

Влияние фазы низкочастотного поля на динамику генерации трехуровневой системы

Абрамов Илья Евгеньевич

аспирант

Андреев Анатолий Васильевич

профессор, доктор физико-математических наук

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: abramov.ilya@gmail.com

Интерес в изучении нестационарных когерентных процессов в многоуровневых средах в последние двадцать лет только возрастает. И это обусловлено тем многообразием эффектов, которые возникают в данных системах, и возможностями, которые открываются при их использовании. Например, в спектроскопии и магнитометрии высокого разрешения, квантовых вычислениях, лазерном охлаждении и т.д. Управление динамикой излучения в многоуровневых средах посредством изменения фазы управляющего поля выглядит перспективным, к примеру: фазовый контроль спонтанного излучения [1] или безынерционного усиления [2].

Настоящая работа посвящена исследованию процесса генерации трехуровневой среды в зависимости от величины управляющего поля. Рассматривается V-конфигурация трехуровневой среды (см. рис. 1) под действием управляющего поля, резонансного низкочастотному переходу. На основе уравнений для матрицы плотности и уравнений Максвелла проведено численное моделирование динамики генерации излучения. Анализируя полученные решения, была продемонстрирована и качественно объяснена сложная зависимость параметров генерируемых импульсов от фазы управляющего поля. На рис. 2 изображена зависимость максимального значения интенсивности генерируемых импульсов от величины управляющего поля. Также была исследована симметрия зависимостей параметров импульсов от управляющего поля при различных соотношениях времен релаксации трехуровневой системы. В результате исследований можно говорить об огромной роли фазы управляющего поля в процессе генерации в многоуровневых средах.

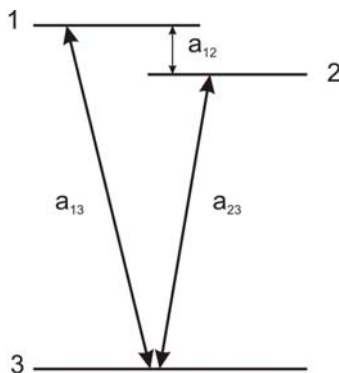


Рис. 1 Схема уровней энергии V-конфигурации трехуровневой среды

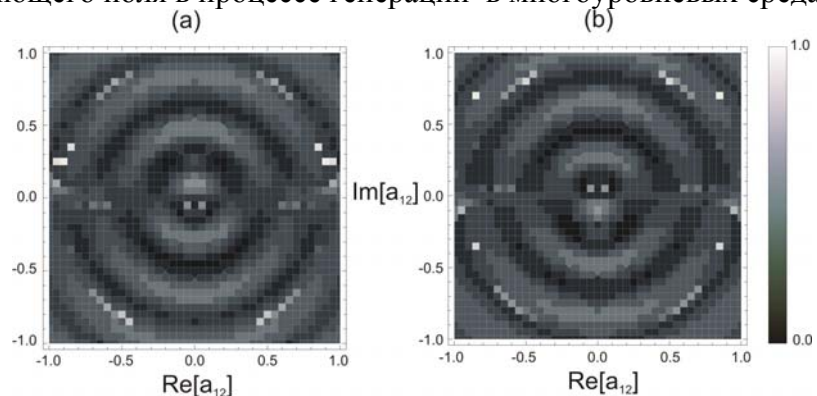


Рис. 2 Зависимость максимальной интенсивности генерируемых импульсов a_{13} (a) и a_{23} (b) от величины управляющего поля a_{12} .

Литература:

1. E. Paspalakis, P.L. Knight (1998) Phase control of spontaneous emission // Physical Review Letters, № 81, p. 293
2. M.A. Anton *et al.* (2004) Control of the inversionless gain and refractive index in a V-type atom via squeezed vacuum and quantum interference // Physical Review A, №69, p. 023801

**Нелинейные процессы при удвоении периода автомодуляционных колебаний в
кольцевом твердотельном лазере**

Камышева Арина Александровна

аспирант

МГУ им. М.В.Ломоносова, e-mail: kamysheva_arina@mail.ru

Чекина Светлана Николаевна

научный сотрудник, кандидат физико – математических наук

НИИЯФ МГУ имени Д.В. Скобельцына, Москва, Россия

e-mail: shec@rambler.ru

Кольцевые автономные лазеры являются сложными нелинейными системами, в которых возможно возбуждение большого числа различных режимов двунаправленной и однонаправленной генерации. Данный тип лазеров широко используется в науке и технике, благодаря высокой стабильности и чувствительности к наличию малых оптических невязимостей. Но в таких лазерах слабо изучены такие нелинейные эффекты, как параметрический, стохастический и когерентный резонансы.

