

В. М. Петникова, М. А. Харченко, В. В. Шувалов

ГИСТЕРЕЗИС, АВТОСТАБИЛИЗАЦИЯ И НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ГЕНЕРАЦИИ НЕПРЕРЫВНОГО ИАГ-ЛАЗЕРА С ТЕПЛОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

Приведены результаты исследования особенностей генерации непрерывного ИАГ-лазера с нелинейным элементом из InP:Fe в петле обратной связи по пространственной структуре светового пучка. Обнаружен гистерезис зависимости параметров генерации от тока лампы накачки. Реализованы режимы автостабилизации и неустойчивости пространственного спектра и выходной мощности пучка генерации.

Активные гистерезисные нелинейные системы с обратной связью представляют интерес в качестве объекта как чисто фундаментальных исследований, так и практических применений [1]. Последнее обстоятельство обусловлено перспективами реализации устройств, функционирующих в нетрадиционных самосогласованных (регулярных) режимах. В настоящей работе экспериментально исследуются особенности непрерывной генерации лазера на ИАГ с нелинейным элементом InP:Fe в петле обратной связи.

Для стабилизации параметров выходного пучка геометрию резонатора обычно оптимизируют по критерию минимальной чувствительности к изменению фокусного расстояния тепловой линзы в активном элементе [2, 3]. Возможно также управление наклоном, положением и формой зеркал [3, 4]. Используемая схема наряду с простой, характерной для систем первого типа [2, 3], обладает некоторыми свойствами систем второго типа [4]: реагирует на флуктуации пространственной структуры светового пучка. Последнее и позволяло надеяться на возможность реализации режима автостабилизации. Подобная схема с нелинейностью электронного типа (GaAs) применялась для стабилизации пикосекундного лазера [5]. В непрерывном режиме эффективны нелинейности другого типа: тепловой нагрев и/или фото-рефракция [6], что и определило выбор конкретного материала (InP:Fe).

Резонатор лазера был образован двумя плоскими диэлектрическими зеркалами: выходным с коэффициентом отражения 82 % и «глухим». Расстояние между зеркалами составляло около 90 см. Просветленный активный элемент диаметром 5 мм и длиной 10 см, установленный в стандартный одноламповый осветитель К-301Б, размещался на расстоянии ~30 см от выходного зеркала. В качестве источника питания лампы-накачки ДНП 6/90 использовалась стойка СПО-1, модернизированная с целью повышения коэффи-

циента стабилизации тока до 10^{-3} . Для селекции углового спектра генерации в плоскости, расположенной на расстоянии 52 см от выходного зеркала, предусматривалась установка диафрагм диаметром 1—3 мм.

Роль нелинейного элемента играла просветленная плоскопараллельная пластинка из InP:Fe толщиной 0,35 мм (коэффициент поглощения на длине волны генерации $\sim 0,3 \text{ см}^{-1}$). Поглощение излучения некоторой пространственной структуры в пластинке приводит к соответствующим изменениям показателя преломления и формированию фотоиндуцированной линзы, которая в свою очередь определяет структуру светового поля в резонаторе и замыкает тем самым петлю обратной связи. Положение нелинейного элемента в резонаторе варьировалось: в центре (I), между выходным зеркалом и активным элементом (II), практически вплотную к «глухому» зеркалу резонатора (III).

Исследования зависимости характера генерации лазера от тока лампы-накачки показали, что в последнем случае (III): а) генерация начинается при пороговом токе $I_1=26 \text{ А}$; б) при $I>I_1$ пространственная структура пучка выходного излучения имеет неустойчивый во времени многомодовый характер; в) после начала генерации снижение тока лампы-накачки I до $I_2=21 \text{ А}$ не приводит к ее «срыву»; г) в области гистерезиса $I_2<I<I_1$ пространственная структура выходного излучения близка к основной поперечной моде, существенно стабилизируется и его выходная мощность; д) в области $I_2<I<I_1$ срыв генерации за счет перекрытия одного из зеркал резонатора, его разьестрировки, обдува нелинейного элемента струей воздуха является необратимым, т. е. генерация не возобновляется при восстановлении исходных условий.

В режиме автостабилизации (III₂) дисперсия радиуса и выходной мощности пучка генерации не превышала 1,5—2,0 %. Хотя фокусное расстояние термоиндуцированной линзы в активном элементе менялось от 36 см ($I=I_1$) до 46 см ($I=I_2$), диаметр перетяжки пучка на выходном зеркале оставался в пределах 1,6—1,5 мм при выходной мощности 2,0—1,8 Вт.

В двух первых случаях (I, II) режим автостабилизации пространственной структуры пучка и его мощности реализовать не удалось ни при каких токах I . Установка диафрагм внутри резо-

натора приводила к одномодовой генерации, устойчивой во времени. При этом пучок случайным образом перемещался в поле зрения с одновременным изменением мощности. Ее максимум соответствовал моментам, когда направление генерации совпадало с осью резонатора. Подбором тока лампы-накачки I можно было, например, обеспечить условия, при которых пучок пропадал на несколько секунд, появлялся, вновь исчезал и т. д. Обдув нелинейного элемента струей воздуха заметно менял среднюю периодичность этого процесса.

