия тип е стрептавидин с биотиниран говежди серумен албумин. Другия тип многослоен ротеин използва стъпково омрежаване на фибриноген посредством EDC/NHS активиране на карбоксилните му групи. И в двата случая броя на слоевете при който устройството работи в линеен сензорен режим е доста над типичния брой слоеве използвани при био-химичен анализ. Тероертични модели са използвани за илюстрирания наблюдаваното поведение на сензорите.</p>	

	<p>ON THE APPLICABILITY OF HIGH FREQUENCY ACOUSTIC SHEAR MODE BIOSENSING IN VIEW OF THICKNESS LIMITATIONS SET BY THE FILM RESONANCE</p> <p>The IC-compatible thin film bulk acoustic resonator (FBAR) technology has made it possible to move the thickness excited shear mode sensing of biological layers into a new sensing regime using substantially higher operation frequencies than the conventionally used quartz crystal microbalance (QCM). The limitations of the linear range set by the film resonance using viscoelastic protein films are here for the first time addressed specifically for FBARs operating at 700MHz up to 1.5 GHz. Two types of protein multilayer sensing were employed; one utilizing alternating layers of streptavidin and biotinated BSA and the other using stepwise cross-linking of fibrinogen with EDC/NHS activation of its carboxyl groups. In both cases the number of protein layers within the linear regime is well above the number of protein layers usually used in biosensor applications, further verifying the applicability of the FBAR as a biosensor. Theoretical calculations are also presented using well established physical models to illustrate the expected behavior of the FBAR sensor, in view of both the frequency and the dissipation shifts.</p>	
B4.9	<p>FBAR sensor array for in liquid operation Enlund, J., Martin, D.M., Yantchev, V., Katardjiev, I. IEEE Sensors Journal, 2010, 10(12), pp. 1903–1904, 5483127 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-77958009035&origin=resultslist</p>	15
	<p>ОАВ ТЪНКОСЛОЕН МАТРИЧЕН СЕНЗОР РАБОТЕЩ В ТЕЧНИ СРЕДИ</p> <p>Тази работа представя проектирането и прототипирането на редица от тънкослойни ОАВ сензори в течна среда с оглед на минимизирането на затихването в устройствата и интерферирането на сигналите им в течна проводяща среда.</p>	
	<p>FBAR SENSOR ARRAY FOR IN-LIQUID OPERATION</p> <p>This letter discusses the design of thickness shear mode thin-film bulk acoustic resonator (FBAR) sensor array for in liquid operation with respect to minimizing the observed Q-degradation and crosstalk.</p>	
B4.10	<p>Aluminum scandium nitride thin-film bulk acoustic resonators for wide band applications Moreira, M., Bjurström, J., Katardjev, I., Yantchev, V. <i>Vacuum</i>, 2011, 86(1), pp. 23–26 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-79960188837&origin=resultslist</p>	15
	<p>ТЪНКОСЛОЙНИ AlScN ОАВ РЕЗОНАТОРИ ЗА ШИРОКО ЛЕНТОВИ ПРИЛОЖЕНИЯ</p> <p>Изследвани са с-текстурирани пиезоелектрични слоеве $Al(1-x)Sc_xN$ с относителна Sc концентрация между 0 и 15% с приложение в ниския GHz обхват. Тънкослойни ОАВ резонатори на базата на тези слоеве са прототипирани и характеризирани за пръв път. Измерения коефициент на електромеханична връзка се повишава със 100% в изследвания диапазон от Sc концентрации. Резултатите от тази работа подчертават потенциала на $Al(1-x)Sc_xN$ базираните ОАВ резонатори в широколентови радиочестотни приложения.</p>	

	<p align="center">ALUMINUM SCANDIUM NITRIDE THIN-FILM BULK ACOUSTIC RESONATORS FOR WIDE BAND APPLICATIONS</p> <p>Piezoelectric c-textured $\text{Al}(1-x)\text{Sc}_x\text{N}$ thin films, where the Sc relative concentration, x, varies in the range 0 - 0.15 have been studied in view of radio frequency (RF) electro-acoustic applications. Thin film bulk acoustic wave resonators (FBARs) employing these films were fabricated and characterized as a function of the Sc concentration for the first time. The measured electromechanical coupling is found to increase by as much as 100% in the above concentration range. The results from this work underline the potential of the c-textured $\text{Al}(1-x)\text{Sc}_x\text{N}$ based FBARs for wide band RF applications.</p>	
B4.11	<p>Improvement of the frequency response of FBAR filters by using parallel or series connected resonators instead of single resonators Uzunov, I., Gaydajiev, D., Yantchev, V. 2011 <i>IEEE International Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronic Systems</i>, COMCAS 2011, 2011, 6105793</p> <p>https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84855782492&origin=resultslist</p>	20
	<p align="center">ПОДОБРЯВАНЕ НА ЧЕСТОТНИЯ ОТКЛИК НА ТЪНКОСЛОЙНИ ОАВ ФИЛТРИ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА РЕЗОНАТОРИ В ПОСЛЕДВОАТЕЛЕНИ И ПАРАЛЕЛЕН РЕЖИМ НА СВЪРЗВАНЕ</p> <p>Тази статия изследва възможността за подобряване на честотния отклик на ОАВ мостови филтри чрез заместване на някои от резонаторите в схемата с два резонатора свързани успоредно или последователно. Метода е приложен върху стандартни мостови филтри както и върху филтровата модификация с два-пъти по малко резонатори в схемата. Теоретичните резултати представени в статията позволяват да се определи необходимата промяна на резонансните честоти на последователно или успоредно свързаните резонатори. Също така, са извлечени условията за подобряване на честотния отклик в новите схеми. Две възможности са разгледани. Теоретичните резултати се потвърждават от компютърни симулации.</p>	
	<p align="center">IMPROVEMENT OF THE FREQUENCY RESPONSE OF FBAR FILTERS BY USING PARALLEL AND SERIES CONNECTED RESONATORS INSTEAD OF SINGLE RESONATORS</p> <p>The paper investigates an opportunity for improving the frequency response of FBAR lattice filters by replacing some of the single FBARs with two resonators connected in parallel or in series. The method is applied for the basic lattice filter architecture and its modification with twice lower number of FBARs. The theoretical results presented in the paper allow to estimate the change of the resonance frequencies of resonators, connected in series or in parallel; and to derive the conditions for improving the frequency response of the new circuits. Two different options for circuits with improved frequency responses are considered. The theoretical results are confirmed with computer simulations.</p>	

