

циональных преобразователей или микропроцессорной техники измерения автоматизируются, появляется возможность нахождения комплекса параметров и их использования в системах управления излучателем.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 24453—80. Измерения параметров и характеристик лазерного излучения.
2. ГОСТ 26086—84. Лазеры. Методы измерения диаметра пучка и энергетической расходимости излучения.
3. Мирский Г. Я. Аппаратурное определение характеристик случайных процессов.— М.: Энергия, 1972.
4. Катрич А. Б., Кузьмичев В. М. К вопросу определения энергетического центра и диаметра пучка излучения оптического квантового генератора // Квантовая электрон.— 1975.— Т. 2, № 1.
5. Катрич А. Б., Кузьмичев В. М., Худощин А. В. Измерение параметров пучков излучения при нелинейной характеристике преобразования // Тез. докл. на 5-й Всесоюз. конф. «Фотометрия и ее метрологическое обеспечение».— М.: Изд-во ВНИИОФИ, 1984.

Поступило в редакцию 8 октября 1985 г.

УДК 535.36.375 : 621

В. И. ПРОЦЬ, И. П. СТАВИЦКИЙ, М. Ф. СТУПАК
(Новосибирск)

ПОЛУЧЕНИЕ ОДИНОЧНЫХ СУБНАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ В ЛАЗЕРЕ С ВРМБ-ВТР-ЗЕРКАЛОМ

Опубликовано уже довольно много работ (см., например, [1]) по твердотельным лазерам, у которых одно или оба зеркала резонатора являются нелинейными зеркалами, работающими на вынужденном рассеянии Манделъштама — Бриллюэна (ВРМБ-зеркало) или на вынужденном температурном рассеянии (ВТР-зеркало). Интерес к этому новому типу зеркальных резонаторов обусловлен существенным положительным влиянием обращения волнового фронта (ОВФ) в нелинейных зеркалах на характеристики лазерного излучения.

Нами отмечалось [2, 3], что конкуренция или одновременное развитие нескольких нелинейных процессов в ВРМБ-ВТР-зеркалах могут приводить к большому разнообразию режимов работы таких лазеров. Более того, как отмечено в работе [4]: «К настоящему времени нет количественной теории и даже понимания всех процессов, существенных для работы такого лазера». В данном сообщении обращается внимание на один из нелинейных процессов в лазере с ВРМБ-ВТР-зеркалами и приводятся результаты использования этого процесса для получения заданных характеристик лазерного излучения.

Исследование динамики генерации лазера с двумя ВРМБ-ВТР-зеркалами показало, что при инжекции внешнего сигнала через нелинейное зеркало (НЗ) (кювета

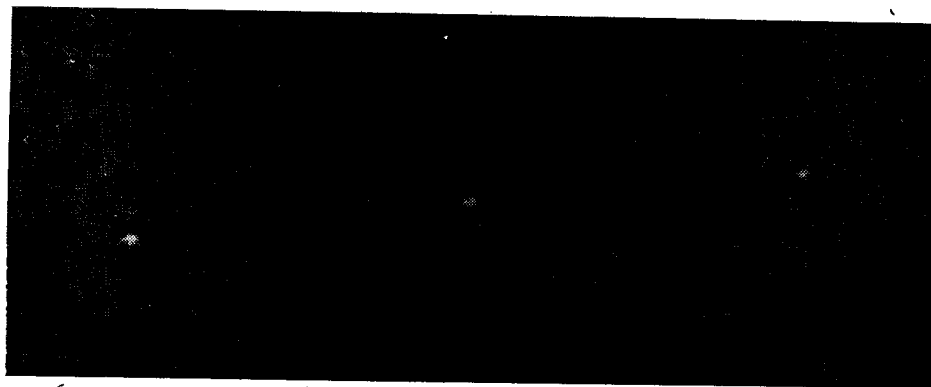


Рис. 1. Хронограмма спектра генерации в припороговом режиме (полукольцо второй гармоники) лазера с двумя нелинейными ВРМБ-зеркалами. Временной интервал между импульсами 9 нс, область свободной дисперсии интерферометра Фабри — Перо $2,5 \text{ см}^{-1}$. Временная развертка слева направо

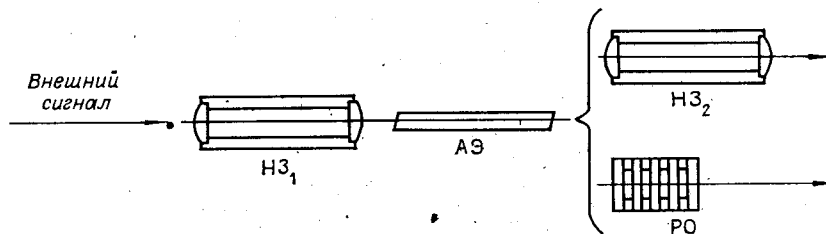


Рис. 2. Схема экспериментальной установки:
 АЭ — активный элемент; РО — резонансный отражатель

с софокусными линзами в виде окон, заполненная ацетоном) при определенных условиях происходит существенное уменьшение длительности (до $\sim 10^{-10}$ с) импульсов стоковых компонент ВРМБ лазерного излучения (рис. 1).

