

ЛАЗЕР НА КРАСИТЕЛЯХ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Т. Ш. ЭФЕНДИЕВ, А. Н. РУБИНОВ и А. Л. КИСЕЛЕВСКИЙ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ АН БССР, Г. МИНСК, СССР

(Поступило 22. II. 1977)

Приведены экспериментальные результаты исследований лазера на красителях с распределенной обратной связью 2-ого порядка. В качестве активной среды использовалась бинарная смесь красителей возбуждаемая излучением основной частоты и второй гармоники рубинового лазера. Описанный эксперимент демонстрирует определяющую роль фазовой решетки, индуцируемой накачкой.

Использование принципа распределенной обратной связи (РОС) в лазерах на красителях позволяет получать узкую линию генерации, перестраиваемую в широкой области спектра без применения внешнего резонатора и селективных элементов. Механизм обратной связи и частотная селекция в лазере с РОС обеспечиваются брэгговским рассеянием на амплитудно-фазовой решетке, образующейся в растворе красителя при взаимодействии когерентных световых пучков.

В лазерах с РОС период пространственной решетки является кратной величиной m половины длины волны генерируемого излучения. Обычно, для получения генерации красителя использовалась РОС 1-го порядка ($m = 1$). В работе [1] получена генерация в лазере на красителях с распределенной обратной связью 2-го и 3-го порядка, т. е. когда m равно, соответственно, 2 и 3. Распределенная обратная связь высокого порядка инициировалась в этанольном растворе родамина 6Ж при накачке излучением второй гармоники рубинового лазера.

В опубликованных до настоящего времени работах по лазерам на красителях с РОС для получения генерации в активной среде формировалась амплитудно-фазовая решетка. В этом случае трудно оценить роль фазовой и амплитудной решеток в отдельности в процессе формирования генерации в лазере с РОС.

Нами получен и исследован режим генерации в лазере на красителях с РОС для случая, когда фазовая решетка и инверсная населенность создавались раздельно в бинарной смеси красителей при накачке раствора излучением различных длин волн. Генерация красителя получена на распределенной обратной связи 2-го порядка.

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1. В качестве источника накачки использовался моноимпульсный рубиновый лазер

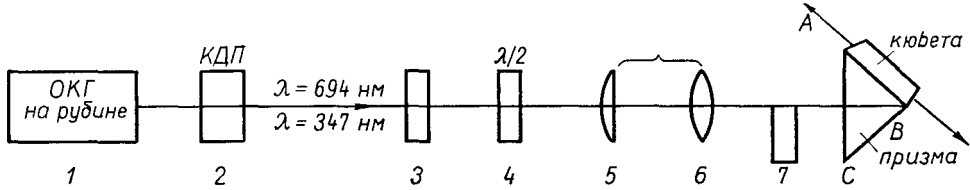


Рис. 1

(1) с удвоением частоты излучения в кристалле КДП (2). Излучение основной частоты и второй гармоники формировалось цилиндрической (5) и сферической (6) линзами в полоску и направлялось на поверхность АС призмы (8) перпендикулярно ее ребру. Раствор заливался в кювету, приставленную к боковой грани призмы [2]. На границе раздела призма — раствор происходит интерференция под углом 2Θ лучей, непосредственно падающих на эту границу, и лучей, отраженных от грани ВС. Размеры накачиваемой зоны в растворе $1,5 \times 0,1$ см.

Генерация возбуждается на длине волны (в воздухе):

$$\lambda_2 = \frac{2dn_p}{m} = \frac{n_p}{n_{np}} \cdot \frac{\lambda_H}{m \sin \Theta}, \quad (1)$$

где d — период решетки; n_p — показатель преломления раствора красителя на длине волны генерации λ_2 ; n_{np} — показатель преломления материала призмы на длине волны накачки λ_H (в воздухе); Θ — угол падения накачки на поверхность раздела призма — раствор; m — целое число.

Для того, чтобы электрический вектор основной частоты и второй гармоники имел одинаковое направление, на пути луча накачки помещалась пластинка в полдлины волны (4) для основной частоты, причем вектор \mathbf{E} колебался в вертикальной плоскости. Этим обеспечивались оптимальные условия для образования РОС и генерации красителя.

Из (1) видно, что для каждого значения угла Θ излучение основной частоты образует в среде решетку вдвое большего периода, чем излучение второй гармоники.

Таким образом генерация красителя на пространственных решетках, созданных основной частотой и второй гармоникой при одинаковом значении угла Θ , будет соответственно генерацией на РОС 2-го и 1-го порядка.

В эксперименте использовалась бинарная смесь двух красителей — 7-диэтиламино-4-метилкумарина 1,3,3; 1',3',3'-гексаметил-4,5,4',5'-добензоиндодикарбоцианин йодид. Красители растворялись в этаноле. На рисунке 2 приведены спектры поглощения указанных красителей (кривая 1 и 3) и спектр люминесценции кумарина (кривая 2). Из приведенных спектров видно, что полиметиновый краситель почти не поглощает излучение люминесценции

кумарина в области спектра < 500 нм. Коэффициенты поглощения раствора на длинах волн $\lambda = 694$ нм и $\lambda = 347$ нм составляли 40 см^{-1} и 35 см^{-1} соответственно. Перед входной гранью призмы помещался светофильтр (7) (рисунок 1), поглощающий излучение второй гармоники и пропускающий излучение основной частоты рубинового ОКГ. Светофильтр устанавливался таким образом, чтобы перекрывалась половина пучка накачки, состоящего из основной частоты и второй гармоники. В этом случае излучение основной частоты, поглощаемое полиметиновым красителем, формировало в среде фазовую решетку, а излучение второй гармоники использовалось только для оптического возбуждения кумарина. В этих условиях была получена генерация кумарина в бинарной смеси на фазовой решетке, созданной основной частотой, т. е. на распределенной обратной связи 2-го порядка. Ширина линии второго порядка, измеренная с помощью дифракционного спектрографа, составляла около 1 \AA . Осуществлена перестройка длины волны генерации в спектральной области $440\text{--}490$ нм. Диапазон перестройки с длинноволнового края ограничивается поглощением полиметинового красителя.

На рисунке 3а приведен спектр генерации кумарина в бинарной смеси на РОС 2-го порядка. При возбуждении этого же раствора излучением второй гармоники без формирования в активной среде фазовой решетки (для этого за кристаллом КДП устанавливался светофильтр (3), отсекающий основную частоту) наблюдалась люминесценция кумарина (рисунок 3б).

На рисунке 3в приведена линия генерации кумарина на РОС 1-го порядка. Для этого амплитудно-фазовая решетка с периодом, соответствующим первому порядку, формировалась излучением второй гармоники. (Светофильтр (7) отсутствует; основная частота отсекалась светофильтром (3)). Видно различие в длинах волн для РОС 1-го и 2-го порядка (рисунки 3а и 3в) для одного и того же значения угла θ . Это связано с тем, что показатель преломления призмы различен для длин волн 694 нм и 347 нм.

Измерены пороговые мощности накачки, требуемые для возбуждения генерации кумарина на РОС 1-го и 2-го порядка. При прочих равных условиях пороговое значение мощности накачки для второго порядка было примерно в 8 раз выше, чем для первого порядка, составлявшего $\sim 40 \text{ kW}$.

При значительном превышении порога наряду с линией РОС 2-го порядка в спектре наблюдалась еще одна резкая линия с длиной волны равной 452 нм. При изменении угла падения θ излучения накачки длина волны этой линии не изменялась. Наблюдаемая дополнительная линия есть генерация красителя на амплитудно-фазовой решетке, создаваемой в растворе излучением второй гармоники в результате интерференции лучей, непосредственно падающих на границу раздела АВ (рисунок 4), и лучей, претерпевших последовательное отражение на поверхностях ВС и АС. При повороте призмы вокруг своей оси угол 2θ между интерферирующими лучами не изменяется

