

СТАНОВИЩЕ

**по конкурс за заемане на академичната длъжност „доцент“
по професионално направление 4.1. Физически науки,
научна специалност „Лазерна физика, физика на атомите,
молекулите и плазмата и физика на вълновите процеси“,
съгласно обява в ДВ № 60 / 14.07.2023
с кандидат д-р Георги Петков Янков
гл. ас. в лаб. “Лазери с метални пари”**

Институт по физика на твърдото тяло, Българска академия на науките

Изготвил становището: доц. д-р Христина Андреева, Институт по електроника – БАН

1. Обща характеристика на представените материали

Общата научна продукция на гл. ас. д-р Георги Янков се състои от 27 публикации, като 16 от тях са в списания с импакт фактор, 9 в списания с импакт ранг и 2 други. Научно-приложната дейност на кандидата включва 1 патент за изобретение. В конкурса д-р Янков участва с 12 публикации в издания с импакт фактор, 9 статии в списания с импакт ранг и 1 патент за изобретение.

По показател А кандидатът притежава диплома за образователно-научна степен „доктор“, с което отговаря на изискванията за 50 точки.

По показател В кандидатът представя 6 на брой публикации, заместващи хабилитационен труд, като 5 от тях са в списания с импакт фактор и 1 – в списание с импакт ранг. При минимално изисквани по този показател 100 точки, кандидатът представя 117 точки.

За изпълнението на показател Г са представени 15 публикации, от които 7 в списания с импакт фактор и 8 с импакт ранг, както и един патент за изобретение. Общият брой точки по този показател е 266, което надвишава изисквания минимум от 220 точки. Представени са разделителни протоколи за две от публикациите на кандидата.

В конкурса кандидатът участва с 34 цитата в публикации, отразени в Web of Science и Scopus, с което по критерий Д кандидатът представя 68 точки при минимален изискван брой от 60 точки.

Индексът на Хирш на кандидата е 6, което също показва доброто ниво на публикационната дейност на кандидата.

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

Гл. ас. д-р Георги Янков е единствен кандидат в настоящия конкурс за заемане на академичната длъжност „доцент“. Той е завършил висшето си образование във Физическия факултет на Софийския университет, като през 2010 г. получава магистърска степен. Дисертацията си защитава Института по физика на твърдото тяло през 2014 г. През 2013 година постъпва на работа в ИФТТ-БАН като физик, а след това като асистент, а от 2017 година заема длъжността „главен асистент“. Участвал е като член на колектива по 8 национални и 3 международни проекта, както и ръководител на 2 проекта към ФНИ-МОН.

Научната и научно-приложна дейност на кандидата е основно свързана с експериментални изследвания в областта на оптиката на свръхкъси лазерни импулси и взаимодействието на лазерно лъчение с вещество. В научно-приложно направление дейността му е свързана с разработка и оптимизация на лазери на метални пари, като следва да се отбележи и наличието на патент за изобретение за биполярно мощно високоволтово импулсно хранване.

3. Основни научни и научно-приложни приноси на кандидата

Основните научни изследвания на кандидата са експериментални и те са насочени в три направления, свързани с прилагане на свръхкъси (фемто- и нано-секундни) лазерни импулси, както и един принос, свързан с разработка на електрически импулсни схеми за лазери с метални пари.

По-конкретно, по отношение на изследването на нелинейни ефекти при разпространение на фемтосекундно лазерно лъчение във въздух, осъществен е режим на бездифракционно разпространение на 35 fs лазерен импулс във въздух, като мощността на лъчението е значително по-ниска от критичната за самофокусиране. Показано е, че гаусовият профил на импулса се запазва на няколко дифракционни дължини, което се описва теоретично в непараксиален режим.

Изследвани са и три режима на разпространение на 35 fs лазерен импулс във въздух, като е показано вълноводно разпространение до около две дифракционни дължини (80 m). При първият режим се използват мощности на лъчението от 1.5 до 10 пъти над критичната за самофокусиране и вълноводното разпространение е без йонизация. Показано е, че за фемтосекундните импулси непараксиалността играе съществена роля, за разлика от случая на наносекундни импулси. При увеличаване на мощността в центъра на лазерното петно се формира плазма, а при над 19 пъти критичната мощност се наблюдава силна йонизация по

цялото направление на разпространението на лъча, придружена от конична емисия. Предложен е нов механизъм за обяснение на наблюдаваните ефекти, който се базира на надлъжната оптична сила, която води до и захващане и ускоряване на неутрални частици от въздуха. Предполага се, че коничната емисия се дължи на ударите на тези високоенергетични частици със свободни молекули от въздуха.

