

# АНОТАЦІЯ

## ДО ЗВІТУ З НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНОЇ ПРАКТИКИ

СТУДЕНТКИ ФМФ, 1 КУРСУ МАГІСТЕРСЬКОГО РІВНЯ ГР. ОФ-21мп

Христини Тоябіної

(ім'я та прізвище)

**На тему** Дослідження аномального тліючого розряду в коаксіальній системі електродів в азимутальному магнітному полі

**Науковий керівник** \_\_\_\_\_ доктор філософії, асистент Сергій Майкут

(науковий ступінь, вчене звання, посада, ім'я та прізвище)

**Актуальність** Тліючий розряд (ТР) широко використовується в багатьох промислових іонних приладах (стабілітрони та тиратрони), в газосвітніх лампах, спектральних джерелах в атомно-абсорбційній спектроскопії, для накачування газорозрядних лазерів, зварювання та плавки матеріалів електронною гарматою, для модифікації поверхонь твердих тіл (травлення, осадження тонких плівок), в аналітичній та плазмовій хімії.

Аномальний тліючий розряд (АТР) в інертних газах та водні використовується для обробки та очищення металевих та інших поверхонь катодів. При низьких тисках газу ( $10^{-2}$  - 1 Torr) і АТР виникає специфічне явище катодного розпилення, яке викликається іонами з енергіями, починаючи приблизно від 10 eV і вище, що падають на катод. Катодне розпилення призводить спочатку до очищення катода від забруднень, а потім – до розпилення металу катода. Це явище має самостійне значення для фізики та техніки. Помітне катодне розпилення можна викликати і при великих тисках газу (діапазон 1–100 Torr), якщо сильно нагріти катод струмом ТР.

Температура катода для тугоплавких металів може досягати 1000–1500°C. Катодне розпилення при різних тисках інертного газу використовується також для напилення плівок металів на металеві та діелектричні поверхні, а також очищення та обробки поверхонь діелектриків та напівпровідників. Зокрема, можливо застосовувати АТР при низькому тиску газу для очищення поверхонь великих деталей установок та прискорювачів заряджених частинок, що корисно для покращення відкачування, боротьби з високочастотним пробоем вакууму та підвищення електричної міцності установок.

Незважаючи на те, що вивченню ТР присвячена велика кількість робіт, досі немає повної ясності процесів, що відбуваються в катодних областях розряду: у шарі катодного падіння потенціалу, від'ємного свічення і темного фарадеєвого простору. У цих областях майже немає електричного поля, тому області від'ємного свічення та темного фарадеєвого простору найбільш чутливі до зовнішнього впливу на ТР. Ми маємо плазму, вільну від електричного поля, і в цьому разі вплив на неї магнітного поля здійснюватиметься у чистому вигляді.

Магнітне поле у ТР застосовується, наприклад, під час азотування сталі. Використання магнітних полів при іонно-плазмовому азотуванні підвищує ефективність іонізації газу та на порядок збільшує густини плазми, порівняно з безмагнітними пристроями.

Моделювання ТР у коаксіальній системі електродів і при наявності азимутального магнітного поля досі не досліджено у повному обсязі. Фізико-топологічних тривимірних моделей, аналогічних до розробленої в рамках даної роботи, не було представлено раніше, а отже, ці дослідження мають актуальність і наукову новизну.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами кафедри** державна тема: 2415п «Стволи».

**Об'єкт дослідження** нормальний тліючий розряд (НТР), аномальний тліючий розряд (АТР) в азимутальному магнітному полі, тліючий розряд (ТР) в коаксіальній системі електродів.

**Предмет дослідження** виникнення ТР в коаксіальній циліндричній системі електродів, перехід від НТР до АТР, дослідження розподілу потенціалу, густини електронів і магнітного потоку в ТР.

**Мета роботи** дослідити умови виникнення ТР та перехід від НТР до АТР в коаксіальній циліндричній системі електродів в азимутальному магнітному полі за допомоги методів фізико-топологічного моделювання і чисельного розрахунку та проаналізувати отримані результати та пов'язані з ними фізичні процеси.

**Методи дослідження** методи математичної фізики, фізико-топологічного моделювання і чисельного розрахунку для дослідження ТР у тривимірних моделях розрядної трубки з різними параметрами.

**Відомості про обсяг звіту, кількість ілюстрацій, таблиць, додатків і літературних найменувань за переліком використаних** Звіт складається з анотації, вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Робота містить у собі 36 сторінок, у тому числі: 28 сторінок основного тексту, 21 рисунок, 2 таблиці і список використаних джерел із 26 найменувань.

**Мета індивідуального завдання, використані методи та отримані результати**

1. Опрацювати літературу по темі практики;
2. Здійснити моделювання тліючого розряду з накладеним магнітним полем у тривимірному просторі;
3. Провести експериментальне дослідження запалювання тліючого розряду, та ознайомлення із впливом радіального магнітного поля на координату горіння нормально тліючого розряду;
4. Публікація результатів дослідження на конференції.

**Висновок** Під час проходження науково-педагогічної практики було розроблено фізико-топологічну тривимірну модель для дослідження ТР в коаксіальній системі електродів в азимутальному магнітному полі, досліджено і проаналізовано деякі з параметрів ТР (розподіл потенціалу і густини електронів між електродами, молярну фракцію іонів і електронний та іонний

струми), розглянуто вплив азимутального магнітного поля на ці параметри. Отримані результати потребують подальшого вивчення й аналізу і дозволяють продовжити дослідження у даній області задля написання наукової роботи для отримання ступеня магістра.

