

Рисунок 2 – а) Спектры поглощения ряда образцов УКТ (водный раствор) б) спектры люминесценции водных растворов (возбуждение 360 нм):
 UG1 – лимонная кислота + тиомочевина;
 UG2, UG5 – лимонная кислота + мочеви́на;
 UG3, UG4 – лимонная кислота + этилендиамин;
 UG6 – лимонная кислота + мочеви́на + этилендиамин

Недостаточное время синтеза является причиной неполной карбонизации, что снижает интенсивность флюоресценции конечного материала, избыточное время ведет к ухудшению спектральных характеристик в результате перегрева частиц и разрушения поверхностной структуры. Как показали проведенные нами сравнения, в случае микроволнового синтеза оптимальное время составляет 5–10 минут, в случае термического (270 °C) – 15–30 минут. В таблице 1 представлены характеристики ряда исследованных УКТ в зависимости от длины волны возбуждения флуоресценции.

Максимум поглощения в ультрафиолетовой области исследуемых образцов UG1–UG6 (рис. 2) наблюдался в области 343–358 нм. При этом квантовый выход люминесценции УКТ в водных растворах составлял 20–79 %. Высокий квантовый выход для UG5 (люминесценция в зелёной

области спектра) и UG6 (бело-голубоватое свечение) позволяет использовать полученные материалы в качестве люминесцентных пигментов печатных красок и чернил. Пигменты показали долговременную стабильность в плёнках поливинилового спирта, поливинилбутираля, в печатных лаках на водной основе. С использованием беспигментной прозрачной основы производства Worldwide Manufacturing, E.D. (Киев, Украина) были изготовлены маркировочные люминесцентные чернила для струйных принтеров Canon.

Образец UG6 может представлять интерес в качестве эффективного оптического отбеливателя для бумаги, тканей и других материалов. Стоимость его производства более чем на порядок ниже, чем традиционных отбеливателей на основе стильбена и его производных.

Исследованные материалы могут найти применение в биомедицинских приложениях, в качестве флуоресцентных кислотно-основных индикаторов, в фотокатализе, производстве солнечных элементов и светоизлучающих устройств, пигментов струйных чернил и печатных лаков на водной основе. УКТ, полученные пиролизом смеси лимонной кислоты и ЭДА, щавелевой кислоты и ЭДА, обладающие бело-голубоватым свечением с высоким квантовым выходом (79 %) могут представлять интерес в качестве эффективного оптического отбеливателя для бумаги, тканей и других материалов. Стоимость производства указанных материалов может быть более чем на порядок ниже, чем традиционных отбеливателей на основе стильбена и его производных.

Литература

1. Lim Sh. Y. Carbon quantum dots and their applications / Sh. Y. Lim, W. Shen, Zh. Gao // Chem. Soc. Rev. – 2015. – Vol. 44. – P. 362–381.
2. Zhai, X. Highly luminescent carbon nanodots by microwave-assisted pyrolysis / X. Zhai [at al.] // Chem. Commun. – 2012. – Vol. 48. – P. 7955–7957.
3. Wang, Ch. Upconversion fluorescent carbon nanodots enriched with nitrogen for light harvesting / Ch. Wang [at al.] // J. Mater. Chem. – 2012. – Vol. 22. – P. 15522–15525.

УДК: 621.373:535

КИРАЛЬНАЯ И АКИРАЛЬНАЯ СИММЕТРИЯ В АНИЗОТРОПНЫХ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМАХ Свирина Л.П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Учет векторного характера электромагнитного поля предполагает появление радикально нового свойства инвариантности лазерной системы по отношению к преобразованию состояния поляризации излучения. Эффекты симметрии носят междисциплинарный характер, их исследование в оптических и лазерных системах мо-

жет оказаться полезным для объяснения подобных эффектов в нелинейных системах различного физического происхождения: в биологии, экономике, информатике, медицине, и т. д.

Как показано в [1], в анизотропных лазерных системах, обладающих инволютивной симметрией, возможны периодические колебания с различ-

ными свойствами симметрии: симметричный S-цикл и асимметричный M-цикл. Симметрия этих решений аналогична симметрии акиральных и киральных биологических макромолекул (см., напр., [2]). Решения с различными свойствами симметрии претерпевают различные последовательности допустимых бифуркаций, а разложение S-цикла на два M-цикла (возникновение S-цикла в результате слияния двух M-циклов) представляет собой явление нарушения (восстановления) симметрии, которое описывается бифуркацией типа вилки для периодического решения.

Изучение эволюции решений с киральной и акиральной симметрией в анизотропных лазерных системах может оказаться полезным для понимания процессов эволюции в биологии, связанных с происхождением жизни на Земле. Газовые лазеры класса-A, теория которых достаточно хорошо развита, позволяют изучить экспериментально влияние различных физических механизмов, многие из которых существуют или могут быть ассоциированы с механизмами, существующими в природе.