B4.12	<p>Tilted c-axis thin-film bulk wave resonant pressure sensors with improved sensitivity Anderås, E., Katardjiev, I., Yantchev, V.M. <i>IEEE Sensors Journal</i>, 2012, 12(8), pp. 2653–2654, 6203350 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84862534031&origin=resultslist</p>	20
	<p>ТЪНКОСЛОЙНИ ОАВ РЕЗОНАНСНИ СЕНЗОРИ С НАКЛОНЕНА С-ТЕКСТУРА И ПОТОБРЕНА ЧУВСТВИТЕЛНОСТ КЪМ НАЛЯГАНЕ Резонансни сензори на налягане на базата на с-ориентиран и с наклонена с-текстура AlN слоеве са прототипирани и тествани по отношение на чувствителността им към налягане. ОАВ резонансните сензори с наклонена текстура показват значително подобрена чувствителност към външно налягане. По специфично, ОАВ резонатор с напречна поляризация показват най висока яувствителност докато запазват честотния си отклик в течни среди.</p>	
	<p>TILTED C-AXIS THIN-FILM BULK WAVE RESONANT PRESSURE SENSORS WITH IMPROVED SENSITIVITY Aluminum nitride thin-film bulk wave resonant pressure sensors employing c- and tilted c-axis texture, have been fabricated and tested for their pressure sensitivities. The c-axis tilted film bulk acoustic resonators pressure sensors demonstrate substantially higher-pressure sensitivity compared to its c-axis oriented counterpart. More specifically, the thickness plate quasishear resonance has demonstrated the highest pressure sensitivity while further being able to preserve its performance in liquid environment.</p>	
B4.13	<p>Recent developments in thin film electro-acoustic technology for biosensor applications Katardjiev, I., Yantchev, V. <i>Vacuum</i>, 2012, 86(5), pp. 520–531 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84855874494&origin=resultslist</p>	30

	<p style="text-align: center;">ПРОГРЕС В ТЪНКОСЛОЙНАТА ЕЛЕКТРО-АКУСТИЧНА ТЕХНОЛОГИЯ С ОГЛЕД РАЗРАБОТВАНЕТО НА БИО-СЕНЗОРИ</p> <p>Статията прави обзор върху последните развития в тънкослойната електро-акустична технология от гледна точка на дизайна и прототипирането на микро-акустични преобразуватели за био-сензорни приложения. Използването на тънкослойната електро-акустична технология води до миниатюризиране на преобразувателите, съвместимост с интегралната технология, гъвкавост при мултиплексиране, намаляване в производствената цена, редуциране на консумативите при био-химичен анализ, производство с голям рандеман и т.н. Фокуса тук е върху проектирането, прототипирането и оценяването на работните характеристики в течни среди. Оценката е извършена на базата на акусто-електричното поведение и най-вече на резолюцията при детекция на маса и вискозитет. Анализът стига до заключение че, тънкослойната ОАВ технология на напречно поляризиранни вълни е много по-напреднала от в сравнение с други конкурентни технологии от гледна точка както на работните характеристики така и на технологичната зрялост. В последствие, основните аспекти на напречно-поляризираната ОАВ технология от синтеза на тънките слоеве до оценката на работните характеристики са обобщени в детайл.</p>	
	<p style="text-align: center;">RECENT DEVELOPMENTS IN THIN FILM ELECTRO-ACOUSTIC TECHNOLOGY FOR BIOSENSOR APPLICATIONS</p> <p>The article reviews recent developments of the thin film electro-acoustic (TEA) technology in view of the design and fabrication of micro-acoustic transducers for biosensor applications. The use of the TEA technology leads to transducer miniaturization, compatibility with the IC technology, possibility for multiplexing, decrease in fabrication cost, reduction of consumables, mass fabrication, etc. Focus lies on the design, fabrication and evaluation of the transducer performance in liquid media as judged by electro-acoustic behavior and ultimately by mass and viscosity resolution. The analysis draws the conclusion that the thickness excited quasi-shear thin film bulk acoustic resonator technology is far ahead in its development with regard to other alternative approaches in terms of both performance and level of maturity. Consequently, the main aspects of the quasi-shear thin film bulk acoustic resonator (FBAR) technology from film synthesis and fabrication through to performance evaluation and demonstration are reviewed in detail.</p>	
B4.14	<p>Bulk acoustic wave transformer employing periodically polled array of piezoelectric rods Plessky, V., Yantchev, V., Granger, C., Hladky, A.-C. <i>IEEE International Ultrasonics Symposium</i>, IUS, 2016, 2016-November, 7728583 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84996599741&origin=resultslist</p>	15

