

РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс за заемане на академична длъжност „доцент” по професионално направление 4.1. „Физически науки“, специалност “Физика на кондензираната материя”, обявен в ДВ, брой 20 от 06.03.2018г. с кандидат: гл.ас. д-р Цветан Емилов Иванов

Рецензент: проф. д-р Петко Костадинов Витанов

1. Общо описание на предоставените за конкурса материали

Кандидатът е представил автореферат на дисертационен труд, копия от 40 публикации в списания и списък на доклади и постери от конференции (общо 10 бр). Научните изследвания, които са представени на конференции са публикувани в пълен текст и са включени в списъка на научните трудове. В дисертационния труд са използвани 6 публикации от списъка на кандидата.

2. Публикации преди и след получаване на научната степен „доктор“

Общият брой на публикациите до получаване на научната степен „доктор“ са 36 бр., като от тях 6 публикации са включени в дисертационния труд. След присъждане на научната степен има публикувани пет статии.

3. Обща характеристика на научната и научно-приложна дейност на кандидата

Кандидатът е започнал своята трудова дейност като физик в катедра „Физика на твърдото тяло и микроелектроника“ към Физическия факултет на Софийския университет. Включването му в силен научен колектив дава отпечатък върху неговата професионална ориентация. В този период той участва, като съавтор, в изследвания върху галиев арсенид с помощта на съвременна методика за спектроскопия на дълбоки нива в полупроводникови структури. Резултатите са публикувани в J. of Appl. Physics. В периода 1991-1995 Цветан Иванов работи като главен специалист в „Национален център по метрология“ към Комитет по стандартизация и метрология. В този етап от неговото кариерно развитие, той придобива професионален опит и експериментални умения в областта на физическите измервания, а това обуславя и последващо му научно развитие. Той е бил включен, като външен изпълнител в два договора на колектив от ИФТТ-БАН, финансирани от фонд „ Научни изследвания“ към МОН. От 1995г. Цветан Иванов започва работа в Лаборатория „Физически проблеми на микроелектрониката“ към ИФТТ-БАН. Попада в колектив от изтъкнати специалисти, които са участвали активно при

създаването на микроелектрониката в България и това определя характера на неговата научната и научно-приложна дейност. Научните интереси на кандидата са ориентирани към изследвания върху полеви транзистор на базата на тънкослоен полисилиций, както и върху фактори, които влияят върху параметрите и стабилността на прибора. Тези изследвания са актуални, тъй като с тънкослойните транзистори (TFT) се реализира активната матрица на течено-кристалните дисплеи.

Друга област на неговите научни и научно-приложни интереси са сензори на базата на полеви транзистор с активен електрод от калаен двуокис (SnO_2), както и модифицирането на проводимост в тънък слой от полиметилметакрилат (PMMA) посредством йонна имплантация на силициеви атоми.

Темата за използване на металоорганични съединение и тънки диелектрични слоеве като елементи на функционални прибори е предмет на неговите изследвания през последните години.

От характера на публикациите може да се направи извод, че роля на кандидата е съществена при електрически измервания и характеризиране на прибори и диелектрични слоеве чрез прецизни измервания в наноамперния диапазон. Това е една от съществените причини той да бъде включен като участник в проекти с международно участие, за което има представени документи. Гл. асистент д-р Цветан Иванов е в бил в работния колектив на 8 проекта финасирани от фонд „ Научни изследвания“ и два проекта за развитие на научната инфраструктура.

4. Основни научни и научно-приложни приноси

Съществена част от научните приноси на кандидата се отнасят към изследванията върху тънкослойни полеви транзистори на основата на полисилиций. За разлика от полевите транзистори в силициев кристал, транзисторите формирани в полисилициев слой имат по-големи утечки в дифузионните области на сорса и дрейна. Основната причина за това е допълнителната генерация на носители по границата на зърната в поликристалния силиций, които стават центрове за генерационно-рекомбинационни процеси. Оценката за механизмите на допълнителна генерация на неосновни носители показва, че тя зависи не само от термичната генерация, а и от процеси на термойонна полева емисия или от полево-подпомогната емисия на носители от уловки формирани по границата на зърната. Изследването на утечните токове при липса на инверсен слой (затворено състояние на канала) е реализирано както с постояннотокови измервания, така и с нискочестотни шумови измервания. Изводите са, че утечката в p-n прехода на дрейна се определя от генерацията на носители от дълбоки нива с хомогенно енергитично разпределение в забранената зона на силиция. Резултатите са публикувани

в J. Appl. Phys. (статия N= 5 от списъка на кандидата) и не случаен факта, че това е най- цитираната работа. Тези изследвания са доразвити (в статия N=7), за случаите когато е направена йонна имплантация на водород с голяма доза и енергия. Характерът на научните приноси може да се класифицира като получаване и доказване на нови факти.