Внешний сигнал (рис. 2) представлял собой гигантский импульс с параметрами: $\lambda = 1,06$ мкм, длительность ≈ 30 нс, мощность $\leq 0,5$ МВт, ширина спектра $< 10^{-2}$ см $^{-1}$. Это излучение через оптическую развязку (призма Глана и пластинка $\lambda/4$) проходило первую кювету, частично испытывая вынужденное рассеяние Мандельштама — Бриллюэна, усиливалось в активном элементе (силикатное стекло, активированное неодимом) и поступало на вторую кювету (НЗ₂). Отраженный сигнал от второй кюветы (стоксова компонента) усиливался в активном элементе и поступал в первую кювету (НЗ₁), где снова происходило частичное рассеяние назад, и т. д. Таким образом, после второй кюветы излучалась серия импульсов четных стоковых компонент ВРМБ, при этом внешний сигнал «приводил в действие» нелинейные зеркала. Первоначально мы предполагали, что это происходит так же, как при введении внешнего сигнала через обычное зеркало с коэффициентом пропускания $\sim 0,1$, стоящее под углом внутри резонатора, образованного двумя НЗ [2, 3]. В этом случае внешний сигнал «включал» отражение одного НЗ, а отраженный сигнал, усилившись, «включал» отражение другого НЗ. Длительности генерируемых в такой схеме импульсов были порядка времени двойного обхода резонатора и составляли $\sim 5-10$ нс. В схеме же на рис. 2 длительности генерируемых импульсов оказались значительно меньше. Представляется возможным объяснить указанную разницу различием механизмов включения нелинейных зеркал внешним сигналом. Для выяснения этого различия регистрировались интегральные спектры излучения внешнего сигнала до входа в нелинейное зеркало (рис. 3, а) и этого же излучения, прошедшего нелинейное зеркало (рис. 3, б). Область свободной дисперсии интерферометра Фабри — Перо на рис. 3 составляет $\approx 0,28$ см $^{-1}$. Как видно по уширению спектра из этого рисунка, возбуждающий генерацию в лазере с нелинейными зеркалами внешний сигнал, проходя первое нелинейное зеркало, испытывает фазовую модуляцию, что и проявляется в уширении его интегрального спектра. Не вдаваясь в причину данного эффекта (в наших условиях, как правило, это обычное поглощение света [4]), теперь можно по-иному рассмотреть влияние внешнего сигнала на генерацию лазера с двумя нелинейными зеркалами.

Частота внешнего сигнала в области нелинейного взаимодействия НЗ₁ испытывает при фазовой модуляции за время импульса в основном свививание в стоковую область спектра (это проверено дополнительными экспериментами). Величина свививания достаточно велика. Как видно из рис. 3, б, она достигает десятков долей см $^{-1}$. Свививание в стоковую область осуществляется на переднем фронте импульса внешнего сигнала, т. е. происходит за время ~ 15 нс. В НЗ₂ внешний сигнал рождает с аналогичным свививанием спектра слабые, идущие назад импульсы первых стоковых компонент ВТР и ВРМБ. К моменту прихода этих компонент, усиленных активным элементом, в НЗ₁ на короткое время, много меньшее длительности внешнего задающего импульса, продолжающий свививание внешний сигнал может

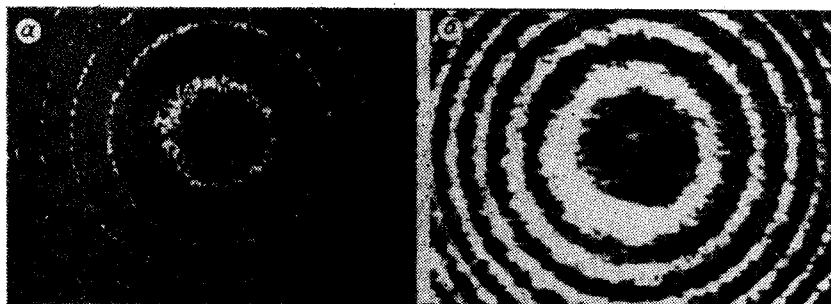


Рис. 3. Интегральный спектр излучения внешнего сигнала до входа в нелинейное зеркало (а) и прошедшего нелинейное зеркало (б)

служить мощным затравочным излучением на частоте вторых стоксовых компонент, ВТР или ВРМБ. С этого момента в H_3 вторая стоксова компонента ВРМБ или ВТР начинает нарастать не от уровня тепловых шумов, а от мощного нестационарного затравочного излучения, что и приводит к возникновению режима СКИ. Учитывая, что при субнаносекундной длительности этого режима эффективный коэффициент нестационарного усиления ВРМБ примерно на два порядка превосходит соответствующий коэффициент для ВТР, естественно полагать, что отражение в H_3 от мощной затравки происходит за счет ВРМБ. Сформулированные предположения нуждаются, конечно, в дальнейшей экспериментальной проверке.

