

Рецензия

по конкурса за професор в ИФТТ при БАН по направление 4.1 Физически науки (Лазерна физика, физика на атомите, молекулите и плазмата и физика на вълновите процеси), обявен в ДВ бр. 61 от 02.08.2019 г., стр. 124, с единствен кандидат д-р Красимир Ангелов Темелков, доцент в ИФТТ-БАН.

Биографични данни

Г-н К. Темелков е роден през 1970 г. в гр. Пазарджик, България. През 1995г. завършва с отличие висшето си образование като инженер-физик по специалността Квантова Електроника и Лазерна Техника във Физическия факултет на Софийския Университет „Св. Св. Климент Охридски“. Едновременно с това, и от същото място кандидатът придобива и втора квалификация като учител по физика със специалност „Педагогика на Обучението по Физика“. През 2000г., г-н Темелков защитава докторска дисертация по специалността „Физика на Вълновите процеси“ на тема „Импулсни лазери на медни атоми и йони на стронций, живак, кадмий, цинк и сребро възбудени с електрическа схема с взаимодействащи контури“ в Института по Физика на Твърдото Тяло „Акад. Георги Наджаков“, Българска Академия на Науките (ИФТТ-БАН). От 2000г. до момента работи като научен сътрудник (н.с.) в ИФТТ-БАН, като постепенно повишава научната си квалификация. В периода 2000-2004 г. заема длъжността н.с. II ст., през 2004-2008 г. работи като н.с. I ст. През 2008г., кандидатът се хабилитира в ИФТТ-БАН и до момента заема длъжността доцент.

Ръководна и педагогична дейност

г-н Темелков притежава отлични организационни и ръководни умения. Бил е ръководител на двама успешно защитили докторанти (през 2013-2014 г.) в ИФТТ-БАН към лабораторията „Лазери с метални пари“. През 2014г. научния колектив ръководен от доц. д-р К. Темелков получава почетна грамота от ИФТТ-БАН за най-добро научно постижение. Кандидатът участва в ръководството на научни проекти в ИФТТ-БАН и „Фонд за Научни Изследвания“. Ръководител е на лабораторията „Лазери с Метални Пари“, ИФТТ-БАН. Заместник председател е на Общото събрание на учените към ИФТТ-БАН.

Научна дейност

За участие в конкурса за професор в ИФТТ-БАН, г-н Темелков представя 22 научни публикации в реномирани научни списания с импакт фактор, един патент за изобретение на лазерна тръба за инфрачервен стронциев лазер с пари на стронциев халогенид, както и една заявка за патент, които не са ползвани в хабилитационния му труд за доцент. Тези публикации са цитирани независимо 113 пъти. В представения списък от цитирания, всички статии са цитирани по малко от 10 пъти, изключение прави една статия в съавторство, цитирана над 20 пъти. Средния брой цитирания на статия е 5. Основно цитиранията са в реномирани научни списания с висок импакт фактор, като прави добро впечатление, че близо 30% от цитиранията са от български автори работещи в България.

Основна тема на изследванията са мощни импулсни лазери с пари на метални соли, възбудени с наносекунден импулсен надлъжен разряд. В тези лазери, генерация се постига при стимулирани преходи от електронно възбудени състояния на металните атоми/йони към енергитично по ниско-лежащи метастабилни състояния. Лазерното излъчване продължава докато населеностите на съответните квантови състояния се изравнят. Работата на лазера изисква висока работна температура на активната среда за да се изпарят металните соли. Активната среда се създава в импулсен надлъжен газов разряд в смес на металните соли с инертен газ (хелий или неон). Молекулите на металните соли дисоцират в активната среда чрез неелстатични сблъсъци с електрони от разряда. Работната температура на активната среда се поддържа или чрез външно нагриване или вътрешно от вложената енергия на възбуждащите токови импулси.