	<p align="center">ОАВ ТРАНСФОРМАТОР НА БАЗАТА НА ПЕРИОДИЧНО ПОЛЯРИЗИРАНИ ПИЕЗОЕЛЕКТРИЧНИ ЦИЛИНДРИ</p> <p>Многослоен ОАВ трансформатор на базата на периодична поредица от пиезоелектрични цилиндри с променлива плярност е демонстриран експериментално за първи път. Коефициента на усилване по напрежение, измерен при 150kHz, надвишава 6. Измерените характеристики са теоретично обосновани и представляват практическо верифициране на концепцията.</p>	
	<p align="center">BULK ACOUSTIC WAVE TRANSFORMER EMPLOYING PERIODICALLY POLLED ARRAY OF PIEZOELECTRIC RODS</p> <p>Multilayer bulk acoustic wave transformer employing a periodical array of piezoelectric rods with alternating polarization is experimentally demonstrated for the first time. Voltage transformation coefficient in excess of 6 was measured at a frequency of 150kHz, providing thus a solid experimental verification of the recently proposed principle of operation. Finite element analysis is used to reveal the underlying device physics.</p>	
B4.15	<p>On the Design of High Overtone BAW Resonators with Enhanced Power Handling Yantchev, V., Ji, Y. <i>IEEE MTT-S International Conference on Microwave Acoustics and Mechanics, IC-MAM 2024, 2024, pp. 9–12</i> https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85195629876&origin=resultlist</p>	30
	<p align="center">ОТНОСНО ПРОЕКТИРАНЕТО НА ОВЕРТОННИ ОАВ РЕЗОНАТОРИ С ПОДОБРЕНА УСТОЙЧИВОСТ ПО МОЩНОСТ</p> <p>Проектирането на лентови филтри над 4 GHz е затруднено от наличието на противоположни правила за дизайн при увеличаване на честотата. Последните се отнасят към противоположните изисквания за електричен капацитет на резонаторите във филтрите и капацитета на единица площ на електродите. В резултат, класическите ОАВ резонатори претърпяват силно редуциране в площта на електродите и дебелината на пиезоелектричния слой, които допринасят до чувствително нарастване на плътността на енергията в резонаторите за единица мощност. В тази статия дискутираме проектирането на резонатори на втори овертон и съответните лентови филтри при които се ограничават нежеланите ефекти при увеличаването на работната честота.</p>	
	<p align="center">ON THE DESIGN OF HIGH OVERTONE BAW RESONATORS WITH ENHANCED POWER HANDLING</p> <p>The design of bandpass filters for frequencies above 4GHz is challenged by the opposite scaling rules with frequency between the needed resonator static capacitances and the capacitance per unit area. The latter results in significant decrease of useful device areas in classical BAW resonators at high frequencies, which in turn determines significantly enhanced acoustic power density in those devices. Here we discuss the design of a second overtone BAW resonator and the corresponding filter which alleviates some of the technological challenges of the AlN or AlScN layers with inverted polarities in high overtone BAW stacks.</p>	
	ОБЩО:	261

Г7. Научна публикация в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация

№	Библиографско описание	Точки
Г7.1	<p>Surface transverse waves: Properties, devices, and analysis Strashilov, V.L., Yantchev, V.M. <i>IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control</i>, 2005, 52(5), pp. 812–821 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-23844500069&origin=resultslist</p> <p>НАПРЕЧНИ ПОВЪРХНИННИ ВЪЛНИ: СВОЙСТВА, УСТРОЙСТВА И АНАЛИЗ</p> <p>Напречните повърхнинни акустични вълни (НПАВ) представят сравнително нова генерация от класа на повърхнинните акустични вълни (ПАВ). НПАВ в пиезоелектричен кварц притежават някои предимства свързани с ниските загуби при разпространение, съчетани с естествена температурна компенсация. Избора на НПАВ при радиочестотни генератори с нисък шум и ниска температурна чувствителност замества разработването на нови материали и технологии за постигането на подобни характеристики, като същевременно използва стандартни за ПАВ технологията методи за проектиране и прототипиране. Ускореното развитие на това направление в началото на 21 век доведе до индустриалното му усвояване в устройства с висока ефективност на работата. Тази публикация (с импакт фактор) представлява обобщение на основните достижения във фактически и исторически план.</p> <p>SURFACE TRANSVERSE WAVE: PROPERTIES, DEVICES, AND ANALYSIS</p> <p>Surface transverse waves represent a new generation of the surface acoustic wave (SAW) family that offers advantageous properties without further demand for new materials or improved design and technology. The most effective activity in the surface transverse wave (STW) area has been realized during the last decades with highperformance devices achieved and analytical methods developed. The present paper reviews the basic achievements in historical and factual order. A state-of-the-art introduction is combined with discussion on the development tendencies with specific emphasis on sensor technology.</p>	20.000
Г7.2	<p>Electric Field Sensitivity of Thin Film Resonators Based on Piezoelectric AlN Thin Films Enlund, J, Yantchev V and Katardjiev I. In <i>Proc. 2006 IEEE Ultrasonics Symposium</i>, Vancouver, Canada, 2006, pp. 468-471 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-47249097551&origin=resultslist</p> <p>ЧУВСТВИТЕЛНОСТ КЪМ ЕЛЕКТРИЧНО ПОЛЕ НА ТЪНКΟΣЛОЙНИ РЕЗОНАТОРИ НА ПИЕЗОЕЛЕКТРИЧЕН СЛОЙ AlN</p> <p>Тънкослойните обемни резонатори от мембранен и твърдо закрепен тип, както и мембранните резонатори на вълни на Лемб са обещаващи кандидати за внедряване в монолитно интегрирани филтри, сензори и осцилатори работещи в ниския GHz обхват. Този труд цели систематично изследване на чувствителността на тези устройства към външно електрично поле.</p>	13.333

