

РЕЦЕНЗИЯ

на конкурс за доцент по Физика на плазмата и газовия разряд
за нуждите на Института по физика на твърдото тяло при БАН
от проф. дфзн Иван Желязков

На обявения в ДВ бр. 24/26 март 2010 г. конкурс за ст.н.с. II ст./доцент по *Физика на плазмата и газовия разряд* за нуждите на Института по физика на твърдото тяло при Българската академия на науките има един кандидат: гл.ас. д-р Валентин Иванов Михайлов от същия Институт.

Г-н Валентин Михайлов е роден на 14 август 1964 г. в Кюстендил; средното си образование получава в Националната природо-математическа гимназия “Акад. Л. Чакалов” в София, а висшето – във Физическия факултет на Софийския университет “Св. Климент Охридски” като се дипломира като магистър по физика със специализация *Оптика и спектроскопия*. След завършване на висшето си образование постъпва на работа като физик в Института по физика на твърдото тяло при БАН, а от 1991 г. до 1995 г. е докторант към същия Институт. След успешно защитен дисертационен труд, озаглавен “Оптогалванични ефекти в тлеещ разряд в кух катод: интерпретация и приложения,” получава научната степен **доктор**. В периода 1996–1999 г.г. работи като н.с. II ст./ст.ас. в Института по физика на твърдото тяло при БАН, а в 2000-та година е повишен в звание н.с. I ст./гл.ас. Като млад учен д-р Валентин Михайлов участва активно в съвместни български и международни проекти по проблеми, свързани с лазерната спектроскопия и изучаване на различни аспекти от физиката на постоянно-ковия разряд в кух катод в различни газове и примеси. Самото обстоятелство, че той е ръководител на текущ проект по междуакадемичния обмен със Сърбия върху пространствено-времевата структура на разряда в кух катод, показва, че д-р Михайлов вече е изследовател с утвърдено име сред газоразрядната европейска колегия. Двете му специализации (през 1996 и 1997 години) в Института по оптика на Техническия университет в Берлин безспорно допринасят за повишаване на неговата квалификация като оптик-спектроскопист.

Д-р Валентин Михайлов участва в конкурса с 47 научни публикации, 27 от които са статии в научни списания, а 20 – доклади/постери, публикувани в материали на конференции в пълен текст. Бих искал специално да отбележа впечатляващия брой на участията на г-н Валентин Михайлов в научни конференции – числото е 71! Статии-те на кандидата в конкурса са публикувани в 13 списания с импакт фактор (ИФ) и в 3 без ИФ. Общият ИФ е 21.82. Сред списанията бих споменал *JQSRT (Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer)*, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, *Spectrochimica Acta*, *Sensors & Actuators*, *IEEE Electron Device Lett.*, *IEEE Trans. Plasma Sci.*, *Appl. Phys. B*, *Europhys. Lett.* и *Optics Communications*. Научната тематика на кандидата до голяма степен е определена от дисертационния му труд, а именно изследването на тлеещия разряд в кух катод като източник на лъчения в оптогалваничната спектроскопия и като ефективно средство за регистрация на дълбочинното разпределение на различни елементи в многослойни структури (т.нар. *layer-by-layer* или *cross-layer analysis*). Първото направление е преди всичко научно, докато второто (не маловажно) има приложен характер. От последните публикации на д-р Михайлов (и съавтори), както и от заглавието на темата на проекта, разработван съвместно с учени от Сърбия, става ясно, че се започва ново, по-амбициозно направление, а именно изследвания върху формирането във времето на пространственото разпределение на светенето в разряд в кух катод и свързването на това светене с волт–амперната характеристика на разряда.

По-голямата част от статиите на д-р Михайлов (13 на брой съответно с номера 4, 6, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 21, 22, 23, 25 и 26) са свързани с оптогалваничната спектроско-

пия. Свързани с тази тематика са и публикуваните в пълен текст доклади от конференции с номера 31, 32, 33, 34, 35, 38, 41, 42 и 45, които споменавам за пълнота – тях няма да рецензирам, но ще ги имам предвид при крайната оценка на трудовете на кандидата.