Конкретно са разработени и патентовани импулсни лазери с пари на меден и stronциев бромид. Опитно са оптимизирани параметрите на газовия разряд - диаметър на активната зона, налягане на металните пари, налягане на инертния газ, параметри на електрическата схема за възбуждане, средната входна мощност и честота на повторение на възбуждащите токови импулси. Получената средна изходна оптична мощност е най-висока в класа лазери с метални пари и е от порядъка на няколко W. Изходния сноп е с високо качество (ъгловата разходимост на лъчите е няколко микро-радиана). Разработеният от кандидата импулсен лазер с пари на stronциев бромид има потенциално важни приложения в медицината и хирургията. Високата изходна мощност на този лазер за дължина на вълната 6.45 μm , позволява приложението му към лазерната аблация на меки тъкани и кости с минимални топлинни увреждания на тъканта. Разработените лазери намират конкретни приложения за технологични цели, като модификация на оптични, структурни и каталитични свойства на веществото.

Стронциевият атомен лазер генерира едновременно на няколко спектрални линии в средния инфрачервен диапазон, като повече от 90% от оптичната мощност е концентрирана на дължина на вълната 6.45 μm . Лазерът генерира и в близката инфрачервена област (1 μm) за две спектрални линии в положително натоварения stronциев йон. При работна температура на активната среда (над 1000 градуса по Целзий), средна входна мощност 2.2 kW и честота на токовите импулси 19 kHz, е получена средна изходна мощност 4 W. Продължителността на единичен лазерен импулс е около 150 ns, а енергията на импулс е около 200 μJ . Пространственият профил на интензивността на лазерното лъчение е близък до Гаусов, показващ високото качество на снопа. При близки до оптималните условия на газовия разряд, лазера с пари на меден бромид генерира в близката инфрачервена област (в разряд с хелиев газ) и в дълбоката ултравиолетова област (в разряд с неонов газ). В последния случай е открит интересен ефект на подобряване на условията за създаване на инверсна населеност в активната среда след като се добавят примеси на молекулен водород. При фиксирана входна мощност и вариация на парциалното налягане на водорода в областта 0.02-0.04 Torr е регистрирано увеличаване на средната изходна мощност на лазерното лъчение от 2 до 5 пъти. Също е установено че при добавяне на примеси от азот, кислород или въглероден двуокис към активната среда, изходната мощност намалява. Добавянето на етилов алкохол (с високо съдържание на водород) пак води до увеличаване на изходната мощност, независимо от съдържанието на въглерод и кислород в молекулата на етанола.

С цел изясняване кинетиката на лазери с пари на метални соли са моделирани някои физични процеси за които е предположено че определят и контролират действието на лазера. По конкретно, изследвано е 1) влиянието на процеси с обмен на електричен товар в нееластични сблъсъци на положително натоварени йони от инертния газ с метални атоми при топлинни енергии и 2) Пенингова йонизация на метални атоми в бинарни сблъсъци с атоми от инертния газ. Едновременно с това са изследвани и транспортни ефекти в активната среда,

като взаимна дифузия в бинарни смеси, както и преноса на топлина в едноатомни и по сложни газови смеси.

Концентрацията на множество електронно възбудени състояния на метални йони в газовия разряд, предполага да се разгледат реакции на асиметричен обмен на електричен товар в сблъсъци при топлинни енергии на метални атоми В в основно състояние с йони A^+ на инертния газ:



като в крайно състояние се образуват атоми А на инертния газ в основно състояние и се създават електронно възбудени състояния на металния йон $(B^+)^*$, Δ е енергетичния дефект за реакцията зададен от разликите в енергиите на възбуждане на йоните $E(A^+) - E(B^+)^*$. Реакцията има квазирезонансен характер, т.е. протича с по голяма вероятност при малък енергетичен дефект. Поради тази причина, асиметричният зарядообмен е много селективен процес и може да влияе чувствително на кинетиката на лазери с метални пари.