	<p>Устройствата са произведени с идентични технологични процеси на базата на тънки AlN слоеве със сравни дебелини. Резултатите са представени във вид на електрично-полеви коефициент на честотата, който се приема за независещ от дебелината на AlN. Чувствителността към външно електрично поле е измерена като промяната на резонансната честота на всеки от приборите. Не са наблюдавани хистерезисни ефекти. Резултатите могат да бъдат използвани при оптимизацията на сензори за външно електрично поле, финно калибриране на резонансната честота, както и при изследванията на не-линейни ефекти при работа при високи мощности.</p>	
	<p>ELEKTRIC FIELD SENSITIVITY OF THIN-FILM RESONATORS BASED ON PIEZOELECTRIC AIN THIN FILMS</p> <p>Thin film bulk acoustic wave resonators (FBAR), solidly mounted resonators (SMR), and thin film plate acoustic resonators (FPAR) based on piezoelectric aluminum nitride (AlN) are all attractive candidates for monolithically integrated filters, sensors and oscillators operating in the gigahertz frequency range. This work aims at performing a systematic study of the DC electric field sensitivity of FBAR, SMR and FPAR devices fabricated with the same technology and utilizing membranes with comparable thicknesses. Further, the results are presented in terms of the electric field coefficient of frequency (ECF) which is supposed to be a thickness independent value under certain assumptions. The ECF coefficients of the devices under study were extracted from the frequency shift in the recorded frequency spectra. No hysteresis effects are observed during the measurements. Finally, a novel frequency tuning concept for FPARs based on biasing the distributed reflectors, thus shifting the frequency stopband edges, is reported. The effects studied can be utilized for active temperature compensation circuits as well as for static voltage sensors.</p>	
Г7.3	<p>Design and fabrication of temperature compensated liquid FBAR sensors Bjurström, J., Wingqvist, G., Yantchev, V., Katardjiev, I. <i>Proceedings - IEEE Ultrasonics Symposium, 2006</i>, 1, pp. 898–901, 4152096 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-78649359836&origin=resultslist</p>	10
	<p>ПРОЕКТИРАНЕ И ПРОТОТИПИРАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРНО КОМПЕНСИРАНИ ТЪНКΟΣЛОЙНИ ОАВ СЕНЗОРИ В ТЕЧНА СРЕДА</p> <p>В този труд е демонстриран температурно компенсирани ОАВ резонатор на напречно поляризирана вълна, работещ на втори овертон в AlN/SiO₂ композитна мембрана. Демонстрирана е на практика пълна температурна компенсация в температурния диапазон 25°C to 95°C. Основните предимства на втория овертон в сравнение с фундаменталния резонанс на мембраната са високия Q фактор при работа в течности, както и по-високата работна честота, която дефинира и по-силна масочувствителност. Направено е сравнение на работните характеристики на устройства с температурна компенсация и без компенсация. Некомпенсирани устройства се характеризират с температурен коефициент на честотата вариращ от -31 до -36 ppm/°C в изследвания температурен интервал (1.25 CHz работна честота). Температурно компенсирани устройства се характеризират с чувствителност от +2 до -2 ppm/°C в същия температурен интервал (при 1.35 GHz работна честота)</p>	
	<p>DESIGN AND FABRICATION OF TEMPERATURE COMPENSATION</p>	

	LIQUID FBAR SENSORS	
	In this work we demonstrate a practically complete temperature compensation of the second harmonic shear mode in composite AlN/SiO ₂ FBAR's in the temperature range 25°C to 95°C. The main advantages of this mode over the fundamental mode are its higher Q value in liquids as well as its higher frequency and hence higher resolution for sensor applications. For comparative reasons the non-compensated fundamental shear mode is also included in these studies. Both modes have been characterized when operated both in air and in pure water. Properties such Q value, electromechanical coupling, dissipation and sensitivity are studied both theoretically and experimentally. An almost full temperature compensation of the second harmonic shear mode was observed for an oxide thickness of 1.22 μm and a typical 2 μm thick AlN resonator with 200 nm thick Al electrodes. Thus, the measured TCF in air for the noncompensated fundamental shear mode (1.25 GHz) varied between -31 and -36 ppm/°C over the above temperature range while that of the compensated second harmonic shear mode (1.32 GHz) varied between + 2 ppm/ °C and - 2 ppm/ °C over the same temperature interval.	
Г7.4	Mass sensitivity of Thin Film resonator devices Wingqvist, G., Yantchev, V. , Bjurström, J., Katardjiev, I. <i>Proceedings of the IEEE International Frequency Control Symposium and Exposition</i> , 2007, pp. 581–586, https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-51049101891&origin=resultslist	10
	МАСОЧУВСТВИТЕЛНОСТ НА ТЪНКОСЛОЙНИ РЕЗОНАНСНИ УСТРОЙСТВА	
	Направено е систематично изследване на влиянието на свойствата на материалите и дебелините на слоевете в композитни ОАВ резонатори от мембранен тип. Извършен е анализ на базата на едномерния модел на Mason, който е представен заедно с първоначални експериментални данни. Представена е концепция за увеличаване на масочувствителността, като е означена връзката между масочувствителността и интерференцията на вълните в композитната структура. Проектирани са асиметрични резонансни мембрани с разлика в масочувствителността върху противоположните повърхности.	
	MASS SENSITIVITY OF THIN FILM RESONATOR DEVICES	
	A systematic study of the influence of the materials' properties and thickness in composite Thin Film Bulk Acoustic Resonators (FBAR) on the Mass sensitivity is presented. Calculations based on the Mason Transmission Line model are presented along with some preliminary experimental results. We present and investigate the concept of sensitivity amplification in the mass sensitive regime and show how this amplification correlates with wave reflection and interference within the composite structure. Asymmetrical resonators where the sensitivity differs between the two different surfaces are also presented.	
Г7.5	Thick silicides synthesised with smooth surface for integrated Tfbars applications Martin, D.M., Enlund, J., Yantchev, V. , Smith, U., Olsson, J., Katardjiev, I. <i>EFTF 2008 - 22nd European Frequency and Time Forum</i> , 2008 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85116951347&origin=resultslist	6.667
	СИНТЕЗ НА ДЕБЕЛИ СИЛИЦИДНИ СЛОЕВЕ С ГЛАДКА	

