



DESY | Platanenallee 6, 15738 Zeuthen, Germany

Institute of Applied Physics  
46 U'yanov Street  
603950 Nizhny Novgorod  
Russia

**Dr. Mikhail Krasilnikov**

PITZ-R group leader  
mikhail.krasilnikov@desy.de

Photo Injector Test facility at DESY in  
Zeuthen (PITZ)  
<http://pitz.desy.de/>  
Platanenallee 6, 15738 Zeuthen, Germany  
Tel. +49 (0)33762-77213

11. Februar 2022

## Отзыв

на автореферат диссертации

**Кузьмина Игоря Валерьевича**

**«Управление параметрами лазерных импульсов для генерации  
электронных сгустков в фотоинжекторах»,**

представленной на соискание учёной степени кандидата физико-  
математических наук по специальности 1.3.19 – лазерная физика

В диссертации Кузьмина И. В. рассмотрены методы профилирования и диагностики пространственно-временного распределения интенсивности chirпированных широкополосных лазерных импульсов инфракрасного, видимого и УФ-диапазонов. В первой главе теоретически и экспериментально рассмотрены задачи по формированию лазерных импульсов с квазитреугольным временным распределением интенсивности и лазерных импульсов с периодической модуляцией (частота модуляции  $\sim 1$  ТГц) интенсивности. Вторая глава посвящена вопросам, связанным с сохранением пространственно-временной формы профилированных широкополосных лазерных импульсов в процессах генерации суммарной частоты. В третьей главе проведено численное моделирование кросскорреляционных схем для диагностики пространственно-временной формы второй и четвёртой гармоник лазерного излучения, а также автокоррелятора интенсивности второго порядка для измерения длительности ультракоротких лазерных импульсов ИК диапазона.

Диссертационная работа представляет несомненный интерес для создания лазерных систем, используемых для генерации электронных сгустков с высокой плотностью поперечного фазового пространства, эмитированных с катодов современных фотоинжекторов. В частности, управление распределением

Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY  
Notkestraße 85, 22607 Hamburg

Standort Zeuthen  
Platanenallee 6, 15738 Zeuthen

[www.desy.de](http://www.desy.de)

## Direktorium

Prof. Dr. Helmut Dosch  
(Vorsitzender)

Christian Haringa  
(Stv. Vorsitzender)

Prof. Dr. Beate Heinemann

Prof. Dr. Wim Leemans

Prof. Dr. Christian Stegmann

Prof. Dr. Edgar Weckert

Dr. Arik Willner, CTO  
(Bevollmächtigter des  
Direktoriums für Innovation)



11. Februar 2022

Seite 2 von 3

пространственного заряда в сгустке необходимо для минимизации нормализованного поперечного эмиттанса, ускорения электронных сгустков в поле кильватерной волны, генерации мощного терагерцового излучения в ондуляторе. Предложенные в диссертации способы формирования модулированных (частота модуляции  $\sim 1$  ТГц) лазерных импульсов видимого и УФ-диапазонов необходимы для генерации модулированных электронных сгустков, эмитированных с поверхности фотокатода, необходимых при генерации терагерцового излучения мДж уровня энергии в лазерах на свободных электронах (ЛСЭ). Контроль модуляции тока электронного пучка на резонансной ЛСЭ длине волны должен способствовать улучшению стабилизации терагерцового импульса по его основным параметрам (энергия, ширина линии, временной джиттер и т.д.).

В работе продемонстрирована возможность генерации излучения второй гармоники с сохранением формы за счет использования у взаимодействующих профилированных (в т.ч. и при наличии периодической модуляции во времени) импульсов первой гармоники частотных чирпов разного знака. Предложенный подход значительно упрощает последующую генерацию четвертой гармоники с сохранением пространственно-временной формы, что крайне важно для дальнейшей эмиссии электронных сгустков и должно способствовать более стабильному 24/7 функционированию лазерной системы в инфраструктуре фотоинжектора.

Кроме того, в работе предложен способ управления глубиной модуляции интенсивности у профилированных лазерных импульсов УФ-диапазона за счет изменения интенсивности импульса и длины нелинейного кристалла при высокоэффективном преобразовании в четвертую гармонику. Управление глубиной модуляции необходимо, поскольку большая глубина модуляции близка к делению сгустка на отдельные слои (микробанчи), что может оказать негативное влияние на поперечный нормализованный эмиттанс и общее качество электронного пучка (например, на преждевременное развитие MBI (microbunching instability) неустойчивости в линейном ускорителе, в частности в секциях для компрессии банчей). С другой стороны, малая глубина модуляции может привести к ее размыванию при распространении электронного сгустка в ондуляторе, особенно при наличии существенных сил пространственного заряда пучка.

Стоит отметить важность предложенных методов диагностики трехмерного распределения интенсивности широкополосных чирпированных лазерных импульсов с длительностью несколько десятков пс и имеющих периодическую модуляцию интенсивности в ТГц диапазоне частот. Использование кросскорреляторов на основе генерации суммарной (для лазерных импульсов



11. Februar 2022

Seite 3 von 3

видимого диапазона) и разностной (для профилированных импульсов УФ-диапазона) частоты позволят получить полную информацию о трехмерном распределении интенсивности таких импульсов. Идеи и принципы, предложенные в диссертации, могут быть реализованы в лазерной установке, используемой в ускорительном комплексе PITZ (Photo Injector Test facility at DESY in Zeuthen). Ожидается, что контроль и детальная диагностика лазерных импульсов позволит найти оптимальные параметры для PITZ фотоинжектора, копии которого являются рабочими источниками для пользовательских ЛСЭ установок FALSH и European XFEL (Гамбург, Германия).

В заключении отмечу, что представленные результаты диссертации являются достоверными и новыми. Все они ясно сформулированы и опубликованы в рецензируемых научных журналах. Автореферат диссертации написан понятным научным языком и соответствует требованиям ВАК России, предъявляемым к авторефератам диссертаций на соискание степени к.ф.-м.н. по специальности 1.3.19 - лазерная физика. Автор работы Кузьмин И.В. достоин присуждения степени кандидата физико-математических наук.

Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY  
Ein Forschungszentrum der Helmholtz-Gemeinschaft  
Platanenallee 6 | 15738 Zeuthen | Tel. 033762 7-70



Dr. Mikhail Krasilnikov

Михаил Александрович Красильников

кандидат физико-математических наук,

научный сотрудник Deutsches Elektronen-Synchrotron, Photo Injector Test facility at DESY in Zeuthen (PITZ), руководитель группы PITZ-R, заместитель руководителя отделения физики ускорителей в DESY Zeuthen.

Platanenallee 6, 15738 Zeuthen, Germany

Tel. +49 (0)33762-77213

E-mail: mikhail.krasilnikov@desy.de

Выражаю свое согласие на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации.