Сеченията и скоростите за асиметричен обмен на товар са оценени по три различни метода: 1) метод на класични траектории, 2) полукласичен метод от преходи на Ландау-Зенер около точки на пресичане на електронни терми на молекулния йон AB^+ , и 3) чрез експериментално измерване времето на живот на възбудените метални йони като функция на налягането на металните пари. Например за реакциите с медни йони $(Ne^+) + Cu$, измереното сечение за обмен на товар е в добро качествено съгласие с оценките получени по двата теоретични метода, като и двете оценки надвишават експерименталния резултат (при температура на активната среда 2000 К). В сравнения с полукласичния метод, оценката по метода на класични траектории е в по-добро количествено съгласие с експеримента. Същите предположения са използвани при изчисляване на сеченията за обмен на товар в нееластични сблъсъци на йони с атоми в много други газови разряди и активни среди. Съставени са таблици със сеченията и топлинно усреднени скорости на преход. Полученото добро количествено съгласие на теоретичните резултати с данните от измервания на времена на живот на възбудените състояния на метални йони, свидетелства за реалистичността на приетата хипотеза за значимост на тези реакции в лазерната кинетика.

Освен реакциите с обмен на електричен товар в бинарни сблъсъци при топлинни енергии, е предположено че процеса на Пенингова йонизация има съществено значение за лазерната кинетика. Този процес протича, когато енергията на възбуждане на атома от инертния газ надвиши йонизационния потенциал на металния атом, като енергията на преход се предава на валентен електрон, който бива излъчен в непрекъснат спектър от енергии. Процеса е моделиран като дву-електронен процес (с директен и обменен канал за излъчване на електрона). Предположено е че обменния канал доминира сечението за Пенингова йонизация, т.е. електрон се излъчва от атома на инертния газ, докато ефектите от интерференция на двете алтернативи за директна и обменна Пенингова йонизация се пренебрегват. При тези предположения, вероятността за Пенингова йонизация е оценена въз основа на известна полу-емпирична формула. В случая на лазер с медни пари в газов разряд с неон, излъчващ в ултравиолетовия диапазон на дължина на вълната 248 нм, Пенинговата йонизация води до нарастване на населеността на метастабилни нива на медните йони, и подтискане на радиационния преход от ниско лежащите лазерни нива към тези метастабилни нива, и в крайна сметка до намаляване на инверсната населеност за тази дължина на вълната. Получените оценки за сечението за Пенингова йонизация, показват че добавянето на бромни атоми в газовия разряд води до бързото разрушаване на метастабилните състояния на неонните атоми, което намалява Пенинговата йонизация на медни атоми и съответно се увеличава инверсната населеност. Експериментално установеният факт, че изходните параметри на йонен лазер с медни пари са на три порядъка по ниски от тези за лазера с пари

на меден бромид, което свидетелства за правдоподобността на направената хипотеза за влияние на ефектите от Пенингова йонизация върху лазерната кинетика.

Понеже скоростите на тези реакции зависят от температурата на газа, е моделирано пространственото разпределение на температурата в активната среда чрез аналитично решаване на стационарното уравнение на топлопроводността. За тази цел температурната зависимост на коефициента на топлопроводност на лекия инертен газ и други едноатомни газове са определени като се фитират съществуващи експериментални данни към аналитичен модел с два свободни параметъра. Понеже в определени случаи липсват експериментални данни за топлопроводности, се налага изчисляването им от модели за междуатомните взаимодействия (модел на твърди сфери и модел на Ленард-Джоунс). Теплопроводностите на бинарни и по сложни газови смеси са оценени на базата на емпирични методи.

Докато топлопроводността на неонов газ зависи слабо от модела на междуатомните взаимодействия, и е нечувствителна от добавянето на бромни атоми в газовия разряд, то с нарастване на температурата (над 1500 градуса по Целзий) се наблюдава бързо увеличаване на топлопроводността от присъствието на примесни водородни атоми. Разгледаните класични модели са ненадежни за изчисляване на топлопроводността на хелиев газ, поради което кандидатът е предложил модификация на потенциала на Ленард-Джоунс, водеща до разумно съгласие с експеримента. При смесване на газове на хелий с неон са регистрирани по силни температурни вариации в топлопроводността, които оказват и по чувствително влияние на работната температура на активната среда. Числените резултати са използвани за определяне на радиалното разпределение на газовата температурата по профила на тръбата в различни газови разряди.