	<p align="center">ПОВЪРХНОСТ ЗА ИНТЕГРАЛНИ ПРИЛОЖЕНИЯ НА ОАВ РЕЗОНАТОРИТЕ.</p> <p>Употребата на NiSi електроди позволява съвместимост на ОАВ технологията с технологията на интегралните схеми. Други предимства включват използването на ОАВ резонаторите като високо-температурни датчици, като и намаляването на акустичните загуби в електродите посредством използването на твърди сплави. Тук е представен пълния производствен процес на NiSi електроди с дебелина от 300nm. Израстването на AlN върху NiSi е проучено, като е разработен процес с оптимални параметри. ОАВ устройства с Mo и NiSi електроди са прототипирани и техните характеристики сравнени, като е наблюдавано сходно поведение.</p>	
	<p align="center">THICK SILICIDES SYNTHESIZED WITH SMOOTH SURFACE FOR INTEGRATED TFBAR APPLICATIONS</p> <p>Use of thick nickel silicide (NiSi) electrodes allows front-end IC integration with electroacoustic (EA) technology. Further benefits include the possibility of using film bulk acoustic resonators (FBAR) for hightemperature sensors as well as the elimination of losses due to the use of soft metal electrodes. A complete fabrication process resulting in the formation of over 300 nm thick NiSi is presented. The growth of piezoelectric aluminium nitride (AlN) on NiSi electrodes has been studied and optimum synthesis conditions have been identified. For comparison, FBAR resonators utilizing molybdenum (Mo), have been studied. Both types of resonators demonstrate comparable performance and thus justify the use of silicides in integrated electroacoustic devices.</p>	
Г7.6	<p>Optimisation of a smooth multilayer nickel silicide surface for ALN growth Martin, D.M., Enlund, J., Yantchev, V., Olsson, J., Katardjiev, I. <i>Journal of Physics: Conference Series</i>, 2008, 100(PART 4), 042014 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-77954336049&origin=resultslist</p>	8.000
	<p align="center">ОПТИМИЗРАНЕ ГЛАДКОСТТА НА NiSi ПОВЪРХНОСТТА ЗА ИЗРАСТВАНЕ НА AlN</p> <p>NiSi електроди с дебелина от около няколко стотин нанометра са необходими за приложение в тънкослойната електроакустична технология. Процеса за нанасяне на 200nm дебели NiSi слоеве е оптимизиран. Оптимизацията на силицидиращата температура дава възможност за формиране на силициден слой с една фаза на силицида. Дебелите електроди са нанесен чрез последователно израстване на Ni и Si в многослойна структура с последващо бързо термично отгряване. Броя на слоевете и тяхната дебелина е оптимизирана за получаването на ниска електрическа резистивност и гладкост на повърхността. Израстването на AlN върху NiSi с оптимизирана повърхност е допълнително изследвано.</p>	
	<p align="center">OPTIMISATION OF SMOOTH MULTILAYER NICKEL SILICIDE SURFACE FOR AlN GROWTH</p> <p>For use in thin film electroacoustic (TEA) technology a few hundred nanometre thick nickel silicide (NiSi) electrode would need to be fabricated. A complete fabrication process for the formation of over 200 nm thick silicide films has been optimised for use as an electroacoustic electrode. Optimisation of silicidation</p>	

	temperature and identification of the mono phase of silicide is demonstrated. Thick electrodes are formed by depositing multilayers of silicon and nickel pairs onto silicon (Si) substrates before rapid thermal annealing. The numbers of multilayers and relative material thicknesses are optimized for both surface roughness and electrical resistivity. The growth of textured aluminium nitride (AlN) has been investigated on the optimised surfaces.	
Г7.7	Zero mass loading sensitivity of the S0 lamb wave resonance in thin Film Plate Acoustic Resonators (FPARs) Yantchev, V. <i>Proceedings - IEEE Ultrasonics Symposium</i> , 2009, pp. 2181–2184, 5441452 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-77952790317&origin=resultslist	40
	НУЛЕВА ЧУВСТВИТЕЛНОСТ КЪМ МАСОВОТО НАТОВАРВАНЕ НА ЕЛЕКТРОДИТЕ В S0 ЛЕМБ РЕЗОНАТОРИ Лемб резонатори със синхронен дизайн обикновено работят на горния ръб на забранената зона поради отрицателния коефициент на отражение на S0 Лемб мода в периодична решетка от електроди. В този труд се изследва възможността за постигане на нулева чувствителност на резонансната честота по отношение на дебелината на електродите от Алуминий в насрещно гребеновидния преобразувател. Структури с нулева чувствителност и съответно с увеличен толеранс към производствените отклонения са идентифицирани посредством FEM COMSOL симулации.	
	ZERO MASS LOADING SENSITIVITY OF THE S0 LAMB WAVE RESONANCE IN THIN FILM PLATE ACOUSTIC RESONATORS (FPARs) Synchronously designed FPARs are typically operating at the upper edge of the frequency stopband due to the negative reflection coefficient of the lowest order symmetric Lamb wave (S0) in periodical strip gratings. In this study the possibility to achieve 0-sensitivity of the upper stopband edge with respect to electrode thickness tolerances is discussed for AlN based FPARs employing Al strip reflectors. 0-sensitive topologies are identified through FEM COMSOL experiments	
Г7.8	Micromachined thin film plate acoustic resonators (FPAR): Theory and applications Yantchev, V., Katardjiev, I. <i>In Proc. 24th European Frequency and Time Forum (EFTF) 2010</i> , 2010, 6533658 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84881152906&origin=resultslist	20
	МИКРОМАШИННО ПРОТОТИПИРАНИ РЕЗОНАТОРИ НА ВЪЛНОВОДНИ ВЪЛНИ В ТЪНКОСЛОЙНИ ПЛАСТИНИ: ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ Този труд представя в резюмиран вид първоначалните резултати върху иновативна за времето си концепция за дизайн на електроакустични резонатори. Това представлява проектирането и прототипирането, предложено за пръв път от автора, на резонатори на S0 вълни на Лемб в тънки мембрани AlN формиращи върху база от Si. Статията резюмира, аналитичните модели приложими към тези структури заедно с демонстрация на първите едно- и двувходови резонатори с висока производителност и температурна компенсация на честотата. Представен е прототип на осцилатор с нисък шум, стабилизирани с	

