УДК 621.373.8

DOI: 10.17223/00213411/63/12/25

HONGDA LI², Ю.Н. ПАНЧЕНКО¹, М.В. АНДРЕЕВ¹, А.В. ПУЧКИН¹,
С.А. ЯМПОЛЬСКАЯ¹, В.Ф. ЛОСЕВ¹, С.С. АНУФРИК³

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ РАЗРЯДНОЙ ПЛАЗМЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ KrF-ЛАЗЕРА *

Представлены результаты исследований электроразрядного KrF-лазера с удельной энергией импульса излучения ~ 6 Дж/л, при внутреннем КПД по энергии более 4 %. Показано формирование различных типов неустойчивостей в объемном разряде в зависимости от начальной неоднородности электрического поля разрядного промежутка и парциального состава газовой смеси. Продемонстрирована возможность устойчивого горения разряда в течение нескольких полупериодов тока накачки.

Ключевые слова: KrF-лазер, неоднородность разряда, КПД лазера.

Введение

Известно, что эксимерные лазеры являются наиболее эффективными и мощными источниками излучения в ультрафиолетовом (УФ) диапазоне спектра. Однако, так как зажигаемый объемный разряд, в газах высокого давления включающий в себя галогениды, по своей природе неустойчив, то, как правило, используют два типа генераторов для накачки эксимерных лазеров. В первом случае, от одного источника тока происходит формирование объемного разряда, затем от другого идет поддержание его горения [1]. Во втором случае, формирование и накачка разряда происходят от одного генератора, что позволяет существенно упростить электрическую схему накачки и соответственно сделать ее более конкурентоспособной при производстве технологических лазеров.

Однако в данном случае возможности повышения энергии генерации и КПД лазера ограничиваются существующей длительностью импульса излучения, которое, как правило, не превышает 10–20 нс. Малая длительность лазерного пучка обусловлена сложностью удержания объемного разряда ввиду развития в нем различных типов токовых неустойчивостей, которые и приводят к прекращению генерации [2–5]. Данный эффект наиболее явно проявляется с ростом удельной мощности накачки (более 1 МВт/см³), а также ее длительности (более 50 нс).

Таким образом, цель работы – изучение условий формирования токовых неустойчивостей в разрядной плазме и их влияния на характеристики излучения KrF-лазера при повышенных удельных мощностях накачки.

Экспериментальная установка и методики измерений

Экспериментальные исследования проводились на электроразрядном импульсно-периодическом KrF-лазере серии ELF. KrF-лазер имел энергию генерации $E \approx 0.5$ Дж, длительность импульса на полувысоте интенсивности (FWHM) 20 нс, частота повторения импульсов до 100 Гц [6]. Накачка KrF-лазера осуществлялась по классической двухконтурной электрической схеме с перезарядкой конденсаторов (рис. 1). Автоматическая УФ-предыонизация осуществлялась от искровых промежутков при протекании через них тока перезарядки конденсаторов. В качестве коммутатора использовался тиратрон ТПИ1-10к/20. Зарядное напряжение изменялось в диапазоне 18–24 кВ. Параметры электрической схемы накачки были следующими: емкости конденсаторов $C1$ и $C2$ – 57.4 и 37.4 нФ соответственно, значения индуктивностей $L2$ – 120 нГн и $L3$ – 4 нГн. Длина электродов была равна 450 мм, межэлектродное расстояние – 21.4 мм. Радиус рабочей поверхности электродов R изменялся от 80 до 120 мм. Длина резонатора – 80 см, зеркала имели коэффициенты отражения 0.07 и 0.99.

Форма импульсов тока и напряжения на разрядной емкости $C2$ регистрировались с помощью токового шунта и резистивного делителя напряжения. Измерение временной формы лазерного из-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 20-08-00371-а, 20-58-00008 Бел_а).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>