



До
Научното жури по конкурс в ИКИТ-БАН,
за заемане на академичната длъжност „професор“;
До
Научния съвет на Института по космически
изследвания и технологии при БАН.

РЕЦЕНЗИЯ

на научните резултати и постижения на *Корнели Григоров Григоров*, единствен участник в конкурс за заемане на академичната длъжност „професор“ в област на висше образование 4. *Природни науки, математика и информатика*; професионално направление 4.1 *Физически науки*; научна специалност „*Структура, механични и термични свойства на кондензираната материя*“, за нуждите на секция „*Космическо материалознание*“ - публикуван в Държавен вестник бр.2. от 08.01.2016 г.

от чл.-кор. проф. д.физ.н. инж Георги Михайлов Младенов, член на научното жури, създадено с заповед на директора на ИКИТ чл.-кор. дтн. Петър Гецов, на основание чл.4(2) от Закона за развитие на академичния състав в Република България и съгласно решение на Научния съвет на ИКИТ-БАН (протокол №12 от 26.01.2016 г.)

1. Кратки биографични данни и характеристика на научните интереси и на педагогическата дейност на кандидата;

Доц. д-р Корнели Григоров е роден през ноември 1960 г. в гр. София. Завършил е Минно-геоложкия университет през 1984 г.-специалност „физика и геофизика“. През 1984-1985 г. работи като инженер в ИЕ БАН, а през 1985-1986 е на специализация в Института по физика на ПАН. Получил е научната и образователна степен д-р (ph. D степен) през 1990 г. в Полша, във Варшавския Технологичен университет - Институт по микроелектроника и оптоелектроника. Дисертацията му е на тема „*Ефект на облъчване върху параметрите на МОС структури*“. През 1991 г. работи в ИЕ БАН; през 1992-1993 г. е „post-doctoral“ изследовател в Института по фундаментална електроника на Университета Париж-Юг. През 1993 г. е избран за н.с. II степен в ИЕ БАН. През 1995-1997г. е гост-изследовател в Лабораторията по електронна спектроскопия към Университета в Намур, Белгия. През 1998-1999 г. е гост-изследовател в Център по изследвания на свойствата на интерфейси и катализа на Университета Лавал в Квебек, Канада. От 1999 до 2001 г. работи като н.с. I ст. (главен асистент) в ИЕ БАН, а през 2002-2003 г. работи като старши гост-изследовател в Института по технологии и аеронавтика, Sao Jose dos Campos, Бразилия. През 2003 г. е отново в ИЕ БАН, където е избран за ст.н.с. II ст (сега доцент) и като такъв работи и през 2004 г. През 2005-2006 г. е отново в Бразилия, в Института по технологии и аеронавтика, след което през 2007 г. е гостуващ професор в Лаборатория по силни магнитни полета в Дрезден, Германия. През 2008-2010 г. е поканен професор в Института по технологии и аеронавтика, Бразилия. От 2012 г. до сега работи на научната длъжност доцент в Института по космически изследвания и технологии на БАН. Дисертация за

научната степен доктор на физическите науки успешно защитава в ИКИТ на БАН през 2015 г. (15 юли 2015 г.) Темата и е: „Израстване и изследване на тънки слоеве за приложения в микроелектрониката и космическото приборостроене“.

Като своя научно-педагогическа дейност доц. д.физ.н К. Григоров ни посочва лекционен курс, който е изнесъл за (след)-докторанти на тема „Характеризиране на тънки слоеве с рентгеново лъчение и с Ръдерфордова обратно-отражателна спектроскопия“ с продължителност 144 часа, в катедра „Наука и космически технологии“ на Институт по изследвания на предния фронт, в Бразилия, през 2013-2014 година. Доц. д.физ.н К. Григоров е посочил 10 имена на докторанти и дипломанти, израснали под негово ръководство, две имена между които са български, но отсъстват данни за темите на техните работи и за висшите учебни заведения, в които са изработени тези изследвания, затова не се наемам да ги коментирам. Същото се отнася за 6-те изпитни комисии в различни организации в Бразилия в периода 2005-2014 г., не познавайки статута им при получаване на магистърска или докторска степени в Бразилия.

