

УЗКОПОЛОСНЫЙ ИСТОЧНИК ПИКОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ С НЕПРЕРЫВНОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ В ВИДИМОЙ И УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБЛАСТЯХ

Наиболее эффективный путь получения перестраиваемых по частоте пикосекундных импульсов — использование лазеров на красителях с синхронной накачкой (ЛКСН) [1—5]. Однако, обладая рядом неоспоримых достоинств, существующие системы дороги, сложны конструктивно, и лишь немногие лаборатории имеют технологические возможности для их создания. Кроме того, область генерации ЛКСН ограничена видимым диапазоном (обычно $\lambda > 550$ нм), что определяется отсутствием квазинепрерывных источников накачки с требуемыми мощностями в УФ области. В связи с этим перестраиваемые в УФ области пикосекундные импульсы получают путем нелинейного преобразования частоты излучения ЛКСН [6, 7]. Высокие частоты следования пикосекундных импульсов ЛКСН ($\sim 10^8$ Гц) и в результате низкие пиковые мощности одиночного импульса (~ 100 Вт) снижают эффективность нелинейного преобразования. Повышение же пиковых мощностей путем вывода одиночного импульса из резонатора делает системы еще более сложными [8, 9].

В настоящей работе описывается простая конструкция узкополосного перестраиваемого источника пикосекундных импульсов (см. рисунок), созданная на основе самых доступных элементов, что позволяет реализовать ее в лабораториях, располагающих скромными материальными и технологическими возможностями.

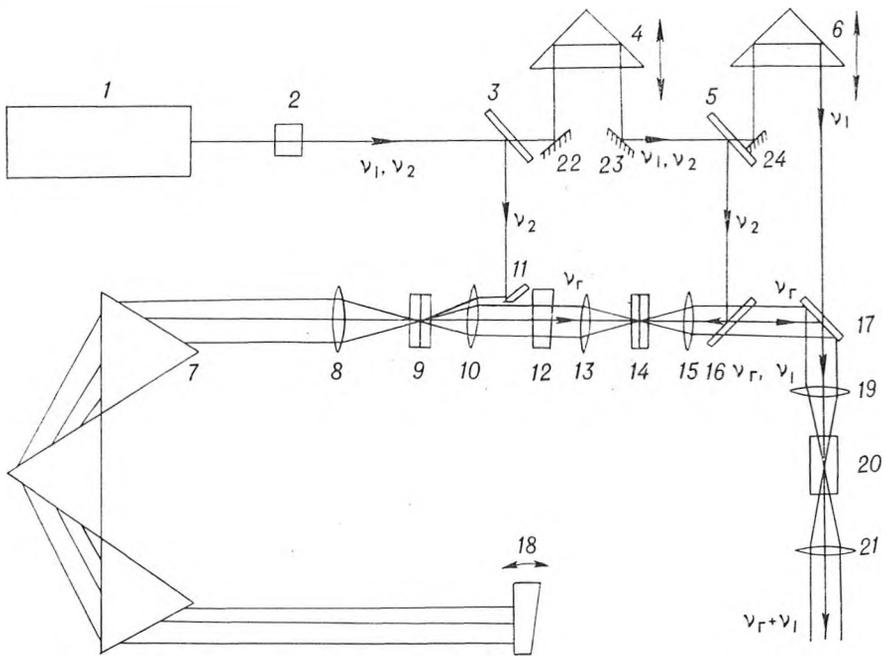


Схема установки:

2 — нелинейный кристалл LiIO_3 ; 22, 23, 24 — глухие зеркала; 13, 15, 19, 21 — линзы; ν_1 , ν_2 — частоты излучения лазера накачки; основная и вторая гармоники; ν_r — частота генерации ЛКСН. Остальные обозначения в тексте

Источником накачки служит непрерывно накачиваемый АИГ: Nd^{3+} -лазер 1 (использованы промышленно выпускаемые квантрон и стойка питания от лазера ЛТИ-501), работающий в режиме пассивной синхронизации мод, осуществляемой с помощью быстрорелаксирующего красителя

