

Главная » Оптика атмосферы и океана » 2019 (25) » Труды

XXV Международный Симпозиум “Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы”

30 июня - 5 июля 2019 года, Новосибирск



NOVOSIBIRSK 2019

ATMOSPHERIC and OCEAN OPTICS. ATMOSPHERIC PHYSICS



Труды

Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Материалы XXV Международного симпозиума.

Электронный ресурс

Томск: Издательства ИОА СО РАН.

ISBN 978-5-94458-176-1

© ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2019

Содержание

1. [Пленарные доклады](#)
2. [Конференция А. Молекулярная спектроскопия и атмосферные радиационные процессы](#)
3. [Конференция В. Распространение излучения в атмосфере и океане](#)
4. [Конференция С. Исследование атмосферы и океана оптическими методами](#)
5. [Конференция D. Физика тропосферы](#)
6. [Конференция Е. Физика средней и верхней атмосферы](#)

2002 (9)

2001 (8)

2000 (7)

1999 (6)

МОЛЕКУЛЯРНАЯ
СПЕКТРОСКОПИЯ ВЫСОКОГО
РАЗРЕШЕНИЯ

ИМПУЛЬСНЫЕ ЛАЗЕРЫ НА
ПЕРЕХОДАХ АТОМОВ И
МОЛЕКУЛ

РАБОЧАЯ ГРУППА "АЭРОЗОЛИ
СИБИРИ"

РАСПРОСТРАНЕНИЕ
РАДИОВОЛН

КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ
УЧЕНЫХ
"МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ,
ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИЯ"

XXV МЕЖДУНАРОДНАЯ

ДИСПЕРСИОННОЕ ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРЫ НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСА

^{1,2}Бабушкин П.А., ¹Бурнашев А.В., ¹Иглакова А.Н., ^{1,2}Матвиенко Г.Г., ¹Ошлаков В.К.

¹*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

²*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

bra@iao.ru, bvaleksey@iao.ru, ian@iao.ru, matvienko@iao.ru, ovk@iao.ru

Ключевые слова: лидар, фемтосекундный, длительность, дисперсия, влажность.

Аннотация: Использование явлений самовоздействия фемтосекундного лазерного излучения остается актуальной проблемой многочастотного лазерного зондирования атмосферы. При распространении в атмосфере, помимо трансформации спектральных и пространственных характеристик излучения, на участке самофокусировки происходит дисперсионное изменение длительности.

В докладе обсуждаются результаты экспериментов по учёту влияния дисперсии атмосферного воздуха на длительность фемтосекундного импульса распространяющегося в атмосфере

В результате взаимодействия излучения высокой интенсивности со средой реализуется динамический баланс между керровской самофокусировкой излучения в среде и его дефокусировкой в наведенной лазерной плазме, что приводит к формированию протяженного плазменного образования – филамента. Филаментация сопровождается генерацией направленного излучения суперконтинуума, которое рассматривается как перспективное средство при многочастотном лазерном зондировании атмосферы.

Работы [1,2], проводимые по управлению положением точки начала филаментации, показали, что позиционирование эффективно осуществляется при изменении начальной энергии излучения E_0 или длительности τ_0 посредством изменения индекса начальной фазовой модуляции (ФМ) импульса. Но длительность импульса даже без начальной ФМ изменяется при распространении в оптически прозрачной среде за счет материальной дисперсии [3]. Дисперсионное распывание характеризуется длиной дисперсионного распывания

$$L_{др} = \frac{\tau_0^2}{2|k''(\omega_n)|} \quad (1)$$

где τ_0 - начальная длительность импульса;

$k''(\omega_n)$ – величина обратная групповой скорости волнового пакета.

На расстоянии $L_{др}$ длительность импульса увеличивается в $\sqrt{2}$ раз.

