

РЕЦЕНЗИЯ

по конкурса за заемане на академичната длъжност “доцент”

(специалност физикохимия, шифър 01.05.05)

в ИФХ “акад. Р. Каишев” – БАН

обявен в Държавен вестник, брой 19 от 08.03.2011 г.

с единствен кандидат гл. асистент д-р Богдан Ставрев Рангелов

Рецензент: проф. дхн Христо Нанев Нанев

1. Общи положения и кратки биографични данни за кандидата

Богдан Рангелов е роден в гр. София през 1970 г. Средното си образование завършва през 1988 г. в Софийската математическа гимназия. След това две години отбива редовна военна служба. Висшето си образование по специалността физика получава от Физическия факултет на СУ “св. Кл. Охридски” през 1995 г. и веднага постъпва на работа в ИФХ-БАН. Първоначално работи в Лабораторията по Електронна Микроскопия на Института, след което (от 2001 до 2004 г.) специализира в Германия. След завръщането си у нас той бе преназначен в секция “Фазообразуване и кристален растеж” на ИФХ. През 2005 г. Б. Рангелов отново специализира в чужбина – този път в гр. Марсилия, Франция, в групата на проф. Ж.Ж. Метоя. Понастоящем д-р Б. Рангелов е временно завеждащ Лабораторията по Електронна Микроскопия на ИФХ-БАН.

2. Описание на представените материали

Д-р Богдан Рангелов се явява на конкурса за академичната длъжност “доцент” по физикохимия в ИФХ “акад. Р. Каишев” – БАН с общо 28 публикации, от които 15 статии са в международни списания (между тях такива с висок импакт фактор, Physical Review B и Surface Science), както и още 2 в Доклади на БАН (също с импакт фактор, макар и малък), и един патент. Освен това, той има още 10 статии в списания без импакт фактор и в материали на Конференции. Публикациите му са основно на английски (и 3 на български) език. След защитата на докторската му дисертация през 2009 г. д-р Богдан Рангелов е публикувал допълнително 9 статии. Кандидатът е участвал в 6 научно-изследователски проекта, за които той е приложил списък.

Всички научни публикации на д-р Богдан Рангелов са в съавторство. Въпреки това, научните му приноси като съавтор са ясно отчетливи. Те се основават на неговата експертиза в областта на електронната микроскопия и рентгеновия микросондов анализ, както и на теоретичните му интереси. (За последното съдя от дисертацията му, на която също бях рецензент.) Трябва да отбележа обаче, че от общата бройка от 28 публикации една, № 27 (в сп. „Химия”) има по-скоро научно-популярен характер, а

статии с №№ 1, 3 и 4 са написани въз основа на едни и същи експериментални резултати (като труд № 3 е подобрен англоезичен вариант на българския тр. № 1, който пък се базира на постерен доклад). Въпреки това, по показател брой на научните публикации д-р Богдан Рангелов убедително надхвърля изискванията за академичната длъжност “доцент”, приети от НС на ИФХ (минимум 20 публикации).

3. Обща характеристика на научно-изследователската и научно-приложната дейност на кандидата

Д-р Богдан Рангелов показва широки научни интереси. Той е търсен партньор в редица научни и научно-приложни разработки. Това се дължи на факта, че той владее отлично мощни съвременни изследователски методи, а е и много добър теоретик. Все пак, основната му тематика се откроява съвсем ясно. Тя включва елементарния механизъм на растеж на кристалите, динамиката на моноатомни стъпала върху кристалната повърхност, техния спирален растеж и разтваряне. На тези фундаментални въпроси са посветени повече от 1/3 от неговите научни публикации (общо 10 статии, с последователни номера от списъка му от № 14 до № 23, като 7 от тях са в списания с импакт фактор). С изключение на първата статия, всички останали са теоретични.

На елементарните процеси при растежа и разграждането на Si-монокристали бе посветен и дисертационния му труд, защитен от него през 2009 г. Така той се явява приемник на най-старата и традиционна тематика на българската школа по физикохимия, водеща началото си от прочутите Странски и Каишев. Освен това, Кандидатът участва и в редица други изследвания, започвайки с произхода, химическия състав и морфологията на аерозолни частици и продължавайки с електронно-микроскопско охарактеризиране на електрохимично получени тънки слоеве и електроди, въглеродни нано-материали и диаманти, нови синтеровани материали от промишлени и битови отпадъци.

