

Филаментация острогофокусированного ультракороткого лазерного излучения на 800 и 400 нм. Измерения нелинейного коэффициента преломления воздуха

О.А. Букин², Е.Е. Быкова¹, Ю.Э. Гейнц¹, С.С. Голик³,
А.А. Землянов¹, А.А. Ильин³, А.М. Кабанов¹,
Г.Г. Матвиенко¹, В.К. Ошлаков¹, Е.Б. Соколова^{3*}

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1

²Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 5

³Дальневосточный государственный университет
690950, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

Поступила в редакцию 26.12.2010 г.

Представлены результаты экспериментальных исследований динамики филаментации мощных ультракоротких импульсов Ti:Sa-лазера с длиной волны 800 и 400 нм при их острой фокусировке в воздухе. Получены зависимости положения и размеров плазменного канала, формирующегося в зоне нелинейного фокуса пучка, от мощности в лазерном импульсе. Из обработки данных зависимостей в рамках теории самофокусировки лазерного излучения определено эффективное значение нелинейного коэффициента преломления воздуха, связанного с оптическим эффектом Керра, для двух длин волн лазера.

Ключевые слова: ультракороткое лазерное излучение, филаментация, острая фокусировка, плазменный канал, эффект Керра, нелинейный коэффициент преломления; ultrashort laser radiation, filamentation, sharp focusing, plasma channel, Kerr-effect, nonlinear index of refraction.

Введение

Самофокусировка мощных ультракоротких импульсов лазерного излучения относится к числу физических явлений, в которых наиболее ярко проявляется оптическая нелинейность среды, и приводит к целой гамме эффектов, таких как филаментация пучка [1, 2], плазмообразование [3], коническая эмиссия [4], генерация суперконтинуума [5], эмиссия волн в сантиметровом диапазоне [6]. Наиболее полно современное состояние проблемы представлено в обзорах [7–9] и монографиях [10–12].

Физической причиной самофокусировки является кубическая оптическая поляризуемость среды $\chi^{(3)}$ (нелинейность керровского типа), вызывающая самонаведенное увеличение показателя преломления

в областях повышенной интенсивности излучения и последующее прогрессирующее сжатие лазерного пучка в поперечном направлении. В газах коллапсу пучка препятствует возникающая в результате фотоионизации молекул плазма. Внутри лазерного пучка формируются динамические высокоинтенсивные структуры, устойчивые к возмущениям на достаточно протяженном участке трассы — так называемые световые филаменты. В экспериментах по филаментации фемтосекундного излучения, как правило, регистрируется след филаментов в виде светящихся в видимой области каналов, излучение которых обусловлено сплошным спектром, полосами молекулярного азота, линиями атомов и ионов азота и кислорода.

Особенностью филаментации острофокусированного ультракороткого излучения в отличие от параллельного (коллимированного) пучка является то, что филаментация реализуется в малом объеме фокальной перетяжки. При этом в нелинейном фокусе могут быть достигнуты экстремальные плотности мощности световой волны [13–15], близкие по порядку к внутриатомным величинам, радиус плазменной колонки может доходить всего до нескольких микрон при характерной длине несколько миллиметров [15]. Создание таких микромасштабных

* Олег Алексеевич Букин (o_bukin@mail.ru); Елена Евгеньевна Быкова (bee@iao.ru); Юрий Эльмарович Гейнц (ygeints@iao.ru); Сергей Сергеевич Голик (golic_s@mail.ru); Александр Анатольевич Землянов (zaa@iao.ru); Алексей Анатольевич Ильин (triplecks@mail.ru); Андрей Михайлович Кабанов (kam@iao.ru); Геннадий Григорьевич Матвиенко (megg@iao.ru); Виктор Константинович Ошлаков (ovk@iao.ru); Екатерина Борисовна Соколова (mastapes@mail.ru).