

1300 °C: $\tau_1 = 0,14$ мс, $\tau_2 = 0,8$ мс ($\text{Eu}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$) и $\tau_1 = 0,18$ мс, $\tau_2 = 0,9$ мс ($\text{Eu}^{3+}:\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$). Относительный вклад быстрой компоненты затухания $[I_1(t)dt/I(t)dt]$ после термообработки увеличивается с 3,0 % до 12,5 % (1300 °C) для $\text{Eu}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ и с 3,2 % до 23,1 % (1300 °C) для $\text{Eu}^{3+}:\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$. Наблюдаемое увеличение при прокаливании образцов времени затухания люминесценции и относительного ее вклада для быстрой компоненты увеличивает немонотонный характер затухания и, вероятнее всего, связано с конкуренцией эффектов уменьшения доли аморфной фазы в образце и снижения дефектности нанокристаллической фазы с эффектом концентрационного тушения люминесценции.

Если затухание люминесценции не является монотонным, то в некоторых случаях интерес представляет ее средняя длительность. Исходя из математического определения среднего значения функции, средняя длительность

люминесценции можно определить по формуле $\tau_{\text{cp}} = \int tI(t)dt / \int I(t)dt$. Следует отметить, что в случае монотонного затухания значение τ_{cp} будет равно ее постоянной времени затухания. Для образца 10 ат. % $\text{Eu}:\text{GdAlO}$ τ_{cp} составляет 0,8 мс для исходного и 1,3 мс для термообработанных образцов. Для образцов $\text{Eu}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ и $\text{Eu}^{3+}:\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ τ_{cp} одинаково и составляет 0,2 мс для исходного и 0,4 мс и 0,65 мс для прокаленных при температуре 800 °C и 1300 °C соответственно.

Литература

1. Chemistry – A European Journal / E. Carlos [et. al.]. – 2020 – Vol. 26 – P. 9099–9125.
2. Спектрально-люминесцентные свойства нанокристаллов иттрий(лютеций)-алюминиевого гранатов и алюмината гадолиния, активированных ионами европия / Юмашев К.В. [и др.] // Материалы 15-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение – 2022, 16–18 ноября 2022 г., Минск, Республика Беларусь. – БНТУ, Минск. – С. 419–421.

УДК 535 012.2 621.373.826.038.82

ХАОТИЧЕСКИЕ И СТОХАСТИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ГЕНЕРАЦИИ В ЛАЗЕРАХ С АНИЗОТРОПНЫМИ РЕЗОНАТОРАМИ

Свирина Л.П.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. На основании экспериментально апробированных моделей проанализированы сценарии возникновения детерминированного хаоса, а также причины появления индуцированных шумом сложных хаотических и стохастических колебаний в лазерах класса А и класса В с анизотропными резонаторами при наличии линейной связи волн генерации. Установлено, что для сложной динамики в анизотропных лазерах с различными активными средами характерны следующие общие свойства: наличие асимметричного хаоса, локализованного в цилиндрическом фазовом пространстве и, вследствие инволютивной симметрии моделей, бистабильности таких аттракторов, а также индуцированных шумом стохастических колебаний, возникающих при рождении периодического режима вблизи порога генерации.

Ключевые слова: анизотропные лазеры с линейной связью, хаотические и стохастические колебания.

CHAOTIC AND STOCHASTIC OSCILLATIONS IN ANISOTROPIC-CAVITY LASERS

Svirina L.P.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. On the basis of the experimentally tested models the routes to deterministic chaos and the reasons for the appearance of the noise-induced complicated chaotic and stochastic oscillations in anisotropic-cavity class A and class B lasers with linear coupling of the emitted waves have been elucidated. It has been shown that complicated dynamics of anisotropic-cavity lasers with different active media manifests the followings common features: localized in cylindrical phase space asymmetric chaos, and due to the involutive symmetry of the models, the bistability of such attractors, as well as noise-induced stochastic oscillations, arising when the Hopf bifurcation line comes closely to the lasing threshold.

Key words: anisotropic-cavity lasers with linear coupling, deterministic and noise-induced chaos.

*Адрес для переписки: Свирина Л.П., пр. Независимости, 65, г. Минск, 220113, Республика Беларусь
e-mail: lpsvirina@bntu.by*

Проведено обобщение полученных результатов с целью создания представлений о механизмах формирования сложных (хаотических и стохастических) режимов генерации в анизотропных лазерах класса А и класса В с линейной связью генерируемых волн.