Демонстрирано е захващане на неутрални частици с микронни размери, осъществено в безйонизационния режим, като е изследвана посоката на движението им преди, в и след фокалното петно на лъчението. Тъй като захващащата сила е пропорционална на времевата производна на вектора на Пойнтинг, тя е значителна в режим на ултракъси лазерни импулси (и отсъства в непрекъснат режим). Показано е, че на разстояние до 4 cm от фокуса движението на частичките е насочено към него, а на по-големи разстояния е хаотично. Счита се, че този резултат е с изключително важен научен принос.

По отношение на направлението, свързано с взаимодействието на свръхкъси лазерни импулси с прозрачни среди, показана е възможността за формиране на тримерни структури от наночастици от метал, използван като легиращ елемент в стъкла. Демонстрирано е, че с подходящ подбор на режима на работа и параметрите на фемтосекундното лъчение, включително фокусирането му в дълбочина, могат да се формират структури от наночастици в този тип обемни материали. Демонстриран е и режим, при който се прилага повторно облъчване близо до резонансните честоти, така че зоната на взаимодействие възвръща първоначалната си структура – от клъстерна се връща отново в състояние на йонна (наблюдава се оцветяване и обезцветяване). Също така е показано, че получените при определени условия дефекти, свързани с образуването на цветни центрове в материала, се дължат на формирането на метални наночастици. Резултатите показват, че в сравнение с нелегираните образци, нелинейността на легираните е по-висока, и е демонстрирано формиране на филаменти и генерация на втора хармонична в тях. Резултатите от тази дейност имат огромен потенциал за приложение за контролирана модификация на оптичните свойства на стъклата.

Третото направление на приносите е свързано с функционализация и активиране на нано- и микро-структури на полимерни материали чрез фемтосекундно повърхностно структуриране. Изследванията са върху два типа синтетични и био-полимерни образци: двумерни слоеве и тримерни матрици. По отношение на двумерните слоеве, предложен е нов метод за лазерно-асистирана модификация на биосъвместим PDMS във водна среда, при който с помощта на ps лазерна обработка се формира канал със симетричен профил и хомогенна структура. Качеството на така получените канали е сравнимо с това на канали, формирани с fs обработка във въздушна среда. Този вид активация на повърхността позволява последваща

функционализация чрез безтоково метализиране на получените тънки пътечки, с голям потенциал за приложения за невронни импланти.

Осъществена е и фемто-секундна лазерна повърхностна модификация на слоеве от хитозан, която променя морфологичните свойства на биополимерните слоеве. Показано е, че при третирането на хитозан се формират периодични структури, водещи до значително подобряване на антимикробните характеристики на така получените двумерни матрици. Показано е, че антимикробното въздействие се повишава и чрез добавяне на сребърни наночастици в биополимерния филм.

Фемтосекундна лазерна повърхностна модификация е приложена и върху тримерни матрици от поликапролактон. Образованите микро топографски структури водят до значително подобряване на клетъчната адхезия върху матриците.

Четвъртото направление на дейността на кандидата се отнася до разработка на нови електрически импулсни схеми на възбуждане на лазери на метални пари (стронций и меден бромид), при които е демонстрирано значително подобрене на параметрите на генерираното лъчение. По-конкретно, за системата генератор-осцилатор за лазера с пари на стронций (6.45 μm) е постигнато дифракционно ограничено лазерно лъчение, при което параметърът M^2 е изключително близък до единица. Подобно качество на снопа е показано и за лазерната система с пари на меден бромид (510.6 nm и 578.2 nm). За този тип лазери е разработена и нова газоразрядна тръба с увеличен обем и ново високоволтово импулсно захранване, което е позволило постигането на рекордно висока изходна мощност на лъчението от 140 W. Важно е да се отбележи, че за високоволтовото захранване е издаден и патент за изобретение.

Както се вижда от описанието на приносите на кандидата, подходът на работа, при който се комбинират умения за планиране и осъществяване на сериозни експериментални изследвания с уникална научна апаратура с добри познания по електроника, е изключително удачен.

4. Критични бележки и препоръки

Като критична бележка бих отбелязала непълно комплектуване на приложените публикации, с които кандидатът участва в процедурата, както някои неточни изрази в описанието на приносите. Тези забележки обаче по никакъв начин не намаляват стойността на представените от кандидата материали. Потвърждавам приносите и считам, че кандидатът е изграден специалист в областта на нелинейната оптика и оптиката на свръхкъси лазерни импулси и взаимодействието им с вещество, както и с доказани качества при осъществяване на експериментални изследвания и инженерно-технически решения.

