

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.373.826.038.824

ГЕНЕРАЦИЯ ПИКОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ КРАСИТЕЛЯМИ В РЕЖИМЕ САМОМОДУЛЯЦИИ ДОБРОТНОСТИ

В. М. Петникова, С. А. Плешанов, В. В. Шувалов

(кафедра общей физики и волновых процессов)

В ряде задач нестационарной лазерной спектроскопии требуется получение мощных импульсов перестраиваемого пикосекундного излучения, генерируемого от одного или нескольких импульсов накачки. В этом случае исключительно эффективным оказывается метод само-модуляции добротности. Характерные черты этого метода, по-видимо-му, впервые были детально изложены в работах [1, 2]. Физической ос-новой метода самомодуляции добротности является реализация режи-ма глубокого насыщения коэффициента усиления активной среды. Эта же нелинейность может приводить к генерации пикосекундных им-пульсов в лазерах с тонкими и сверхтонкими резонаторами [3, 4]. При этом необходимо, чтобы эффективное время жизни излучения в резонаторе было малым.

Нами была исследована генерация пикосекундных импульсов как в тонких кюветках красителя, так и с использованием внешнего резона-тора. Кювета с красителем имела сле-дующую конструкцию (рис. 1, а). Од-ной стенкой ее служило зеркало с высо-ким коэффициентом отражения ($R_1 \sim 100\%$), находящееся в непосредствен-ном контакте с раствором, другой стен-кой — клиновидная стеклянная подлож-ка либо зеркало с небольшим коэффи-циентом отражения ($R_2 \sim 1-10\%$).

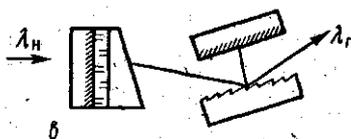
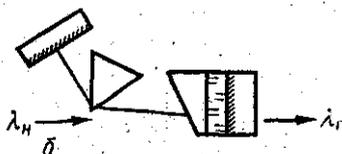
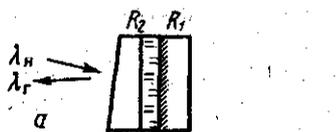


Рис. 1

Механизм пикосекундной генерации такой кюветы заключается в следующем. Импульс накачки λ_n приводит к появле-нию инверсии населенности в красителе. Начинается усиление спонтанных шумов, попадающих в полосу люминесценции. Добротность резонатора, образованного практически глухим зеркалом с одной стороны и слабым отражением от гра-ницы раствор красителя — стекло с дру-гой, достаточно низка. Благодаря огром-ному усилению $\alpha l \sim 10^2$ (α — коэффи-циент усиления, l — толщина кюветы) ли-

нейный режим реализуется всего на нескольких проходах. Затем уси-ление достигает насыщения, и формируется импульс λ_r с длительно-стью, примерно равной времени обхода резонатора. Для кювет толщине-й в десятые доли миллиметра длительность импульса генерации мож-жет составлять несколько пикосекунд.

При экспериментальном исследовании генерации красителей источ-ником излучения накачки служили импульсы второй гармоники (ВГ)

пикосекундного генератора на АИГ с пассивной синхронизацией мод. Одиночный импульс выделялся электрооптическим затвором с разрядником; длительность импульса накачки составляла 50 пс при пиковой мощности до 600 кВт. Длительность генерируемых импульсов определялась по неколлинеарной генерации ВГ в кристалле *KDP*. Снималась бесфоновая автокорреляционная функция (АКФ). Для измерения энергии лазерного излучения и организации аналоговых «ворот» использовались фотоприемники. После отбора импульсы накапливались в анализаторе. В каждой точке обрабатывалось 50 импульсов.

Зависимость энергии генерации лазерной кюветы от мощности накачки P_n приведена на рис. 2. Наглядно проявляется существование

