

УДК 530.182, 535.15

DOI: 10.17223/00213411/63/9/157

*Ю.Э. ГЕЙНЦ, А.А. ЗЕМЛЯНОВ, О.В. МИНИНА***ДИФРАКЦИОННО-ЛУЧЕВАЯ ОПТИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ В УСЛОВИЯХ НОРМАЛЬНОЙ ДИСПЕРСИИ В ВОЗДУХЕ ***

Представлены результаты теоретического исследования распространения фемтосекундных импульсов титан-сапфирового лазера в условиях нормальной дисперсии в воздухе. Использование метода дифракционно-лучевых трубок для анализа численных решений нелинейного уравнения Шредингера в дисперсионной среде с керровско-плазменной нелинейностью позволило определить основные закономерности самофокусировки и филаментации фемтосекундных лазерных импульсов в воздухе при различных длительностях импульса, начальных радиусах пучков, пиковых мощностях излучения. Показано, что в случае влияния дисперсии групповой скорости при увеличении начального радиуса лазерного пучка происходит срыв филаментации даже при больших значениях сверхкритической мощности. Показано, что при возрастании дисперсионных искажений импульса происходит увеличение радиуса энергетически пополняющей дифракционно-лучевой трубки, угловой расходимости постфиламентационного светового канала и нормированной на длину Рэлея координаты нелинейного фокуса для центральных временных слоев лазерного импульса и интегральной картины.

Ключевые слова: фемтосекундные лазерные импульсы, самофокусировка, филаментация, дифракционно-лучевая трубка, дисперсия групповой скорости.

Введение

Фундаментальные исследования распространения фемтосекундных лазерных импульсов в оптических средах на сегодняшний день нашли применение в решении широкого круга прикладных задач, к которым относятся и задачи атмосферной оптики [1]. В частности, для фемтосекундной оптики атмосферы важно передавать лазерную энергию на протяженных трассах, проводить дистанционное зондирование окружающей среды и разряд грозových облаков. Основой для решения данных задач являются особенности распространения фемтосекундных лазерных импульсов – их самофокусировка и филаментация. Указанные явления обусловлены пространственно-временной модуляцией фазы и амплитуды светового поля, что приводит к значительным изменениям спектральных, энергетических и пространственных характеристик излучения. Так, при распространении фемтосекундных лазерных импульсов формируются нелинейные фокусы, образуются плазменные каналы, происходит генерация суперконтинуального свечения, конической эмиссии и терагерцового излучения [2].

Согласно результатам исследований, выполненных в [3], в некоторых случаях распространение фемтосекундных лазерных импульсов происходит в условиях сильного влияния дисперсии групповой скорости (ДГС). Так, например, в [4, 5] указано, что дисперсия противодействует коллапсу импульса. В связи с тем, что основная часть исследований атмосферы с помощью фемтосекундных лазеров проводится в видимой и ближней инфракрасной областях спектра, особая актуальность изучения влияния ДГС на самофокусировку и филаментацию лазерных импульсов связана с нормальной дисперсией. Имеющиеся же на сегодняшний день результаты исследований роли ДГС в формировании картины самофокусировки и филаментации в основном касаются аномальной дисперсии, характерной для распространения импульсов из указанных областей спектра в конденсированных средах, например в плавленом кварце [6] и стекле К8 [7]. Следует также отметить, что для оценки роли ДГС важное значение имеет уровень мощности, поскольку, в соответствии с [3], считается, что при мощностях чуть больше критической [2] дисперсия воздуха может остановить самофокусировку излучения. Это связано с тем, что при самофокусировке импульсов указанной мощности для миллиметровых лазерных пучков может реализоваться ситуация, когда дисперсионная длина окажется наименьшим масштабом из характерных продольных длин задачи [8, 9], что приведет к падению пиковой мощности и, таким образом, к невыполнению условий самофокусировки.

* Работа выполнена в рамках проекта № АААА-А17-117021310143-2, финансируемого Минобрнауки России.

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>