В настоящей работе экспериментально исследованы особенности эволюции нелинейной динамики автономного двунаправленного кольцевого лазера на кристалле Nd:YAG с полупроводниковой накачкой, работающего в автомодуляционном режиме первого рода, в зависимости от превышения мощности накачки порогового значения и мощности шумового воздействия. Была продемонстрирована возможность возникновения ряда нелинейных эффектов (параметрического резонанса, бифуркации удвоения периода автоколебаний и возникновения шумовых предвестников).

В ходе работы был проведен экспериментальный и численный анализ нелинейных явлений, возникающих в кольцевом твердотельном лазере, работающем в автомодуляционном режиме первого рода, при приближении к точке бифуркации удвоения периода автомодуляционных колебаний и внутри области удвоения. Экспериментально обнаружены шумовые предвестники бифуркации удвоения. Исследованы спектральные и временные зависимости автоколебаний от превышения пороговой мощности накачки. Показано, что параметрическая синхронизация частот автомодуляционных и релаксационных колебаний может приводить к значительному уменьшению ширины спектрального пика, соответствующего частоте автомодуляции. Установлено, что амплитудная невязимость кольцевого резонатора приводит к различию бифуркационных диаграмм, временных зависимостей и спектров мощности для встречных волн излучения. Величина амплитудной невязимости оказывает также определяющее влияние на ширину области параметрической синхронизации.

Проведены исследования по влиянию шумового возмущения на характер генерации лазера. Обнаружен эффект стохастического резонанса в кольцевом лазере. Проанализированы полученные зависимости ширины и амплитуды пиков, соответствующих автомодуляционным и релаксационным частотам, от превышения порогового уровня накачки. Замечено, что расстояние между пиками шумовых предвестников зависит от интенсивности шума.

Численно показано, что причиной возникновения наблюдаемых нелинейных эффектов является параметрическое взаимодействие автомодуляционных и релаксационных колебаний, возникающее при определенном соотношении параметров.

Литература

1. Анищенко В.С., Нейман А.Б., Мосс Ф., Шиманский – Гайер Л. (1999) Стохастический резонанс как индуцированный шумом эффект увеличения степени порядка // Успехи физических наук, том 169, №1, 7-38.
2. Кравцов Н.В., Ларионцев Е.Г. (2006) Нелинейная динамика твердотельных лазеров // Квантовая электроника 36, 192.

Проявление астигматизма активной среды в синхронизации поперечных мод в Nd:YAG лазере с продольной диодной накачкой

Кострюков Павел Владимирович

аспирант

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: kostryukov_p@mail.ru

Использование продольной диодной накачки позволяет достигать высокой эффективности, в том числе за счет формирования неоднородного профиля усиления. В ряде работ для лазеров с неоднородной продольной накачкой и резонаторами небольшой (до 25см) длины для некоторых конфигураций резонатора наблюдались распределения интенсивности со сложной кольцевой структурой [1,2]. Возникновение критических конфигураций, обеспечивающих формирование сложных полей, связывают с частотным вырождением мод пустого резонатора, которое реализуется, если g -параметры резонатора удовлетворяют условию

$$\frac{\arccos \pm \sqrt{g_1 g_2}}{\pi} = \frac{r}{s},$$

где $\frac{r}{s}$ – несократимая дробь, характеризующая вырождение. Основная мода в случае возникающего здесь эффекта синхронизации поперечных мод представляет собой суперпозицию сфазированных мод пустого резонатора с определенными значениями поперечных индексов.

В большинстве твердотельных пикосекундных лазеров используются резонаторы больших длин (порядка 1м). В данной работе исследуется поведение пространственной структуры излучения Nd:YAG лазера с продольной диодной накачкой с двухзеркальным резонатором, образованным плоским зеркалом на одной из граней активной среды и выходным сферическим зеркалом с радиусом кривизны 150см. В эксперименте длина резонатора менялась от 45см до 140см. Обнаружено качественно иное поведение пространственной структуры излучения в окрестности вырожденных конфигураций по сравнению с аксиально-симметричным случаем [3], реализующимся для резонаторов малых длин. Вдали от вырожденных конфигураций распределения интенсивности близки к гауссовым. В окрестности каждой проявляющейся вырожденной конфигурации четко выделяются две длины резонатора L_x и L_y , для которых распределения интенсивности расширяются в двух соответствующих поперечных направлениях. Эти направления перпендикулярны друг другу и поворачиваются при вращении активной среды относительно оси резонатора. Результаты численных расчетов, учитывающих пространственно неоднородное усиление и астигматизм активной среды, находятся в хорошем согласии с экспериментальными. Для длин L_x и L_y реализуются суперпозиции эрмит-гауссовых мод пустого резонатора с нулевым первым и вторым поперечными индексами соответственно. Собственные оптические силы активной среды D_x и D_y могут быть найдены непосредственно из измерений L_x и L_y без привлечения численного моделирования. Значения D_x и D_y , измеренные для пяти различных кристаллов Nd:YAG одинаковой геометрии ($\emptyset 5\text{мм} \times 5\text{мм}$), лежат в диапазоне от -0.028м^{-1} до $+0.20\text{м}^{-1}$.