Как известно, пары воды являются оптически активным компонентом атмосферы. Конечно, мы также должны предполагать, что в атмосфере кроме паров воды существенное влияние на дисперсионное распывание длительности импульса может оказывать

присутствующий аэрозоль другого рода. Теоретически, если влияние атмосферного аэрозоля не существенно, то в смеси воздуха и паров воды кривая $L_{др}$ при нулевой начальной ФМ должна проходить между двумя кривыми описывающими поведение длительности импульса.

Для проверки этой гипотезы были проведены измерения длительности импульса фемтосекундного лазера Tif-50 в коридоре ИОА СО РАН. Схема эксперимента представлена на рисунке 1. Измерения проводились на длине волны $\lambda=801,22 \pm 0,23$ нм с FWHM=16,9±0,1 нм и частотой следования импульсов $f_{\text{ср}}=80,6$ МГц при неизменной влажности $\varphi=50\%$ (усреднённые по массиву данных значения). Контроль влажности осуществлялся непосредственно в точке проведения измерений. Длина волны лазера находится вдали от полос поглощения паров воды и других атмосферных газов.

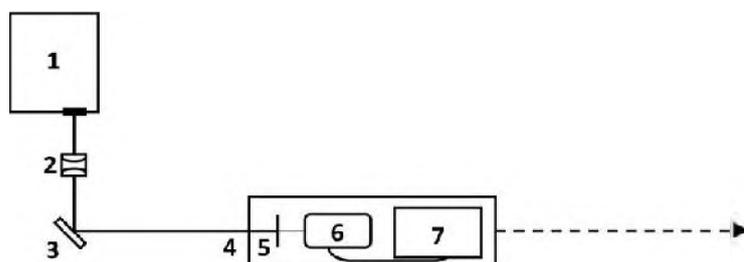


Рисунок 1 – Схема проведения эксперимента: 1 – лазер Tif-50; 2 – коллиматор; 3 – диэлектрическое поворотное зеркало; 4 – стол; 5 – светофильтр (НС10, НС9, НС8, НС7, НС6, НС2, НС1 и их комбинации); 6 – автокоррелятор AA-10D; 7 – осциллограф Tektronix MDO 3000

Излучение лазера через коллиматор и поворотное диэлектрическое зеркало выводилось на атмосферную трассу. Через каждый метр проводились измерения длительности импульса используя автокоррелятор AA-10D. Автокоррелятор соединен с осциллографом Tektronix MDO 3000. Перед коррелятором в каждой точке устанавливались нейтральные светофильтры для снижения мощности входного потока. Поправка на изменение длительности излучения, прошедшего оптические элементы, была сделана на основе [4].

На рисунке 2 представлены экспериментальные данные совместно с теоретическими кривыми для дисперсионного расплывания для воздуха и паров воды (1). Использовались табулированные данные зависимости показателя преломления от длины волны, расчет по формуле Коши. При этом предполагается, что среды обладают нормальной дисперсией – не сообщают ФМ распространяющемуся излучению. Каждое значение на графике - результат статистической обработки по ста реализациям автокорреляционной функции. Для каждого значения обозначены доверительные интервалы.

