

## ОТ РЕДАКТОРА

Создание лазеров как действующих источников когерентного излучения в видимой и инфракрасной области спектра относится к самому началу 60-х годов нашего столетия. К 1968 году, когда уже были созданы многие типы из ныне существующих лазеров, разработаны теория и технология их изготовления, а также определены главные направления применений (оптическая связь, прецизионные измерения, технология, медицина и пр.), стало ясно, что в каждом типе лазеров переход от спонтанного излучения к генерации когерентного света показывает многие характерные черты фазовых переходов в равновесных системах, а вдали от теплового равновесия возникают новые макроскопические упорядоченные состояния [1]. Так лазеры сыграли пионерскую роль в рождении новой области знаний - синергетики.

Исключительно плодотворной для понимания и описания большинства динамических процессов в лазерах оказалась полуклассическая теория, в которой поле рассматривается как классическое, на основе уравнений Максвелла, а активная (усиливающая) среда - с квантовых позиций, на основе уравнения для квантовомеханической матрицы плотности [2]. При этом оказалось возможным описать и предсказать весьма тонкие эффекты, связанные с взаимодействием поля в резонаторе с нелинейной активной средой, возбуждением многих продольных и поперечных мод, поперечной и продольной неоднородностью поля и активной среды, неоднородностью уширения линии усиления и т.д. Сложность лазера как динамической системы определяется также «собственной» динамикой системы накачки, которая, например, для газоразрядных лазеров определяется всем многообразием нелинейно-колебательных и автостохастических явлений в низкотемпературной плазме газового разряда, возбуждаемой в узком протяженном капилляре [3,4]. «Собственная» динамика накачки характерна для газодинамических, инжекционных и жидкостных лазеров, лазеров на свободных электронах и др. Для высокоэффективных лазерных систем, таких как, например, CO<sub>2</sub>, СО лазеры, или полупроводниковые инжекционные лазеры, генерируемое оптическое излучение приводит не только к насыщению инверсии рабочих уровней энергии, но и к значительному изменению электрических характеристик накачки, это так называемый оптогальванический эффект [3]. Даже в маломощном He-Ne лазере оптогальванический эффект может повлиять на динамику лазера. Существуют и другие эффекты, например, оптико-акустический, которые связывают разные динамические системы лазера.

Еще более сложные взаимосвязи могут иметь место в оптических системах, построенных на основе лазеров и нелинейных оптических элементов с запаздывающей обратной связью, включая пространственно распределенную и управляемую связь, отвечающую за трехмерную волновую динамику [5].

Солитонный режим распространения лазерных импульсов в волоконных световодах, а также возникновение нелинейных пространственных структур, обуславливаются светоиндуцированной нелинейностью материала световода, накапливаемой при протяженном взаимодействии сильных и сверхсильных электрических полей с веществом [6].

Развитие лазерных технологий по обработке материалов и измерению параметров структуры и параметров движения шероховатых (оптически неоднородных) объектов вызвало необходимость учета нелинейных и статистических связей воздействующего или измерительного лазерного пучка с динамическими или структурными характеристиками объекта [7,8].

В настоящем специальном выпуске журнала представлена большая часть из указанных выше направлений нелинейной динамики лазерных и оптических систем. Хотя, конечно, круг вопросов нелинейной динамики лазеров гораздо шире и фактически совпадает с общим кругом задач нелинейной динамики [9-12]. Следует отметить, что зачастую лазер (или оптическая система на основе лазера) представляет собой удобную в экспериментальном плане и в теоретическом отношении нелинейную динамическую систему, позволяющую наглядно демонстрировать общие закономерности. По-видимому, по этой причине, как уже было упомянуто, именно лазер стоял у истоков синергетики как науки.

Выпуск открывается русским переводом обзорной статьи П.Манделя<sup>1</sup>, блестяще выполненным И.Р. Сатаевым. В обзоре прослежена история рождения современной концепции усиления и лазерной генерации без инверсии, дано её математическое обоснование и описаны эксперименты, подтверждающие существование эффектов.

В связи с существенной задержкой выпуска этого журнала обстоятельный и глубокий обзор А.Н. Ораевского «Динамика одномодовых лазеров и динамический хаос», предназначенный для нашего выпуска, был опубликован раньше<sup>2</sup> и уже знаком читателям журнала «ПНД». В нем наряду с историческими истоками проблемы последовательно и полно обсуждаются особенности возникновения и свойства фазовых траекторий типа странного аттрактора, характеризующих динамические режимы в автономных и неавтономных одномодовых лазерах с однородной и неоднородной линией усиления.