Литература

1. Wu H.-H., Shen C.-C., Chen T.-W., Wei M.-D., Hsieh W.-F. *Opt. Commun.*, **165**, 225-229 (1999).
2. Ozygun B., Zhang Q., *Appl. Phys. Lett.*, **71**, 2590-2592 (1997).
3. Горбунков М.В., Кострюков П.В., Телегин Л.С., Тункин В.Г., Яковлев Д.В., *Квантовая электроника*, **37**, 173-180 (2007).

Импульсная фазовая спектроскопия отражения в ТГц диапазоне частот¹

Кулешов Евгений Андреевич²

студент каф. ОФиВП. Физический факультет

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: evgeniy_kuleshov@mail.ru

Введение: ТГц спектроскопия на сегодняшний день является перспективным инструментом исследования например колебательных переходов в биомолекулах. Кроме того ТГц излучение применяется в задачах обнаружения и диагностики. Особую сложность и интерес представляют белки, в естественной среде (воде).

Современный способ получать ТГц импульсы основан на эффекте оптического выпрямления в нелинейном кристалле. В широкополосном фемтосекундном лазерном импульсе различные спектральные компоненты вычитаются друг из друга, генерируя низкочастотную компоненту в ТГц диапазоне. Полученный импульс является когерентным и сверхкоротким (из 1.5 периодов колебаний). На этом принципе создан и работает ТГц спектрометр.

Целью настоящей работы являлась модификация спектрометра, для фазовой спектроскопии отражения в ТГц диапазоне, и его экспериментальная апробация на веществах разного типа.

Модель и эксперимент: Из экспериментальной зависимости коэффициента поглощения α и показателя преломления n , измеренных в схеме «на пропускание» для веществ (Л-цистин, Лактоза и др.) [1], строился спектр диэлектрической проницаемости ϵ .

$$\epsilon' = n^2 - \kappa^2, \quad \epsilon''(\omega) = 2n\kappa \quad (1)$$

На основе диэлектрической проницаемости ϵ строился комплексный модельный показатель преломления $\hat{n} = \sqrt{\epsilon}$, из него – комплексный коэффициент отражения $\hat{R}(\theta)$,

$$\hat{R}(\theta) = \frac{\hat{n}^2 \cos(\theta) - \sqrt{\hat{n}^2 - \sin^2(\theta)}}{\hat{n}^2 \cos(\theta) + \sqrt{\hat{n}^2 - \sin^2(\theta)}} \quad (2)$$

характеризуемый модулем R и фазой φ ; $\hat{R} = R \cdot \exp[i\varphi]$, θ – угол падения луча, отсчитанный от нормали. Сравнение модельных коэффициентов отражения для разных углов падения θ показало (рис. 1), что наиболее информативной (в смысле чувствительности к наличию линии поглощения) является фазовая часть φ – поляризации (поле E в плоскости падения). Максимальная чувствительность φ_p наблюдается вблизи угла Брюстера - θ_b , где внешняя среда – воздух $n_1 \equiv 1$ (хотя в этом случае коэффициент отражения стремится к нулю). Это обстоятельство накладывает ограничение на $|\theta - \theta_b|$, ибо влияние шума на фазовый спектр растет с уменьшением амплитуды сигнала (для $R_p \geq 0.1$, $|\theta - \theta_b| > 5^\circ$). Совпадение измеренных в эксперименте «на отражение» зависимостей с ожидаемыми из эксперимента «на пропускание» зависимостями (рис. 3,4), говорит о применимости метода фазовой спектроскопии отражения для задач идентификации веществ.

Другой подход к решению задачи представляет собой работу в схеме полного внутреннего отражения (ПВО). Схема хороша тем, что вода в ТГц диапазоне непрозрачна, оттого схема «на пропускание» для биологических тканей здесь неприменима, кроме того в спектре воды отсутствуют линии поглощения, отчего схема обычного отражения менее

¹ Тезисы доклады основаны на материалах исследований, проведенных в рамках гранта РФФИ - 05-02-17298-а , 05-03-32877-а

² Автор выражает признательность к.ф.-м.н. Назарову М. М. за постановку задачи.