Динамика генерации одномодового четырех-частотного кольцевого газового лазера (ЧКГЛ) подробно изучена в работе [1], где показано, что учет эллиптичности в условиях многомодовой генерации в зависимости от коэффициента линейной связи r приводит к возникновению сложных

колебаний различной природы. Так, детерминированный хаос, рождающийся через последовательность бифуркаций удвоения периода асимметричного предельного цикла первого рода (аттрактор Фейгенбаума), возникает при изменении отстройки частоты генерации x .

Рисунок 1 иллюстрирует эволюцию временных реализаций интенсивностей встречных волн I_1^\pm (левая колонка) и спектров мощности (правая колонка): предельный цикл с периодом T (а), $2T$ (б), $4T$ (в), хаос (г). В силу инволютивной симметрии уравнений генерации имеет место бистабильность всех асимметричных режимов. В области существования аттрактора Фейгенбаума возможны режимы генерации, возникающие при попадании фазовой траектории в область притяжения обоих асимметричных аттракторов (рисунок 2).

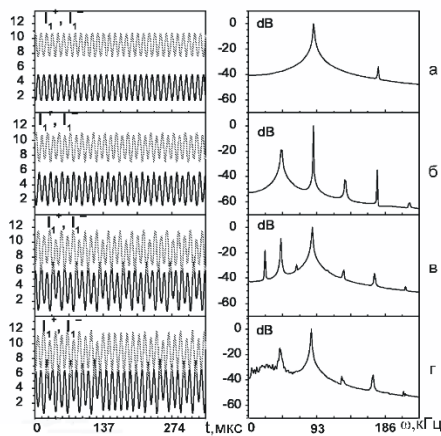


Рисунок 1 – Рождение аттрактора Фейгенбаума

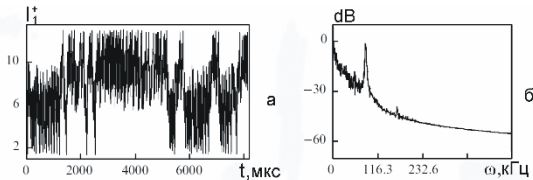


Рисунок 2 – Хаос, возникающий при взаимодействии двух асимметричных аттрактора Фейгенбаума

При уменьшении коэффициента связи r в ЧКГЛ возникают режимы генерации, чувствительные к воздействию случайных флуктуаций. Вначале рождается асимметричный предельный цикл II рода с колебаниями интенсивностей $I_{1,2}^\pm$ и вращением разностей фаз $\Psi_{1,2}$ встречных волн, причем интенсивность одной из волн (I_2^-) колеблется вблизи порога генерации. Рисунок 3 иллюстрирует эволюцию режимов генерации в присутствии δ -коррелированного белого шума с амплитудой $D = 10^{-7}$ при увеличении отстройки x при $r = 0,00001$. Здесь приведены временные реализации (левая колонка) для интенсивностей волн I_2^\pm , а также спектры мощности для волны I_2^-

(средняя колонка) и для волны I_2^+ (правая колонка). Как видно из рисунка, вначале, при $x = -45,84$ МГц фиксируется асимметричный предельный цикл, и влиянию шума подвержена только переменная $I_2^-(a)$. При $x = -47,04$ МГц I_2^- полностью управляется шумом, и режим генерации становится стохастическим (б). При $x = -47,42$ МГц (в) вследствие нелинейного взаимодействия интенсивность волны I_2^- увеличивается, так что она становится нечувствительной к шуму, но при этом, как видно из рисунка (в), сложные колебания претерпевают все переменные, что соответствует асимметричному хаосу. И, наконец, при $x = -48,47$ МГц (г) фиксируется долгопериодический асимметричный предельный цикл со сложной формой колебаний. Все аттракторы (а)–(г) локализованы в цилиндрическом фазовом пространстве и из-за симметрии модели имеет место бистабильность (рисунок 4).

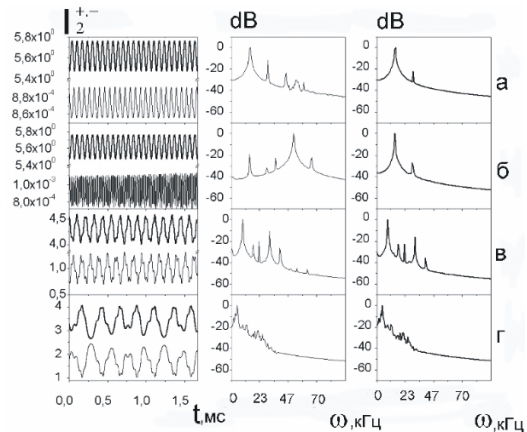


Рисунок 3 – Эволюция режимов генерации в присутствии случайных флуктуаций

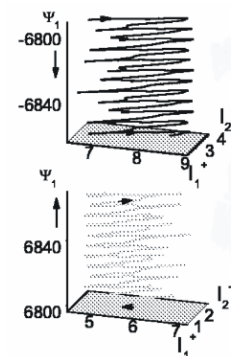


Рисунок 4 – Бистабильность асимметричных долгопериодических колебаний, локализованных в цилиндрическом фазовом пространстве