	Лемб резонатор.	
	<p>MICROMACHNED THIN FILM PLATE ACOUSTIC RESONATORS (FPAR): THEORY AND APPLICATIONS</p> <p>This work presents a summary of first results on a very innovative for its time concept. This is the concept of the thin film Lamb wave resonator employing AlN piezoelectric films on Si substrate. The work summarizes the analytical methods applicable to these structures along with the demonstration of high performance one-port and two-port resonators with inherent compensation of the temperature coefficient of frequency. Application in low noise osillators is further presented.</p>	
Г7.9	<p>FBAR filter with asymmetric frequency response and improved selectivity and passband width Uzunov, I., Gajdajiev, D., Yantchev, V. <i>Proc. of the 18th Int. Conference - Mixed Design of Integrated Circuits and Systems, MIXDES 2011</i>, pp. 596–601, 6015995 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-80053339531&origin=resultslist</p> <p>ТЪНКΟΣΛΟΙΝИ ОΑΒ ΦΙΛΤΡΙ С НЕСΙΜΕΤΡΙЧЕН ЧЕСТΟΤΕΝ ΟΤΚΛΙΚ Ι ΠΟΔΟΒΡΕΝΙ СΕΛΕΚΤΙΒΝΟСΤ Ι ШИΡΙΝΑ ΝΑ ΛΕΝΤΑΤΑ ΝΑ ΦΙΛΤΡΙΡΑΝΕ</p> <p>Статията е посветена на подобряването на честотния отклик на тънкослойни ОΑΒ филтри с два резонатора свързани паралелно. Метода е приложен върху филтър с мостова архитектура, при което се намаляват резонаторите наполовина. Проектирането е теоретично обосновано и извършено чрез компютърни симулации.</p> <p>FBAR FILTER WITH ASYMMERIC FREQUENCY RESPONSE AND IMPROVED SELECTIVITY AND PASSBAND WIDTH</p> <p>The paper is dedicated to improving the frequency response of FBAR filters by replacing some of the single FBARs with two resonators connected in parallel. The method is applied for the basic lattice filter architecture and its modification with twice fewer number of FBARs. The conditions that must satisfy the resonator parameters are derived by theoretical considerations and computer simulations.</p>	13.333
Г7.10	<p>Synthesis and characterization of highly c-textured Al (1-x)Sc(x)N thin films in view of telecom applications Moreira, M.A., Bjurström, J., Yantchev, V., Katardjiev, I. <i>IOP Conference Series: Materials Science and Engineering</i>, 2012, 41(1), 012014 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84874526738&origin=resultslist</p> <p>СΙΝΤΕЗ Ι ΧΑΡΑΚΤΕΡΙΖΙΡΝΕ ΝΑ СΙΛΝΟ ΤΕΚΣΤУΡΙΡΑΝΙ ΤЪΝΚΙ СΛΟΕΒΕ ΑΙ (1-х)Sc(x)N ЗА ΠΡΙΛΟЖΕΝΙΑ В ΤΕΛΕΚΟΜУΝΙΚΑСΙИΤΕ</p> <p>Вурцитния AlN е пиезоелектричен материал с отлични електроакустични свойства и се използва във високочестотни тънкослойни компоненти най вече филтри, дуплексери резонатори и сензори. Неговия умерено висок коефициент на електромеханична връзка от около 6% -7% е недостатъчен за приложения във филтри с по широка лента на пропускане. Изследванията напоследък показаха че, сплавяването на AlN със Sc води до значимо повишаване на електромеханичната връзка. В тази статия изследваме възможността за нансяне на тънки слоеве AlScN с конценрация на Sc до 15%. Наред с увеличаването на</p>	10.000

	<p>коэффициента на електромеханична връзка, са наблюдавани увеличение на коэффициента на температурна чувствителност до - 39.8 ppm/К, намаляване на Q фактора и увеличение на диелектричните загуби.</p> <p>SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF HIGHLY c-ORIENTED Al(1-X)Sc(X)N THIN FILMS IN VIEW OF TELECOM APPLICATIONS</p> <p>Wurtzite AlN is a piezoelectric material with excellent electro-acoustic properties and is used for the fabrication of high frequency thin film micro-acoustic components, most notably filters, duplexers, resonators, etc. Its moderate electromechanical coupling coefficient (kt^2) of 6%-7% is insufficient for applications requiring larger bandwidths. Recent theoretical and experimental studies indicate that AlN alloyed with Sc exhibits a substantially higher piezoelectric constant than pure AlN. This study aims at determining the main electro-acoustic parameters of Al(1-x)Sc(x)N in view of large bandwidth applications. To this end, highly c-textured Al(1-x)Sc(x)N thin films have been synthesized with relative Sc concentrations of up to 0,15. Subsequently, FBAR resonators were fabricated and characterized as a function of the Sc content. It is seen that kt^2 increases linearly with the latter to a value of 12% for a Sc concentration of $x=0,15$, while the Q value decreases from 739 to about 348 in the same concentration range. Likewise, the TCF varies from -35,9ppm/°C to -39,8ppm/°C, while the dielectric constant increases from $\epsilon=10$ to a value of 14,1 for $x=0,15$. Finally, the relative dielectric losses are seen to increase by approximately a factor of two.</p>	
Г7.11	<p>AlN solidly mounted resonators for high temperature applications Mirea, T., Demiguel-Ramos, M., Clement, M., Olivares J., Iborra E., Yantchev, V., Katardjiev, I.</p> <p><i>IEEE International Ultrasonics Symposium</i>, IUS, 2014, pp. 1524–1527, 6932092 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84910092993&origin=resultslist</p> <p>ТВЪРДО МОНТИРАНИ ОАВ РЕЗОНАТОРИ ЗА ВИСОКО-ТЕМПЕРАТУРНИ ПРИЛОЖЕНИЯ</p> <p>Контрола на процеси в агресивни среди и в частност при температури над 600°C е от индустриална необходимост. Приложения като газов контрол в системи за задвижване или ранно откриване на пожари са добри примери за такива приложения. През последните десетилетия различни материали и устройства са изследвани в това направление. Малко са тези които показват топлинна и химична стабилност. Сред тези устройства са ПАВ резонатори върху лангасит (LGS). Тяхния основен недостатък е свързан с използването на насрещно гребеновиден преобразувател, чийто електроди са дълги и тясни и са податливи на агломерация. За да разрешим този проблем, тук предлагаме използването на твърдо монтирани резонатори като алтернатива. Тези резонатори са механично устойчиви и с големи електроди. Тук изследваме отгряването на такива резонатори при 700°C при общо време от 24 часа. Резонаторите са проектирани върху Брег рефлектори от порест кварц и молибден, като горните електроди са от молибден или иридий. Наблюдава се първоначално подобряване на характеристиките при отгряването, като след това честотния отклик се стабилизира. Агломерация не се наблюдава. С това първоначално изследване показваме че, ОАВ резонаторите са подходяща</p>	5.714