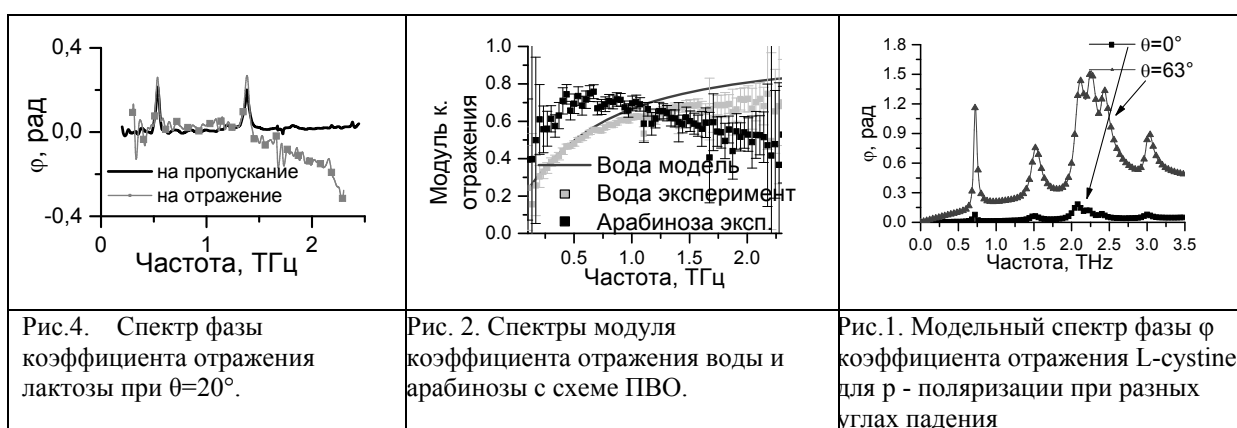
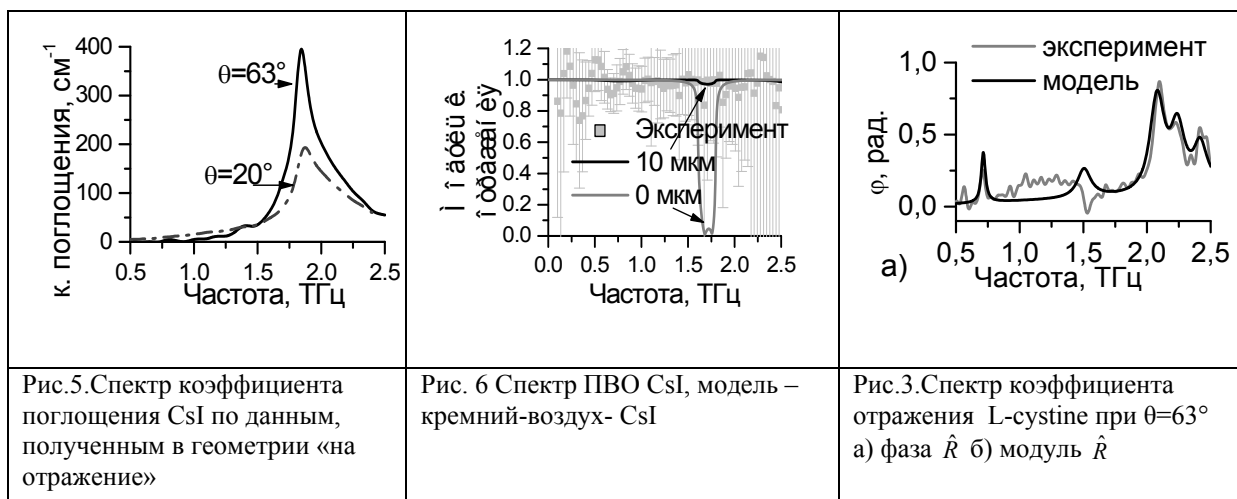
перспективна. Из диэлектрической проницаемости воды [2] $\epsilon(\omega)$ был построен модельный спектр ПВО который сравнивался с экспериментальным спектром воды и раствора арабинозы (рис.2).

Исследовалась задача определения коэффициентов преломления и поглощения (и последующей идентификации вещества) из измеренных спектров отражения. Для решения такой задачи пользуясь (2) можно получить выражение для комплексной диэлектрической проницаемости ϵ , зная экспериментальные модуль R_p и фазу ϕ_p .

$$\tilde{\epsilon} = \frac{\left[\frac{1 + \hat{R}_p}{1 - \hat{R}_p} \right]^2 + \sqrt{\left[\frac{1 + \hat{R}_p}{1 - \hat{R}_p} \right]^4 - \sin^2(2\theta) \left[\frac{1 + \hat{R}_p}{1 - \hat{R}_p} \right]^2}}{2 \cos^2 \theta} \quad (3),$$

где $\epsilon = \tilde{\epsilon}$ если $\text{Re}(\tilde{\epsilon}) > 0$, либо $\epsilon = \tilde{\epsilon}^*$ если $\text{Re}(\tilde{\epsilon}) < 0$, здесь «*» означает комплексное сопряжение. Из ϵ получается α и n , (см. 1) как $\alpha = \frac{\omega}{c} \text{Im}(\sqrt{\epsilon})$, $n = \text{Re}(\sqrt{\epsilon})$ (5).