При дальнейшем увеличении x рождается симметричный предельный цикл, эволюционирующий в симметричный хаос типа перемежаемости. Динамика генерации одномодового линейного твердотельного Nd:Yag лазера (ТТЛ) с диодной

накачкой изучена в работе [2]. Теоретическая модель данного лазера ограничена реализацией одночастотного режима генерации волны с произвольным состоянием поляризации и двухчастотного режима генерации волн с линейными ортогональными состояниями поляризации, интенсивности которых I_x , I_y и разность фаз Ψ . Сложные колебания в данном ТТЛ возникают в режиме двухчастотной генерации. Так, асимметричный хаос типа перемежаемости, обнаружен при изменении линейной фазовой анизотропии резонатора $\Delta\omega$. В силу симметрии модели имеет место бистабильность асимметричных аттракторов (рисунок 6).

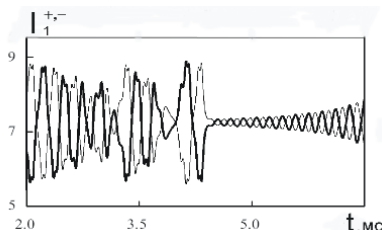


Рисунок 5 – симметричный хаос типа перемежаемости при $x = -51,4$ МГц

Влияние случайных флуктуаций обнаружено в припороговой области генерации. На рисунке 7 показаны фазовые проекции предельных циклов в отсутствие (а) и при наличии (б) случайных флуктуаций.

УДК 535.37: 537.533.35; 537.534.35

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО МИКРОСКОПА Жук Ю.А.^{1,2}, Фёдорцев Р.В.², Леванович А.М.¹, Масловский В.А.²

¹ООО «Регула»

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Рассмотрены возможности расширения функциональных возможностей спектрально-люминесцентного микроскопа для исследования различных объектов и их свойств. Представлен способ автоматизации процесса работы микроскопа посредством применения специализированного программного обеспечения для считывания и обработки изображения.

Ключевые слова: микроскоп, люминесценция, осветитель, цифровое изображение.

EXPANDING THE FUNCTIONAL CAPABILITIES OF A SPECTRAL-LUMINESCENCE MICROSCOPE

Zhuk Y., Feodortsau R., Levanovich A., Maslouski U.

¹LTC "Regula"

²Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The possibilities of expanding the functionality of a spectral-luminescence microscope for studying various objects and their properties are considered. A method for automating the microscope operation process through the use of specialized software for image reading and processing is presented.

Keywords: microscope, luminescence, illuminator, digital image.

Адрес для переписки: Жук Ю.А., ул. Налибокская 10, г. Минск, 220055, Республика Беларусь
e-mail: uakiav@gmail.com

В основу работы спектрально-люминесцентных микроскопов заложено оптическое свойство согласно которому при облучении различных объектов ультрафиолетовым светом они

начинают светиться в видимом диапазоне спектра. Флуоресценция характерна для витаминов, кристаллов, горных пород, масел и хлорофилла и пр. Применение флуоресценции позволило

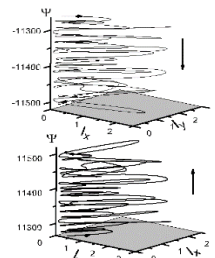


Рисунок 6 – бистабильность асимметричных хаотических аттракторов типа перемежаемости, локализованных в цилиндрическом фазовом пространстве

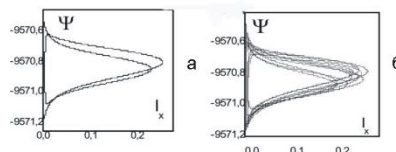


Рисунок 7 – фазовые проекции в отсутствие (а) и при наличии (б) δ -коррелированного белого шума

Литература

1. Свирина, Л.П. Фазовая неустойчивость в четырехчастотном кольцевом газовом лазере с анизотропным резонатором / Л.П. Свирина // Квантовая электроника. – 2008. – Т. 38, № 1. – С. 1–15.
2. Свирина, Л.П. Фазовая неустойчивость в одномодовом твердотельном лазере с анизотропным резонатором. / Л.П. Свирина // Оптика и спектроскопия. – 2009. – Т. 107, № 2. – С. 207–212.