Както е известно, оптогалваничният ефект представлява промяната на проводимостта на газоразрядната плазма при резонансно облъчване на някои от оптичните преходи на възбудените атоми, йони, или молекули, съдържащи се в плазмата. В три статии (с №№ 4, 6 и 11) експериментално е оценена амплитудата на нерезонансните оптогалванични сигнали в неонов разряд в кух катод, дължащи се на фотойонизация от високовъзбудени атомни състояния при малки мощности (0.2 W) на облъчващия лазер, както и на двуфотонна фотойонизация при по-големи (>0.4 W) мощности на аргоновия лазер. Тук бих искал да отбележа, че ксерокс-копието на публикация № 4 в *SPECTROSCOPY LETTERS* е с много лошо качество, което според мен е недопустимо при представянето на научни публикации за конкурс. Емпирично обяснение (въз основа на експеримент) на възникването на стационарен оптогалваничен сигнал при прехода $5s_1-2p_4$ в Ne I е направен в работа № 6, а теоретичното му описание се съдържа в труда № 11 – в него в контекста на кинетичен модел с включени 19 елементарни/химични процеса е получен експлицитен израз за големината на сигнала. Теоретично изведената формула е в добро съгласие с експеримента. Мисля, че не маловажна роля при изграждането на модела е играл първият от съавторите на статията Георги Петров.

Кинетичен модел е използван и за изучаване на процесите в газоразрядната плазма на азот в кух катод, като количествено е описан динамичният оптогалваничен сигнал от прехода $V^3\Pi_g-C^3\Pi_u$ на молекулата на азота (статия № 12). Установено е, че с добавянето на хелий ($p_{He}/p_{N_2} = 2.3 \text{ torr}/0.15 \text{ torr}$) амплитудата на оптогалваничния сигнал значително се увеличава (статия № 10).

В една работа (№ 8) експериментално е установено, че оптогалваничният сигнал, дължащ се на преходи на аргонови положителни йони, съответстващи на спекталните линии на Ar I, Ar II и Ar III, излъчвани от аргонов лазер, е на порядък по-голям в катодното тъмно пространство на разряда в кух катод, отколкото в отрицателното светене. Според авторите (Р. Дюлгерова и В. Михайлов) това увеличение на сигнала се дължи на намаляване на сечението за удари с презареждане с участието на възбудени йони, както и на допълнителна вторична електронна емисия от стените на катода, дължаща се на аргонови йони. Тази работа е цитирана 4 пъти от други автори.

В две статии (с номера 14 и 15) и 5 кратки доклада от конференции (№№ 32, 33, 34, 35 и 38) Михайлов и съавтори изучават експериментално и теоретично зависимостта на концентрацията на отрицателни водородни йони в тлеещ разряд в кух катод в неон с примес водородни молекули от процентното съдържание на примеса. Установено е, че тази концентрация е най-висока при 12-процентно съдържание на водородните молекули и тя е на порядък по-голяма от концентрацията на такива йони в чист водороден разряд. Разгледани са кинетичните процеси, които обуславят възникването на отрицателни водородни йони, и въз основа на изградения модел е предложен и разработен нов емисионен метод за измерване на концентрацията на H^- в газова смеси – това е направено в работа № 14, която е цитирана 8 пъти. Бих искал да отбележа, че предложеният кинетичен модел на разряд в кух катод (както и на положителния стълб на тлеещ разряд) в газовата смес Ne + H₂ се основава на 32 химични реакции.

Наред с чисто физичните проблеми на разряда в кух катод, д-р Михайлов и съавтори третират проблеми, свързани с измерванията. По-конкретно разработват метод за деконволюция на два динамични оптогалванични сигнала, като предлагат нерезонансният оптогалваничен сигнал да бъде разглеждан като *апаратен*, който от своя страна позволява да се отдели *истинският* сигнал от регистрирания. Този метод за възстановяване на чисти динамични оптогалванични сигнали в неонов разряд в кух катод е

тествен в два типа лампи с кух катод: Ne–Ca и Ne–Mn. Регистрираният, апаратният и деконволираният оптогалванични сигнали в двете лампи са показани на фиг. 5 в работа № 26. Оптогалванични сигнали от криптон, неон и аргон може да се използват за калибровка в спектралните области от 427 до 452 nm и от 451 до 470 nm, както това е изследвано в работите с номера 22, 23 и 25. Установено е също, че динамичните оптогалванични сигнали могат да служат като средство за откриване на областите на неустойчивост на разряда (доклад/постер № 42).

