

лотных добавок не превышала примерно 10^{-4} М. При более высоких концентрациях кислотных добавок краситель будет разрушаться уже при взаимодействии с избытком кислоты, хотя скорость деструкции в этом случае ниже, чем под действием щелочных примесей.

Полосы поглощения продуктов разрушения красителей в результате взаимодействия с примесями щелочной природы находятся в более коротковолновой области, чем основная полоса поглощения полиметиновых красителей. Поэтому при возбуждении красителей в длинноволновую полосу поглощения, например излучением рубинового лазера, продукты химической деструкции не будут оказывать существенного влияния на характеристики люминесценции и генерации раствора. Следовательно, в таких случаях можно просто использовать растворы более высоких концентраций. Часть красителя разрушится и реакция деструкции практически прекратится из-за того, что щелочные примеси прореагируют с избытком красителя.

Для практического применения в качестве компонентов активных и пассивных лазерных сред целесообразно использовать наиболее стабильные красители (см. таблицу). Однако следует отметить, что наименее стабильные красители можно успешно использовать для решения «обратной» задачи, т. е. для контроля чистоты растворителей. Качественно контроль на содержание щелочных примесей в растворителях можно осуществлять по изменению окраски растворов указанных красителей. Количественный контроль выполняется по анализу временной зависимости спектров поглощения растворов.

Список литературы

1. Тихонов Е. А., Шпак М. Т. Нелинейные оптические явления в органических соединениях. Киев, 1979.
2. Грузинский В. В. Активные среды ОКГ на многоатомных органических молекулах, общие сведения, к. п. д. генерации. Мн., 1977 (Препринт/Ин-т физики АН БССР).
3. P o r e t s c h i t s V. // Third Symposium Optical Spectroscopy. Reinhardtsbrunn, 1984. P. 71.
4. Киприанов А. И., Фридман С. Г., Пупко Л. С. // Сб. науч. работ ИОХ АН УССР. 1947. № 13. С. 40.

Поступила в редакцию 07.10.92.

УДК 621.373.826

С. А. ЗЕНЧЕНКО, С. В. ЛЕШКЕВИЧ

РЕЗОНАТОР ДЛЯ МНОГОПУЧКОВОГО ЛАЗЕРА

The results of the theoretical determination of the stability of some types of open resonator with intracavity convergent lens are presented for their application in multibeam laser. The resonator that has low sensitivity to disalignment is presented. Three beam lasers with such resonator has been realized.

Многолучевой лазер, система зеркал которого обеспечивает генерацию излучения одним активным элементом в двух и более резонаторах, открывает широкие возможности для ряда практических применений. Дальнейшее развитие работ по многопучковой генерации в лазерах на основе конденсированных сред [1–3] требует разработки достаточно простого резонатора, делающего возможным работу лазера в многопучковом режиме. Так как наличие взаимодействия между отдельными лучами [2, 3] увеличивает требования на механическую жесткость системы, необходим резонатор, обладающий пониженной чувствительностью к разъюстировке зеркал.

Определенные перспективы с этой точки зрения возлагаются на резонатор с вогнутым отражающим зеркалом, центр кривизны которого расположен в активном элементе на его главной оптической оси, а устойчивость обеспечивается линзой, помещенной внутрь резонатора. Поскольку в твердотельных лазерах уже существует линза, обусловленная неравномерным нагревом лазерного кристалла под действием излучения накачки [4], необходимо знать, при каких условиях она обеспечивает устойчивость.

Расчеты областей устойчивости [5] были проведены численно. Для наглядности в качестве координат были выбраны расстояния от центра линзы до каждого из двух зеркал, составляющих резонатор. На рис. 1 представлены, на наш взгляд, самые интересные из полученных диаграмм устойчивости для резонаторов с зеркалами различной формы и положительной линзой с фокусным расстоянием F внутри резонатора. Диаграмма на рис. 1, *a* соответствует случаю, когда оба зеркала, составляющих резонатор, плоские; рис. 1, *б*—когда одно из плоских зеркал заменено сферическим с радиусом кривизны R ; рис. 1, *в*—когда сферические оба зеркала.

