

МЕТОД УВЕЛИЧЕНИЯ ШИРИНЫ СПЕКТРА ИЗЛУЧЕНИЯ В ОКГ НА НЕОДИМОВОМ СТЕКЛЕ С ПАССИВНЫМ ЗАТВОРОМ

А.А.Ионин, В.И.Малышев, А.В.Масалов

Увеличение ширины спектра в лазере с самосинхронизацией мод — один из путей повышения пиковой мощности светового излучения. Однако, обычно для получения более высокой степени синхронизации мод и уменьшения влияния нелинейных эффектов в ОКГ на неодимовом стекле работают при накачках, близких к пороговым. В этих случаях ширина спектра генерации относительно невелика $4 \div 6 \text{ см}^{-1}$ и спектр расположен вблизи максимума линии усиления. Поскольку в общем случае ширина спектра генерации определяется добротностью различных мод резонатора и шириной и формой линии усиления, то можно ожидать, что при устранении селекции мод изменением формы контура линии усиления можно изменять и ширину спектра генерации. В настоящей работе нами была предпринята попытка подобным образом осуществить управление шириной спектра.

В наших экспериментах деформация контура линии усиления возникла в результате "выгорания" инверсной населенности с образованием провала в центре неоднородно уширенной линии люминесценции ионов неодима, а также в результате миграции энергии возбуждения из одних областей активного стержня в другие. Оба процесса оказывают сильное влияние на спектральные и временные характеристики твердотельных ОКГ и, в частности, определяют кинетику спектров свободной генерации лазера на неодимовом стекле [1].

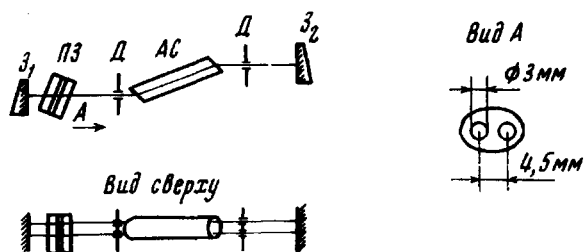


Рис. 1. Схема установки: Z_1, Z_2 — зеркала на клиновидных подложках с коэффициентами отражения 1,0 и 0,7 соответственно; $ПЗ$ — пассивный затвор — раствор красителя №3955 в нитробензоле с начальным пропусканием 55% (толщина кюветы 1 мм); $Д$ — диафрагмы; $АС$ — активный стержень ЛГС-28-2 $\varnothing 12 \times 160$ мм³

Для исследования указанного пространственного взаимодействия различных областей активной среды и его влияния на ширину спектра генерации мы использовали ОКГ с пассивным затвором с двумя каналами генерации, образованными в одном и том же стержне из неодимового стекла при помощи диафрагм с двумя отверстиями (рис. 1). В таком ОКГ генерация гигантских импульсов в каждом из каналов происходит в различные моменты времени, причем изменением величин коэффициентов усиления в каналах можно изменять интервал между импульсами в пределах от нескольких микросекунд до 200 мксек. Нами производились исследования спектральных и временных характеристик излучения в каждом из каналов при различных временах задержки между импульсами генерации.

Исследования, проводимые при накачках, близких к пороговым, показали, что спектральные и временные характеристики излучения любого из каналов в случае, когда другой перекрыт, не отличаются от характеристик обычного генератора с пассивным затвором: ширина спектра генерации $4 \div 6$ см⁻¹, спектр изрезан нерегулярной структурой, изменяющейся от вспышки к вспышке, длительность импульса генерации ≈ 50 нсек. То же можно сказать и об излучении канала, в котором генерация возникает раньше (условно назовем этот канал первым).

Было обнаружено, что спектральные и временные характеристики излучения второго канала зависят от времени задержки между импульсами генерации. В случае временных задержек, меньших 10 мксек и

больших 100 мксек , излучение второго канала не обнаруживает отличий от излучения обычного генератора. При задержках, лежащих в диапазоне $10 \div 100 \text{ мксек}$, в излучении нашего ОКГ наблюдаются существенные отличия. А именно: вершина спектра становится плоской (вплоть до образования в некоторых случаях провала) и ширина спектра увеличивается в 2 – 3 раза и составляет $12 \div 15 \text{ см}^{-1}$, полная длительность импульса генерации несколько сокращается (до $20 \div 30 \text{ нсек}$), а глубина модуляции, зарегистрированная с разрешением $1,5 \text{ нсек}$, уменьшается. Различие форм спектров наглядно проявляется на рис. 2

