

РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс за заемане на академичното звание „професор”
по специалност, съгласно обявата в ДВ бр.64 от 16.08.2016 г.
с кандидат: доцент дфн Албена Паскалева Дончева от ИФТТ-БАН

Рецензент: проф. д-р Петко Костадинов Витанов

1. Общо описание на предоставените за конкурса материали

В представените от кандидата материали са 2 автореферата от дисертационни трудове и 74 публикации, от които 3 глави от книги, 64 статии в списания с импакт фактор и 21 доклада, публикувани в пълен текст в сборници от международни конференции. В списъка на публикуваните доклади не са включени тези доклади, които впоследствие са били отпечатани в списания. Този подход е коректен и улеснява рецензента при оценка за съвпадения на публикуваните резултати.

Всички представени трудове се отнасят към изследвания на структурата диелектрик - полупроводник, които са необходим етап в развитието на технологията на полевите прибори и интегрални схеми.

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

Публикациите включени в дисертационния труд за „доктор“ са 12 броя; 8 статии в списания и 4 работи в сборници от конференции. Дисертационният труд за „доктор на науките“ е на основата на 35 публикации, от които 27 статии в списания с импакт фактор и 8 доклада от конференции, публикувани в пълен текст.

Работите на кандидата, които не са включени в последния дисертационен труд са 13, от които 10 са статии в реномирани списания, 2 публикации в сборници от конференци и една глава от книга, която е приета за печат в издателство WileyVCH.

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

Кандидатът доц. Албена Дончева е започнала своята професионална дейност в ИФТТ – БАН, като физик в лаб. “Физически проблеми на микроелектрониката”. Това определя и нейната научна ориентация, тъй като попада в един колектив, ръководен от чл. кор. Й. Касабов, който е съзателят на микроелектрониката в България. Тя работи в сътрудничество с изтъкнати специалисти в тази област, което и дава възможност да придобие експериментален и технологичен опит, необходим за нейното бързо развитие. Нейните първи научни интереси са свързани с изследвания на структурни радиационни дефекти на интерфейса $\text{SiO}_2\text{--Si}$, предизвикани от различни технологични обработки, както и методите за тяхното отгряване. В последствие нейната изследователска дейност се ориентира

към изследване на метални оксиди, включени в структурата метал-диелектрик- силиций. Това е актуална тематика, свързана с необходимостта от използване на тънки диелектрични слоеве с голяма диелектрична проникваемост в технологията на МОС интегралните схеми. Научните изследвания по тази тематика остават основна научна дейност на кандидата. Доцент Албена Дончева ги разширява в технологичен и експериментален план по време на нейния престой в Университет Ерланген-Нюрнберг, като стипендиант на фондация „Александър фон Хумболт“. В последствие тя е канена за съвместни изследвания във Фраунхоферов Институт по интегрални схеми и технологии, гр. Ерланген, Германия. Там изследванията са ориентирани към изучаване на свойствата на тънки слоеве от метални оксиди и техните силикати, получени с най-съвременни технологични процеси за отлагане.

Важен елемент от научната и научно-приложна дейност на кандидата е участието му като изпълнител и ръководител в договори финасирани от фонд „Научни изследвания“ .

4. Основни научни и научно-приложни приноси

Научните приноси от изследователската дейност на кандидата могат да бъдат класифицирани в следните групи:

4.1 Изучаване на електрически активни дефекти в тънкослойни структури Si-SiO₂, генерирани в резултат на радиационни въздействия и прилагане на полевия стрес

Резултатите от изследванията за влиянието, върху електрическото поведение на структурата Si-SiO₂, на електрически активни дефекти, създадени от технологични процеси (няколко вида плазмени процеси), са публикувани в работите А2, А5, А7-А12; А21, В4, В5; от бързо термично отгряване в статии А3, А4, А6, В1-В3, както и от външни въздействия на гама радиация [А1] и високо полеви стрес [А11]. Анализирани са въздействието на различните плазмени обработки, като (реактивно йонно ецване, RIE) и нехомогенна плазма (магнитно подпомогнато реактивно йонно ецване, MERIE) върху електрофизичните свойства на структури от типа Si - SiO₂. Приносите могат да се разглеждат като получаване и доказване на нови факти.