Методът на ниско-честотната шумова спектроскопия за оценка на енергитичното разпределение на уловките е доразвит в работа N=9 публикувана в IEEE Trans. Electr. Dev (1999) и работа N= 19 в Appl. Phys. Lett . (2000). Приносът може да се разглежда като използване на нов метод за анализ на ефекта на зърната в поликристалния силиций върху качествата на полевия транзистор.

Като самостоятелна група от изследвания са резултатите свързани с изучаване на ефекта на „горещи“ носители върху параметрите и стабилността на тънкослойни полевни транзистори. Транзисторите са реализирани в полисилициев слой с дебелина 150nm, гейтов окис 45 nm и геометрични размери на канала: ширина $W= 50\mu$, дължина $L = 6\mu$ и получена ефективна дължина на канала $L_{eff}=2\mu$. При големи стойности за дрейновото напрежение и сравнително ниско напрежение на гейта се осигуряват условия за инжекция на „горещи“ носители в гейтовия окис. Чрез регистриране на фотонна емисия от каналната област се определят напреженията, при които ще се наблюдава максимум в ефекта на „горещи“ носители. Качествена оценка за въздействието е продължителност на стресовото напрежение. Изследвано е влиянието на „горещи“ носители върху основните параметри на транзистора: подпрагов ток, прагово напрежение и стръмност. Обяснението за настъпилите промени е чрез генерацията на повърхностни състояния в резултат на въздействието на „горещи “ носители. Получените резултати се аналогични на подобни ефекти при класическите късоканални МОС транзистори. Приносите могат да бъдат определени като получаване на потвърдителни факти.

Деградация, подобна на стресовото въздействие с напрежение, е наблюдавана при облъчване с високоенергитични електрони (23 MeV). Доказано е, че при облъчване с висока доза от порядъка над 10^{14} cm^{-2} значително се променят електрическите параметри на прибора в резултат на нарастване на плътността на уловките в окиса и вероятността за захват в тях. Подобни радиационни ефекти са регистрирани и след йонна имплантация на водород с високи дози.

Съществена част от приносите на кандидата са свързани с изучаване на електрофизическите свойства на окислена полисилициева повърхност. Изследвани са утечните токове през диелектричния слой и пробивното напрежение на МОС кондензатори и транзисторни структури. Отчита се влиянието на повърхностната грапавост на полисилициевата повърхност, която води до локално усилване на ефекта от електрическото поле. Използван е моделът на Groeseneken и Maes за окислена полисилициева

повърхност за да се направи числена симулация на волт- амперните характеристики, както и на релаксацията на утечния ток с времето. Анализът позволява да се определи вероятността за захващане на електрони в уловки (electronic trapping probabilities), която се дефинира като произведение на обемната плътност на електронните уловки и тяхното сечение на захват. С използването на тази методология за обработка на експерименталните данни за проводимост на оксиден слой, получен при термично окисление на поликристален силиций, е изследван ефектът от хидрогенизиране на оксидните слоеве чрез импантиция на водород. Тези изследвания са в основата на дисертационния труд на кандидата. Получените резултати представляват получаване и доказване на потвърдителни факти с нови средства.

Кандидатът е участвал и в изучаване на двуслойната диелектрична структура от типа на $Al/ZrO_2/SiO_2/n-Si$. Изследвани са утечните токове през тази структура при различни температури за да се докаже, че доминиращ механизъм на проводимост е уловково- асистиран транспорт на носители от типа Poole-Frenkel. Приносите могат да се разглеждат като получаване на потвърдителни факти.

Изследванията, свързани с модифициране на проводимостта на слой от полиметилметакрилат (PMMA) чрез импантиция на силиций, са оригинален подход за промяна на електрофизичните свойства на органични материали. Хипотезата е, че се образува „скрит“ канал в слоя с дебелина, определяща се от профила на разпределение на силициевите йони в PMMA слоя. Проводимостта на този „канал“ се управлява от електрод върху повърхността на слоя. Волт- амперните характеристики при триполюсна схема на свързване наподобяват транзисторна характеристика. Резултатите са публикувани в 5 статии. Характерът на научният принос може да се разглежда като получаване на нови факти.