Мы рассмотрим две лазерные системы, модели которых апробированы в эксперименте, и выясним, каким образом конкуренция анизотропии среды и резонатора, продольное магнитное поле, многомодовое взаимодействие, линейная связь генерируемых волн за счет обратного рассеяния, а также случайные флуктуации, оказывают влияние на поведение режимов генерации с киральной и акиральной симметрией [3].

В двухчастотном линейном газовом лазере с линейной фазовой анизотропией резонатора симметричный S-цикл возникает из-за конкуренции анизотропии активной среды и анизотропии резонатора. При этом S-цикл рождается вследствие бифуркации Хопфа и разрушается при увеличении анизотропии резонатора вследствие бифуркации типа седло-узел.

При наложении синусоидального продольного магнитного поля с напряженностью H_1 и частотой ω_f на активную среду двухчастотного газового лазера S-цикл существует внутри резонанса (1/1). При увеличении H_1 и постоянной частоте модуляции происходит нарушение поляризационной симметрии, приведенное на рис. 3: S-цикл распадается на два M-цикла. Выбор одного из двух M-циклов в генерации регулируется изменением знака напряженности магнитного поля.

Дальнейшее увеличение H_1 приводит к восстановлению поляризационной симметрии, при этом два M-цикла сливаются и исчезают. Далее фиксируется двумерный симметричный S-тор, претерпевающий резонансы высоких порядков, что подтверждается обнаружением долгопериодических сложных колебаний с периодами $7T$ и $9T$, где T – период внешнего воздействия.

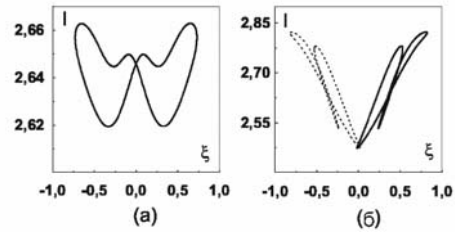


Рисунок 1 – нарушение поляризационной симметрии: S-цикл при $H_1 = 88.4$ Э(а) и M-циклы при $H_1 = 90.8$ Э, $\omega_f = 379.5$ КГц (б)

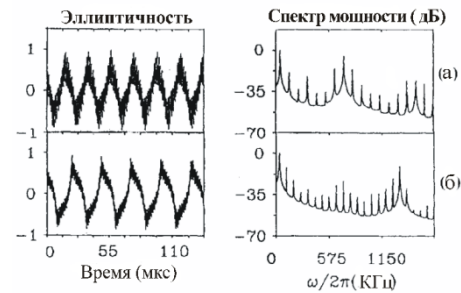


Рисунок 2 – восстановление поляризационной симметрии: S-циклы и соответствующие спектры мощности, рассчитанные при $\omega_f = 345$ КГц: 7T-цикл при $H_1 = 107.3$ Э (а) и 9T-цикл при $H_1 = 240$ Э (б)

При наложении помимо синусоидального постоянного продольного магнитного поля H_0 на активную среду была обнаружена бистабильность асимметричных предельных циклов I и II рода (с колебаниями интенсивности и эллиптичности и с вращением азимута), а также экспериментально наблюдаемый эффект изменения знака вращения азимута, показанные на рис. 3.

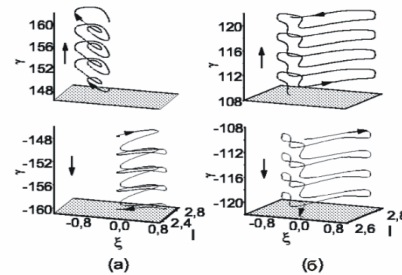


Рисунок 3 – Бистабильность асимметричных M-циклов II рода; T-цикл (а) для $H_1 = 95.6$ Э, $\omega_f = 368$ КГц и 2T-цикл (б) для $H_1 = 45.4$ Э, $\omega_f = 736$ КГц, $H_0 = 14.4$ Э; стрелками показано направление вращения азимута по и против часовой стрелки

В четырехчастотном кольцевом газовом лазере с линейной связью встречных волн с эллиптическими неортогональными состояниями поляризации S-цикл возникает при потере устойчивости режимом генерации двух стоячих волн, а M-цикл – четырех бегущих волн. Спонтанное нарушение фазовой симметрии происходит при переходе от режима генерации стоячих волн к режиму генерации бегущих волн. При этом возможно возникновение детерминированного

асимметричного хаоса через последовательность бифуркаций удвоения М-цикла.