4.2 Изучаване на структурните и електрически свойства на тънки диелектрични слоеве на основата на Ta₂O₅

Изследванията са извършени с цел да се докаже възможност да се използва тънък слой от Ta₂O₅, като алтернатива на SiO₂ в технологията за DRAM, поради по-голямата му диелектрична константа. Характерно за слоевете от метални оксиди е тяхната термодинамична реакция със силициевата повърхност по време на високотемпературните обработки. По тази причина за характеризиране диелектричните качества на слоевете са използвани освен електрически методи, а също така спектрална

елипсометрия, ренгенова дифракция (XRD), ренгенова фотоемисионна спектроскопия, трансмисионна електронна микроскопия и др. Изследвано е влиянието на нитридирането на Si повърхност (резултатите са публикувани в 8 статии), металния електрод (Al, W, TiN, Au, Ru) (9 публикации) и легиране с метални елементи (Ti, Hf) (12 публикации в списания и сборници). Получените и публикувани резултати са съществени за изясняване механизмите на проводимост и електрическа деградация в МОС структури с диелектрик на основата на Ta₂O₅, който с голямата си диелектрична проникваемост е подходящ за използване в технологията на динамичните паметии с голям обем. Голяма част от резултатите са от първите изследванията в тази област, които са започнали под ръководството на проф. дфн Елена Атанасова още през 1994 г. Приносът им може да се формулира като получаване и доказване на нови факти.

4.3. Изследване на тънки диелектрични слоеве от Zr-силикат, HfTi-силикат, Hf-силикат с цел приложението им като гейтов диелектрик в наноразмерни полєви транзистори.

Идеята да се използват силикатни съединения от типа на ZrSi_xO_y и HfSi_xO_y е възникнала като компромисен вариант с цел да се ограничи темодинамичната нестабилност, водеща до проникване на Si от подложката в слоя. Кандидатът е участвал в научен колектив, който прилага метод за химическо отлагане от парна фаза, като се използват прекурсори от различни металоорганични съединения, за формиране на смесени силикатни съединения. С цел характеризиране на тези слоеве са изследвани процесите на захват на заряди в тънък слой от ZrSi_xO_y, HfSi_xO_y и Hf_xTi_ySi_zO, както и механизмите на проводимост. Важен елемент за физическа интерпретация на процесите на захват е да се знае височината на енергитичната бариера между металния контакт и проводимата зона на диелектрика. За тази цел експериментално е определена тази бариера, като се използват резултатите от волт-амперните характеристики при ниски температури. Прави се допускане, че в този случай механизмът на проводимост е от типа Fowler–Nordheim и се търси при каква стойност на бариерата се съгласуват пресметнатите и експерименталните резултати. Заключениеята от получените резултати за трите вида многокомпонетни материали е, че те са термодинамично стабилни, когато са отложени върху силициева подложка и тяхната диелектрична константа не се променя при високотемпературните обработки. Характерно за тях е захват на електрони, който зависи от поляритета и стойността на приложеното напрежение. За слоеве от Hf_xTi_ySi_zO е изказана хипотезата, че с увеличаване на присъствието на Ti в многокомпонетната система се променя механизмът на проводимост от обемно-лимитиран транспорт през уловки от типа на Poole-Frenkel към

фононо-подпомогнатото тунелиране чрез дискретни енергитични нива на уловките. Този резултат може да се разглежда, като получаване и доказване на нов факт за механизма на проводимост при тънки слоеве, а изследванията на диелектричните и електрически свойства и механизмите на проводимост в сложни четири компонентни смеси ($\text{Hf}_x\text{Ti}_y\text{Si}_z\text{O}$) са едни от първите детайлни изследвания. Не е случаен и факта, че тези резултати са публикувани в реномирани списания и са много добре цитирани (например статия A24 има 55 цитата).

4.4 Изследване явления на захват и деградация в high-k диелектрици в локална област с наноразмери чрез тунелен атомно- силов микроскоп

Оригинална е методологията да се използва острие с наноразмери (35 нм) като локална електрическа сонда при сканиране на диелектричната повърхността. Така може да се регистрира локална промяна в проводимостта на изследваната повърхност, която се свързва със структурата на слоя. Получените резултати се корелират с наблюдение на напречен срез с трансмисионен електронен микроскоп и се правят изводи, че присъствието на нанокристали увеличава електрическа проводимост, поради проводимост по границите им (статия A46). С използване на оригинален подход за изследване са идентифицирани явления на захват и деградация в локална област с наноразмери [A47]. Резултатите от приложението на тунелен атомно- силов микроскоп за електрически измервания са обобщени в глава от книгата "Conductive Atomic Force Microscopy: Application in nanomaterials", ed. M. Lanza, Wiley VCH (под печат). Приносите от тези изследвания могат да бъдат класифицирани, като „ създаване на нови методи“ и „получаване на нови факти“.

Трябва да се отбележи, че резултатите са плод на ефективно сътрудничество с два силни института в Ерланген- Германия, но кандидатът е първи автор в публикации в реномирани списания.

