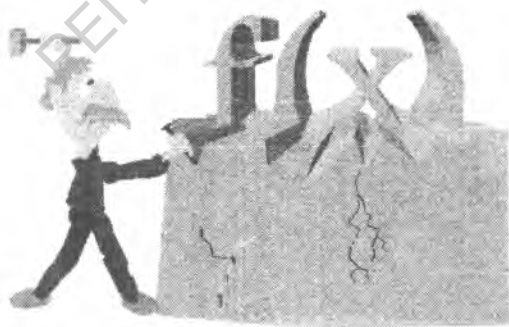


АКТУАЛЬНЫЯ ПРАБЛЕМЫ

ФІЗІКІ,
МАТЭМАТЫКІ,
ІНФАРМАТЫКІ



ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТЕЙ СВЕРХКОРОТКИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ МЕТОДОМ НЕКОЛЛИНЕАРНОЙ ГЕНЕРАЦИИ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ

Цель работы состояла в расширении генерационных возможностей промышленно выпускаемого твердотельного лазера на АИГ: Nd^{3+} , а именно, исследовании режима пассивной синхронизации мод при квазинепрерывной накачке в полуконфокальном резонаторе. Изготовлении устройства для измерения усредненных по цугу длительностей одиночных импульсов с отработкой методики проведения измерений, расширении набора частот генерации с использованием ряда нелинейных кристаллов и создании компактной конструкции лазерной системы, удобной и безопасной для использования в научных и учебных лабораториях по лазерной физике и нелинейной оптике.

Работа выполнена на базе промышленно выпускаемого лазера ЛТИ501 с квазинепрерывной накачкой и акустооптической модуляцией добротности. В качестве активного элемента использован кристалл алюмоиттриевого граната активированного ионами неодима. В промышленном варианте лазер излучает импульсы длительностью от 0,2 до 0,5 мкс, в зависимости от частоты следования, которая задается акустооптическим модулятором добротности и меняется в пределах 4÷50 кГц. Длина волны генерации основного излучения 1064 нм, средняя мощность излучения ~6 Вт. Нетрудно показать, что средние пиковые мощности в импульсе составляют ~6 кВт. В то же время известно, что для исследования нелинейных эффектов важна не средняя мощность лазерного излучения, а пиковая мощность (мощность излучения в импульсе). Поэтому, для достижения поставленной цели разумно пойти по пути не увеличения средней мощности генерации, а уменьшения длительности лазерных импульсов при неизменной (по возможности) средней мощности лазерного излучения.

Одним из методов уменьшения длительности лазерных импульсов является режим пассивной синхронизации мод. Сущность изменений в оптической схеме излучателя лазера состоит в следующем. В качестве входного использовалось широкополосное клиновидное (~3°) зеркало с коэффициентом отражения 91% для излучения основной частоты. Выпуклое "глухое" зеркало заменено на ковчету с насыщающимся поглотителем. Насыщающийся поглотитель – раствор красителя 3274у в изобутиловом спирте. Согласно рекомендациям приведенным в литературе была разработана конструкция ковчеза с варьируемой толщиной слоя насыщающегося поглотителя. Раствор насыщающегося поглотителя толщиной 0,8 мм находится в контакте со сферическим "глухим" зеркалом ($R=1,5$ м) и клиновидной подложкой. Для уменьшения генерационных потерь в резонаторе за счет отражения излучения от поверхности клиновидной подложки не находящейся в контакте с красителем на данную поверхность наносилось просветление для $\lambda=1064$ нм (длина волны генерации).

Для прокачки раствора насыщающегося поглотителя разработано оригинальной конструкции прокачное устройство, исключающее даже незначительное испарение и загрязнение красителя. Генерация пикосекундных импульсов возможна как с акустооптическим затвором, так и без него. Без акустооптического затвора краситель сам выполняет функцию модулятора добротности дополнительно к функции пассивной синхронизации мод, но частота модуляции является не регулярной и не может контролироваться.

Для расширения набора частот генерации лазера использовались нелинейные кристаллы: LiIO_3 вторая гармоника, КДР для генерации 3й и 4й гармоники (два кристалла КДР, вырезанные на углы синхронизма для 3й и 4й гармоники).

