Локализованный разряд в плотной ксеноновой плазме
как точечный источник жесткого ультрафиолетового излучения

И.С. Абрамов, Е.Д. Господчиков, А.Г. Шалашов

Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород, Россия
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
 г. Нижний Новгород, Россия, abramov@appl.sci-nnov.ru

Создание эффективного точечного источника жесткого ультрафиолетового излучения для проекционной литографии высокого разрешения является важной задачей современной физики; в настоящее время возможности ее решения обсуждаются множеством исследовательских групп [1 – 3]. Единственным практическим способом получения такого излучения на данный момент является линейчатое излучение многозарядных ионов ряда химических элементов. Одним из наиболее перспективных является ксенон, спектр которого в условиях многократной ионизации приобретает значительное количество линий экстремально ультрафиолетового (ЭУФ) диапазона (10,5 – 11,5 нм и 13,1 – 13,9 нм) [4, 5].

Определенных успехов на пути создания такого типа источников удалось достичь в ИПФ РАН. В частности, был проведен эксперимент по поддержанию разряда в аргоновой плазме излучением гиротрона субмиллиметрового диапазона длин волн, демонстрирующий существенное увеличение среднего зарядового числа ионов при достаточно высокой концентрации плазмы (до 1016 см–3) и сравнительно небольших размерах излучающей области (порядка 1 мм) [6]. В этих экспериментах разряд поддерживался в условиях плазменного резонанса в свободно расходящемся потоке плотного газа, инжектируемого из сопла в откачиваемую камеру. Однако, спектр ионов аргона не содержит линий излучения на необходимых для проекционной литографии частотах; решение данной проблемы обеспечивается переходом к использованию ксенона в качестве рабочего вещества.

В настоящей работе рассмотрена модель источника жесткого УФ излучения на основе разряда в расширяющемся потоке ксенона в условиях резонансного нагрева электронной компоненты. Особенности формирования плазмы многозарядных ионов в таких разрядах детально разобраны авторами в [7]. На основе моделирования разряда в ксеноновой плазме сделан вывод о возможности эффективной конверсии мощности, необходимой для поддержания разряда, в излучение ионов ксенона высокой кратности, имеющих множество интенсивных линий в указанных выше диапазонах.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 14-12-00609), Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 13-02-01132) и Совета по грантам при президенте РФ для поддержки молодых ученых (грант МД-1736.2014.2). И. С. Абрамов благодарит за персональную поддержку Фонд некоммерческих программ Дмитрия Зимина «Династия».

Литература

1. M. Richardson, C.-S. Koay, et al. // J. Vac. Sci. Technol. B. 2004. V. 22, No. 2, P. 785-790.
2. Bakshi Vivek // SPIE Press Monograph. 2006. V. PM149.
3. A. Endo, H. Komori, Y. Ueno, et al. // Proc. SPIE. 2009. V. 7271, 727108.
4. S. S. Churilov, Y. N. Joshi, J. Reader // Opt. Lett.2003, V. 28, 1478
5. S. S. Churilov, Y. N. Joshi, J. Reader and R. R. Kildiyarova //Phys. Scr. 2004, V.70, 126
6. M. Yu. Glyavin, S. V. Golubev, I. V. Izotov, et al. // Applied Phys. Lett. 2014. 105, 174101.
7. И. С. Абрамов, Е. Д. Господчиков, А. Г. Шалашов. О формировании многозарядной плазмы в направленном потоке газа // Изв. вузов: Радиофизика (принята к публикации в 4 квартале 2015 г.), см. также доклад А.Г. Шалашова и др. «Теория стационарного СВЧ разряда с многозарядными ионами в расходящейся струе газа» на этой конференции.