

**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ
ЮВІЛЕЙНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

30 років

**Інституту електронної фізики
Національної академії наук України**

21-23 вересня 2022 р.



30 years

**Institute of Electron Physics
National Academy of Sciences of Ukraine**

**PROCEEDINGS OF THE JUBILEE
CONFERENCE**

September 21-23, 2022

Ювілейна конференція
«30 років Інституту електронної фізики НАН України»
Ужгород, 21-23 вересня 2022 Uzhhorod, 21-23 September 2022

**Інститут електронної фізики
Національної академії наук України**



Ювілейна конференція
«30 років Інституту електронної фізики НАН України»

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ КОНФЕРЕНЦІЇ

Jubilee conference
"30 years of the Institute of Electronic Physics of the
National Academy of Sciences of Ukraine"

PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE

Ужгород 2022

ББК В 3Г (4Укр – 43ак), М 58
УДК 539.1

Наукову конференцію присвячено ювілейній даті – 30-річчю від дня створення єдиної на Закарпатті академічної установи – Інституту електронної фізики Національної академії наук України, ініціатором створення якого був відомий український вчений у галузі атомної фізики професор Іван Прохорович Записочний. Шлях цей був тривалим і розпочався ще в 70-х роках минулого століття, коли наполегливі зусилля фізичної спільноти м. Ужгорода призвели до започаткування, а у 1979 році створення, Ужгородського відділення Інституту ядерних досліджень АН УРСР, на базі якого і було відкрито Інститут. Від перших років існування установи, вчені Інституту активно працюють над розв'язанням актуальних проблем у галузі фізики електронних і атомних зіткнень, низькоенергетичної ядерної фізики, фізики лазерів на парах металів, оптичного та лазерного приладобудування, фізики наноструктур, а їх наукові досягнення широко відомі у світі. Збірник містить розгорнуті статті та тези доповідей, в яких висвітлено наукові здобутки Інституту, а також результати сучасних експериментальних і теоретичних досліджень у галузі фізики електронних і атомних зіткнень, багатофотонної іонізації, взаємодії електронних, іонних та лазерних пучків з поверхнею твердих тіл, елементарних процесів у лазерах і низькотемпературній плазмі, фізики наноструктур, низькоенергетичної ядерної фізики та радіоекології.

The scientific conference is devoted to the 30th anniversary of establishment of the Institute of Electron Physics of National Academy of Sciences of Ukraine, the only academic institution in Transcarpathian region. The establishment of the institute was initiated by Prof. Ivan Zapisochny, a known Ukrainian scientist in atomic physics. This took a long time since the 1970s when due to the efforts of the physicist community of Uzhhorod in 1979 the Uzhhorod Branch of the Institute for Nuclear Research of National Academy of Sciences of Ukraine was established which finally led to the establishment of the institute. Since the first years of the institute history its scientists actively work on solving important problems of physics of electron and atomic collisions, low-energy nuclear physics, physics of metal vapour lasers, optical and laser devices, physics of nanostructures, the results of their research being widely recognized in the world. The book contains extended articles and abstracts showing the scientific outcomes of the institute as well as the results of modern experimental and theoretical studies in physics of electron and atomic collisions, multiphoton ionization, interaction of electron, ion and laser beams with surfaces, elementary processes in lasers and low-temperature plasma, physics of nanostructures, low-energy nuclear physics and radioecology.

Укладачі

А.М. Завілопуло, д. ф.-м. н.

В.І. Роман, к. ф.-м. н.

Відповідальні за випуск:

Г.М. Гомонай, д. ф.-м. н.,

Т.Ю. Попик к. ф.-м. н.

*Друкується за рішенням Вченої ради Інституту електронної фізики НАН України
21 квітня 2022 року, протокол №5*

ISBN 978-617-8127-03-9

© ІЕФ НАН України, 2022
© А.М. Завілопуло, укладач, 2022
© В.І. Роман, обкладинка, 2022

NUMERICAL SIMULATION OF PLASMA PARAMETERS OF A GAS-DISCHARGING REACTOR ON THE SYNTHESIS OF SURFACE ZINC NANOSTRUCTURES

A.O. Malinina, O.K. Shuaibov, O.M. Malinin, Bilak Yu.Yu.

*Uzhhorod National University, Uzhhorod
e-mail: antonina.malinina@uzhmu.edu.ua*

The results of studying the characteristics of a plasma-chemical reactor for the synthesis of surface micronanostructures of zinc oxide, which operated on the basis of an overvoltage nanosecond discharge between zinc electrodes in oxygen and air, are given in [1, 2]. The synthesis of similar micronanostructures based on pure zinc may also be promising. However, there are no experimental studies of the characteristics of this type of discharge between zinc electrodes in inert gases and its plasma parameters, which hinders the development of such reactors for the synthesis of surface zinc and the production of a fine zinc fraction. Therefore, modeling of the parameters of a nanosecond discharge in a He-Zn mixture is topical at the present time.