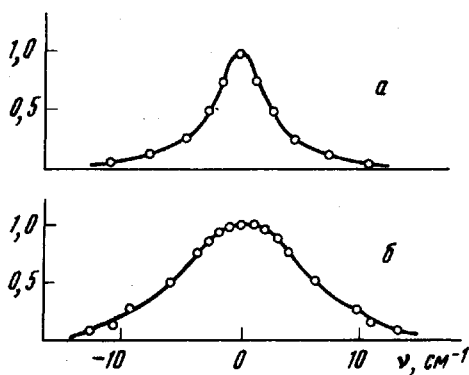


Рис. 2. Спектры излучения первого (а) и второго (б) каналов. Задержка между импульсами 50 мксек

Наблюдаемые особенности в спектре излучения второго канала объясняются, на наш взгляд, следующим образом. Импульс генерации первого канала снимает инверсию в своем канале, и, вследствие неоднородного уширения линии люминесценции ионов неодима в стекле, в контуре линии усиления вблизи максимума образуется провал с шириной, близкой к однородной ширине люминесценции Nd^{3+} (однородная ширина составляет $20 \div 30 \text{ см}^{-1}$ [2]¹⁾. Таким образом, в области первого канала нарушается равновесное распределение возбуждения по различным ионам неодима. В дальнейшем миграция возбуждения замыкает образовавшийся провал; причем, если в области первого канала после генерации возбуждение мигрирует в основном в пределах линии люминесценции – от крыльев линии к ее центру, то из периферийных областей в первый канал мигрирует возбуждение главным образом от ионов, излучение которых лежит в области максимума линии люминесценции. В результате в периферийных по отношению к первому каналу областях активной среды, а значит и во втором канале, происходит уменьшение инверсной населенности в максимуме и увеличение эффективной ширины линии усиления и, как следствие этого – увеличение ширины спектра генерации.

Однако, конечная ширина спектра излучения второго канала должна зависеть от времени задержки между генерациями, поскольку кро-

¹⁾ Заметим, что спектр генерации уже однородной ширины Nd^{3+}

ме рассмотренных выше процессов происходит восстановление первоначального контура за счет возбуждения ионов неодима излучением накачки. Это означает, что при достаточно больших задержках между импульсами генерации эффект уширения спектра пропадет, что и наблюдалось нами при задержках, больших 100 *мксек*.

С другой стороны, если задержка между импульсами генерации достаточно мала, то миграция возбуждения еще не успеет внести ощутимых искажений в форму линии усиления второго канала, и эффект будет отсутствовать. Это также подтверждается экспериментально в случае задержек, меньших 10 *мксек*.

С предложенной картиной явления согласуется и тот факт, что сужение спектра первого канала, осуществленное при помощи селекторов, не изменило особенностей спектра второго канала.

Как уже отмечалось, нерегулярная структура спектра второго канала не повторяет структуру спектра первого. Это свидетельствует о том, что оптическая связь между каналами излучения отсутствует и излучение второго канала развивается из собственных шумов. Кроме того, как показали исследования при помощи метода двухфотонной люминесценции (ДФЛ) [3], для излучения обоих каналов произведение $s \Delta\nu \Delta t$ близко к 0,4, где $\Delta\nu$ – ширина спектра излучения в $см^{-1}$, Δt – время корреляции, измеренное по ширине яркого пика в методе ДФЛ (ширина яркого пика для излучения второго канала уже раза в два, чем для излучения первого). Эти измерения показывают, что уширение спектра излучения во втором канале не связано с какой-либо дополнительной фазовой модуляцией.

Таким образом, использование двухканального ОКГ на неодимовом стекле с пассивным затвором, позволяет, при соответствующем выборе времени задержки (определяемой параметрами ОКГ) значительно увеличить ширину спектра излучения в режиме самосинхронизации мод и тем самым, в принципе, уменьшить предельную длительность пикосекундных импульсов.

Физический институт
им. П.М.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
4 июля 1972 г.
После переработки
6 сентября 1972 г.

Литература

- [1] В.И.Мальшев, А.С.Маркин, А.А.Сычев. Письма в ЖЭТФ, 9, 3, 1969.
- [2] В.С.Машкевич, М.С.Соскин. Письма в ЖЭТФ, 5, 456, 1967.
- [3] I.A. Giordmaine, P.M.Rentzepis, S.L.Shapiro, K.W. Wecht. . Appl. Phys. Lett., 11, 216, 1967.