

САМОПРОИЗВОЛЬНАЯ ОДНОЧАСТОТНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ КОЛЬЦЕВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА

А. А. Мах, В. И. Устюгов

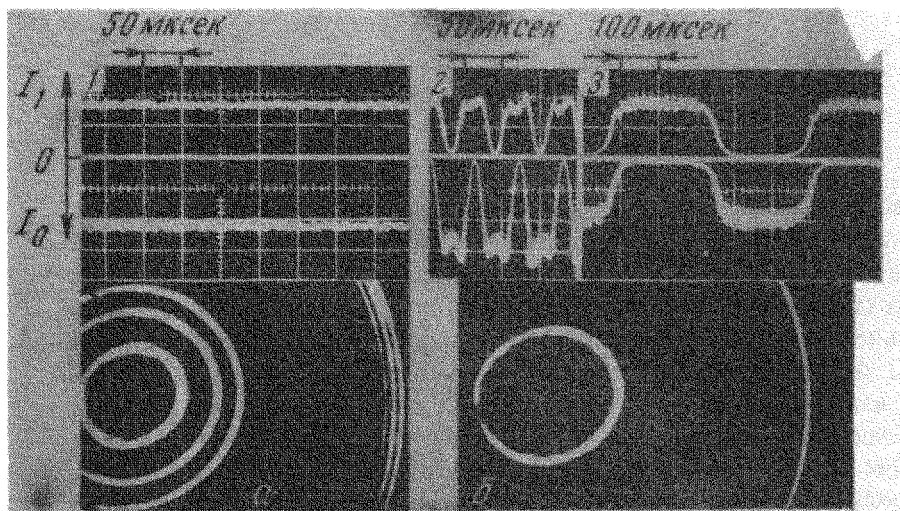
1. Известные методы получения одночастотного¹⁾ излучения твердотельных лазеров заключаются либо в дискриминации аксиальных ТК по добротностям, либо в устранении пространственной неоднородности поля в активной среде, что во всех случаях достигается посредством специальных оптических элементов или механических движений. В настоящем сообщении рассматривается возможность получения одночастотного излучения твердотельного лазера с однородно уширенной линией люминесценции, основанная на неустойчивости режима стоячей волны в кольцевом резонаторе. Показано, что при определенных условиях одночастотная генерация в таком резонаторе возникает самопроизвольно, т.е. без применения вышеупомянутых специальных средств.

2. При достаточно малой связи встречных волн за счет рассеяния стоячей волны одного аксиального типа колебания неустойчива, и может возникнуть нестационарный автоколебательный режим [1 – 3], когда излучение периодически становится однонаправленным, а разность фаз встречных волн колеблется, что можно трактовать, как движение максимумов и минимумов поля вдоль оси резонатора. Естественно ожидать, что эти особенности картины поля, способствующие сглаживанию пространственной неоднородности, могут привести к одночастотной генерации. С другой стороны, остается возможность устойчивой стационарной генерации стоячих волн нескольких аксиальных ТК [1].

¹⁾ Здесь и далее под одночастотностью понимается генерация одного аксиального типа колебания (ТК) при условии работы лазера на единственном поперечном ТК.

Какая из этих возможностей реализуется, зависит от соотношения ряда факторов, характер конкуренции между которыми можно пояснить следующими качественными соображениями. Пусть в начальный момент в резонаторе существует стоячая волна одного аксиального индекса на частоте центра линии люминесценции, пространственно модулирующая инверсную населенность. В соответствии с первой возможностью в резонаторе должна возникнуть бегущая волна той же частоты с инкрементом нарастания F_0 , в соответствии со второй возможностью должна появиться еще одна стоячая волна аксиального индекса, отличающегося на ξ , пространственно сдвинутая относительно первой в середине активного вещества на $\lambda/4$, с инкрементом нарастания F_ξ . Можно ожидать, что реализуется тот режим, при котором инкремент нарастания соответствующей волны больше, что отражает большую энергетическую выгодность. Сравнивая инкременты, получим для их разности, проведя интегрирование по длине активного вещества:

$$F_\xi - F_0 \sim a (\sin 2\pi \xi \zeta / 2\pi \xi \zeta) - [b(1/g_\xi - 1) + (\gamma_\xi - \gamma_0)/g_\xi]. \quad (1)$$