Приведенные выше данные показывают, что механизм формирования петли гистерезиса, режимов пространственно-временной автостабилизации и неустойчивости генерации связан с фотоиндуцированными тепловыми процессами в нелинейном элементе. Именно тепловая линза приводит к изменению дифракционных потерь для основной поперечной моды резонатора, мод более высокого порядка, соответствующим образом меняя порог генерации. При крупномасштабной ($\sim 0,1$ мм) структуре и характерной (~ 1 кВт/см²) интенсивности светового пучка вклад фоторефракции в InP:Fe не обнаружен.

1. X. Гиббс. Оптическая бистабильность. Управление светом с помощью света.— М.: Мир, 1988.
2. S. Silvestry, P. Laporta, V. Magni. *IEEE J. QE-23*, 1999 (1987).
3. K. C. Peng, L. A. Wu, H. J. Kimble. *Appl. Optics*, **24**, 938 (1985).
4. А. С. Гнедой, А. В. Кудряшев, В. В. Самаркин, В. П. Якунин. *Квантовая электроника*, **16**, 1837 (1989).
5. А. В. Бабушкин, Н. С. Воробьев, А. М. Прохоров, М. Я. Шелев. *Квантовая электроника*, **16**, 2036 (1989).
6. Н. П. Андреева, А. Ф. Умнов, М. С. Барашков, И. М. Бельдюгин, Ю. И. Кружилин, В. М. Петникова, М. А. Харченко, В. В. Шувалов. *Квантовая электроника*, **16**, 2586 (1989).

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Поступило в редакцию 4 августа 1989 г.

V. M. Petnikova, M. A. Kharchenko, V. V. Shuvalov. **Hysteresis, self-stabilization and instability of the stimulated emission from a CW YAG laser with thermal nonlinearity.**

Results are presented of studies pertaining to some features of the stimulated emission from a CW YAG laser with a nonlinear element made of InP:Fe in the feedback loop by the light beam spatial structure. Hysteresis has been found of a dependence of lasing parameters on a flashlamp current. Modes of self-stabilization and instability of the spatial spectrum and output power of the lasing beam have been realized.

Э. Гайжаускас, А. Пискаркас, В. Смильгвичюс, Г. Шлекис

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ СВЕТА В КРИСТАЛЛЕ LiNbO₃ В УСЛОВИЯХ ФОТОРЕФРАКТИВНОЙ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

Исследована параметрическая генерация света (ПГС) в кристалле LiNbO₃ при наличии индуцированной в объеме кристалла двумя пучками накачки фоторефрактивной интерференционной дифракционной решетки. При одновременном удовлетворении условий дифракции Брегга и фазового неколлинеарного синхронизма для компонент излучения ПГС осуществлена селекция спектра излучения: ширина спектра излучения ПГС в плоскости сведения пучков накачки составляла 3,5 см⁻¹ при расходимости излучения 1 мрад.

Методы селекции спектра излучения в резонаторных схемах лазерных систем известны давно и достаточно широко используются на практике. Это относится и к нелинейно-оптическим источникам излучения — параметрическим генераторам света (ПГС). Так, в работах [1, 2] использование интерферометра Фабри—Перо в резонаторных ПГС наносекундного диапазона и дифракционной решетки в резонаторных ПГС пикосекундного диапазона позволило получить излучение с шириной спектра соответственно 0,01 и 1 см⁻¹. Однако в простых и удобных в эксплуатации свертлюминесцентных схемах ПГС ширина спектра излучения составляет 5—20 см⁻¹ и определяется в основном неколлинеарным трехволновым параметрическим взаимодействием [3, 4].

Другим путем сужения спектра генерации в лазерных системах явилась разработка лазеров с распределенной обратной связью, позволявших

за счет создания периодических структур в активной лазерной среде осуществить селекцию спектра излучения [5]. Однако в нелинейно-оптических преобразователях частоты идея использования периодических структур для селекции спектра излучения не была реализована.

Одной из возможностей селекции спектра излучения при параметрической генерации света является совмещение в рабочем объеме ПГС нелинейного кристалла и дифракционной решетки. Действительно, в этом случае различные спектральные компоненты излучения, генерируемого в процессе параметрического взаимодействия, будут селектироваться по направлениям дифракционных максимумов решетки. С этой точки зрения представляется интересной возможность создания в объеме нелинейного кристалла индуцированной фазовой решетки. Такая решетка может быть создана в кристалле, например за счет фоторефракции [6], двумя идентичными пучками накачки, направляемыми в кристалл под углом скольжения θ . В этом случае период индуцированной интерференционной решетки

$$d = \lambda_n / 2 \sin(\theta/2), \quad (1)$$

и направления распространения дифракционных максимумов такой решетки должны удовлетворять условию Брегга: