Непрерывные оптические разряды, поддерживаемые лазерным излучением ближнего ИК-диапазона

Зимаков В.П., Кузнецов В.А., Соловьев Н.Г., Шемякин А.Н., Шилов А.О., Якимов М.Ю.

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва, Россия,
yakimov@lantanlaser.ru

В данной работе на основе проведенных в последние годы в ИПМех РАН экспериментов представлены результаты исследования новых явлений, характерных для поддержания непрерывного оптического разряда (НОР) лазерным излучением ближнего ИК-диапазона.

Для оценки пороговых значений мощности лазерного излучения для поддержания НОР можно рассчитать коэффициент поглощения лазерного излучения по формуле Унзольда –Крамерса [1]. В ближнем ИК-диапазоне такой расчет, как показали эксперименты, дает на порядок заниженные коэффициенты поглощения. Различие обусловлено тем, что спектральные переходы между высоковозбужденными группами уровней аргона и ксенона вследствие уширения в плазме при высоком давлении вносят определяющий вклад в поглощение излучения даже на длинах волн, различающихся на 10 нм и более с сильными спектральными линиями. Вследствие этого в широком диапазоне 0,96 – 1,09 мкм пороговые значения мощности поддержания НОР оказываются на уровне нескольких десятков ватт в ксеноне и нескольких сотен ватт в аргоне в исследованном диапазоне давлений 10-25 бар.

Структура и характеристики плазмы НОР демонстрируют сильную зависимость от рефракции лазерного излучения на градиентах плотности электронной и нейтральной компонент плазмы. Особенность диапазона 1 мкм состоит в том, что вклад электронной и нейтральной компонент в рефракцию оказываются одного порядка величины, с преобладанием рефракции на нейтральной компоненте, тогда как в области 10 мкм преобладает рефракция на свободных электронах плазмы. Вследствие этих различий наблюдаются новые эффекты: образование структур с двумя или тремя максимумами температуры в плазме, бистабильность НОР, когда в одних и тех же условиях могут реализоваться два локально стабильных состояния плазмы, сильно отличающихся размерами плазмы и долей поглощаемой мощности излучения поддерживающего лазера [2].

Вследствие высокой температуры плазмы и ее локализации в области перетяжки сфокусированного лазерного луча НОР имеет ряд преимуществ как источник излучения высокой яркости [3]. Как правило, увеличение мощности излучения поддерживающего лазера приводит к увеличению доли поглощаемой плазмой мощности и eё спектральной яркости. Повышение давления газа также дает рост коэффициента поглощения лазерного излучения, плотности диссипации мощности и яркости плазмы. Однако при этом растут и эффекты рефракции. Если влияние рефракции не скомпенсировано, увеличение мощности и давления может приводить к снижению яркости и устойчивости плазмы. Среди факторов, компенсирующих рефракцию, можно выделить фокусировку лазерного излучения, воздействие на плазму конвективными потоками, а также выбор длины волны лазерного излучения вдали от сильных спектральных линий поглощения.

Авторы признательны за поддержку РФФИ (грант №13-08-00141) и НТО «ИРЭ-Полюс».

Литература

1. Райзер Ю.П. Физика газового разряда / М.: Наука, 1992. С. 130-133.
2. Zimakov V.P., Kuznetsov V.A., Shemyakin A.N., Solov'yov N.G., Shilov A.O., Yakimov M.Yu. Bistable behavior of a continuous optical discharge as a laser beam propagation effect // Proc. SPIE 8600-02-01-12, 2013.
3. Smith D.K. et al. Laser driven light source // US patent # 7,435,982, 2008.