Представен ми е пълен списък на научните публикации на Корнели Григоров, съдържащ 82 заглавия на научни статии и една научна книга (всъщност той е съавтор на две глави от тази книга). Списъкът от написаните след хабилизацията статии е от 42 заглавия, но в това число са включени и 21 труда (от 26 общо), които са използвани при получаване на научната степен доктор на науките (Трудове 1, 4, 7, 12, 15, 16, 20, 22, 24, 25, 26, 28, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 и 40, които няма да рецензирам, а те ще участват в преценката ми за кандидата по-съвкупност)

2. Преглед и анализ на монографичния труд (ако кандидатът е представил такъв) или на научните публикации, представени от кандидата, които са равностойни на монографичен труд;

От казаното по-горе става ясно, че приемам за рецензиране:

- работи в списания с импакт-фактор **3, 5, 6, 8, 9, 11, 13, 17, 23, 27, 29, 31, 41 и 42**, които приемам като равностойни на монографичен труд, по смисъла на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България; (Общия им IF е 16,57).
- група работи, докладвани на конференции: 2, (отбелязвам, че за работа 6 попадаща очевидно в тази класификационна група не е ясно какво значи „accepted“ и в двата списъка?? по отношение на статута ѝ; но тази работа има отпечатък в реномирано списание, поради което съм я включил в горния раздел) 10, 18, 19, 21 и 30, които ще разглеждам като работи извън «монографичния труд» в конкурса за заемане академичната длъжност «професор».

3. Характеристика и оценка на приносите в монографичния труд или на равностойните му научни публикации;

В работата [3] (в т.2, тук и по-нататък в текста ще ползвам номерацията в списъка на публикациите след хабилизацията) са изследвани получени в Лаборатория на някои от авторите фосфоро-силикатни стъкла при еднакви температури в диапазона 380°C-430°C, но в плазмено-ускорено химическо парно отлагане-едните, и в друг реактор с химическо парно отлагане с микро-налягане, другите слоеве, а след това следва бързо термично отгряване във вакуум 10^{-3} Torr

при четири температури (от 800°C до 1400°C) и времена от 15s до 180s. С помощта на XPS се вижда, че фосфорния оксид изпитва фазов преход и се изпарява, докато силициевия оксид се изпарява и декомпозира. Скоростта на ецване в травител тип „p“ преди бързото термично отгряване е 102 nm/min; при отгряване при 800°C в течение на 15 s е 91nm/min, а след отгряване в течение на 3 мин е 69 nm/min. При отгряване при 1000°C, 1200°C и 1400°C за 3 min скоростта на ецване е 66, 47 и 35 nm/min съответно; т.е. RTA значително намалява скоростта на ецване.

Работата [5] е посветена на сравнително изучаване на композицията на газа при получаване на диаманто-подобни тънки слоеве, получавани с магнетронно разпръскване. Процесът на отлагане е следния: в продължение на 20 min с мощност на магнетрона 150 W (при налягане 1.8 mTorr и общ поток 5 sccm) върху силициева пластина p-тип (100) от две газове смеси: ацетилен-аргон и метан-аргон и мишена: графитова пластина, отстояща на 50 mm от подложко-държателя, като споменатите две газове смеси на прекурсора в газовия разряд са от 4% до 80% от газовия поток и температура на подложката е 200°C. Сместа с ацетилен при големи съдържания на хидро-карбон-съдържащия газ-ацетилен позволява по-бързо отлагане на диаманто-подобно покритие, в сравнение със сместа в която участва метан. Затова пък в сместа с метан се отлагат по-твърди покрития от слоевете, съдържащи отложени радикали, получени при ацетиленова дисоциация. Максимална твърдост получаваните слоеве имат при концентрация 10% и при използване на двете въглеродо-съдържащи газове смеси. При концентрации на ацетилена и метана над 10-15 % твърдостта на покритията рязко пада, поради нарастване на числото водородни атоми, инкорпорирани в слоевете. Последното се доказва с Раманови спектри. Накрая грапавините при използване на сместа аргон и ацетилен са по-големи от тези при използване на смесени метан и аргон.