В качестве примера измерения неизвестных свойств непрозрачного вещества использовался CsI (рис.5). Тот же пример рассмотрен в схеме ПВО (рис. 6), где видно, что наличие небольшого воздушного зазора делает эксперимент некорректным.



Таким образом для мягких тканей и растворов более перспективна схема ПВО, для твёрдых образцов схема отражения либо, если возможно, пропускания. Впервые использована информация из спектра фазы отражения для характеристики веществ. 1 [Brandt N.N.](#), [Chikishev A.Yu.](#), [Nazarov M.M.](#), [Okhotnikov O.G.](#), [Parashchuk O.D.](#), [Shkelnyuk S.A.](#), [Sapozhnikov D.A.](#), [Shkurinov, A.P.](#) «Terahertz time-domain spectroscopy and spectrochronography of amino acids and polypeptides» // SPIE 2006 V. 6194 art. no. 619408.

2 Masaya Nagai, Hiroyuki Yada, Takashi Arikawa, and Koichiro Tanaka «Terahertz time-domain attenuated total reflection spectroscopy in water and biological solution» International Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2006 V. 27, No. 4, p. 505

Сверхуширение частотного спектра фемтосекундного лазерного импульса при филаментации в воздухе

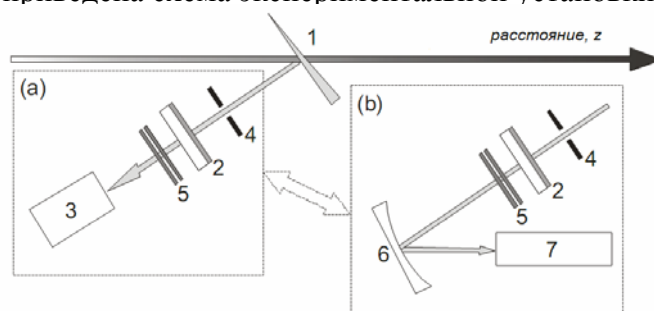
Студент Мажорова Анна Викторовна, аспирант Курилова Мария Владимировна, студент Горгуца Степан Романович

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: anna_mazhorova@mail.ru

Значительный интерес в исследовании явления филаментации состоит в возможности получения источника импульсов длительностью несколько периодов оптических колебаний. Такой импульс мог бы использоваться для проведения разрешенных во времени измерений динамики электронов в атомах и молекулах, создания лазерно-плазменных ускорителей, исследования неадиабатического взаимодействия сверхмощного лазерного излучения с плазмой, генерации аттосекундных импульсов и др. В настоящее время такие импульсы получают путем искусственного уширения спектра исходного излучения в капилляре или дырчатом волокне, заполненном газом, а на выходе из капилляра импульс сжимается с помощью чирпированных зеркал. Уже имеются работы, в которых показано получение ультракоротких импульсов при филаментации [1-3]. Однако, остаются неисследованными задачи увеличения энергии короткого импульса до нескольких милиджоулей, поиска оптимальных режимов и сред для сжатия импульса. В частности, важным является исследование возможности увеличения эффективности преобразования энергии в сжатый импульс в зависимости от параметров исходного импульса, таких как энергия, величина чирпа, расходимость пучка и т.д.

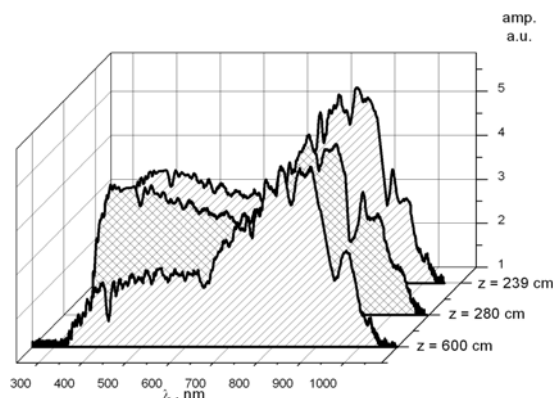
Целью настоящей работы является исследование уширения спектра в атомарных и молекулярных газах (воздух, азот, аргон, ксенон) в режиме генерации одного филамента при различных значениях давления газа. Для формирования филамента использовался импульс, генерируемый лазерной системой на кристалле Ti:Sapphire (длина волны излучения 805 нм, длительность импульса 55 фс, энергия в импульсе 3-5 мДж, частота повторения импульсов 10 Гц, мощность 50 ГВт). Перед входом в среду излучение дополнительно телескопировалось, что позволило получить коллимированный пучок с диаметром 1.3 мм по полувысоте. Диагностика филамента производилась посредством измерения энергии (а) и спектра (б) излучения в спектральном диапазоне длин волн от 250 нм до 1200 нм на трассе, длиной в 7 м. Ниже приведена схема экспериментальной установки.