За кинетиката на лазери с пари на метални соли е важно и измерването на електронната плътност и температура в газовия разряд, понеже възбуждането и снемане на възбуждане за някои лазерни преходи е чрез сблъсъци на свободни електрони с атоми. За тази цел е оценена средната електронна температура (около 5000 градуса по Келвин) чрез измерване на относителни интензивности на определени спектрални линии в хелий и неон в послесветенето на газовия разряд. Направени са времезависещи измервания на тока и напрежението в разряда, чрез които са оценени и времезависещите електронна температура и плътност. Същите зависимости са определени и теоретично от решаване на времезависещото уравнение на топлопроводността. Теплопроводността на свободни електрони определена чрез закона на Видеман-Франц не се съгласува с експерименталните данни. При предположение че температурната зависимост на топлопроводността е значително по-слаба, т.е. полагайки $k_c(T) = T^a$ (със $a < 1$) и в зависимост от химичния състав на активната среда се получава добро количествено съгласие с експерименталния резултат получен от измерването на времезависещите характеристики на газовия разряд. Понеже фитиращия степенен показател $\langle a \rangle$ зависи от химичния състав на активната среда, не става ясно дали получената оценка за електронната топлопроводност има адекватен физически смисъл.

Разработените лазери намират редица практическо приложения, например за измерване на показателя на пречупване и коефициента на екстинкция на калицев флуорид облъчен с ултравиолетово и инфрачервено лъчение. Установена е промяна в каталичните свойства на полимери (със сложен химичен състав) след облъчване с ултравиолетово лазерно лъчение, т.е. увеличава се способността за абсорбция и кристализация на метални частици върху облъчената повърхност. Подобен ефект е регистриран и в разтвор на сребърни наночастици, което може да се използва за изграждане на покрития и повърхностни слоеве с метални наночастици.

Заклучение

- 1) Теоретично предположените основни физични процеси в плазмата са правдоподобни, но поради сложния химичен състав на активната среда е трудно да бъдат синтезирани в единна схема правеща очевидна връзката им с кинетиката на лазерите с пари на медни соли.
- 2) Множеството таблици и графики съдържащи кинетични коефициенти за различни газови смеси, сечения за обмен на електричен товар и Пенингова йонизация могат да бъдат полезни при разработката на мощни лазери на метални пари и с други активни среди.
- 3) Като съществен научен принос на кандидата отбелязвам регистрирания ефект на водород за йонен лазер с пари на меден бромид, водещ до значително увеличаване на средната изходна мощност.
- 4) Създадените импулсни лазери с пари на метални соли, генериращи в дълбоката ултравиолетова, видима и средно-инфрачервени области са с най-високи изходни характеристики от съществуващите такива.
- 5) Високата светимост и ниска разходимост на лазерното излъчване ги прави приложими за технологични и медицински цели - аблация на меки тъкани и кости, модификация и наноструктуриране на повърхности, катализ на химични реакции и др.

Въз основа представените в конкурса материали и научни публикации и изброените по-горе научни и научно-приложни приноси, намирам за основателно да дам положителна оценка и препоръчам на уважаемото Научно жури по конкурса за професор по професионалното направление 4.1 Физически науки (Лазерна физика, физика на атомите, молекулите и плазмата и физика на вълновите процеси) да подкрепят присъждането на академичната длъжност 'професор' на доц. д-р Красимир Ангелов Темелков.

Дата
14.12.2019 г.

Рецензент:

Боян Донков Обрешков
доц. д-р при ИЯИЯЕ-БАН

Review

of the competition for professorship at ISSP-BAS in the field of 4.1 Physical Sciences (Laser Physics, Physics of Atoms, Molecules and Plasmas and Physics of Wave Processes), announced in the State Gazette no. 61 of 02.08.2019, p. 124, with the sole candidate Dr. Krassimir Angelov Temelkov, Assistant Professor at IFTT-BAS.