Публикацията [14] е посветена на изследване ецването на диаманто-подобни (DLC) слоеве, базирано на диелектричен бариерен разряд в кислород при почти атмосферно налягане. Различни работни режими: налягания от 55 kPa до 75 kPa; времетраене- от 1 min. до 20 min.; разстояние електрод-подложка: 5 -10 mm. Слоевете преди и след ецване се анализират с Раманова спектроскопия, атомно-силов микроскоп и профилометър. Скорост на ецване до 7 nm/min се постига с мощност 2.3 W при 2 cm² експонирана площ. Приложеното ецване при високо налягане на разрядния кислород не внася дефекти в подложката и е по-хомогенно, в сравнение с ецването при ниски налягания.

В работата [6] чрез потапяне в азотна плазма и имплантиране на азотни йони са обработени пластини от 0.25 mm дебел PET (полиетилен-терефталат), употребяван в пластмасовите бутилки. Газов разряд създава азотна плазма с управляван плаващ плазмен потенциал и отрицателни импулси с продължителност 80 μ s, напрежение 10 kV, честота 300 Hz, приложени върху металния подложко-държател или метална мрежичка отгоре на образеца от PET . Формирането на въглероден тънък слой на повърхността на образеца, поради имплантирането на аргонни йони, се изучава с Раманова спектроскопия (намерено е, че слоя е диаманто-подобен) и с AFM и оптичен микроскоп (намерено е, че повърхността става по-гладка и няма пукнатини). Тази работа е цитирана 10 пъти (цитиране 117 до 127) което е свързано с актуалността на предмета на изследване и мястото на публикуване.

Работата [8] сравнява електрическото и морфологично качество на слоеве, получени с високочестотно разпрашване, от хром и молибден, предназначени за задни контакти на слънчеви батерии. Слоевете се отлагат при константно налягане на газа и мощности от 100 W до 250 W. Слой от хром има с около 20% по-висока скорост на отлагане, но молибденовия слой има значителна по-ниско специфично електрическо съпротивление, което ще доведе до по-добър омичен контакт при изграждане на слънчевата батерия. Оптимумът при 200 W RF мощност е свързан с най-плътната му структура.

В [9,11,13] се изследват тънки слоеве от AlN. Работата [9] прилага (а може би моделира-не става ясно! поради отсъствие на описанието на източника на йони и опитите с бомбардиране с йонизирани азотни молекули или атоми) йонна имплантация на потопен в азотна плазма силициев монокристален образец, покрит с тънък слой от алуминий, който се бомбардира от йони на азотни атоми и молекули. Веднага след имплантацията може да се наблюдава смесена композиция от неподредени зърна от алуминий и присъединен азот. За формиране на химически връзки между азотните и алуминиевите атоми дифузия на алуминия от бомбардирания слой към повърхността-по-богата на азот се прилага бързо термично отгряване, като оптимален резултат е: при висока температура (1000°C) за кратко време (15 sec.). В [13] се изследва плазмен източник, представляващ комбинация от магнетронна система и кух катод, генериращ плазма с плътност на заредените частици от порядъка на 10^{17} - 10^{18} m⁻³ и електронна температура (3-6) eV. Получените слоеве имат стълбчата структура, паралелна на гладката повърхност на слоевете. В публикацията [11] се прилага сублимационна епитаксия на AlN, като източникът е поликристален AlN при температура 2100°C, а подложката бе от 4H-SiC на близко разстояние и около 7°C температурна разлика. Времето на отлагане е 1 час. Използването на азотна среда фаворизира отлагането, ако го сравним с отлагане във вакуумна среда в сублимационния процес.