В области управляющих параметров, где возникает детерминированный хаос, возможно сосуществование аттракторов с различной топологией – мультистабильность: в зависимости от начальных условий здесь возможен S-цикл, М- аттрактор Фейгенбаума, а также М-аттрактор, возникающий при пересечении бассейнов притяжения двух аттракторов Фейгенбаума.

При малых величинах коэффициента линейной связи был обнаружен М-цикл II рода с колебаниями интенсивности одной из волн вблизи порога генерации, что вызывало чувствительность этого режима к воздействию случайных флуктуаций. В присутствии δ - коррелированного белого шума при увеличении отстройки вначале возникали стохастические колебания, затем режим асимметричных хаотических колебаний, за которым следовал М-цикл со сложной формой колебаний. Эволюция данных режимов генерации показана на рис. 4.

Далее вследствие бифуркации типа вилки возникал S-цикл, который терял устойчивость и сменялся симметричным хаосом типа перемежаемости, завершаясь стационарным режимом генерации двух стоячих волн.

Лазерная динамика проявила в эксперименте огромное количество математических законов, присущих нелинейным системам, благодаря чему методы качественной теории дифференциальных уравнений вошли в обиход при изучении процессов эволюции в различных областях человеческой деятельности.

Проведенное в данной работе рассмотрение свойств режимов генерации, обладающих симметрией киральных и акиральных биологических макромолекул, может послужить основой для нового подхода к проблеме киральности в биоло-

гии, в основе которого лежит теория бифуркаций в нелинейных системах с симметрией.

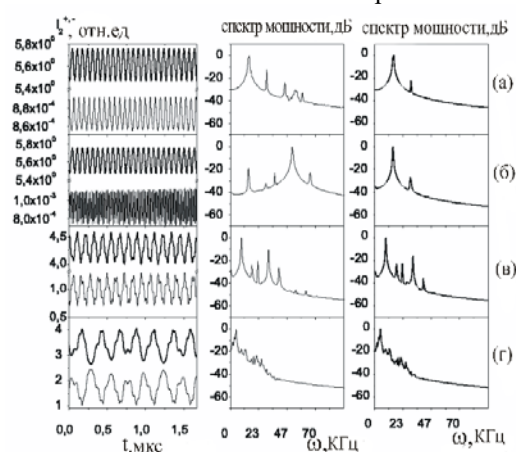


Рисунок 4 – Эволюция временных реализаций для I_2^\pm (левая колонка), спектров мощности для интенсивностей I_2^- и I_2^+ (средняя и правая колонки): асимметричный предельный цикл II рода (а), стохастические колебания (б), асимметричный хаос (в), асимметричный предельный цикл со сложной формой колебаний (г)

Литература

1. Svirina, L.P. Polarization symmetry breaking and restoration in vector-field lasers. / L.P. Svirina // Journal of Optics B: Quantum and Semiclassical Optics. – 2001. – Vol. 3. – P. S133–S138.
2. Аветистов В.А. Физические аспекты нарушения зеркальной симметрии биоорганического мира / В.А. Аветистов, В.И. Гольданский // УФН – 1996. – Т. 166. – С. 873–891.
3. Svirina, L.P. Chiral and achiral symmetry in dynamics of vector-field lasers / L.P. Svirina // Proceedings of SPIE – 2012. – Vol. 8337. – P. 83370H-1-83370H-6.

УДК 539.264

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИТИЙ-АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ СТЕКЛОКЕРАМИКИ С НАНОРАЗМЕРНЫМИ КРИСТАЛЛАМИ ОРТОНИОБАТОВ, АКТИВИРОВАННЫМИ ИОНАМИ ГОЛЬМИЯ

Вилейшикова Е.В.¹, Лойко П.А.², Дымшиц О.С.³, Маляревич А.М.¹, Юмашев К.В.¹

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

²Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Российская Федерация

³Государственный Оптический Институт им С. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Кристаллы редкоземельных ортониобатов ($RENbO_4$, RE= La–Lu, Y) известны их специфическим полиморфизмом. Они подвержены обратному фазовому переходу между их высокотемпературной фазой со структурой шеелита $CaWO_4$ (тетрагональная Т-фаза, пр.гр. I41/a) и низкотемпературной фазой, изоструктурной минералу фергусониту $(R)(Nb,Ta)O_4$ (моноклинная М-фаза, I2/a). Данный переход носит непрерывный характер и сопровождается очень

быстрой перестройкой структуры с существенной деформацией элементарной ячейки, которая наводит случайные микронапряжения в кристаллической матрице. М-фаза и Т-фаза структурно связаны между собой. Они преобразуются одна в другую в результате искажения тетраэдров NbO_4 со смещением ионов Nb^{5+} вдоль кристаллографического направления c в тетрагональной структуре Т-фазы (или эквивалентной оси b в моноклинной ячейке М-фазы) [1]. Ионы