Рубрика журнала «Бифуркации в динамических системах различной природы» представлена статьей С.А. Татарковой и В.В. Тучина, в которой проведено численное моделирование и проанализированы бифуркационные механизмы, свойства и структура хаотического аттрактора в лазере с насыщающимся поглотителем. Этот материал дополняет обзор А.Н. Ораевского по одномодовым лазерам в части, относящейся к лазерам с нелинейно поглощающей средой.

В разделе «Прикладные задачи нелинейной теории колебаний и волн» читатель найдет экспериментальную работу Э.М. Рабиновича с соавторами, посвященную изучению неустойчивостей динамического характера в  $\text{CO}_2$  лазере с внешней модулируемой оптической обратной связью. Помимо научной ценности эта статья имеет выраженный методический характер и может служить в качестве добротного описания к лабораторной работе студентов старших курсов и аспирантов. Из методических же соображений статья публикуется на языке оригинала. В этом же разделе представлена теоретическая работа А.А. Соколова и Г.Н. Татаркова, в которой проведено численное моделирование динамики кольцевых лазеров на твердом теле и на растворах красителей с пассивной синхронизацией мод.

Пять работ, охватывающих широкий спектр задач нелинейной динамики в лазерах и оптических системах, составляют раздел «Детерминированный хаос». В оригинальной работе А.Г. Владимирова, В.Ю. Торонова и В.Л. Дербова по комплексной модели Лоренца, которая является характерной для некоторых типов лазерных систем, получены результаты общего характера для нелинейных динамических систем разной природы. Поведение частоты релаксационных колебаний и сценарий перехода в динамический хаос для твердотельных лазеров с инерционной нелинейностью анализируются в работе Л.Н. Капцова и А.В. Ростовцева. Остальные три работы этого раздела посвящены исследованию проблем поперечной динамики лазерных и оптических систем. Это работа Л.А. Мельникова, И.В. Вешневой и А.И. Конюхова по численному моделированию поперечных динамических структур в однонаправленном кольцевом лазере с быстрорелаксирующей активной средой; работа К.В. Прокофьевой и

<sup>1</sup> Mandel P. Lasing without inversion: a useful concept? // Contemporary Physics. 1993. Vol. 34, № 5. P. 235.

<sup>2</sup> Ораевский А.Н. Динамика одномодовых лазеров и динамический хаос // Изв. вузов. «ПНД». 1996. Т.4, № 1. С 3.

В.И. Шмальгаузена по динамической теории лазера с поворотом поля и численному анализу пространственных структур, возникающих в таком лазере, и работа А.И. Аршинова, Р.Р. Мударисова и Б.Н. Пойзнера по численному моделированию поперечной пространственно-временной динамики, охваченной двумерной обратной связью, в оптической системе с керровской нелинейностью.

Раздел «Нелинейные волны. Солитоны» представлен двумя теоретическими работами, в одной из которых анализируется влияние далекой линии поглощения на условие распространения солитона самоиндуцированной прозрачности в условиях поперечного взаимодействия ультракороткого импульса света с двумя резонансными переходами (В.В. Козлов и Э.Е. Фрадкин); а в другой изучается эффект, при котором неоднородность волоконного световода приводит к стохастизации передаваемого сигнала (М.И. Рабинович, М.Ш. Цимринг).

Раздел «Автоволны. Самоорганизация» представлен работой Д.А. Зимнякова с соавторами, в которой обсуждаются теоретические и экспериментальные исследования корреляционной размерности оптических спекл-полей для рассеивающих структур с фрактальными свойствами.

В заключение краткого обзора содержания выпуска хотелось бы отметить два важных обстоятельства. Во-первых, весь этот выпуск журнала от доски до доски будет опубликован на английском языке в виде отдельного тома Международного общества по оптической технике (SPIE) в серии «Книги избранных статей СНГ»: «Nonlinear Dynamics of Laser and Optical Systems», CIS Book of Selected Papers, SPIE, Bellingham, USA, 1997. Будет восстановлена справедливость, и работы, по тем или иным причинам не вошедшие в специальный выпуск и опубликованные в других номерах журнала, войдут в этот сборник. Это упомянутая выше обзорная работа А.Н.Ораевского, обзоры Л.А.Мельникова с соавторами<sup>3</sup> и В.Ю. Торонова с соавторами<sup>4</sup>, а также оригинальная статья А.А. Беднова с соавторами<sup>5</sup>.