В публикацията [42] два вида титаниево-диоксидни слоеве-със стълбчата структура и с дребнозърнеста структура се изследват като дифузионни бариери, спиращи дифузията на силиции. Двете структури са получени при еднакви условия на отлагане, с изключение на кислородното съдържание (съответно 10% и 30% от общото работно налягане). Неочаквано-въпреки подобие на рентгеновите спектри на слоевете те са текстурирани различно и имат различна дебелина. Силициевите дифузионни профили са изследвани след отгряване до 800°C с Ръдерфорово обратно отражение на хелиеви ядра с енергия 2 MeV. Съответно са получени коефициентите на дифузия, както за слоя титанов двуокис, отложен при 10% кислородно съдържание, така и за 30% кислородно съдържание. Данните са сравнени с тези на титановия нитрид – един често използван във високотемпературни приложения слой.

В работата [41] по метода отлагане на атомен слой (ALD) с прекурсори TiCl₄ и H₂O се изследват (с помощта на Ръдерфорово обратно отражение; рентгенова дифракция при плъзгащ се ъгъл на рентгеновия сноп и AFM) отлаганата дебелина за цикъл на слоеве от TiO₂, кристалната структура на тези слоеве и повърхностната им грапавост в зависимост от температурата в диапазона от 100°C до 500°C, като се обръща внимание и на концентрацията на агресивния отпадъчен продукт от

реакцията на посочените прекурсори HCl. Резултатът е, че скоростта на израстване на слоевете не корелира с кристалната структура и повърхностната грапавост. Поради агресивността на солната киселина първоначално се отлага аморфен продукт с понижено съдържание на кислород и едва след 400 цикла се получава стехиометричен двуокис на титана.

В работа [23] с микровълнова плазма (2.45 GHz, 1 kW) се модифицира повърхността на етиленово-пропиленова-диен-мономерна гума. Плазмата е смес от йонизиране на азотни, водородни и аргонови атоми (налягане на газа 0.2-1 Torr, газовия поток в пределите (5-100) sccm и времетраене на обработката от 10 до 600 sec. Повърхността се изследва чрез измерване ъгъла на омокряне и с AFM. Наблюдавано е значително намаляване на контактния ъгъл на омокряне (от 101° преди обработка до 34° след обработка, което отговаря на адхезии, съответно от 59 до 133 mJ/m^2).

Микроразряд при средни и високи налягания в аргон се изследва в публикация [27]. В отвор $500 \mu\text{m}$ горе микро-разряд с кух катод при налягания от 90 до 800 Torr и ток от 5 до 20 mA. Температурата на потока газ е в диапазона 550-850 K. При най-високото налягане температурата на водорода е оценена на 12 000 K

Работа [29] изследва подобен разряд при атмосферно налягане. Разстоянието между кухия анод от волфрамов карбид и молибденовия електрод, служещ за катод. Газът е аргон с добавка на 2% водород-за спектроскопско изследване. Изследва се пространственото разпределение на разрядните параметри и се използва спектрометър с висока разделителна способност за определяне на разрядните параметри. При токове от 20 до 100 mA температурата на газа е от порядъка на 600 до 1 000 K. В областта на отрицателното светене на тлеещия правотоков разряд концентрацията на заредени частици е 10^{14} - 10^{15} cm^{-3} .

В публикациите [17,21] се прилага микро-емулсионна техника за получаване магнитни прахове (бариев хексаферит). Изследва се разпределението на прашинките по размер, кристалността и магнитните свойства. Коерцитивната сила и насищането при намагнитване с ниски концентрации на метални катиони във водната фаза са били по-високи от случая на по-високи концентрации. Електродът е молибденов, а потокът на газовата смес $\text{Ar}+2\%\text{H}_2$ 0.03 l/min.

4. Характеризиране на приносите на кандидата за искуемата академична длъжност;

Не мога да преценя сам или да ползвам декларация на участника в конкурса кои точно приноси са негово лично дело, и кои-на съавторите му. От известното ми при рецензиране на докторската дисертация на доц. д.физ.н. Корнели Григоров очаквам, че той е участник в международните авторски колективи поради знанията и опита да прилага и анализира резултати от RBS, рентгенова дифракция и други наукоемки модерни физически методи за характеризизиране на тънки слоеве.