Biographical data

Mr. Temelkov was born in the city of Pazardzhik, Bulgaria in 1970. In 1995, he graduated with an excellent degree in higher education in engineering physics with subject Quantum Electronics and Laser Technology in the Department of Physics at Sofia University "St. St. Kliment Ohridski". He also possesses higher educational degree in physics teaching with subject "Pedagogics of Physics Teaching" from Sofia University. In 2000, Mr. Temelkov defends PhD thesis on „Pulsed lasers with Cu atoms and Sr, Hg, Cd, Zn and Ag ions excited by an electrical scheme with interacting circuits“ at the Institute of Solid State Physics „Acad. Georgi Nadjakov“, Bulgarian Academy of Sciences (ISSP-BAS).

Management and pedagogical activity

Mr. Temelkov has excellent organizational and leadership skills. He was the head of two successfully defended PhD students (in 2013-2014) at ISSP-BAS in the laboratory of „Metal vapor lasers“. A scientific team lead by Assoc. Prof. K. Temelkov received an honorary diploma from ISSP-BAS for best scientific achievement of the year. The applicant participates in management of scientific projects at the ISSP-BAS and the National Research Fund. He is the head of the Laboratory of „Metal Vapor Lasers“ at ISSP-BAS. He is the vice-chairman of the general assembly of the scientists at the ISSP-BAS.

Research activity and investigations

For participation in the competition for professorship at ISSP-BAS, Mr. Temelkov presented 22 scientific publications in reputable scientific journals with impact factor, one patent for the invention of an infrared strontium laser tube with strontium halide vapor, as well as one patent application, that are not used in his habilitation work for an associate professor. These publications have been cited independently 113 times. In the list of citations, all papers are cited less than 10 times, with the exception of one co-authored paper that has been cited more than 20 times. The average number of citations per article is 5. The citations are in reputable scientific journals with high impact factor, it makes a good impression that nearly 30% of the citations are from Bulgarian scientists working in Bulgaria.

The principal subject of investigations are powerful pulsed metal salt vapor lasers, excited in nanosecond pulsed gas discharge. In the pulsed metal vapor laser, laser oscillation occurs in stimulated transition between electronically excited energy levels and lower metastable energy levels of the metal atom/ion. Laser oscillation continues until equilibration of the populations in the upper and lower laser levels occurs. The laser requires relatively high working temperature of the active medium, in order for metal salts to evaporate. The active medium is created in a pulsed gas discharge in a mixture of metal salts with noble gas atoms (helium and/or neon). The molecules of

the metal salt dissociate in the gas discharge by inelastic collisions with free electrons. The temperature of the active medium is maintained either by an external heat source or internally from the power deposited by the excitation current pulses.

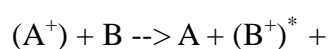
More specifically, the candidate has developed and patented pulsed copper and strontium bromide lasers. He optimizes experimentally the parameters of the gas discharge – volume of the active zone, the metal vapor pressure, the noble gas pressure, the parameters of the electrical excitation scheme, the average input power and repetition frequency of the excitation current pulses. The average output power of few Watts is the highest reported for the class of metal vapor lasers. The laser beam is of high quality (with beam divergence of few microradians). The strontium bromide laser offers important applications in medicine and surgery. For instance the high output power at 6.45 μm laser wavelength is considered as a most effective tool for soft tissue ablation and bone ablation with minimal thermal damages. The lasers have been successfully applied for technologically relevant problems, including modification of optical, structural and catalytic properties of materials.

The strontium atom laser oscillates on several different spectral lines in the mid-infrared region, more than 90% of the optical power is concentrated on the 6.45 μm laser wavelength. Laser operation is also obtained at two Sr^+ spectral lines in the near infrared region (1.03 and 1.09 μm laser wavelengths). In the optimal temperature regime of the active medium ($T_{\text{gas}} > 1000 \text{ }^\circ\text{C}$), average input power 2.2 kW and repetition frequency 19 kHz of the excitation current pulses, a multiline average output power of 4 W was reported. The single pulse duration is 150 ns and the energy per pulse is 200 μJ . The spatial profile of the laser intensity distribution is nearly Gaussian, demonstrating the high beam quality. The pulsed copper bromide laser oscillates in the near infrared region (in the helium gas discharge) and in the deep ultraviolet region (in the neon gas discharge). In the later case, an interesting effect of increase of population inversion of Cu^+ laser levels was found after small concentration of molecular hydrogen was added in the gas discharge. Depending on the input power, variations in the partial pressure of hydrogen in the range 0.02-0.04 Torr resulted in two-to-five times increase in the average output power. The influence of small amounts of nitrogen, oxygen and carbon di-oxide gases resulted in decrease of the laser output power. However, admixtures of ethanol vapor (with high content of hydrogen) to the neon buffer gas resulted in significant increase of the output power, regardless on the oxygen and carbon content in the ethanol molecules.

