

## ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ЗАКРУЧЕННЫХ ПУЧКОВ В СТЕНДЕ МИКРОУСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ

Корсунский А.К.<sup>1</sup>

Научные руководители – Дятлов А.С.<sup>2,3</sup>, Черепанов К.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГБНОУ СПб ГДТЮ Аничков лицей

<sup>2</sup>Университет ИТМО

<sup>3</sup>Объединенный институт ядерных исследований  
Artem2008info@gmail.com

Работа выполнена в рамках проекта Сириус. Лето «Создание и развитие стенда мини-ускорителя электронов на базе лабораторий Университета ИТМО»

### Введение

Стенд микроускорителя электронов — это экспериментальная установка, создаваемая в оптической лаборатории Университета ИТМО. В первую очередь она предназначена для обучения школьников основам работы источников электронов в реальных ускорителях, а также принципам управления пучками заряженных частиц и их диагностики.

### Описание оптической системы стенда микроускорителя

Схема стенда повторяет классическую схему фотоинжектора, которая используется в крупнейших научных центрах мира, таких как LCLS [1], European XFEL [2], КЕК [3] и Объединённый институт ядерных исследований [4]. В качестве ускоряющей структуры используется электронно-оптический преобразователь (ЭОП). Источником излучения служит диодный лазер непрерывного действия мощностью 5 мВт с длиной волны 650 нм, формирующий пучок радиусом 3 мм. Чтобы предотвратить деградацию фотокатода ЭОП и обеспечить точную регулировку мощности, лазерный луч проходит через систему аттенюации. Она состоит из полуволновой пластинки, поляризатора и двух отражателей. С помощью этой системы контролируется мощность излучения, падающего на фотокатод. Для расчёта изменения интенсивности использовались формулы Френеля и закон Малюса.

Одной из научных задач проекта является исследование возможности передачи орбитального углового момента от света к электронам в процессе фотоэмиссии [5]. Для формирования закрученного светового излучения были разработаны и изготовлены дифракционные вилочные решётки [6] методом лазерной гравировки на алюминиевом зеркале. При прохождении лазерного пучка через такие решётки формируются моды Лагерра–Гаусса, обладающие орбитальным угловым моментом. Предполагается, что при освещении фотокатода таким излучением часть орбитального углового момента света может передаваться испускаемым электронам.

Для повышения качества пучка и уменьшения дифракционного шума в оптическую систему может вводиться пространственная фильтрация с использованием линз и пинхола. Такая фильтрация позволяет получить более однородное излучение и упрощает анализ закрученного состояния света, создаваемого с помощью разработанных решёток. Основным диагностическим инструментом является CCD-камера, которая используется для регистрации пространственных профилей пучков. Для определения орбитального углового момента применяется метод наведённого астигматизма с использованием цилиндрической линзы [7]. В результате моды Лагерра–Гаусса преобразуются в моды Эрмита–Гаусса, что позволяет определить значение орбитального углового момента.

## Литература

1. R. Alley, V. Bharadwaj, J. Clendenin, P. Emma, A. Fisher, J. Frisch, T. Kotseroglou, R. Miller, D. Palmer, J. Schmerge, J. Sheppard, M. Woodley, A. Yermian, J. Rosenzweig, D. Meyerhofer, and L. Serafini – The design for the LCLS RF photoinjector. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 429, 324 (1999).
2. Ferrario, M., Flottmann, K., Limberg, T., Piot, P., Grigorian, B. – Conceptual design of the XFEL photoinjector. *TESLA-FEL Reports* 59 pp. (2001)
3. A. Cahill, A. Fukasawa, J. Rosenzweig, B. Spataro, A. Valloni, and L. Failace – Simulations for the high gradient, low emittance supergun RF photoinjector, in *Proceedings of LINAC2014, Geneva, Switzerland, Vol. 1* (2014) pp. 391–393.
4. A.S. Dyatlov et al., “RF Photoinjector Test Bench at DNLP JINR Status Report”, in *Proc. RuPPAC 2025*.
5. I. I. Pavlov, A. D. Chaikovskaia, and D. V. Karlovets – Generation of vortex electrons by atomic photoionization. *Phys. Rev. A* 110, L031101 (2024)
6. Svetlana N. Khonina, Andrey V. Ustinov, Mikhail S. Kirilenko, Aleksandr A. Kuchmizhak, and Alexey P. Porfirev, – Application of a binary curved fork grating for the generation and detection of optical vortices outside the focal plane," *J. Opt. Soc. Am. B* 37, 1714-1721 (2020)
7. V. V. Kotlyar, A. A. Kovalev, A. P. Porfirev – Astigmatic transforms of an optical vortex for measurement of its topological charge. *Appl. Opt.* 56 (14) (2017) 4095–4104