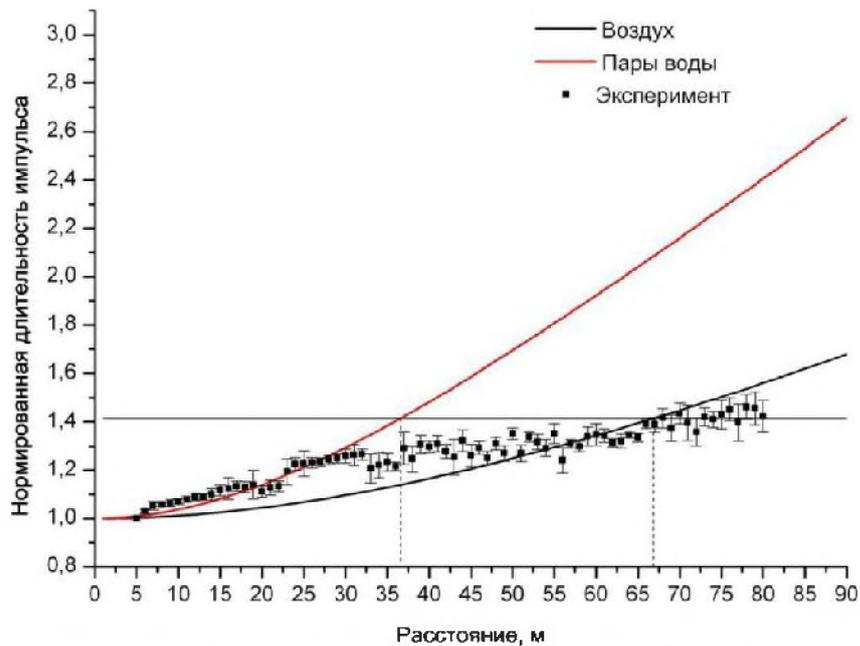


Рисунок 2 – Экспериментальные данные измерений длительности фемтосекундного импульса на трассе 80м. Кривые – оценка по (1) длины дисперсионного расплывания в воздухе и парах воды фемтосекундного импульса с длиной волны $\lambda = 801$ нм, нулевой начальной фазовой модуляцией.

Изменение длительности импульсов для атмосферы (смеси воздуха и паров воды) находится в ожидаемом диапазоне значений на расстояниях, примерно, до 55м. До расстояния 30м наблюдаемые значения ложатся на кривую зависимости длительности импульса от расстояния для паров воды. До расстояния 65м наблюдаемые значения находятся в интервале между кривыми для сухого воздуха и паров воды. «Замедленное» увеличение длительности, которое наблюдается, примерно, в диапазоне от 30 до 80 м, может быть связано с реализацией условий формируемых неоднородностью оптической плотности составляющих атмосферу на разных участках трассы.

Одним из возможных вариантов объяснения результатов может быть следующее. Соотношение (1) справедливо для излучения с нулевой начальной ФМ, но и сама среда может придавать ФМ распространяющемуся излучению [5]. Гауссов импульс с линейной частотной модуляцией описывается выражением

$$A(t) = A_0 \exp[-t^2(1 + i\gamma)/\tau_0^2] \quad (2)$$

Спектрально-ограниченный импульс ($\gamma=0$), попадая в диспергирующую среду, может изменить индекс фазовой модуляции. При этом в среде распространения в зависимости от знака

индекса фазовой модуляции импульс может как увеличить дисперсионное распыливание, так и сначала испытать временное сжатие, а затем – распыливание.

Не исключена возможность компенсации дисперсионного распыливания импульса его временным «сжатием» под влиянием изменения индекса фазовой модуляции. Здесь также просматривается аналогия с пространственным изменением импульса (его сечением), когда при определенном соотношении между показателями преломления вне и в сечении импульса реализуются условия самоканалирования (полного внутреннего отражения).

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ №18-77-00028.

1. Шленов С. А., Марков А. И. Управление филаментацией фемтосекундных лазерных импульсов в турбулентной атмосфере // Квантовая электроника, 2009, Т. 39. № 7. С. 658–662.

2. Алексимов Д.В., Землянов А.А., Иглакова А.Н. и др. Филаментация тераваттных лазерных импульсов на стометровой атмосферной трассе. // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т.28. №3. С. 274-277.

3. Бирмонтас А., Васильюскас В., Пискаркас А. и др. Дисперсионное распыливание фемтосекундных световых импульсов в кристаллах, воздухе и воде // Квантовая электроника. 1985. Т.12. №6. С. 1191-1195.

4. Ковалева С.Ф. О возможности управления положением точки генерации суперконтинуума филаментированных фемтосекундных импульсов на трассе зондирования // Конференция студенческих научно-исследовательских инкубаторов: сб.тр. тр. XII всероссийской конф.- Томск, 2015.- С. 159-162.

5. Ахманов С.А., Выслоух В.А., Чиркин А.С. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. М.: Наука. Гл. ред. физ. - мат. лит., 1988. - 312 с.