5. Заключение

Въз основа на запознаването ми с представените материали по конкурса, актуалността и значимостта на научните и научно-приложни приноси, убедително препоръчвам на уважаемото научно жури да ги оцени положително и да предложи на научния съвет на ИФТТ-БАН да подкрепи гл. асистент доктор Георги Янков да заеме академичната длъжност „доцент” по професионално направление 4.1 „Физични науки”, специалност „Лазерна физика, физика на атомите, молекулите и плазмата и физика на вълновите процеси“ в Института по физика на твърдото тяло – БАН.

Дата:

25.10.2023 г.

Подпис:

/Х. Андреева/

STATEMENT

**on the competition procedure
for occupation of the academic position „Associate Professor“
in the professional field 4.1. Physical Sciences („Laser physics, physics of atoms and molecules
and plasma and physics of wave processes“),
published in State Gazette № 60 / 14.07.2023
with applicant PhD Georgi Petkov Yankov
Assistant Prof. in lab. “Metal vapour lasers ”
Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences**

Prepared by: Assoc. Prof. Christina Andreeva,
Institute of Electronics – Bulgarian Academy of Sciences

1. General characteristics of the submitted materials

The total scientific production of Assistant Prof. Dr Georgi Yankov consists of 27 publications, of which 16 in journals with impact factor, 9 in journals with SJR and 2 other. The more applied activities of the applicants include 1 granted patent for invention. For the present competition Dr Yankov presents 12 publications in impact factor journals, 9 scientific articles in journals with SJR and 1 patent for invention.

For criterion A the applicant holds a diploma for the PhD degree, which meets the requirements of the law for 50 points.

Under criterion B the applicant presents 6 publications substituting the habilitation thesis, 5 of them in impact factor journals and 1 – in SJR journal. These materials correspond to 117 points, with the minimum required score being 100 points.

Under criterion Γ the applicant presents 15 publications, 7 of which in impact factor journals and 8 in journals with SJR, as well as one patent for invention. The total score for this criterion is 266, which exceeds the required minimum of 220 points. For two of the publications there is a contribution letter.

The applicant has presented a list of 34 citations of his work in journals indexed in Web of Science and Scopus, thus the score under criterion Δ is 68 points, with a minimum required 60 points.

The Hirsch index of the candidate is 6, which also shows the high level of the research and publication activities of the candidate.

2. General characteristics of the applicant’s scientific activity

Assistant Prof. Stefan Kolev is the only applicant in the present competition for occupying the academic position “Assoc. Prof.”. He has graduated from the Faculty of Physics at the Sofia

University, obtaining a Master degree in 2010. He defended his PhD thesis at the Institute of Solid-State Physics at the Bulgarian Academy of Sciences in 2014. In 2013 he joined the ISSP as a physicist and then as an Assistant, and since 2017 has been at the position of Assistant Prof. in ISSP. He has been a member of the team of 8 national and 3 international projects, and a coordinator of 2 projects.

The research and applied activities of the candidate are mainly related to experimental investigations in the field of optics of ultrashort laser pulses and the interaction of laser radiation with matter. In the scientific-applied direction, his activity is related to the development and optimization of metal vapor lasers. It is also worth noting here that he is one of the inventors of a patent for bipolar high-power pulsed power supply.

3. Main fundamental and applied research contributions

The candidate's main research is experimental and it is focused in three directions related to the application of ultrashort (femto- and nano-second) laser pulses, as well as one contribution related to the development of electrical pulse circuits for metal vapor lasers.

More specifically, with respect to the study of nonlinear effects in the propagation of femtosecond laser pulses in air, a diffractionless propagation mode of a 35 fs laser pulse in air is realized, with the light power significantly lower than the critical power for self-focusing. It is shown that the Gaussian profile of the pulse is preserved over several diffraction lengths, which can be described theoretically in the nonparaxial regime.

Three propagation modes of a 35 fs laser pulse in air have also been investigated, and waveguide propagation up to about two diffraction lengths (80 m) has been shown. In the first mode, light powers of 1.5 to 10 times above the critical for self-focusing are used and the waveguide propagation is ionization-free. It is shown that for femtosecond pulses nonparallaxity plays a significant role, in contrast to the case of nanosecond pulses. With increasing power, a plasma is formed in the center of the laser spot, and at over 19 times the critical power, strong ionization is observed along the entire beam propagation direction, accompanied by conical emission. A new mechanism is proposed to explain the observed effects, which is based on the longitudinal optical force that leads to both trapping and acceleration of neutral air particles. The conical emission is assumed to be due to the impact of these high-energy particles with free air molecules.