4. Основни научни и научно-приложни приноси

Както вече посочих, основната тематика на Кандидата (включваща и дисертационния му труд) обхваща елементарните процеси на растеж на кристалите. В качество си на негов рецензент тогава, аз вече дадох своята подчертано положителна оценка на фундаменталните приноси в този му труд, т.е. фактически на публикации с №№ 14, 16, 18 и 19, въз основа на които е написана дисертацията му. За това тук няма да повтарям, а ще се постарая да подходя по общо, към цялата поредица от 10 статии, посветени на елементарните процеси, протичащи при растежа и разграждането на вицинални кристални повърхности.

Известно е, че всяка реална (т.е. такава, която има прободни точки на дислокации с винтова компонента) плътна-опакована кристална стена е фактически вицинална, в смисъл, че върху нея неизбежно има множество стъпала с моноатомна

височина. При растежа и изпарението на кристала тези стъпала се движат върху стените му, като те много рядко (практически почти никога не) остават еквиливантни. Моноатомните стъпала се групират и уплътняват локално, което пък значи, че в съседни области те се разреждат. По този начин се оформя постоянно изменящата се в атомен мащаб микро-морфология на растящата/разграждаща се кристална повърхност.

Теоретичните приноси на д-р Богдан Рангелов (съвместно с неговите съавтори, професорите Ст. Стоянов и И. Марков, доц. В. Тончев и др.) допринасят съществено за детайлното опознаване на ролята на различни физични фактори върху изключително сложната динамика на моноатомните стъпала върху кристалната повърхност. При това фактор, стабилизиращ повърхностна микро-морфология с еквиливантни стъпала се явява отблъскването между стъпалата, докато дестабилизиращи такива са Ерлих-Швьобеловият ефект, електромиграцията на Si-ад-атоми, различните скорости на дифузията им и на вграждане в стъпалата, «прозрачността» на последните. Теоретичните изчисления на д-р Богдан Рангелов се основават на постепенното разширяване и обогатяване на класическото квази-статично приближение на Burton-Cabrera-Frank. При решаване на задачата за движение на моноатомни стъпала върху Si-кристалната повърхност Богдан Рангелов разглежда поредица теоретични модели, описващи конкретни експериментални резултати. Това далеч не са прости задачи. Той се сблъсква например с необходимостта да решава спрегнатата система от диференциални уравнения - налага се едновременното интегриране на уравнения за движение на стъпала и уравнения, описващи времевите промени на ад-атомните концентрации върху терасите от двете страни на стъпалата. При това са отчита и нов за литературата фактор – т. нар. «памет» за ширината на терасите в отминали моменти от растежа на кристала. Благодарение на своята солидна физическа закваска и отлична математическа подготовка, Богдан Рангелов се справя успешно с решаването на сложни проблеми, отнасящи се до (не-)/стабилността на поредицата от моноатомни стъпала. Оказва се, че над известна (изчислена по отделно за изпарение и растеж на кристалната повърхност) критична скорост на стъпалата системата е нестабилна. В случая тази нестабилност се изразява просто чрез появата на вълни на различна плътност на стъпала. Допълнителното отчитане на дестабилизиращи фактори води и до групиране (съответно - разреждане) на моноатомни стъпала. Д-р Богдан Рангелов разглежда теоретично и случая на спирален кристален растеж, съпроводен с едновременното образуване на двумерни зародиши върху терасите между витките на спиралния фронт. Очевидно, от решаващо значение тук е ширината на терасата. Трябва изрично да подчертая, че Кандидатът и съавтори са пионери в теоретичното третиране на ефектите от едновременното въздействие на асиметрията в поглъщателната способност на стъпалата, както и този от тяхната «прозрачност», върху критичната (за

двумерно зародишеобразуване) ширина на терасата. Пояснявам: Изчислява се онази критична ширина на терасите, при която се извършва преход от кристален растеж само посредством движение на стъпала към такъв растеж, който се осъществява и чрез допълнително образуване на двумерни зародиши върху терасите между стъпалата (тр. № 18). Д-р Богдан Рангелов участва и в разработването на оригинален модел (тр. №№ 17 и 22), при който се предполага наличието на различни адатомни концентрации от двете страни на едно и също стъпало.

Характерно за Кандидата е, че той съчетава умело задълбочен математически анализ на динамиката на моноатомните стъпала върху повърхността на кристалния силиций с изящен експеримент, проведен с ултрамодерна техника, която онагледява тази динамика. Богдан Рангелов използва най-съвременна електронно-микроскопска техника LODREM (разработена в Марсилия от Жан-Жак Метоя). С нея той изследва вездесъщия спирален механизъм на растеж и изпарение на монокристални стени - в случая с кристалографска ориентация по плоскостта (111) на Si-монокристали.