Като приноси с научно-приложен характер могат да се разглеждат резултатите за възможно приложение на тънки слоеве от калаен оксид или меден фталоцианид, като чувствителен елемент при газови сензори. Използван е тънък слой от SnO_2 , като гейтов електрод на МОС транзистор. Доказва се, че бързо термично отгряване (RTA обработка) стабилизира поведението на прибора и го прави селективно чувствителен към въздействие на амоняк. За слоеве от меден фталоцианид е установено, че адсорбцията на различните газове влияе по различен начин върху електрическата проводимостта на тъмно и на светло (фотопроводимост).

5. Отражение на научните публикации на кандидата в нашата и чуждестранна литература

Списъкът на научните трудове на кандидата включва 40 публикации, от които 25 са в реферирани международни списания с импакт/ фактор (IF), 4 в списания с импакт/ ранг (SJR) и 7 в сборници от международни

конференции. Прави впечатление, че някои от статиите са в реномирани научни списания като J.Appl. Phys. – 4бр, IEEE Trans. Electr. Dev. -1бр, Sol.St,Electr. -1бр , Appl. Phys.Lett. – 1, които са извесни с високи критерии на рецензентите и редакторския съвет. Четири от публикациите са в специализираното списание Microelectronics J.. Реномираността на изданията са предпоставка за видимост на трудовете от широката научна общност. Това се отразява и в броя на цитатите. Общият брой на цитатите е 232 бр., от които една статия (N=5 от списъка на кандидата) е цитирана 50 пъти, статия под N=28 съответно 21 пъти и други две по 16 пъти. Този факт е една добра илюстрация за отзвук от публикационната дейност на кандидата в международната научно- техническа общност.

6.Личният принос на кандидата

Научните трудове на кандидата са в съавторство с учени от страната и чужбина. Броят на съавторите е от три до седем, но това се обуславя от съвмесната работа с колективи от чужбина, използването на много методики за измерване и анализ, както и от технологичния характер на проблематиката. Трябва да се отбележи, че основните научни приноси в областта на тънкослойните транзистори са свързани със съвмесна работа с колектив от Гърция в рамките на двустранно сътрудничество. Познавайки технологичното ниво на микроелектрониката в края на 90-те години в България, предполагам, че образците са изготвени в чужбина и българските съавтори са участвали с измервания и анализиране на резултатите.

В предвид тематиката на лабораторията, в която работи кандидата, неговата научна дейност, експерименталните му умения и професионален опит считам, че личният му принос е съществен при електрическите измервания на прибори и структури, както и при обработка на резултатите с подходящи модели и софтуерни продукти. Това се вижда и от характера на публикациите, в които той участва.

7.Критични бележки и препоръки

Нямам критични бележки към материала в представените трудове. Работите са публикувано основно в специализирани научни списания, които имат рецензенти.

Препоръчвам на кандидата, ако продължи работата си в колектива, с който е работил върху модифициране на проводимостта на PMMA слоеве с имплантация на Si^+ , да намерят необходимите доказателства за наличие на полеви ефект. Хипотезата за полеви ефект, използвана в трите статии за да се обясни ефекта на горния електрод, подлежи на сериозна аргументация. Характерно за ефекта на полето е наличие на три състояния в повърхностната област, свързани с акумулация на основни носители, обеднение и инверсия на неосновните носителите. При отсъствие на

доказателства за тях, интерпретацията на структура с три контакти, като полеви транзистор, е некоректна .

8. Лични впечатления

Познавам гл.ас. д-р Цветан Иванов от неговата научна и професионална дейност, като сътрудник в лабораторията „Физически проблеми на микроелектрониката“ към ИФТТ-БАН. Личните ми впечатления са, че той е един прецизен експериментатор и коректен колега, който съблюдава всички изисквания на научна етика. Това личи и от добре подготвените материали за конкурса.

Заклучение

След като се запознах с предоставените материали и научни публикации считам, че резултатите и научни приноси отговарят на изискванията за присъждане на академичната длъжност „доцент” съгласно Закона за развитие на академичния състав в Република България и на Правилника за условията и реда за присъждането им в ИФТТ-БАН.

Препоръчвам на членовете на научното жури да гласуват за присъждане на **академичната длъжност „доцент” на гл. асистент д-р Цветан Емилов Иванов** по професионално направление 4.1 „Физически науки“, специалност “Физика на кондензираната материя“



София 15.08.2018 г.

Подпис:

/ проф. д-р Петко Витанов/