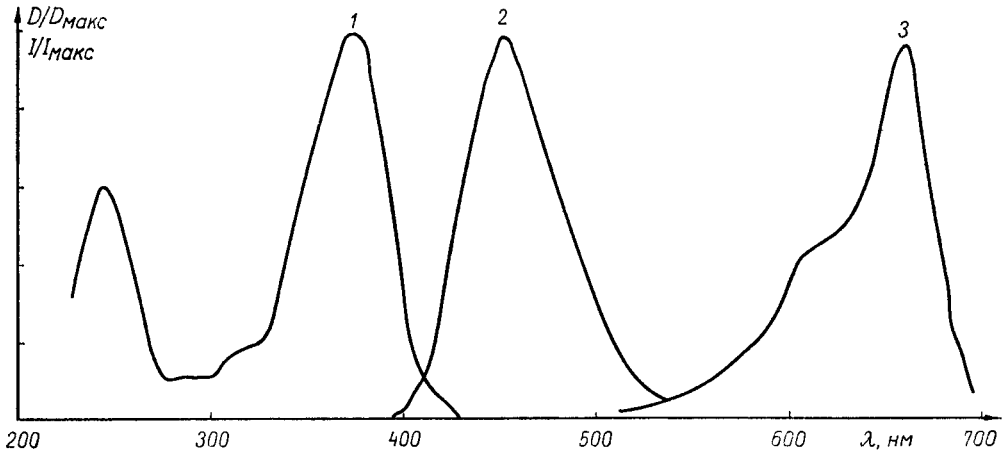


Рис. 2

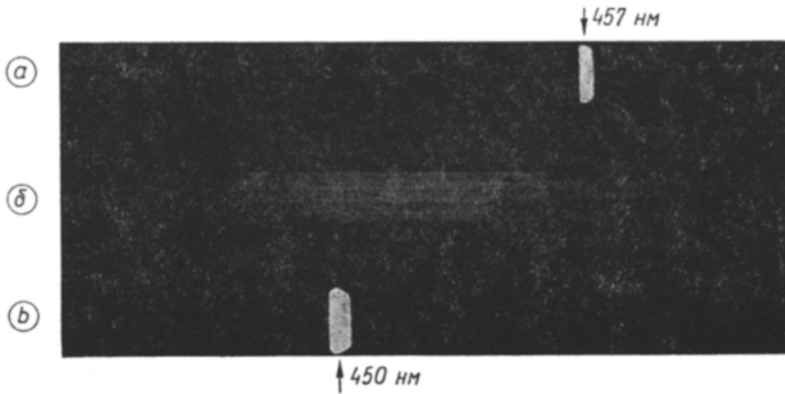


Рис. 3

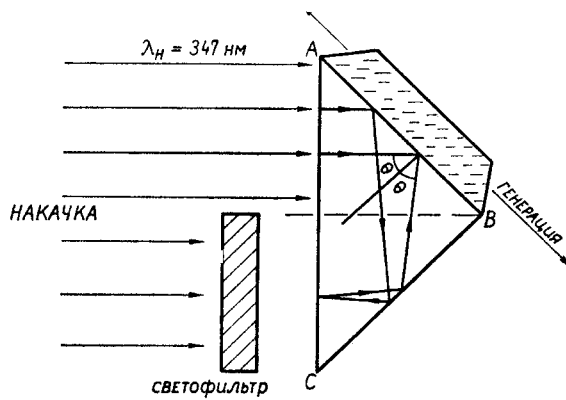


Рис. 4

и равен 90° . Длина волны дополнительной линии соответствует периоду решетки, образованной лучами, интерферирующими под углом 90° .

Плоскости дополнительной пространственной решетки расположены под углом к плоскостям решетки второго порядка. Экспериментально это проявляется в различном направлении распространения излучения генерации на РОС второго порядка и дополнительной линии. Эти направления совпадают лишь в случае нормального падения накачки на входную грань призмы.

Таким образом, настоящий эксперимент непосредственно демонстрирует определяющую роль фазовой решетки индуцируемой накачкой в механизме генерации в лазерах с РОС.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. E. BJORKHOLM, C. V. SHANK, *Appl. Phys. Letts.*, **20**, 306, 1972.
2. S. CHANDRA, N. TAKEUCHI, S. R. HARTMAN, *Appl. Phys. Letts.*, **21**, 144, 1972.