В заключение ще подчертая, че актуалността на третирания от д-р Богдан Рангелов фундаментален проблем е извън всяко съмнение. Подобни разработки имат и съвсем конкретно практическо приложение. Целенасоченото управление на кристалната микро-морфология на силициевы монокристални пластини е от основен интерес за съвременната полупроводникова технология. Интегралните схеми в компютрите и другите високо-технологични устройства са изградени върху тях. Поради непрекъснатият стремеж към минитюрзацията отделните елементи в тези схеми се изграждат върху структури с размери от квази-атомен мащаб - Intel започва производство на нови 3D-диоди. Все още силициевы монокристални пластини са най-често използвани и във фотоволтаиката. Освен това, макар че конкретният теоретичен анализ се прави за силиция, повечето количествени зависимости са с универсално значение - за кристалния растеж изобщо. Монокристали са в основата на много други съвременни технологии. Противно на някои мнения и в бъдеще кристалите няма да загубят своето важно технологично значение. Ето защо фундаменталните познания относно елементарните процеси на растежа и разграждането на монокристалите биха могли да послужат и за други нови технологични приложения.

Исторически, Богдан Рангелов започва своята научна кариера с въпроса за произхода, химическия състав и микро-морфологията на прахови частици в атмосферата (трудове №№ 1,3,4,8 и 9). Днес това е един много важен от екологична и медицинска гледна точка проблем. Европейската комисия обръща специално внимание на запрашаването, особено в София и други големи градове в България. Приносът на Кандидата е, че използвайки сканираща електронна микроскопия и рентгенов микросондов анализ, при задължителния статистически подход към проблема, той

спомага съществено за разграничаване на прахови частици с техногенен произход от тези, генерирани в следствие на естествени природни процеси. Той установява микроморфологията на аерозолните частици посредством вторична електронна емисия, а пък елементният им състав се определя посредством енергийно-дисперзионен анализ, EDS. Още в първите публикации по въпроса (трудове №№ 1, 3 и 4) сериозно внимание се обръща на съдържанието на отровния ванадий в техногенни прахови частици. Важна стъпка напред в методично отношение се прави в труд № 8, където ледозараждащата активност на различните аерозолни частици, „посяти” в дестилирана вода, се използва като един възможен индикатор за тяхното въздействие върху валежните процеси. За съжаление, вероятно поради липса на финансова подкрепа, тази интересна и важна тематика не претърпя по-нататъчно сериозно развитие.

Чрез своята експертиза в областта на електронната микроскопия и рентгеновия микросондов анализ д-р Богдан Рангелов е подпомогнал съществено усилията за изясняване механизма на отлагане (посредством електродъгово разпрашване в атмосфера на фероцен и аргон) на фулеренови тръбички с желязо, както и на конусовидни и дървовидни микроразмерни агломерации (тр. №№ 5, 7 и 13), а също така и на наслояването и нарастването на диамантени и диаманто-подобни кристали - провеждани посредством изотермичен синтез, при който термодинамична дветежеща сила се явява повишеният термодинамичен потенциал на източници на въглерод (тр. №№ 10, 11 и 12). В три статии (№ 2, отлагане на CdS върху ZnO и ITO, посредством електролиза в стопилка; № 6, отлагане на мед в зависимост от степента на окисление на полианилин и № 26, охарактеризиране на електрокатализатори за разлагане на водата) д-р Богдан Рангелов е привлечен в работните екипи със задачата да изследва състава и структурата на електродни материали. (Заслужава си да се отбележе, че по публикация № 6 той има най-голям брой забелязани цитати – 16). Най-накрая, но не и по значение, ще отбележа, че д-р Богдан Рангелов допринася и за охарактеризирането на синтеровани стъкло-керамични материали, получени от вторични суровини (от изгорени битови отпадъци). Очевидно, тези работи ще придобият нова актуалност след построяването на съответния завод в София. Общото ми заключение е, че във всички тези случаи д-р Богдан Рангелов има не само методичен, но и съществен принос при обсъждането и осмислянето на експерименталните резултати.

По мое мнение научните приноси на д-р Богдан Рангелов се заключават преди всичко в **доказване с нови средства на съществени нови страни на съществуващи научни проблеми**. Теоретичните изследвания на Богдан Рангелов представляват полезно доразвитие на класическия модел на VCF, който лежи в основата на съвременната теория на кристалния растеж. Дискутираните теоретични модели са

потвърдени и посредством прецизни експерименти (главно за спиралния механизъм на кристален растеж и разтваряне).