Наиболее важным следствием из приведенных результатов является то, что в случае использования резонатора с одним сферическим зеркалом, радиус кривизны R которого незначительно превышает фокусное расстояние F тепловой линзы, и вторым плоским зеркалом (рис. 1, *б*)

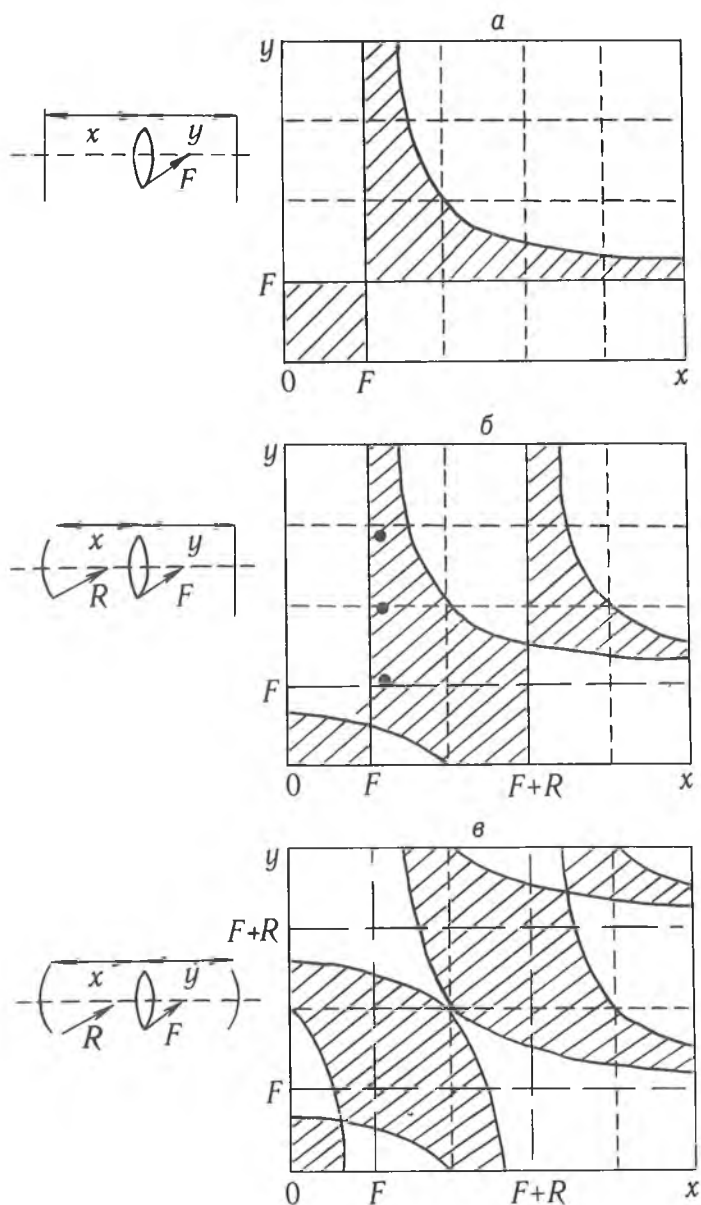


Рис. 1. Диаграммы устойчивости (заштрихованная область) для резонаторов, содержащих линзу с фокусным расстоянием $f > 0$

при соответствующем выборе положений оптических элементов генерация не пропадает после поворота плоского зеркала (если его размеры

достаточно велики) на угол, определяемый только геометрией кристалла и составляющий по оценкам величину порядка ± 5 градусов для кристалла длиной $l = 10$ см и диаметром $D = 5$ мм. Это обусловлено тем, что в отличие от такого же резонатора, не содержащего линзы, существуют области устойчивости, соответствующие длине резонатора, превышающей радиус кривизны сферического зеркала. Для сравнения отметим, что в резонаторе с плоскими зеркалами требуется обеспечить параллельность одного зеркала другому с точностью не ниже $\varphi \ll ND/R$, что составляет обычно величину $\approx 0,001$ радиана, где D – диаметр кристалла, R – радиус кривизны зеркала, N – число проходов оптического излучения по резонатору.

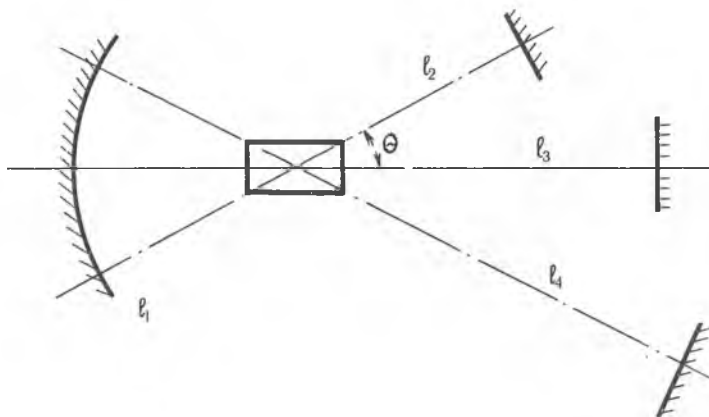


Рис. 2. Схема трехлучевого лазера

Заметим, что при большой длине резонатора диапазон мощностей накачки, при которых обеспечивается устойчивость, становится уже из-за зависимости фокусного расстояния тепловой линзы от мощности накачки. Кроме того, можно ожидать, что в лазере с таким резонатором стабильность выходной мощности лазера будет выше, чем в резонаторе с плоскими зеркалами, поскольку механические колебания зеркал не приводят к значительной модуляции добротности резонатора. Таким образом, могут быть снижены требования на жесткость механической конструкции.