Однако нам показалось возможным достаточно простым способом использовать предполагаемый эффект «подогрева» шумов за счет фазовой модуляции в H_3 для получения одиночных мощных импульсов субнаносекундной длительности.

Для этой цели выходное нелинейное зеркало H_3 в схеме на рис. 2 было заменено резонансным отражателем, состоящим из пяти плоскопараллельных пластин (толщина пластины 2,5 мм). Все остальные элементы схемы и параметры внешнего сигнала остались без изменений.

В припороговом режиме такой лазер излучал мощные одиночные импульсы субнаносекундной длительности (рис. 4, а) с достаточно гладким и узким спектром, много меньшим по ширине спектра фазово-модулированного внешнего сигнала (рис. 4, б). Длительность импульса на хронограмме рис. 4, а меньше 10^{-9} с, его энергия $\sim 0,1$ Дж. Распределение в поперечном сечении излучения достаточно однородное (темный провал на хронограмме рис. 4, а — поврежденный участок на экране ЭОПа). Высокая плотность мощности излучения внутри резонатора ($>10^8$ Вт/см²) часто приводила к образованию микроразрушений в неодимовом стекле активного элемента лазера.

При дальнейшем увеличении накачки в генерации появлялись дополнительные импульсы такой же малой длительности, но меньшей амплитуды, излучавшиеся через аксиальный период и имевшие последовательный стоксов сдвиг по частоте на величину порядка мандельштам-бриллюэновского смещения.

При использовании резонансного отражателя с меньшим количеством пластин длительность генерируемых импульсов увеличивалась. Было также замечено, что эффективное уменьшение длительности в указанной схеме наблюдается лишь в том случае, когда задающий лазер — источник внешнего сигнала — излучает гигантский импульс с достаточно узким спектром ($<10^{-2}$ см⁻¹).

Таким образом, подбором соответствующего резонансного отражателя и величины превышения накачки над порогом можно получить генерацию субнаносекундных одиночных импульсов высокой мощности в лазере с одним ВРМБ-зеркалом.

С учетом фазовой модуляции в нелинейном зеркале работу такого лазера можно, очевидно, объяснить следующим образом. Из всего свипируемого спектрального диапазона внешнего сигнала резонансный отражатель эффективен только для узкой спектральной области. На основании [5] максимальный коэффициент отражения для используемого резонансного отражателя $R_{\text{max}} \approx 0,99$, спектральная ширина отражаемого с R_{max} сигнала меньше $0,1$ см⁻¹. Благодаря этому существенно укорачивается длительность отраженного сигнала. Затем сигнал эффективно отражается нелинейным зеркалом. Высокий коэффициент отражения связан с тем, что на частоте стоксовой компоненты ВРМБ уже присутствует существенно превосходящее шумы излучение, созданное свипируемым внешним сигналом. При этом временной характер свипирования приводит к дальнейшему уменьшению длительности сигнала. Резонансный отражатель в этом случае малоэффективен для усиленного активным элементом излучения из-за произошедшего в H_3 сдвига по частоте, и короткий одиночный импульс покидает резонатор лазера. Таким образом, спектральная дискриминация в лазерном резонаторе с нелинейным зеркалом и резонансным отражателем приводит как к укорочению импульсов, так и к уменьшению их числа (вплоть до генерации единичных).

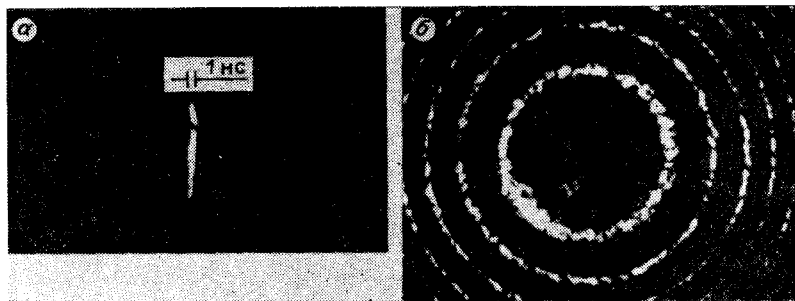


Рис. 4. Хронограмма поперечного сечения (а) и интегральный спектр (б) субнаносекундного импульса.

Временная развертка слева направо, область свободной дисперсии интерферометра Фабри — Перо $0,28$ см⁻¹, регистрация по второй гармонике