5. Отражение на научните публикации на кандидата в българската и чуждестранната литература: До сега д-р Богдан Рангелов има забелязани общо 36 цитата - 33 от чужди и 3 от български автори. И по този показател той надвишава изискванията за академичната длъжност “доцент”, приети от НС на ИФХ (минимум 20 цитата от чуждестранни автори).

6. Критични бележки и препоръки към научните трудове на кандидата

Теоретичните и експерименталните изследвания на д-р Богдан Рангелов са поставени и изпълнени професионално, на много високо научно ниво. Използваните от него теоретични модели са физически издържани и адекватни на изследваните явления. Електронно-микроскопските изследвания са проведени прецизно. Нямам критични забележки към тях. Авторската справка за научните приноси на д-р Богдан Рангелов правилно и точно отразява неговите постижения.

7. Лични впечатления на рецензента за кандидата

Имам поглед върху научно-изследователската дейност на д-р Богдан Рангелов в ИФХ. Моето впечатление от нея е отлично. Очевидно, той е много добър експериментатор и теоретик. За съжаление първоначално, в Германия, той попадна на научен ръководител, който го насочи неудачно към научна тематика, в която Богдан Рангелов не можеше да разгърне напълно способностите си. Въпреки това, показвайки хъс, всеотдайност, вещина и прецизност в работата си, той успя постепенно да превърне негативите в позитиви - по време на командировката си във Франция Богдан Рангелов използва именно натрупания преди това значим експериментален опит. Благодарение на него той успя, за относително краткото време на работната си визита в Марсилия, да усвои нова за него експериментална методика и да получи забележителни резултати. За съжаление, изобщо, поради липсата на модерна апаратура в България, д-р Богдан Рангелов е принуден да провежда експериментални изследвания по основната си тематика в чужбина. Забележително, дори по време на краткотрайни командировки той съумява да се включи в движение в тамошната работа, което само по себе си е достатъчен атестат за неговата висока научна квалификация. Друг пример в това отношение е скорошната му визита в Новосибирск, резултат от която е черновата на статия, подготвена за печат, но не влизаща в представения от него списък на публикации по конкурса. При това изследването е проведено по негова идея.

Тук не мога да пропусна факта, че д-р Богдан Рангелов е запознат отлично с компютерния хард- и софтуер, ползвани в Института. Той владее компютерни симулационни техники, например по метода «Монте Карло» (тр. № 20). Д-р Богдан Рангелов е отговорник на компютерната зала “проф. Иван Странски” на ИФХ, от

нейното създаване и поддържа интернет-страницата на Института. Отличавайки се със своята колегиална отзивчивост, той е загубил не малко от времето си, помагайки на колеги от ИФХ (а и на мен лично). Пак в този план трябва да бъде отдадено заслуженото и на неговата близо 6-годишна сервизна дейност в Лабораторията по Електронна Микроскопия.

Поради моята отлична оценка, когато преди около една година се организираше Европейската асоциация по кристален растеж, аз предложих д-р Богдан Рангелов да ме замества и представлява България в това Европейско сдружение.

7. Заключение

Научните приноси на д-р Богдан Рангелов са безспорни. Научно-изследователската му работа представлява нагледен пример за щастливо съчетание на модерен експеримент с задъбочени теоретични трактовки. Завидната му математическа подготовка е доста над средното ниво на физикохимиците в ИФХ.

По мое мнение по редица показатели, такива като задълбоченост на теоретичните трактовки, научно ниво на експерименталните изследвания и синергетичният ефект, произтичащ от съчетаването им, научните публикации на д-р Богдан Рангелов надминават традиционните изисквания за академичната длъжност „доцент” (по-рано ст.н.с. II ст.) по физикохимия в ИФХ “акад. Р. Каишев” – БАН.

Д-р Богдан Рангелов се е изградил като отличен специалист в областта на физикохимията, електронно-микроскопските методи и кристалния растеж. Той е показал, че има капацитета да работи едновременно по всички тези въпроси. По мое мнение в негово лице ИФХ има едно надеждно попълнение, на което тепърва ще се разчита. Тази „млада кръв” е особено необходима предвид проведеното миналата година в БАН огромно „кръвопускане”, извършено чрез поголовното пенсиониране на над 500 водещи учени. (При това теоретичната група в секция “Фазообразуване и кристален растеж” бе засегната значително).

Всичко гореизложено, качествата на кандидата, научните му приноси и показаните наукометрични данни, ми дава основание категорично да препоръчам на уважаемото Научно жури да подкрепи д-р Богдан Ставрев Рангелов, като гласува ЗА заемане на академичната длъжност „доцент” по специалността физикохимия, нещо което той безспорно заслужава.

стн.с. I ст. дхн Христо Н. Нанев

София, 07.05.2011 г.