Кинетика генерации (I_1 и I_2 — интенсивности встречных волн) и спектр аксиальных ТК при различных коэффициентах заполнения резонатора активным веществом: $a - \zeta = 0,2$; $б - \zeta = 0,4$; 1 и 2 — накачка вблизи пороговой; 3 — превышение над порогом 1,25. База интерферометра Фабри — Перо 16 мм

Здесь a и b — положительные функции накачки, g_ξ — формфактор линии люминесценции активного вещества, ζ — коэффициент заполнения резонатора активным веществом по оптической длине, γ_0 и γ_ξ — потери в резонаторе на соответствующих частотах. На основании [1] можно сделать вывод, что при увеличении коэффициента заполнения от нуля выгодность одночастотного автомодуляционного режима растет, причем, если $\zeta = 1/2, 1$, этот режим становится предпочтительнее при любых

накачках независимо от величины ξ . Энергетическая выгодность одночастотного режима растет также при введении в резонатор селективных потерь $\gamma\xi - \gamma_0 > 0$.

3. Эксперименты проводились с трехзеркальным резонатором оптической длины 50 см в режиме генерации основного поперечного ТК с активными кристаллами YAG : Nd³⁺ на длине волны 1,06 мкм. Рисунок иллюстрирует изменение кинетики и спектра излучения при увеличении ζ . В случае *a* накачивается один из двух активных элементов, помещенных в резонатор, в случае *b* — оба, т.е. ζ увеличивается вдвое. Как и ожидалось, с увеличением ζ возникает самопроизвольная генерация одного аксиального ТК, причем одночастотность сохранялась до превышения над порогом 1,25 с уменьшением частоты автоколебаний при росте накачки. Отсутствие частотной селективности потерь в резонаторе в этом случае обеспечивалось формой подложек зеркал и наклоном активных элементов на угол, исключаящий интерференцию отраженных от торцов пучков. Получено также, что, в соответствии с вышеизложенным, слабая частотная селективность, вносимая в резонатор лазера при многочастотной стационарной генерации (в случае $\zeta = 0,2$), меняет его режим на одночастотный автомодуляционный. В качестве селектора применялась плоскопараллельная стеклянная пластинка толщиной 8 мм, наклоненная к оси резонатора под углом порядка 10°. При расположении пластинки перпендикулярно оси резонатора устанавливался стационарный режим с широким спектром, откуда видно, что для непосредственного подавления многочастотности этот селектор был слишком слаб и его роль действительно сводилась к обеспечению автомодуляционного режима.

В заключение отметим, что выходная мощность одночастотного излучения лазера на YAG : Nd³⁺, получаемая описанным методом может быть сравнительно высокой: при самопроизвольной одночастотности она достигала 0,12 Вт (в оба направления), с пластинкой могла быть повышена до 0,56 Вт.

Авторы благодарны Д.С. Прилежаеву и В.А. Фромзелю за полезные обсуждения.

Поступила в редакцию
13 июля 1973 г.

Литература

- [1] Э.М.Беленов, А.Н.Ораевский. Сб. Нелинейная оптика, Труды II Всесоюзного симпозиума по нелинейной оптике, стр. 102, изд. Наука, Новосибирск, 1968.
- [2] И.П.Ефанова, Е.Г.Ларионцев. ЖЭТФ, 55, 1532, 1968.
- [3] Е.Л.Клочан, Л.С.Корниенко, Н.В.Кравцов, Е.Г.Ларионцев, А.Н.Шелаев. Письма в ЖЭТФ, 17, 405, 1973.