1-кварцевый клин, 2-диэлектрическое зеркало, отражающее в диапазоне длин волн 750-850 нм, 3-пирозлектрический измеритель, 4-диафрагма, 5-нейтральные светофильтры, 6-внеосевое параболическое зеркало, 7-волоконный спектрометр

Согласно численным оценкам [4] в апертуре 100 мкм начальный импульс длительностью 60 фс сжимается в 9 фс импульс с энергией 72 мкДж, или что составляет 1.8 % от энергии исходного импульса. Увеличение диаметра апертуры до 200 мкм ведет к ухудшению компрессии: длительность импульса на выходе 25 фс, а его энергия 300 мкДж, что уже составляет 7%. Таким образом, показано, что выделяя приосевую часть пучка, можно получить наиболее короткий импульс. Поэтому в работе нами были проведены исследования уширения спектра в различных апертурах (от 90 мкм до 3 мм).

В соответствии с проведенными экспериментами филамент начинается на расстоянии 130 см от телескопа. На рисунке представлены спектры лазерного импульса, генерируемого в филаменте, в апертуре 90 мкм в различных точках по ходу распространения пучка.



В результате обработки измеренных спектров получены зависимости ширины спектра (по минимальной длине волны), конверсий как в голубую область длин волн ($<750\text{nm}$), так и в полный спектральный диапазон, от расстояния по ходу распространения. Максимальное значение конверсии в голубую область спектра (250-750 нм) составляет 2% от начальной энергии лазерного импульса и наблюдается в диапазоне от 220 см до 280 см. В той же области распространения филамента наблюдается максимальное уширение спектра в область коротких длин волн, которое достигает до 370 нм. Как показано в численном счете [4], проведенным в соответствии с данным экспериментом, именно на расстояниях порядка 280 см импульс обладает наименьшей длительностью и плоской фазой в диапазоне длин волн около 800 нм. Такое совпадение позволяет предположить, что и в эксперименте формируется ультракороткий импульс длительностью в несколько оптических периодов.

Для измерения длительности лазерных импульсов использовалась техника SPIDER, вариант спектральной интерферометрии, позволяющий измерять спектральную фазу сверхкоротких лазерных импульсов, длительностью в несколько фс [5]. На практике была реализована схема, предложенная в статье [6]. Проведены тестовые измерения длительности импульса исходного излучения ($\tau \approx 50\text{фс}$), зависимости величины чирпа от положения решеток компрессора лазерной системы. Измерена спектральная фаза излучения в филаменте в условиях эксперимента, описанного выше.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 06-02-17508-а.)

Литература

1. G. Stibenz, N. Zhavoronkov and G. Steinmeyer "Self-compression of millijoule pulses to 7.8 fs duration in a white-light filament", *Opt. Lett.* **31**, 274 (2006)
2. Couairon, M. Franco, A. Mysyrowicz, J. Biegert and U. Keller "Pulse self-compression to the single-cycle limit by filamentation in a gas with a pressure gradient", *Opt. Lett.* **30**, 2657 (2005)
3. S. Skupin, G. Stibenz, L. Bergé, F. Lederer, T. Sokollik, M. Schnürer, N. Zhavoronkov, and G. Steinmeyer "Self-compression by femtosecond pulse filamentation: Experiments versus numerical simulations", *Phys. Rev. E* **74**, 056604 (2006)
4. O.G. Kosareva, N.A. Panov, D.S. Uryupina, M.V. Kurilova, A.V. Mazhorova, A.B. Savel'ev, R.V. Volkov, V.P. Kandidov and S.L. Chin. "Optimization of a few cycle pulse compression along femtosecond filament in air" принято в печать в журнал *Appl. Phys. B*
5. C. Iaconis, I. A. Walmsley «Spectral phase interferometry for direct electric-field reconstruction of ultrashort optical pulses» *Opt. Lett.* **23**, 10 (1998)
6. G. Stibenz, G. Steinmeyer. «Optimizing spectral phase interferometry for direct electric-field reconstruction» *Review of scientific instruments* **77**, 073105 (2006)

Поляризационная структура уединенной волны в изотропной среде с аномальной частотной дисперсией и пространственной дисперсией кубической нелинейности

Потравкин Н.Н.

студент

Физический факультет Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова

Проведено исследование свойств, структуры и условий формирования плоских эллиптически поляризованных уединенных волн в изотропной среде с аномальной частотной дисперсией и пространственной дисперсией кубической нелинейности. Распространение светового импульса в такой среде описывается системой нелинейных параболических уравнений для медленно меняющихся амплитуд $A_{\pm}(z, \tau)$ циркулярно поляризованных волн:

$$\frac{\partial A_{\pm}}{\partial z} - i \frac{k_2}{2} \frac{\partial^2 A_{\pm}}{\partial \tau^2} = i \left(\pm \rho_0 - \left(\frac{\sigma_1}{2} \mp \rho_1 \right) |A_{\pm}|^2 + \left(\frac{\sigma_1}{2} + \sigma_2 \right) |A_{\mp}|^2 \right) A_{\pm}. \quad (1)$$