Серия от работи с номера 2, 3, 9, 16, 17, 18, 19 и 20, както и съобщения от конференции (с №№ 29, 30, 37, 39 и 43), са посветени на приложенията на разряда в кух катод в технологиите, по-конкретно за регистрация на дълбочинното разпределение на различните елементи в многослойни структури. Използваният layer-by-layer-метод за такъв анализ се основава на йонното катодно разпрашване, а именно разпрашените от повърхността на изследвания образец атоми постъпват в плазмата на разряда, където се възбуждат и излъчват характерния си спектър. По такъв начин, като се регистрират интензивностите на излъчените спектрални линии като функция от времето за разпрашване, се получава информация за дълбочинното разпределение на елементите в многослойната структура, взаимното им проникване, дебелините на слоевете, както и скоростите на разпрашване. Тук няма да се спирам подробно на всяка отделна публикация, по-скоро ще маркирам изследваните структури и някои специфични особености на използвания метод. Фотоелектрични оптогалванични сигнали са използвани при изследване на слоеве от нитриди върху титан (статия № 2) и структури от типа Al–SiO₂–Si, SnO₂–Si и SiO₂–Si, използвани за MOS интегрални схеми (статия № 3). Оптогалваничен и фотоелектричен оптогалваничен сигнали са използвани за измерване дебелината на тънки слоеве от Si₃N₄ (работа № 9). Публикациите с номера 2 и 3 са цитирани съответно 4 и 7 пъти. Чрез емисионен спектрален анализ в тлеещ разряд на аргон в кух катод се оказва възможно измерването на профилите на дълбочинното разпределение на сребърните и натриевите йони в планарни оптични вълноводи (статия № 16). Изследван е и процесът на заместването на натрий и калий с йони на сребро, който протича при производството на такива вълноводи. В серия от три статии в съавторство и с учени от Сърбия са изследвани тънки слоеве от калаен двуокис, отлагани върху SiO₂–Si, модифицирани чрез различно количество на модификатора 1,1,1,3,3,3-hexamethyldisilazane [с химическа формула (CH₃)₃SiNHSi(CH₃)₃] и подложени на бързо термично отгряване при различни температури и интервали от време. Наблюдавано е проникване на силиций в слоя от SnO₂, на въглерод и азот в слоя от SiO₂ и на калай в цялата структура (работа № 17). Използването на Оже електронна спектроскопия и рентгенова фотоелектронна спектроскопия (работа № 18) позволяват на авторите да стигнат до заключението, че модифицирането на слоевете с 1,1,1,3,3,3-hexamethyldisilazane и последващото им отгряване води до промяна в състава и морфологията на слоя от SnO₂. Модификациите в тънки слоеве на калаен двуокис при бързо топлинно отгряване са изследвани както чрез емисионна спектроскопия на плазмата на разряд в кух катод, така и с Atomic force spectroscopy (статия № 20) – и двата метода потвърждават резултатите от споменатите по-горе две работи. Друга статия, която има отношение към технологиите, е мултикомпонентното разпрашване на свръхпроводяща керамика, изследвано с помощта на оптична емисионна спектроскопия на индуктивно свързана плазма (работа № 19). Пресметнати са коефициентите на разпрашване както на всеки елемент (Bi, Pb, Sr, Ca, Cu), така и като част от свръхпроводящата керамика (фиг. 3 в спомената по-горе статия). В публикуваните в пълен текст доклади на конференции, изброени по-горе, са изследвани качествата и дълбочинното разпределение на тънки слоеве от W, WC, WO₃, както и влиянието на добавки от телур и кобалт в покрити

със сребро високотемпературни свръхпроводящи ленти от типа “биско” (BSCCO) върху свръхпроводящите свойства на лентите.