With the purpose of rationalizing and understanding the kinetics of pulsed metal bromide lasers, the candidate models theoretically selected physical processes in the gas discharge.

More specifically he investigated the influence of 1) charge transfer in binary collisions of noble gas ions with metal atoms at thermal collision energies and 2) Penning ionization of metal atoms in binary collisions with noble gas atoms. At the same time, transport effects in the active medium, such as mutual diffusion in binary gas mixtures, as well as heat conduction in monoatomic and more complex gas mixtures were also investigated.

The concentration of many electronically excited states of metal ions in the gas discharge, supposes that one considers asymmetric charge transfer in binary collisions of metal atoms B with singly ionized noble gas atoms A^+ in their ground state via :



reaction. In turn this selectivity of quasi-resonant charge exchange may sensitively affect the kinetics of the pulsed metal bromide vapor lasers.

The cross-sections and rate constants for asymmetric charge exchange at thermal collision energies are estimated by three different methods: 1) classical trajectories method, 2) semi-classical method involving Landau-Zener transitions near localized points of avoided crossing of electronic terms of the molecular ion AB^+ and 3) experimental measurement of lifetimes of electronically excited states of metal ions as a function of the metal vapor pressure. For instance the measured cross-section for charge transfer in $(Ne^+)+Cu$ collision at thermal energies (corresponding to gas temperature 2000 K) was found in good qualitative agreement with the theoretical estimates. However in comparison to the semi-classical method, the method of classical trajectories is in better quantitative agreement with the experiment. The same assumptions were made for calculation of cross-sections and rate constants for asymmetric charge transfer in many other gas discharges and active mediums. Numerical results were presented in tables. The demonstrated good quantitative agreement with experimental data from lifetime measurements, testifies to the plausibility of the accepted hypothesis of significant influence of asymmetric charge transfer on the laser kinetics.

Besides charge exchange in binary collisions at thermal energies, the influence of Penning ionization on laser kinetics was examined. This process is energetically allowed, when the excitation energy of metastable noble gas atom exceeds the ionization potential of the metal atom. During the collision between the two atoms, the excitation energy of the noble gas atom is transferred to an electron from the outer shell of the metal atom, which is subsequently ionized and emitted as a free electron. The process is modeled as a two-electron process (with direct and exchange pathways for electron emission). It was assumed that the exchange amplitude dominates the Penning ionization at thermal collision energies, i.e. an electron is emitted from the noble gas atom, such that the (quantum-mechanical) interference between the two alternative pathways (direct and exchange) was neglected. With these assumptions, the cross-section for Penning ionization was estimated based on known semi-empirical formula. In the case of copper vapor laser in neon gas discharge, oscillating in the deep ultraviolet region at the 248 nm laser wavelength, the Penning ionization leads to increase in the population of some metastable levels of Cu^+ and suppression of radiative de-excitation of lower lying laser levels to these metastable levels, which in turn causes decrease in the population inversion for this specific laser wavelength. The calculated cross-sections for Penning ionization make evident that addition of bromine atoms to the neon buffer gas, leads to rapid destruction of the metastable states of neon, thus the Penning ionization of copper atoms in lower laser levels decreases and consequently the population inversion increases. The experimental fact, that the output power of the ion metal vapor laser is three orders of magnitude lower than the output power of copper bromide vapor laser, makes evident the plausibility of the hypothesis made for the relevance of Penning ionization in the ion laser kinetics.