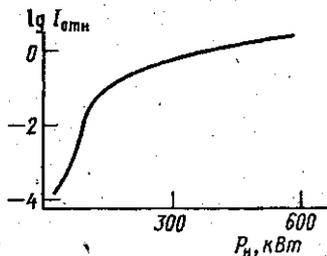


Рис. 2

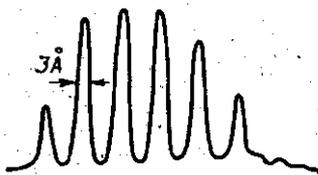


Рис. 3

пороговой мощности накачки, после превышения которой кювета с красителем переходит от режима наносекундной люминесценции к лазерному режиму. При этом генерируется мощный, полностью поляризованный пикосекундный импульс. Резонатор, заполненный инвертированной средой, представляет собой активный эталон Фабри—Перо, в котором на линейном этапе развития генерации происходит эффективная селекция спектра. На рис. 3 приведена денситограмма спектра генерации лазерной кюветы толщиной 0,10 мм при небольших превышениях порога (не более чем в два раза). Измерения длительности импульсов по АКФ ВГ генерируемого излучения, дают величину 3,5 пс. С ростом энергии возбудения АКФ существенно уширяется, что указывает на генерацию нескольких импульсов на каждый импульс накачки. Произведение спектральной ширины на длительность дает величину $\Delta\nu\Delta t = 0,81$. Таким образом, можно считать, что все спектральные компоненты в пределах одной моды коррелированы между собой. Перестройка полосы генерации в пределах максимума полосы люминесценции красителя может быть осуществлена либо изменением толщины резонатора, либо небольшим наклоном кюветы [5]. Поперечная структура генерируемого излучения соответствует моде TEM_{00} .

Для перестройки линии генерации во всей полосе люминесценции красителя нами использовалась схема с внешним резонатором (см. рис. 1, б, в). Сформированный в кювете короткий импульс генерации селектировался по угловому и частотному спектру. На обратном проходе отраженное излучение вторично усиливалось, поскольку в кювете с красителем сохранялась инверсия населенности. На выходе лазера формировался мощный импульс излучения, перестраиваемый по спектру поворотом глухого зеркала. Длина использованного резонатора составляла 7—12 см. Кюветы с красителем имели толщину от 0,3 до 12 мм и небольшую клиновидность. Длительность генерируемых импульсов определялась превышением накачки над порогом и толщиной кюветы. При небольших превышениях над порогом экспериментально установлено соотношение $\tau_n \sim nl/c$, где n — показатель прелом-

ления раствора красителя, $c=3 \cdot 10^{10}$ см/с. Так, для юветы с красителем толщиной 0,3; 4,0 и 12 мм длительности импульсов генерации, измеренные с помощью АКФ ВГ, составили $5,5 \pm 0,5$, 25 ± 3 и 60 ± 5 пс соответственно. Использование дифракционной решетки в резонаторе (см. рис. 1, в) обеспечивает генерацию импульсов, близких к спектрально-ограниченным. На этот факт указывает соответствие между измеренными АКФ ВГ и величиной сигнала самодифракции в первом порядке, измеренного с использованием тонкой (~ 20 мкм) пленки селенида галлия. Как известно [6], в последнем случае ширина кривой характеризует время когерентности импульсов.

Откликом на каждый импульс накачки являлся цуг из трех затухающих по амплитуде пикосекундных импульсов, разделенных временем обхода резонатора. Появление такого цуга связано со звоном резонатора.

Эффективность преобразования ВГ в перестраиваемое излучение достигала 2% (дифракционная решетка в качестве глухого зеркала) и 15% (зеркало 100%) по энергии для красителя $C=160$ при $\tau_n=25$ пс.

Для практического использования описанных лазеров существенное значение имеет стабильность энергии импульсов. В таблице приведены данные по среднеквадратичной дисперсии σ_x и дисперсии математического ожидания σ_x^2 энергии импульсного излучения исследованных лазеров.

Источник излучения	Длина волны, мкм	σ_x^2 , %	σ_x , %
Лазер на АИГ-Nd ³⁺ (моноимпульс ВГ)	0,532	1,5	12
Лазерная ювета (краситель С-160)	0,60 \div 0,62	2,0	15
Лазер с внешним резонатором (краситель С-160)	0,60 \div 0,65	3,0	30

Высокая стабильность энергии излучения наблюдается и в системах с использованием структур с распределенной обратной связью [7], работающих в режиме самодуляции добротности. Такая стабильность обеспечивается за счет отмечавшегося ранее глубокого насыщения усиления в активной среде.

Таким образом, в работе проведено экспериментальное изучение генерации пикосекундных импульсов перестраиваемого излучения лазерами на красителе в режиме моноимпульсного возбуждения. Предложено несколько вариантов таких устройств, отличающихся надежностью в работе и простотой конструкции. Получены спектрально-ограниченные импульсы длительностью до 3,5 пс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Вог Z. IEEE J. Quant. El., 1980, QE-16, p. 517. [2] Рубинов А. Н., Эфендиев Т. Ш. Квант. электроника, 1982, 9, с. 2351. [3] Roess D. J. Appl. Phys., 1966, 37, p. 2004. [4] Fan B., Gustafson T. K. Appl. Phys. Lett., 1976, 28, p. 202. [5] Cox A. J., Scott G. W. Appl. Opt., 1979, 18, p. 532. [6] Балтрамеюнас Р. и др. Квант. электроника, 1982, 9, с. 1921. [7] Вог Z. Appl. Phys., 1982, В-27, p. 77.

Поступила в редакцию
04.11.83