**Перелік ключових слів (не більше 20)** тліючий розряд, аномальний тліючий розряд, азимутальне магнітне поле, тліючий розряд в коаксіальній системі електродів, фізико-топологічне моделювання.

Підпис керівника

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'S. Koval', is written above a horizontal line.

## SUMMARY

### TO THE REPORT TO SCIENTIFIC AND RESEARCHING PRACTICE

STUDENT OF FMF, 2 COURSE OF THE MASTER LEVEL, GR. OF-21mp

**Toiabina Khrystyna**

---

(FULL NAME)

**On the topic** Investigation of an abnormal glow discharge in a coaxial system of electrodes in azimuthal magnetic field

**Scientific supervisor** a doctor of philosophy, assistant Maikut Serhii

---

(scientific degree, academic status, position, FULL NAME)

**Topicality** Glow discharge (GD) is widely used in many industrial ion devices (stabilitrons and thyratrons), in gas lamps, spectral sources in atomic absorption spectroscopy, for pumping gas-discharge lasers, for welding and melting materials with an electron gun, for modifying the surfaces of solids (etching, deposition of thin films), in analytical and plasma chemistry.

Abnormal glow discharge (AGD) in inert gases and hydrogen is used to treat and clean metal and other surfaces of cathodes. At low gas pressures ( $10^{-2}$  – 1 Torr) and AGD, a specific phenomenon of cathode sputtering occurs, caused by ions with energies ranging from about 10 eV and above, incident on the cathode. Cathode sputtering leads first to the cleaning of the cathode from contamination, and then to the sputtering of the cathode metal. This phenomenon is of independent importance for physics and technology. Significant cathode sputtering can be induced at high gas pressures (range 1–100 Torr) if the cathode is strongly heated by the current of GD.

The cathode temperature for refractory metals can reach 1000–1500°C. Cathodic sputtering at various inert gas pressures is used to deposit metal films on metal and dielectric surfaces, as well as to clean and treat dielectric and semiconductor surfaces. In particular, AGD can be used at low gas pressure to clean the surfaces of large parts of installations and particle accelerators, which is useful for improving pumping, combating high-frequency vacuum breakdown, and increasing the dielectric strength of installations.

Despite the fact that a large number of works have been devoted to the study of GD, there is still no complete clarity of the processes occurring in the cathode regions of the discharge: in the layer of the cathode potential drop, negative glow, and dark Faraday space. In these regions, there is almost no electric field, therefore, the regions of negative glow and dark Faraday space are most sensitive to external influence on the GD. We have a plasma that is free from an electric field, and in this case, the effect of a magnetic field on it will be carried out in a pure form.

The magnetic field in the GD is used, for example, in the nitriding of steel. The use of magnetic fields in ion-plasma nitriding increases the efficiency of gas ionization and increases the plasma density by an order of magnitude compared to non-magnetic devices.

Simulation of GD in a coaxial system of electrodes and in the presence of an azimuthal magnetic field has not yet been studied in full. Physical and topological three-dimensional models, similar to those developed in the framework of this work, have not been presented earlier, and therefore, these studies are relevant and scientifically novel.

**Relationship of work with scientific programs, plans, themes cathedra** government topic: 2415n «Barrel».

**Object of research** normal glow discharge (NGD), abnormal glow discharge (AGD) in an azimuthal magnetic field, glow discharge (GD) in a coaxial system of electrodes.

**Subject of research** the occurrence of GD in a coaxial cylindrical system of electrodes, the transition from NGD to AGD, study of potential distribution, electron density and magnetic flux in glow discharge.

**Purpose of work** to study the conditions for the occurrence of GD and the transition from NGD to AGD in a coaxial cylindrical system of electrodes in an azimuthal magnetic field using the methods of physico-topological modeling and numerical calculation. Also, it is necessary to analyze the obtained results and the physical processes associated with them.

**Research methods** methods of mathematical physics, physico-topological simulation and numerical calculation for the study of GD in three-dimensional models of a discharge tube with different parameters.

**Information about the volume of the report, the number of illustrations, tables, applications and literary names in the list of used ones** the report consists of an abstract, an introduction, three chapters, a conclusion and a list of references. The work includes 36 pages, including: 28 pages of the main text, 21 figures, 2 tables and a list of references from 26 titles.

**The purpose of the individual task, the methods used and the results obtained**

1. Work through the literature on the topic of practice;
2. Simulate a glow discharge with a superimposed magnetic field in three-dimensional space;
3. Conduct an experimental study of the ignition of a glow discharge and familiarize with the influence of a radial magnetic field on the combustion coordinate of a normally glow discharge;
4. Publication of research results at the conference.

**Conclusion** During the passage of scientific and pedagogical practice, a physical and topological three-dimensional model was developed to study the FR in a coaxial system of electrodes in an azimuthal magnetic field, some of the parameters of the FR were investigated and analyzed (potential distribution and electron density between the electrodes, molar fraction of ions, electronic and ion currents ), the influence of the azimuthal magnetic field on these parameters is considered. The results obtained require further study and analysis and allow you to continue research in this area to write a scientific paper for a master's degree.

**Keyword list (no more than 20)** glow discharge, abnormal glow discharge, azimuthal magnetic field, glow discharge in a coaxial system of electrodes, physico-topological simulation.

*Signature of the head*

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'G. Matti', is positioned above a horizontal line.

---