Since rate constants for charge exchange and Penning ionization are gas-temperature dependent, the applicant developed a theoretical model for the spatial distribution of gas temperature in the active medium based on analytic solutions of the stationary heat conductivity equation. For this purpose the temperature dependence of the thermal conductivity of the light noble gas atoms and other monoatomic gases were obtained by fitting existing experimental data to analytic model with two free parameters. Because in certain cases experimental data for thermal conductivities is lacking, coefficients for heat conduction were calculated based on standard models for interatomic interactions (repulsive hard sphere model and the Lenard-Jones model). Thermal conductivity of binary and more complex multi-component gas mixtures were estimated with empirical methods.

While the thermal conductivity of the neon gas is only weakly model dependent and insensitive to bromine atom additivities, rapid rise of the conductivity is observed at high temperatures (above 1500 °C) in a gas mixture of neon with hydrogen. The proposed standard models for interatomic

interactions fails to describe the thermal conductivity of helium, therefore the applicant proposed a certain modification of the Lenard-Jones intratomic interaction energy at short separations between atoms that gives better agreement with experimental data. More sensitive temperature variations of the thermal conductivity were observed in He-Ne noble gas mixtures, which affect more sensitively the working temperature of the active medium. The numerical results were used for determination of the radial gas temperature distribution over the discharge tube.

Measurements of the electronic temperature and density in the plasma are of fundamental significance for understanding the laser kinetics, primary because excitation and de-excitation of certain laser transitions is due to collisions between atoms and free electrons. For this purpose the average electronic temperature was estimated (nearly 5000 K) from measurements of the relative intensity of specific spectral lines in He and Ne in the plasma afterglow. Time-resolved measurements of the current excitation pulse and the tube voltage were made, through which the time-dependent electron temperatures and densities were estimated. Simultaneously the electron temperature and density distributions were obtained by numerically solving the non-stationary heat conduction equation for electrons. The thermal conductivity of free electrons according to the Wiedemann-Franz law does not reproduce the experimental data. An assumption was made that the thermal conductivity of electrons exhibits weaker temperature dependence, i.e. by setting $k_e(T) = T^a$ (with $a \ll 1$) good agreement between the theoretical result with experimental data obtained from measurement of the time-dependent characteristics of the gas discharge was found. However because the scaling exponent a depends on the chemical composition of active medium, the physical meaning of this result remains obscured.

The developed pulsed lasers exhibit a number of practical applications, for instance the refractive index and extinction coefficient of CaF_2 irradiated with UV and IR irradiation were measured. Change in the catalytic activity of certain polymers (with complex chemical composition) was found after the irradiation with UV laser irradiation, i.e. the increased ability for adsorption and crystallization of metal particles on the irradiated surface of the sample. Similar effect of increase of catalytic activity is observed in solution with silver nanoparticle, which may be used for coatings with metal nanoparticles.

Conclusion

- 1) The theoretically assumed basic physical processes in plasma are plausible, but due to the complex chemical composition of the active medium, it is difficult to synthesize them into a single scheme making apparent their relationship with the kinetics of copper-salt vapor lasers.
- 2) The multiple tables and graphs containing kinetic coefficients for various gas mixtures, cross-sections for charge transfer and Penning ionization may be useful in the development of high-power metal vapor lasers in other active media.
- 3) As a significant scientific contribution of the applicant, I note the observed effect of hydrogen in copper bromide vapor ion laser, leading to significant increase in the average output power.
- 4) The pulsed metallic bromide vapor lasers oscillating in the deep ultraviolet, visible, and mid-infrared ranges have the highest output characteristics among the existing ones.
- 5) The high brightness and low divergence of the laser beam make these lasers applicable for technological and medical purposes - soft tissue and bone ablation, surface modification and nanostructuring, chemical reaction catalysis, etc.

On the basis of the materials and scientific publications presented in this competition, the scientific and applied contributions listed above, I find it justifiable to give a positive assessment and recommend to the distinguished Scientific Jury for the professor competition in the professional field of 4.1 Physical Science (Laser physics, atomic, molecular and plasma physics and physics of the wave processes) to support the awarding of the academic position of 'Professor' to Assoc. Prof. Krassimir Angelov Temelkov.

Date
14.12.2019 г.

Referee:

Boyan Donkov Obreshkov
Assoc. Prof. at INRNE-BAS