

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
БЕЛАРУСЬ БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра лазерной физики и спектроскопии

Шафаревич Юлия Вячеславовна

**ИОНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ГАЗОВОГО  
ОБЪЕМА ДЕТЕКТОРА  
ВРЕМЯ-ПРОЕКЦИОННОЙ КАМЕРЫ  
НАНОСЕКУНДНЫМИ ЛАЗЕРНЫМИ  
ИМПУЛЬСАМИ**

Реферат дипломной работы

Научный руководитель:  
д.ф.-м.н., проф.  
А.Л. Толстик

Научный руководитель:  
д.ф.-м.н. А.С. Федотов

Рецензент:  
зав. НИЛ каф. физ. оптики  
и прикл. информатики  
М.Н. Коваленко

Минск, 2025

## РЕФЕРАТ

**Объем работы:** 45 страниц, 43 использованных источников.

**Ключевые слова:** ЛАЗЕРНАЯ СИСТЕМА КАЛИБРОВКИ, ВРЕМЯ-ПРОЕКЦИОННАЯ КАМЕРА, ИОНИЗАЦИЯ.

**Объект исследования:** лазерная система калибровки время-проекционной камеры.

**Цель дипломной работы:** исследование распространения лазерного пучка в системе лазерной калибровки время-проекционной камеры.

**Методология исследования:** построение модели распространения лазерного пучка в оптической цепи методом трассировки лучей.

**Научная новизна исследования:** Впервые для время-проекционной камеры эксперимента MPD, NICA построена модель, позволяющая количественно связать характеристики лазерного импульса, геометрию оптики и концентрацию примеси с числом ионизованных электронов.

Разработана численная модель распространения ультрафиолетового лазерного излучения в системе калибровки время-проекционной камеры на основании метода трассировки лучей. Проведена оптимизация пространственных элементов оптической цепи. Выполнен анализ влияния угловых отклонений зеркал от идеальных положений на отклик системы, что позволило определить допустимую ошибку позиционирования оптических элементов. Выполнен расчет количества электронов ионизации, генерирующихся в рабочем газовом объеме за один лазерный импульс для различных примесей (1, 2, 3 - триметибензол и р-ксилол) в количестве 1: 10 000.

Результаты работы в настоящий момент применяются при сборке время-проекционной камеры эксперимента MPD, а также могут быть использованы при конструировании иных калибровочных систем газовых детекторов.

## РЭФЕРАТ

**Аб'ём работы:** 45 старонак, 43 літаратурных крыніц.

**Ключавыя словы:** ЛАЗЕРНАЯ СІСТЭМА КАЛІБРОЎКІ, ЧАС-ПРАЕКЦЫЙНАЯ КАМЕРА, ІЯНІЗАЦЫЯ.

**Аб'ект даследавання:** лазерная сістэма каліброўкі час-праекцыйнай камеры.

**Мэта дыпломнай работы:** даследаванне распаўсюджвання прамянёў у сістэме лазернай каліброўкі час-праекцыйнай камеры.

**Метадалогія даследавання:** пабудова мадэлі распаўсюджвання лазернага прамяня ў аптычным ланцугу метадам трасіроўкі прамянёў.

**Навуковая навізна даследавання:** Упершыню для час-праекцыйнай камеры эксперыменту MPD, NICA пабудавана мадэль, якая дазваляе колькасна звязаць характарыстыкі лазернага імпульсу, геаметрыю оптыкі і канцэнтрацыю прымешкі з лікам іянізаваных электронаў.

Распрацавана колькасная мадэль распаўсюджвання ўльтрафіялетавага лазернага выпраменьвання ў сістэме каліброўкі час-праекцыйнай камеры на падставе метаду трасіроўкі прамянёў. Праведзена аптымізацыя прасторавага элементаў аптычнага ланцуга. Выкананы аналіз уплыву кутніх адхіленняў люстэркаў ад ідэальных становішчаў на водгук сістэмы, што дазволіла вызначыць дапушчальную памылку пазіцыянавання аптычных элементаў. Выкананы разлік колькасці электронаў іянізацыі, якія генерыруюцца ў працоўным газавым аб'ёме за адзін лазерны імпульс для розных прымешак (1, 2, 3 - трыметыбензол і р-ксілол) у колькасці 1: 10 000.

Вынікі працы ў сапраўдны момант прымяняюцца пры зборцы час-праекцыйнай камеры эксперыменту MPD, а таксама могуць быць выкарыстаны пры канструяванні іншых калібровачнае сістэм газавых дэтэктараў.

## SUMMARY

**Volume of the thesis:** 45 pages, 43 references.

**Keywords:** LASER CALIBRATION SYSTEM, TIME-PROJECTION CHAMBER, IONIZATION.

**Object of the study:** laser calibration system for time-projection chamber.

**Objective of the thesis:** investigation of beam propagation in a laser calibration system of a time-projection chamber.

**Research methodology:** laser beam propagation modeling by ray tracing.

**Scientific contribution:** For the first time, a model has been constructed for the time-projection chamber of the MPD, NICA experiment, which allows quantitatively relating the characteristics of the laser pulse, the geometry of the optics and the concentration of the impurity with the number of ionized electrons.

A numerical model of the propagation of ultraviolet laser radiation in the calibration system of the time-projection chamber has been developed based on the ray tracing method. Optimization of the spatial elements of the optical chain has been carried out. An analysis of the influence of angular deviations of mirrors from ideal positions on the response of the system has been performed, which has made it possible to determine the permissible error in positioning of the optical elements. The number of ionization electrons generated in the working gas volume per laser pulse for various impurities (1, 2, 3 - trimethylbenzene and p-xylene) has been calculated in the amount of 1: 10,000.

The results of the work are currently used in assembling the time-projection chamber of the MPD experiment, and can also be used in the design of other calibration systems for gas detectors.