4.5 Изследвания върху метал-диелектрик-метал (MIM) структури с цел приложение в технологията за динамични памет

Обект на изучаване са структури метал-изолатор-метал (MIM), които са реализирани с различни диелектрици като ZrO_2 , (ZrAlO) ; (ZrSiO) , получени с атомно послойно отлагане (ALD). Изследвани са специфични ефекти в тези структури, като нелинейност на капацитета, диелектрична релаксация, диелектрични загуби, и е показано, че те са силно зависими от аморфната или поликристална структура на слоя. Доказано е, че при легиране с малки количества Al или Si съществено се намалява тока на утечка, без това да повлияе съществено на диелектричната константа. С подобен подход са получени ZrAlO и ZrSiO слоеве с еквивалентна окисна дебелина под 1 nm

и токове на утечки, които напълно удовлетворяват изискванията на DRAM схемите.

В четири обзорни статии и доклади [A32, A56, A62, B19] кандидатът е обобщил резултатите от извършените комплексни електрически и структурни изследвания на различни диелектрични слоеве като Ta₂O₅, ZrO₂, HfSiO (включително техни легирани модификации). Показано е, че със систематични и комплексни изследвания на механизмите на проводимост е възможно да се получи ценна информация за параметрите на съществуващите уловки. Регистрирано е голямо разнообразие от различни механизми на проводимост в зависимост от диелектрика и е показано, че една и съща уловка може да определя или участва в различни механизми на проводимост в даден диелектрик, в зависимост от конкретни условия.

4.6 Изследване на диелектрични слоеве, включително многослойни структури, за приложение в нови концепции за енерго-независими паметни с голям обем.

Обект на изследвания са диелектричните и електричните свойства на легирани с Al, HfO₂ и ZrO₂ слоеве, формирани чрез плазмено подпомогнато отлагане на монослоеви (PE-ALD) или чрез реактивно разпръскване [A70-A73]. Проведени са електрически измервания на МДП структури за оценка на механизмите на захват на заряд и съхранение му в структури от типа MIOS (metal/high-k dielectric/SiO₂/Si). Получени са съществени резултати за природата, пространственото и енергетично разположение на уловките и тяхното влияние върху механизмите на захват в изследваните структури.

Изучавани са MIM структури с цел изследване на ефекта на резистивно превключване. Като метални електроди са използвани TiN (долен електрод) и Pt (горен електрод) [A65, A67, A68, B21]. Като диелектрични слоеве са включени TiO₂, HfO₂ и двуслойната структура Al₂O₃/TiO₂.

Резултатите от тези изследвания могат да се разглеждат като приноси свързани с получаване и доказване на нови факти.

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

Списъкът на научните публикации на кандидата включва 95 научни труда, от които 74 статии в реферирани международни списания с импакт фактор (IF) и 21 публикации в сборници от международни конференции. Трябва да се отбележи, че доц. Албена Дончева е била поканен редактор в специалния брой "Advanced oxides for Electronics", на списания "Materials Science in Semiconductor Processing", както и поканен лектор на школа на НАТО (NATO ARW) в Петербург през 2005 и на школа в Братислава (2010г).

Научните публикации на кандидата са цитирани над 900 пъти, като 6 от тях са цитирани над 50 пъти. Това е причина за високия h-индекс=16.

Резултатите от изследванията за механизмите на електрическата проводимост на HfO_2 и неговите композити се цитират като първи резултати в тази област.

6. Личният принос на кандидата

Научните трудове на кандидата са в съавторство с учени от България и чужбина. Броят на съавторите е от три до шест, но това се обуславя от съвместната работа с колективи от чужбина, използването на много методики за измерване и анализ, както и от технологичния характер на проблематиката. От всичките 95 публикувани труда, доц. Албена Дончева е първи автор в 39 от тях.

Познавайки дългодишната научна дейност на кандидата и неговия изследователски и технологичен опит считам, че личният му принос е съществен при електрическите измервания, анализи и интерпретация на резултатите, свързани с изучаване на тънки диелектрични слоеве с голяма диелектрична проникваемост.

7. Критични бележки

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

8. Лични впечатления

Познавам доц. Албена Дончева още като дипломант в ИФТТ и съм свидетел на нейното развитие и израстване като изследовател и учен от висок ранг. Личните ми впечатления са, че тя е един прецизен експериментатор и ерудиран учен, който съблюдава всички изисквания за научна етика. Това личи и от подготвените материали за конкурса.

Заключение

След като се запознах с предоставените материали и научни публикации считам, че представените в тях резултати и научни приноси отговарят на изискванията за присъждане на академичната длъжност „професор“, 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 „професор“ на доц. дфн Албена Дончева** по професионално направление 4.1. „Физически науки“, специалност “Физика на кондензираната материя“.

София 10.09.2016г

Подпис:

/ проф. д-р Петко Витанов/