Здесь z — координата распространения, $\tau = t - z/v$ — время в «собственной» системе координат, $k_2 = \partial^2 k(\omega) / \partial \omega^2 < 0$. Константы $\sigma_{1,2}$ пропорциональны компонентам тензора кубической нелинейности $\hat{\chi}^{(3)}$: $\sigma_1 = 4\pi\omega^2 \chi_{xyxy}^{(3)}(\omega, -\omega, \omega, \omega) / kc^2$, $\sigma_2 = 2\pi\omega^2 \chi_{xxyy}^{(3)}(\omega, -\omega, \omega, \omega) / kc^2$, а $\rho_{1,2}$ — компонентам тензоров нелокальных оптических восприимчивостей $\gamma_{ijk}^{(1)}$ и $\gamma_{ijklm}^{(3)}$: $\rho_0 = 2\pi\omega^2 \gamma_{xyz} / c^2$, $\rho_1 = 2\pi\omega^2 \gamma_{xyxyz}(\omega, -\omega, \omega, \omega) / c^2$.

Подставляя в (1) $A_{\pm}(z, \tau)$ в виде уединенных волн

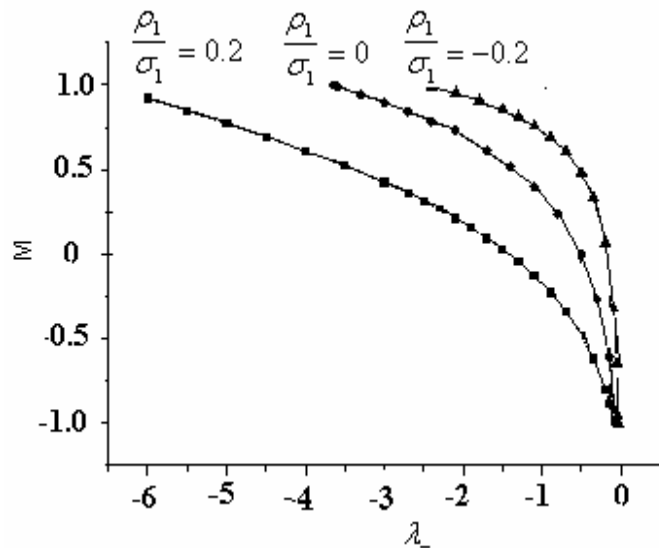
$$A_{\pm}(z, t) = W_{\pm} S_{\pm}(t) \exp\{i\lambda_{\pm} z \pm i\rho_0 z\}, \quad (2)$$

получим следующую систему уравнений для безразмерных временных огибающих $S_{\pm}(t)$:

$$0.5 d^2 S_{\pm} / d\tau^2 + \lambda_{\pm} S_{\pm} + S_{\pm}^3 + d_{\pm} S_{\mp}^2 S_{\pm} = 0. \quad (3)$$

Здесь константы W_{\pm} и форм-факторы λ_{\pm} зависят от $\sigma_{1,2}$ и $\rho_{0,1}$, а также от нормированной интенсивности $I(\tau) = (|A_{+}|^2 + |A_{-}|^2) / 2$ и степени эллиптичности $M(\tau) = (|A_{+}|^2 - |A_{-}|^2) / 2I$ при $\tau = 0$. Ее численное решение позволяет найти зависимости $M(\lambda_{-} / \lambda_{+})$ при разных значениях

ρ_1 / σ_1 и σ_2 / σ_1 .



Их анализ показал, что пространственная дисперсия кубической нелинейности определяет характер распределения поляризации вдоль импульса в формируемой уединенной волне. Влияние ρ_1 усиливается с ростом σ_2 / σ_1 и проявляется по-разному для импульсов с различной начальной поляризацией. В средах с большими значениями σ_2 / σ_1 возможно формирование уединенных волн с резким изменением степени эллиптичности вдоль временной огибающей.

Автор благодарен проф. В.А. Макарову и м.н.с.

И.А. Пережогину за плодотворные дискуссии.

Исследование характеристик поля микромазера

Смоленская Наталья Михайловна³

аспирант

Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия

E-mail: nata_smolenskaya@mail.ru

Введение

В последние годы интенсивно развиваются экспериментальные и теоретические методы исследования взаимодействия простейших атомных систем с лазерным излучением, действующим вблизи атомных переходов и физика микромазера.

Одной из характеристик лазерного возбуждающего импульса является его поляризация, направление которой представляет собой экспериментально контролируемый параметр. Управляя поляризациями возбуждающих импульсов можно получать большой объем спектроскопической информации о среде, а также увеличивать информационную емкость, и определять оптимальные условия для записи и обработки информации в оптических системах.