В работе исследовалась временная структура цугов пикосекундных импульсов и длительность отдельных пикосекундных импульсов. В зависимости от режима работы лазера и концентрации насыщающегося поглотителя меняется эффективность синхронизации мод в цуге и длительности отдельных пикосекундных импульсов. Структура цугов пикосекундных импульсов контролировалась с помощью осциллографа С175. На рис. 1 приведена форма цуга пикосекундных импульсов при оптимальной концентрации раствора насыщающегося поглотителя. При частичной синхронизации мод огибающая цуга пикосекундных импульсов, определяемая акустооптическим модулятором, промодулирована гребенкой пикосекундных импульсов только частично. При увеличении концентрации поглотителя глубина модуляции увеличивается и при оптимальной концентрации на экране осциллографа наблюдается серия пиков куполообразной формы с расстоянием между пиками ~ 10 нс. Это расстояние определяется базой резонатора и рассчитывается по формуле $2L/c$. Длительность отдельного пика в цуге определить с помощью осциллографа невозможно. Можно только с достоверностью утверждать, что длительности импульсов меньше 2 нс, что определяется быстротой фотозлемента и разрешением осциллографа (2нс).

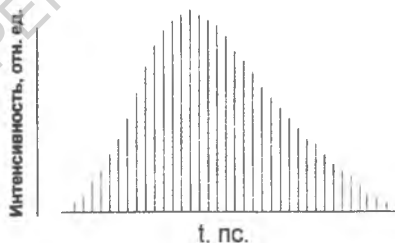


Рис.1 Форма цуга пикосекундных импульсов.

Для измерения длительности отдельного пикосекундного импульса была разработана и реализована схема автокоррелятора, основанная на измерении проинтегрированной интенсивности второй гармоники в зависимости от относительной задержки между импульсами. Корреляционная функция измеряется без пьедестала при неколлинеарной генерации второй гармоники с пучками одинаковой поляризации. Данная схема, в принципе, является традиционной и хорошо описана в литературе.

Основные отличия корреляторов проявляются в технике экспериментальной реализации и системе регистрации. В качестве детектора преобразованного излучения (266 нм) использовался фотозелемент. Величина сигнала с фотозлемента связывалась с изменением оптической длины пути импульса, проходящего через линию задержки. На двухкоординатном самописце по оси X откладывалась задержка импульса в пс, по оси Y относительная интенсивность преобразованного излучения. Посредством сканирования результат переносился в компьютер и обрабатывался.

На рис. 2 представлен результат измерений автокорреляционной функции интенсивностей отдельных усредненных импульсов по цугу в зависимости от режима работы лазера и концентрации насыщающегося поглотителя.

При оптимальном режиме работы лазера с толщиной слоя насыщающегося поглотителя 0,8 мм полуширина автокорреляционной функции в предположении Гауссовой формы составляет 58 пс, что соответствует длительности импульсов ~ 40 пс, так как длительность импульсов в $\sqrt{2}$ раз меньше автокорреляционной функции.

Средняя мощность основного излучения составила ~ 1 Вт, а преобразованного излучения второй гармоники $\sim 0,2$ Вт. Нетрудно показать, что мощность отдельного пикосекундного импульса в цуге при такой средней мощности, частоте следования ~ 4 кГц и расстоянии между отдельными импульсами в цуге ~ 10 нс составляет $\sim 10^6$ Вт.

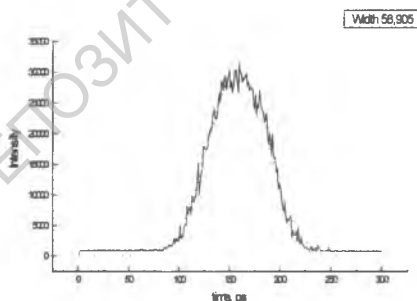


Рис.2 Автокорреляционная функция интенсивности отдельного сверхкороткого импульса.

Таким образом, получены короткие пикосекундные импульсы с высокой пиковой мощностью, измерены их длительности и расширен диапазон длин волн генерации твердотельного лазера путем эффективного преобразования излучения в третью и четвертую гармоники.