Отчасти научен и отчасти приложен характер имат четири статии на Михайлов и съавтори (с №№ 1, 5, 7 и 13), посветени на повърхнинния фотозарядов ефект, възникващ при облъчване на полупроводници, диелектрици, 17 на брой различни материали (бял памук, бяла хартия, черна фотографска хартия, тефлон, алуминий, бук, бор, дъбови листа и др.) и метали. Получените резултати може да се използват например за определяне на типа на проводимост на полупроводници и за измерване на съпротивлението им.

Най-новото направление, което д-р Михайлов тепърва ще доразвива, е изследването на електричните свойства и пространствено–времевите профили на разряд в кух катод при ниски налягания (работи с номера 24 и 27). Като казвам “доразвива,” имам предвид, че наред с установената връзка между волт–амперните характеристики и пространствено–времевата структура на разряда, би било крачка напред обобщаване на хибридният модел на плоско-паралелен разряд в кух катод на Kinga Kutasi и Zoltán Donkó (*J. Phys. D: Appl. Phys.* **33** (2000) 1081) за цилиндрична геометрия. Вероятно това не е лека задача, но нейното решаване ще позволи по-дълбоко вникване във физиката на разряда в кух катод. Бих препоръчал на д-р Валенти Михайлов да има като отправна точка глава 8 от дисертационния труд на г-ца Диана Михайлова, озаглавен *Sputtering Hollow Cathode Discharges designed for Laser Applications: Experiment and Theory*, в която се предлага аналитичен модел на надлъжната структура на разряд в кух катод в цилиндрична конфигурация.

Научните приноси, които се съдържат в публикациите на кандидата, може да се квалифицират като изясняване същността на оптогалваничните сигнали в разряди в кух катод и предлагане на методи за тяхното ефективно приложение за безконтактна диагностика на образци, произвеждани чрез микротехнологии.

Някакви съществени забележки към трудовете на д-р Валентин Михайлов нямам. Учудва ме обаче обстоятелството, че в редица статии, в това число и заглавия, се използва буквална транслитерация на волт–амперна характеристика във вида V/A или Volt-Ampere characteristics (правилната форма на фамилията на Андре Ампер е Ampère) вместо общоприетата на английски език “voltage–current characteristics.” Срещат се и някои дребни недоглеждания, като означаване на възбудените състояния на атоми или йони с курсивни латински букви вместо с прави, или означаването на отрицателен водороден йон с H⁻ вместо с “H⁻.”

От приложените за рецензиране статии и доклади всички са в съавторство. Това е напълно обяснимо/разбираемо, като се има предвид, че изследванията са предимно експериментални. От 27-те статии 5 са с двама автори, 4 с трима, 3 с четири автора, 6 с пет автора, 4 с шест автора, 4 със седем автора и 1 с осем автора. В пет публикации д-р Валентин Михайлов е пръв автор, в повечето от останалите е втори или трети. Лично аз не се съмнявам, че той е имал съществен принос в почти всички статии.

Трудовете на д-р Михайлов върху оптогалванични сигнали, регистрирани в разряди в кух катод, и тяхното приложение като диагностичен метод в редица технологии намират отзвук в международната научна колегия – общият брой на забелязаните цитирания на негови статии е 39.

Д-р Валентин Михайлов, освен научно изследователска и приложна дейност има и известен педагогически опит. Той е бил ръководител на двама дипломанти и консултант на докторант. Убеден съм, че след неговото хабилитиране той ще може самостоятелно да ръководи докторанти.

В заключение мога да заявя, че д-р Валентин Иванов Михайлов е физик-експериментатор със значими научни и научно-приложни приноси, оценени адекватно от

специалистите в неговата област на изследвания. Броят на научните му публикации, както и цитиранията на негови трудове от чужди автори са в рамките на изискванията, предявявани към кандидатите за хабилитиране, поради което с пълна убеденост препоръчвам да му бъде присъдено научното звание “доцент” по Физика на плазмата и газовия разряд.

София, май 2011 г.

Р е ц е н з е н т :

/проф. дфзн И. Желязков/