	<p>алтернатива на ПАВ при високи температури.</p> <p style="text-align: center;">AIN SOLIDLY MOUNTED RESONATORS FOR HIGH TEMPERATURE APPLICATIONS</p> <p>Monitoring under harsh environments, particularly high temperatures ($> 600^{\circ}\text{C}$), is on high demand nowadays. Applications such as gas control in propulsion systems or fire detection in early stages are good examples. During the last decades, materials and devices have been extensively investigated for these applications. Few have proven thermal and chemical stability. Among the most used devices are surface acoustic wave (SAW) resonators using a langasite (LGS) substrate. Their main disadvantage is related to their transducer topology. Their long and narrow electrode strips are subjected to destructive agglomeration. In order to solve this problem, solidly mounted bulk resonators (SMR) are here proposed as an alternative. They provide rigidity, high performance and large electrodes. Here we investigate the performance of SMR devices after annealing under vacuum condition at 700°C for a cumulative time of 24h. SMRs are composed of porous-SiO₂/Mo Bragg mirrors and Ir or Mo electrodes. Their performance shows and initial overall improvement with subsequent stabilization. $Q_p \times k_{eff}^2$ in the order of 72 are achieved. Further investigations on full dielectric Bragg mirrors will be performed. With this initial study we demonstrate that SMRs can be a good alternative to SAWs for high temperature applications.</p>	
Г7.12	<p>Microacoustic in-liquid sensors based on thin AlN films: A comparative study Mirea, T., Iborra, E., Yantchev, V. <i>IEEE International Ultrasonics Symposium</i>, IUS, 2014, pp. 659–662, 6932020 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84910028539&origin=resultslist</p> <p style="text-align: center;">МИКРО-АКУСТИЧНИ СЕНЗОРИ В ТЕЧНА СРЕДА НА ОСНОВАТА НА ТЪНКИ СЛОЕВЕ АIN: СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ</p> <p>Контрола на околната среда и здравето стана изключителен приоритет през последните десетилетия. Детекцията в течни среди играе основна роля в този тип контрол. Изчерпателни усилия бяха направени за подобряване на сензорите в течни среди. ОАВ сензори на основата на тънкослойната резонатора технология възникнаха като обещаваща алтернатива на кварцовата микро-везна. В допълнение бяха прототипирани и Лемб тънкослойни сензори в течни среди. В тази статия сравняваме сензорните характеристики на двата типа тънкослойни резонансни сензори посредством компютърни симулации на основата на метода на крайните елементи. Докато ОАВ сензорите са чувствителни към продукта от вискозност и масова плътност, то Лемб резонаторите показват различна чувствителност към плътността и вискозността на течността. Така, използвайки двете устройства едновременно може да се разграничат промените във вискозитета и промените в масовата плътност.</p> <p style="text-align: center;">MICROACOUSTIC IN-LIQUID SENSORS BASED ON THIN AlN FILMS: A COMPARATIVE STUDY</p> <p>Environmental and health monitoring have become crucial the last decades. In-liquid sensing plays an important role for this kind of monitoring. Exhaustive studies have been going on in order to improve the sensing devices. Sensors based on thin film electroacoustic (TEA) devices have emerged as a promising alternative to quartz</p>	13.333