The plasma parameters were calculated by numerical simulation of the Boltzmann kinetic equation for the electron energy distribution function (EEDF) in a nanosecond discharge on a mixture of helium with zinc vapor. The mobility, temperature, density of electrons in plasma, specific discharge power losses for the main electronic processes and their rate constants are calculated depending on the value of the parameter E/N . The range of variation of the parameter $E/N=1-1000$ Td ($1 \cdot 10^{-17} - 1 \cdot 10^{-14}$, cm²) included the values of the parameter E/N , which were realized in the experiment in a discharge on a mixture of helium with zinc vapor impurities at a component ratio 101000:100 Pa.

The mean energy of discharge electrons increased from 0.3833 to 135.4 eV with an increase in the reduced electric field strength from 1 to 1000 Td. For times $\tau = 130$ ns and 170 ns from the start of discharge ignition, the mean energy was 10.54 and 8.106 eV, respectively, which corresponded to their plasma temperatures of 122264 K and 94029.6 K. The electron drift velocity was $1.97 \cdot 10^5$ m/s and $9.24 \cdot 10^4$ m/s, respectively, for a plasma field strength of $6 \cdot 10^7$ V/m, which was reached at a time of 130 ns from the beginning of the breakdown of the interelectrode gap and in time point 170 ns from the beginning of the breakdown of the interelectrode gap, respectively. The value of the electron concentration was $2.75 \cdot 10^{20}$ m⁻³ and $8.6 \cdot 10^{20}$ m⁻³ at a current density of $(8.67 - 12.75) \cdot 10^6$ A/m² on the surface of the electrodes ($S = 0.196 \cdot 10^{-6}$ m²) for the reduced electric field strength $E/N=82$ Td.

The total losses of the specific power of the discharge due to inelastic processes of collisions of electrons with helium and zinc atoms were 0.9690×10^{-14} and

1.0×10^{-14} for $E/N = 82$ and 41 Td, respectively, and they were two orders of magnitude larger than for elastic losses.

The rate constants (Fig. 1.) varied in the range k 10^{-12} - 10^{-25} m^3/s . For the zinc atom, they varied in the range $0.6379 \cdot 10^{-17} - 0.1055 \cdot 10^{-12}$ m^3/s for the reduced electric field strength $E/N=82$ Td, which existed in the discharge gap at the time of 130 ns and $0.8493 \cdot 10^{-19} - 0.1290 \cdot 10^{-12}$ m^3/s for the reduced electric field strength $E/N=41$ Td that existed in the discharge gap at the time of 170 ns.

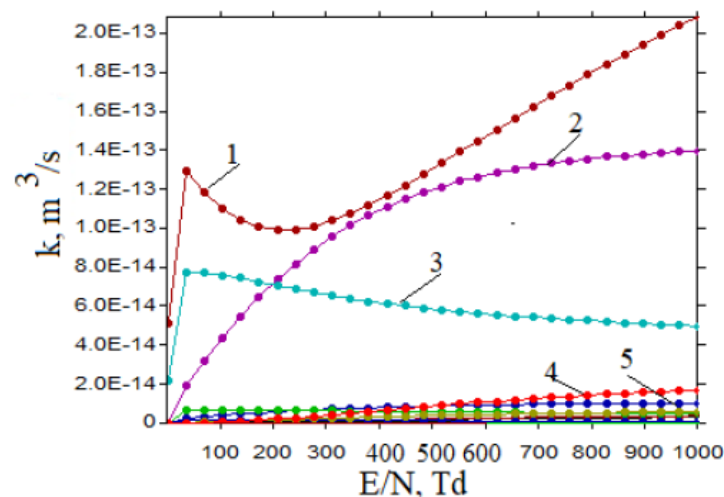


Fig.1. Dependences of the rate constants of collisions of electrons with zinc and helium atoms on the value of the parameter E/N in a discharge on a mixture of $Zn : He = 100 : 101000$ Pa: 1 - elastic scattering on zinc atoms, 2 - ionization of zinc atoms (threshold energy 9.4) - elastic scattering by helium atoms, 4 - ionization of helium atoms (threshold energy 24.58 eV), 5 - excitation of the energy level of the zinc atom (threshold energy 5.02 eV).

[1] O.K. Shuaibov, O.Y. Minya, R.V. Hrytsak, A.O. Malinina, M.I. Vatrana, Physics and Chemistry of Solid State. 22, 717 (2021).

[2] O. K. Shuaibov, R. V. Hrytsak, O. I. Minya, A. A. Malinina, Yu. Yu. Bilak, Z.T. Gomoki, Journal of Physical Studies 26, 2501 (2022).