прямое ускорение электронов из ультратонких мишеней для диагностики лазерного импульса, сфокусированного внеосевым параболическим зеркалом

1,2Вайс О.Е., 1Бочкарев С.Г., 3Тер-Аветисян С., 1,2Быченков В.Ю.

1Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва, Россия, [ovais@lebedev.ru](mailto:ovais@lebedev.ru),  
2Центр фундаментальных и прикладных исследований, Всероссийский  
 научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова, г. Москва,  
 Россия  
3Gwangju Institute of Science and Technology, Gwangju, Republic of Korea

Современные лазерные технологии, направленные на получение мощных сверхкоротких лазерных импульсов, позволяют получать высокую пространственно-временную концентрацию энергии в остром (сверхостром) фокусе лазерного пучка. В условиях релятивистски сильных лазерных полей использование традиционных способов диагностики характеристик лазерного импульса становится затруднительным, что делает актуальной задачу поиска новых методов. Один из возможных методов диагностики интенсивности релятивистски-сильного лазерного излучения базируется на измерении характеристик напрямую ускоренных электронов при воздействии излучения на разреженный газ или ультратонкую фольгу [1]. Обычно теоретические исследования в этой области ведутся исходя из параксиального приближения лазерного поля, для которого случай острой/предельно острой фокусировки оказывается вне зоны применимости. Для корректного описания распространения сфокусированного импульса могут быть использованы решения уравнения Гельмгольца, полученные спектральным методом для описания фокусировки тонкой линзой [2], или решения, полученные на основе интегралов Стреттона-Чу для фокусировки параболическим зеркалом [3]. Разработка практических схем описания фокусировки и ускорения частиц из фокуса представляет практический интерес диагностики параметров мощного лазерного излучения.

В данной работе мы предлагаем теоретические основы нового метода диагностики лазерного импульса с помощью анализа энерго-угловых распределений вакуумно-ускоренных электронов из тонкой (сверхтонкой) фольги. В отличие от большинства работ наш подход опирается на реалистичную модель фокусировки излучения, когда оно фокусируется внеосевым параболическим зеркалом. Решение задачи нахождения лазерных полей производилось для типичных размеров зеркала в лазерно-плазменных экспериментах на основе точных интегралов Стреттона-Чу, что позволило охватить различные диапазоны остроты фокусировки вплоть до дифракционного предела. Расчет динамики электронов велся в рамках метода пробных частиц, что является оправданным, когда силы со стороны плазменного поля пренебрежимо малы по сравнению с силами, действующими со стороны лазерного импульса. Такое приближение работает при фокусировке излучения в разреженный остаточный газ в камере или на тонкую (сверхтонкую) фольгу. В расчетах были получены спектрально-угловые распределения ускоренных электронов в зависимости от фокальной интенсивности, остроты фокусировки, временной формы и пространственной структуры лазерного импульса на зеркале, что позволяет диагностировать интенсивность импульса, а также качество лазерного пучка.

Работа выполнена при поддержке РФФИ(№№ 15-02-03042, 16-02-00088, 17-02-00623).

Литература

1. Kalashnikov M., Andreev A., Ivanov K., et al, Laser. Part. Beams, 2015, **33**, 361.
2. Bochkarev S. G., Bychenkov V.Yu., Quantum Electron. 2007, **37**(3), 273; Vais O.E, Bochkarev S.G., Bychenkov V.Yu., Plasma Phys. Rep., 2016, **42**(9), 818.
3. Popov K.I., Bychenkov V.Yu., Rozmus W., Sydora R.D., Phys. Plasmas, 2008, **15**, 013108.