	crystal microbalance (QCM) and surface acoustic wave (SAW) sensors. TEA devices include quasi shear mode film bulk acoustic resonators (QS-FBAR) and S0 mode Lamb wave resonators (S0-LWR) based on AlN films. These devices offer miniaturization and easy integration. For a better understanding of their physical behavior, we present a comparative study on their sensing mechanisms in liquid media. For this study we employed finite element analysis (FEA). QS-FBARs behave as pure shear resonators, sensing viscosity and density in a non-distinguishable manner. However, S0-LWRs demonstrate different sensitivities to liquid viscosity and density. Their different in-liquid sensitivities offer the possibility to combine them and measure independently changes in density and viscosity.	
Г7.13	<p>S0 Lamb wave resonators for in-liquid sensing: Promising alternative to shear bulk acoustic wave devices Mirea, T., Iborra, E., Yantchev, V. <i>2016 European Frequency and Time Forum, EFTF 2016, 2016, 7477807</i> https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84978999286&origin=resultslist</p> <p>S0 ЛЕМБ РЕЗОНАТОРИ ЗА ДЕТЕКЦИЯ В ТЕЧНА СРЕДА : КАТО АЛТЕРНАТИВА НА ТЪНКОСЛОЙНИТЕ ОАВ РЕЗОНАТОРИ</p> <p>Сензори позволяващи работа в течна среда са търсени не само като Био-сензори но и като сензори на свойствата на течни среди. Тънкослойните ОАВ устройства показаха обещаващи характеристики при тези приложения. Тук публикуваме теоретично и експериментално сравнение между ОАВ сензорите и S0 Лемб сензорите при детекция в течни среди. S0 сензорите показват по голяма чувствителност при промяна на вискозитета и плътността на течната среда, В конфигурация без електрод в контакт с течността, S0 сензорите дават възможност за детекция на промени в диелектричната проникваемост на течната среда</p> <p>S0 LAMB WAVE RESONATORS FOR IN-LIQUID SENSING: PROMISING ALTERNATIVE TO SHEAR BULK ACOUSTIC WAVE DEVICES</p> <p>Sensors capable of in-liquid operation are of primary importance not only for biosensors applications but also for liquid monitoring. Thin film electroacoustic (TEA) devices have emerged as promising choice for such applications. The most common TEA devices are the thin film bulk acoustic wave resonator (FBAR) and the Lamb wave resonator (LWR). FBAR operating on the shear mode have been widely studied in view of biosensors applications. A theoretical framework describing the in-liquid sensitivity features of LWR employing the S0 mode (S0-LWR) has been experimentally proven recently. However, a comparison between both devices has not been performed yet. Here we theoretically and experimentally compare AlN-based S0-LWR and FBARs on their solidly mounted modality (SMR), in terms of their in-liquid sensitivity features at similar frequencies. S0-LWR prove to be slightly more sensitive to the density and viscosity of the liquids. Moreover, if a metallic bottom electrode is not deposited on their backside, they can also sense variations in the dielectric permittivity of the liquid, which cannot be done with common SMRs.</p>	13.333
Г7.14	<p>Advances in thin piezoelectric film based resonant MEMS technology Yantchev, V. 2016 25th International Scientific Conference Electronics, ET 2016, 2016, 7753528 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-</p>	40.000

	<p>85006758081&origin=resultslist</p> <p>НАПРЕДЪК В РАДИОЧЕСТОТНАТА МЕМС ТЕХНОЛОГИЯ НА ОСНОВАТА НА ТЪНКИ ПИЕЗОЕЛЕКТРИЧНИ СЛОЕВЕ.</p> <p>Тази статия прави обзор на прогреса направен през последното десетилетие по отношение на един нов клас пиезоелектрични устройства използващи вълноводни вълни в тънки мембрани от пиезоелектричен слой. Този клас устройства, предложен за пръв път от автора през 2005, са известни под наименованията резонатори на Лембови вълни или пиезоелектрични резонатори с контурно вибриране. И в двата случая става дума за резонатори използващи тънки слоеве пиезоелектричен AlN. Наред с демонстрирането на високо продуктивни прототипи, са дискутирани бъдещите направления в тази област свързани с разработването на трансформатори на напрежение и дуплексери с характеристики сравними с тези на класическата тънкослойна OAB технология.</p> <p>ADVANCES IN THE PIEZOELECTRIC FILM BASED RESONANT MEMS TECHNOLOGY</p> <p>This work makes an overview of the progress made during the last decade with regard to a novel class of IC compatible piezoelectric devices employing plate-guided micro-acoustic waves in micromachined thin film membranes. This class of devices, originally proposed by the author in 2005, is referred to as either thin film Lamb wave resonators (LWR) or piezoelectric contour-mode resonators (CMR) both employing thin film AlN membranes. Their principle of operation is complementary to the so called thin film bulk acoustic resonators (FBAR), while employing the same technological platform. FBARs are currently widely employed in commercial filters and duplexers for telecom applications. Thin film Lamb wave resonators have shown unique performance in both frequency control and sensing applications. Here we demonstrate high quality factors Lamb wave resonators for low noise and thermally stable performance and discuss their application in high resolution gravimetric and pressure sensors. Ongoing research activities will be further outlined. These are focused on the development of RF Transformer-filters and duplexers with performance comparable to their FBAR counterparts. A specific emphasis is put on the ability of these devices to operate in contact with liquids in view of advanced Bio-sensor applications.</p>	
Г7.15	<p>COMSOL modeling of Hall sensors efficiency Ruskova, I.N., Gieva, E.E., Yantchev, V.M., Hristov, M.H. 2017 26th International Scientific Conference Electronics, ET 2017 - Proceedings, 2017, 2017-January, pp. 1–4 https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85043469516&origin=resultslist</p>	10
	<p>МОДЕЛИРАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА Hall СЕНЗОРИ</p> <p>В тази статия представяме анализ посредством метода на крайните елементи на полупроводникови Hall сензори. Тяхната ефективност е проучена в зависимост от основния полупроводников материал. По специфично, двумерен COMSOL модел е първоначално използван за екстракция на характеристиките на проводящия канал. В последствие, тримерен правотоков COMSOL модел е използван за изучаването на ефективността на Hall сензора. Hall сензори с идентични топологии и нива на легиране са изследвани в сравнителен режим.</p>	
	<p>COMSOL MODELING OF HALL SENSORS EFFICIENCY</p>	

	<p>In this paper we present a finite element analysis routine for modeling of semiconductor Hall sensors. Their efficiency is studied varying the base semiconductor material. More specifically, 2D COMSOL semi-conductor model is initially employed to extract the properties of the conductive channel. Subsequently a 3D COMSOL DC model is used to perform the studies regarding the Hall sensor efficiency. Hall sensors of identical topology and doping levels are studied in a comparative manner.</p>	
	ОБЩО:	233.713