

ОТЗЫВ

на Автореферат диссертации Буторина Павла Сергеевича «Эффективный плазменный источник излучения экстремально ультрафиолетового диапазона с длиной волны $\lambda=11.2$ нм для нанолитографии: особенности физических процессов и методы управления интенсивностью», представленной на соискание ученой степени по специальности 1.3.6 -оптика

Диссертационная работа П.С. Буторина, представленная Авторефератом, направлена на создание мощного точечного источника излучения экстремально ультрафиолетового спектрального диапазона ($10 < \lambda < 14$ nm). Решение этой актуальной проблемы представляет огромный практический интерес для развития многих направлений науки и техники. Среди них, прежде всего, необходимо отметить современную микроэлектронику, в частности, проекционную литографию высокого разрешения. В диссертации рассматривается один из наиболее перспективных подходов к решению данной проблемы, основанный на использовании лазерной плазмы. Излучающий плазменный сгусток создается в струе ксенона при взаимодействии с излучением мощного твердотельного лазера. Большое внимание в диссертации уделено изучению физических процессов и развитию методов управления интенсивностью излучения. Причем оригинальные оптические исследования, основанные на прозрачных физических представлениях, детально разработаны и осуществлены на высоком экспериментальном уровне.

В Автореферате автор кратко описал исследовательскую установку, в создание и совершенствование которой он внес заметный вклад и на которой были получены основные результаты диссертации. Охарактеризовал использованные в экспериментах методики, представил основные результаты, вошедшие в диссертацию, описал защищаемые положения и очертил перспективы развития полученных результатов для нанолитографии. Отметим, по нашему мнению, наиболее важные из них.

Установлена зависимость времени существования лазерной плазмы от диаметра инициирующего ее лазерного луча, что является следствием гидродинамического истечения плазмы за пределы освещаемой лазером области.

С помощью метода многозеркальной Брэгговской спектрометрии для количественных измерений мощности (энергии) излучения Хе лазерной плазмы в экстремально ультрафиолетовом диапазоне спектра получены абсолютно калиброванные спектры с разрешением $\lambda/\Delta\lambda = 25-70$ в зависимости от типа зеркала и длины волны.

Для лазерно-плазменного источника с Хе газоструйной мишенью получена рекордная конверсионная эффективность, определенная как отношение энергии, излученной плазмой в полусферу в 2%-ой полосе вокруг рабочей длины волны $\lambda = 11.4$ нм, к энергии возбуждающего лазера, переданной плазме, равная примерно 4%.

Создана оригинальная экспериментально обоснованная диагностика короткоживущей неравновесной лазерной плазмы, основанная на результатах выполненных с высоким разрешением по пространству-времени измерений поглощенной в плазме лазерной энергии. Анализ этих результатов позволяет определить пространственную структуру поглощения и характеристики плазмы – ее температуру и средний заряд ионов.

Полученные в диссертации результаты и защищаемые положения являются достоверными. Они опубликованы в высокорейтинговых научных изданиях,

неоднократно обсуждались на международных научных форумах и известны заинтересованным специалистам.

Судя по Автореферату, диссертационная работа П.С. Буторина заслуживает высокой оценки и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым Диссертационным советом ФТИ им. А.Ф. Иоффе 34.01.03.25 к кандидатским диссертациям. На этом основании считаю, что Павел Сергеевич Буторин достоин присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – оптика

Ведущий научный сотрудник

ФТИ им. А.Ф. Иоффе

доктор физико-математических наук

Николай Валентинович Калинин



Подпись Н.В. Калинина заверяю

Зам. зав. отделом кадров *Н.С. Буценко*