Во-вторых, основу данного специального выпуска и его расширенного английского варианта составили работы аспирантов и докторантов кафедры оптики СГУ: соросовских аспирантов И.В. Вешневой, А.И. Конюхова, К.В. Ларина, М.В. Рябининой, О.М. Приютовой; аспиранта А.А. Соколова; докторантов Д.А. Зимнякова, В.Ю. Торонова, которые работают под руководством известных у нас в стране и за рубежом ученых - профессора кафедры оптики Л.А. Мельникова, доцента В.Л. Дербова и редактора настоящего выпуска. Это особенно приятно отметить в год 50-летнего юбилея кафедры оптики и оптической науки в саратовском регионе, а также 90-летия нашего Учителя и первого заведующего кафедрой оптики СГУ профессора Марка Львовича Каца. Этим двум датам посвящается данный выпуск. В рубрике «Нелинейная динамика в лицах. История. Personalia» приведена краткая историческая справка о кафедре оптики и статья о М.Л. Каце.

В заключение редактор приносит свою глубокую благодарность всем авторам за участие в тематическом выпуске журнала, коллективу редакции за постоянную помощь и внимание.

## Библиографический список

1. Хакен Г., Лазерная светодинамика. М.: Мир, 1988.
2. Sargent M.III, Scully M.O., Lamb W.E.Jr. Laser Physics. Addison-Wesley. Reading, MA, 1974.

<sup>3</sup> Мельников Л.Ф., Конюхов А.И., Рябинина М.В. Динамика поперечной поляризационной структуры поля в лазерах // Изв. вузов. «ПНД». 1996. Т.4, № 5 (в печати).

<sup>4</sup> Торонов В.Ю., Дербов В.Л., Приютова О.М. Геометрические фазы в динамике нелинейных оптических систем // Изв. вузов. «ПНД». 1996. Т.4, № 5 (в печати).

<sup>5</sup> Беднов А.А., Ульянов С.С., Тучин В.В., Брилли Г.Е., Захарова Е.И. Исследование динамики лямбд-фотока методами спекл-интерферометрии // Изв. вузов. «ПНД». 1996. Т.4, № 3 (в печати).

3. Тучин В.В. Динамические процессы в газоразрядных лазерах. М.: Энергоатомиздат, 1990.
4. Анищенко В.С. Сложные колебания в простых системах. М.: Наука, 1990.
5. Новые физические принципы оптической обработки информации / Под ред. С.А.Ахманова, М.А.Воронцова. М.: Наука, 1990.
6. Ахманов С.А., Выслоух В.А., Чиркин А.С. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. М.: Наука, 1988.
7. Ахманов С.А., Емельянов В.И., Коротеев И.И., Семиногов В.Н. // УФН. 1985. Т. 147. С. 675.
8. Mandelbrot B. The Fractal Geometry of Nature. F.H.Freeman. San Francisco, 1983.
9. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука, 1984.
10. Mel'nikov L.A. Nonlinear Dynamics of Lasers and Optical Systems // Proc. SPIE. Vol. 2099. 1994.
11. Abraham N.B., Khanin Ya.I. Nonlinear Dynamics in Lasers / Proc. SPIE. Vol. 2792, 1996.
12. Khanin Ya.I. Principles of Laser Dynamics. Amsterdam: North Holland. 1995.

Редактор выпуска, доктор  
физико-математических наук,  
профессор

*В.В.Тучин*



*Валерий Викторович Тучин*, доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой оптики СГУ (с 1983), декан физического факультета СГУ (1982-1989), зав. лабораторией лазерной диагностики технических и живых систем Института проблем точной механики и управления РАН (с 1989). Круг его научных и педагогических интересов лежит в области нелинейной динамики лазерных систем, физики лазерных и оптических измерений, биомедицинской оптики и лазерной биомедицины. Автор или редактор 16 книг и глав в книгах, 23 изобретений и более 200 научных статей. Читает курсы «Оптика», «Динамика газоразрядных лазеров», «Лазеры и волоконная оптика в биомедицине», «Оптика биотканей», «Введение в специальность - биофизика». Лектор кратких курсов по биомедицинской оптике для международных аудиторий научных работников, инженеров и медицинских работников. Действительный член Международной

Академии Информатизации, член-корреспондент Российской Академии Естественных Наук по специальности биофизика и медицинская физика, член совета Российского отделения SPIE, член SPIE/BiOS, а также IEEE/LEOS, стипендиат Государственной научной стипендии России (1994-1996).