Trapping of micron-sized neutral particles in the ionization-free regime is demonstrated, and the direction of their motion before, in and after the beam focal zone is monitored. Since the trapping force is proportional to the time derivative of the Poynting vector, it is significant in the ultrashort laser pulse regime (and absent in the continuous wave regime). It has been shown that at distances up

to 4 cm from the focus the motion of the particles is directed towards it, and at larger distances it is chaotic. I consider this result to be a very important scientific contribution.

Regarding the direction related to the interaction of ultrashort laser pulses with transparent media, the possibility of forming three-dimensional structures from metal nanoparticles used as dopant in glasses is shown. It is demonstrated that with appropriate mode of operation and the parameters of the femtosecond radiation, including its focusing in depth, nanoparticle structures can be formed in this type of bulk materials. A regime where re-irradiation is applied near the resonant frequencies is also demonstrated, for which the interaction zone regains its original structure – from a cluster state back to an ion state (coloured and transparent states are observed). It is also shown that the defects obtained under certain conditions, associated with the formation of color centers in the material, are due to the formation of metal nanoparticles. The results show that compared to the undoped samples, the nonlinearity of the doped ones is higher, and filament formation and second harmonic generation in them has been demonstrated. The results of this work have very high potential for application for controlled modification of the optical properties of glasses.

The third direction of the contributions is related to the functionalization and activation of nano- and micro-structures of polymer materials by femtosecond surface structuring. Two types of synthetic and biopolymer samples are studied: two-dimensional layers and three-dimensional scaffolds. Regarding the two-dimensional layers, a novel method for laser-assisted modification of biocompatible PDMS in aqueous media is proposed, in which a channel with a symmetric profile and homogeneous structure is formed using ns laser processing. The quality of the resulting channels is comparable to that of channels formed with fs processing in air. This type of surface activation allows subsequent functionalization by electroless metallization of the resulting micro-tracks, with high potential for neural implant applications.

Femto-second laser surface modification of chitosan layers is also performed, which alters the morphological properties of the biopolymer layers. It has been shown that in the chitosan processing periodic structures are formed, leading to a significant improvement in the antimicrobial characteristics of the resulting two-dimensional matrices. The antimicrobial effect is also shown to be enhanced by the addition of silver nanoparticles to the biopolymer film.

Femtosecond laser surface modification has also been applied to three-dimensional polycaprolactone scaffolds. The formed micro topographic structures lead to a significant improvement in the cell adhesion on the scaffolds.

The fourth direction of the candidate's activity concerns the development of new electrical pulse excitation schemes for metal vapour lasers (strontium and copper bromide), in which a significant improvement in the generated radiation parameters has been demonstrated. Specifically, for the master-oscillator system for the strontium vapor laser (6.45 μm), diffraction-limited laser radiation

has been achieved, where the M^2 parameter is extremely close to one. A similar high beam quality is shown for the copper bromide vapor laser system (510.6 nm and 578.2 nm). For this type of lasers, a new gas discharge tube with increased volume and a novel high voltage pulsed power supply has been developed, which has enabled a record high radiation output power of 140 W. It is important to note that a patent for invention has been granted for the high voltage power supply.

As can be seen from the description of the candidate's contributions, the approach of the work, which combines skills in planning and carrying out serious experimental research with unique scientific apparatus with a good knowledge of electronics, is extremely successful.

4. Critical remarks and recommendations

As a critical remark, I would note the incomplete set of the attached publications, which the applicant has provided, as well as some inaccurate expressions in the description of the contributions. However, these comments in no way diminish the value of the materials submitted by the applicant. I acknowledge the contributions and consider the candidate to be an established specialist in the field of nonlinear optics and the optics of ultrashort laser pulses and their interaction with matter, as well as having proven qualities in carrying out experimental research and providing engineering solutions.

5. Conclusion

Based on my acquaintance with the materials presented for the competition, the relevance and important impact of the fundamental and applied contributions, I strongly recommend the positive decision of the jury to support Dr Georgi Yankov to take the academic position Assoc. Prof. at the Institute of Solid State Physics at the Bulgarian Academy of Sciences at professional field 4.1. "Physical Sciences" (Laser physics, physics of atoms, molecules and plasma and physics of wave processes).

Date:

25.10.2023 г.

Signature:

/C. Andreeva/