В эксперименте нами использовался лазер на $Y_3Al_5O_{12} - Nd^{3+}$ с непрерывной накачкой, мощность которой устанавливалась из расчета, чтобы оптическая сила тепловой линзы, наводимой в кристалле, составляла величину 4 ± 1 диоптрии. Фокусное расстояние наведенной линзы оценивалось по диаграмме рис. 1, а исходя из параметров резонатора, при которых происходил срыв генерации в резонаторе с плоскими зеркалами. Использование цилиндрического зеркала с радиусом кривизны $R = 43$ см и трех плоских выходных зеркал дало возможность получить устойчивую генерацию одновременно трех лазерных пучков на одном активном элементе длиной 10 см и диаметром 5 мм. Расстояние от центра кристалла до цилиндрического зеркала l_1 составляло 28,5 см, а до выходных плоских зеркал l_2 , l_3 и l_4 – 29 см, 45,5 см и 64 см соответственно (рис. 2). Углы между боковыми и осевым пучками могли изменяться от 1 до 4 градусов. Для наглядности на диаграмме рис. 1, б нанесены точки, по которым были выбраны параметры каждого из трех резонаторов многолучевого лазера.

Измерение угла разворота плоского зеркала, при котором еще присутствует генерация, показало, что лазерный луч не пропадает при повороте на любой угол в пределах ± 4 градуса в плоскости цилиндрического зеркала относительно центрального положения. При углах поворота, близких к предельным, мощность излучения несколько падала.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что использование сферического (или цилиндрического) зеркала в сочетании с положительной линзой внутри резонатора позволяет получить работо-

способный резонатор, обеспечивающий устойчивость для нескольких направлений одновременно, что делает его применимым для создания многопучкового лазера.

Авторы выражают признательность профессору А. П. Хапалюку за участие в обсуждении результатов работы.

Список литературы

1. Зенченко С. А., Портнягин А. И., Филиппов А. Е. // Тез. докл. XIII Междунар. конф. по когер. и нелинейной оптике. Мн., 1988. Ч. 2. С. 251.
 2. Зенченко С. А., Лешкевич С. В., Портнягин А. И. и др. // Квантовая электроника. 1990. Т. 17. № 7. С. 841.
 3. Зенченко С. А., Лешкевич С. В. // Оптика и спектроскопия. 1990. Т. 69. № 5. С. 1134.
 4. Foster J. D., Osterink L. M. // Journ. Appl. Phys. 1970. V. 41. № 9. P. 3656.
 5. Справочник по лазерам. Т2/Пер. с англ.; Под ред. А. М. Прохорова. М., 1978. С. 11.
- Поступила в редакцию 07.10.92.

УДК 577.3

Г. В. ГРУШЕВСКАЯ, А. И. ХМЕЛЬНИЦКИЙ

ПРОТЕКАНИЕ ДИФФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ ТИПА АНТИГЕН—АНТИТЕЛО

The antigen-antibody interaction on the surface, taking into account the Brownian motion of reactants, is simulated. It is shown that during immunological reactions in the spaced system substances are spent nonuniformly. This causes oscillations of the reactant concentrations.

Эффективность протекания реакции «антиген – антитело» определяется пространственным расположением F_{ab} -субъединиц антитела, находящихся в постоянном броуновском движении [1, 2]. Целью данной работы является теоретическое рассмотрение кинетики протекания реакции «антиген – антитело» в пространственно-распределенной системе с учетом броуновского движения компонент реакции.

Используемая для расчетов модель предполагала, что взаимодействие антигена с антителом протекает по следующему механизму:



где X – свободная F_{ab} -субъединица антитела, A – антиген, Y – связанная с антигеном F_{ab} -субъединица антитела, Z – комплекс «антиген – антитело».

Для протекания реакций (1–3) существенно расположение субъединиц антитела и активных центров антигена в пространстве. Первая реакция описывает взаимодействие антигена A с одной из свободных F_{ab} -субъединиц антитела при условии, что в окрестности, доступной второму центру связывания антигена, не находится вторая свободная F_{ab} -субъединица. Вторая реакция характеризует взаимодействие антигена A одновременно с двумя F_{ab} -субъединицами данного антитела. В реакции (2) комплекс «антиген – F_{ab} -субъединица», образовавшийся в реакции (1), взаимодействует со второй свободной F_{ab} -субъединицей антитела. Третье уравнение описывает изменение конформации всего антитела после его связывания с антигеном [1, 2].

Пусть антитела расположены на пластине в плоскости z_0 (рис. 1).