Методы

Нами было проведено исследование зависимости основных характеристик поля микромазера от углов между векторами поляризации микрорезонаторной моды и лазерного импульса накачки.

В случае стандартной накачки микромазера атомы влетают в полость резонатора, возбужденными из основного состояния на верхний мазерный уровень. Эволюция состояния поля одноатомного лазера подчинена управляющему уравнению [1]

$$\frac{dp_n}{dt} = \gamma(n_0 + 1) \sum_m L_{nm} p_m$$

Это уравнение имеет стационарное решение, в котором только диагональные компоненты матрицы плотности поля $p_n = \rho_{n,n}$ будут отличны от нуля [2]. Решением

является функция распределения фотонов, $p_n = p_0 \prod_{k=1}^n g_k$ которая и определяет характеристики одноатомного лазера, такие как среднее число фотонов в полости микрорезонатора и дисперсию поля.

Результаты

Проведенные исследования показали, что характеристики поля одноатомного лазера существенно зависят от поляризации лазерного импульса накачки.

Результаты показывают достаточно сильную зависимость состояния поля в полости микрорезонатора от взаимной ориентации поляризаций двух спектральных компонент поля накачки, чем от относительной ориентации поляризаций поля полости и этого поля накачки. А также, показано, что с помощью вращения поляризации лазерного возбуждающего импульса по отношению к поляризации поля микромазера можно управлять характеристиками поля лазера, такими как среднее число фотонов и дисперсия.

Литература

1. Reshetov V.A., Yevseyev I.V. (2001) Las. Phys., №11, p. 388-393.
2. Filipowicz P., Javanainen J., Meystre P. (1986) Phys. Rev., №34, p.3077-3087.

³ Автор выражает признательность профессору, д.ф.-м.н. Решетову В.А. за помощь в подготовке тезисов.

Взаимодействие одиночного атома с лазерным полем околоатомной напряженности.

Андреев Анатолий Васильевич ¹,
профессор, доктор физико-математических наук,
Стремоухов Сергей Юрьевич ²,
аспирант,

Шутова Ольга Анатольевна,
научный сотрудник МЛЦ МГУ, кандидат физико-математических наук.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический
факультет, Москва, Россия.

E-mail: sustrem@gmail.com

Ионизация атома – одно из явлений, возникающих при взаимодействии атома с электромагнитным полем. Оно становится определяющим при описании поведения атомной системы в поле электромагнитной волны околоатомной напряженности. В полях такой напряженности использование теории возмущений для решения задачи взаимодействия атома с полем становится неперспективным, так как различные ее приближения дают сравнимый вклад.

Недавно был предложен и развит новый подход, где параметром малости задачи является не отношение напряженности внешнего поля к внутриатомной, а отношение соленоидальной части поля к потенциальной [1-2]. В его основу положено точное решение краевой задачи для атома, взаимодействующего с внешним полем, что позволяет говорить о непертурбативности теории. С помощью этого подхода нестационарное уравнение Шредингера преобразуется в систему дифференциальных уравнений для амплитуд населенностей уровней, с зависящими от времени коэффициентами. Используя численное решение системы дифференциальных уравнений, получены следующие характеристики ионизационного процесса: угловой и энергетический спектр фотоэлектронов, средняя скорость ионизации, спектр излучения атома. На основании аналитического вида указанных преобразований делается утверждение о нарушении правил отбора для орбитального квантового числа. Проявление правил отбора наблюдается на угловых распределениях фотоэлектронов. Для спектра излучения атома характерно наличие частоты отсечки. Зависимость частоты отсечки от величины напряженности электрического поля лазерного импульса качественно описывает экспериментально исследованное явление насыщения частоты отсечки [3]. Зависимость средней скорости ионизации от амплитуды лазерного импульса демонстрирует эффект стабилизации ионизации в сильном поле.

Полученные спектры и зависимости качественно совпадают с существующими результатами физических и численных экспериментов, проводимыми с одиночными атомами, взаимодействующими с лазерными полями, напряженность поля которых много меньше внутриатомной. В области же околоатомных напряженностей результаты исследований позволяют качественно описать полученные на данный момент экспериментальные данные по взаимодействию атома с лазерным полем и предсказать поведение атомной системы в будущих экспериментах.

Литература

1. Андреев А.В. “Взаимодействие атома со сверхсильными полями” ЖЭТФ, 1999, т.116, вып. 3(9), с. 793-806.
2. A.V. Andreev, O.A. Shoutova, S. Yu. Stremoukhov, «Ionization of a single hydrogen-like atom by laser pulses of near-atomic strength», Laser Physics, 2007, 17(4), 496-507.
3. Ganeev R.A., Baba M., Suzuki M., Kuroda H. “High-order harmonic generation from silver plasma”, Physics Letters A, 2005, V.339, №3.- p.103-109.

¹ Научный руководитель. *E-mail:* av_andreev@phys.msu.ru

² Докладчик.