Не бих могъл да посоча ръководство от страна на К. Григоров при разработване на специфично научно направление, създаване на научен колектив, израстване на млади учени под негово ръководство. Но работата му с множество чуждестранни и наши учени, придобитият опит в множеството научни организации, където К.

Григоров израства като търсен участник в авторски колективи е прекрасен потенциал за бъдещо развитие.

Изброените приноси на научните трудове на доц. д-р К. Григоров могат да се отнесат към създаване на нови технологии и конструкции на научно приложни прибори; използване на наукоемки научно-изследователски методи за характеризирани на материали.

5. Значимост на приносите за науката и практиката

Научните резултати, които д-р К. Григоров представя в конкурса са плод на неговото сътрудничество с различни научни групи, използващи сложна и скъпа техника, в голямата си част отсъстваща в нашите изследователски институти. Изследваните слоеве се получават или могат да се получат у нас, но пълното им характеризирани тук е затруднено. В работите са описани някои подробности на модерните методи и техниката на изследване на тънки слоеве, която е полезна и за работещите в областта на тънкослойните структури и покрития и като част от натрупвания сега опит по нанотехнологии. Без познаване и използване на методите на получаване и детайлно изследване на тънкослойни структури нашата страна не би напредвала в изграждане икономика на знанието.

Получените научни резултати за характеризирани на нови материали за различни приложения в микроелектрониката и бита на хората и изучаването на газови разряди с цел разработка на нови конструкции технологични прибори могат да се отнесат към натрупването на знания за актуалното сега направление нанотехнологии и наноматериали.

Общото представяне на кандидата с 82 престижни научни публикации, голяма част от които публикувани в списания с импакт фактор (общия им $IF = 61.577$) и съавторство в една научна книга изгражда образа на Корнели Григоров като перспективен млад учен с потенциал за бъдещо развитие на научна група и важна за страната научна тематика.

Забелязаните 134 цитирания, са достатъчно количество, съгласно изискванията за академичната длъжност "професор" в много научни организации. Те показват, че К. Григоров е известен в чужбина български учен, който допринася за уважението към резултатите от изследванията на наши учени.

6. Критични бележки и препоръки

Слабост на кандидата е това, че доц. д-р Корнели Григоров не е ръководил успешно защитени научни работи от изяви след това като перспективни научни работници докторанти или дипломанти.

Формалните ми забележки са:

В работа [3] неправилно както Фиг.3 така и Фиг.4 са за сместа ацетилен+аргон вместо да са за различните две смеси (втората смес е метан и аргон). В работа [11] е пропуснат размера на разстоянието между източника и отлагания слой (подложката).

Представянето на общ списък, включващ и работите, включени в докторската дисертация, а от тази позиция и представеният списък на научните и приложните приноси на кандидата изместват вниманието и отварят излишна работа на рецензента.

Работи [27, 29, 30 и 31] в списъка на публикации след хабилитиране съответстват на работи [26 ,28, 29 и 30] в папката.

6. Лични впечатления и становище на рецензента

Познавам кандидата от работата му в Института по електроника при БАН като ученолюбив и трудолюбив изследовател. Затова съм убеден и в бъдещото положително развитие на К. Григоров в ИКИТ-БАН

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общата ми оценка за представените научни трудове е висока. Получени са достатъчно научни, научно-приложни и приложни приноси, отговарящи на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Въз основа на това намирам за основателно да предложа **Корнели Григориев Григоров** да заеме академичната длъжност „професор“ в професионалното направление 4.1 *Физически науки*; научна специалност „*Структура, механични и термични свойства на кондензираната материя*“, за нуждите на секция *космическо материалознание*.

Дата:

7 април 2016 г.

РЕЦЕНЗЕНТ: /П/

чл.-кор. дфн Г. Младенов

ВЯРНО С ОРИГИНАЛА

Григор