3274у. Введение в резонатор прокачной кюветы с красителем приводит к синхронизации мод и модуляции добротности, в результате излучение лазера представляет последовательность цугов пикосекундных импульсов с частотой повторения 2—5 кГц (в зависимости от мощности накачки). Длительность одиночного импульса в цуге — 30 пс; интервал между импульсами — 15 нс; ширина огибающей цуга по высоте — 0,25 мкс. Средняя мощность излучения — 3 Вт. Благодаря высокой пиковой мощности импульсов частота излучения удваивается внерезонаторно в кристалле LiIO_3 с эффективностью 30 % при помещении кристалла в область перетяжки пучка вблизи выходного зеркала. Мощность излучения второй гармоники в наших условиях лимитировалась лучевой прочностью нелинейного кристалла, который во избежание повреждений приходилось удалять от перетяжки: в рабочем режиме средняя мощность излучения ($\lambda_2=532$ нм) составляла обычно 400 мВт. Примерно 30 % мощности этого излучения использовалось для накачки лазера на красителе (родамин 6Ж, родамин В и родамин 640). Резонатор образован выходным зеркалом 12 ($R \sim 0,8$) и глухим 18. В качестве спектрального селектора применен блок из трех призм 7. Линзы 8 ($F=230$ мм) и 10 ($F=58$ мм) образуют конфокальную часть резонатора, в перетяжке располагается прокачная кювета 9 с толщиной слоя 1 мм. Комбинация линз 8 и 10 одновременно выполняет функцию телескопа, расширяющего пучок, падающий на призменный селектор. Накачка осуществляется почти коллинеарно с помощью зеркала 11 и линзы 10. Измерения спектральной ширины излучения, выполненные с использованием монохроматора ДФС-12, показали, что она не превышает 2 см^{-1} . Область перестройки (по уровню 25 % максимальной мощности) составила 560—610 нм для родамина 6Ж, 580—620 нм для родамина В и 600—630 нм для родамина 640. ЛК работает в режиме синхронной накачки. При согласовании базы резонатора ЛК с базой лазера накачки (225 см) с точностью до 1 мм достигаются длительности импульсов ЛК порядка 40—45 пс (оценено путем смещения излучения ЛК с излучением $\lambda_1=1,06$ мкм лазера накачки на кристалле КДР с варьруемой оптической задержкой). Таким образом, в нашем варианте длительность импульсов ЛК несколько превышает длительность импульсов лазера накачки, что вполне объясняется тем, что накачка значительно превышает пороговую (порог ~ 20 мВт) и осуществляется не непрерывным цугом, а короткими цугами импульсов. Последнее объясняет и сниженную критичность системы к точности согласования баз резонаторов. Максимальная средняя выходная мощность ЛК составляет 2,5 мВт, столь низкий КПД (~ 2 %) определяется потерями на внутрирезонаторных элементах. Для повышения общей выходной мощности системы используется однокаскадный усилитель на красителе с продольной накачкой. Зеркалом 3 пропускается 70 % мощности излучения лазера накачки, которое после прохождения линии задержки 4 зеркалами 5 и 16 направляется в кювету 14 усилителя. Зеркало 16 — селективное (полностью отражает излучение накачки и пропускает более 90 % излучения ЛК). Мощность усиленного излучения составляет 40 мВт; таким образом, общая эффективность преобразования излучения накачки в перестраиваемое излучение составляет 10 %.

Для получения перестройки в УФ области усиленное излучение ЛК складывается коллинеарно в кристалле КДР 20 с излучением основной частоты лазера накачки. Для пространственного совмещения пучков и согласования времен прихода импульсов в кристалл установлены селективное зеркало 17 и линия задержки 6. Используется стандартный кристалл КДР для генерации третьей гармоники АИГ: Nd^{3+} с угловой подстройкой (*оee* — синхронизм). Для получения непрерывной перестройки в УФ области одновременно с поворотом зеркала 18 осуществляется доворот кристалла шаговым двигателем. Средняя мощность излучения — 2 мВт; область перестройки — 367—388 нм при работе с родамином 6Ж; 375—392 нм — с родамином В и 384—396 нм — с родамином 640; спектральная ширина не превышает $2,5 \text{ см}^{-1}$.

Таким образом, простота конструкции, малая спектральная ширина, достаточно высокая частота следования импульсов и средняя мощность, в том числе и в УФ области, делают источник пикосекундных импульсов с перестройкой в широкой области спектра удобным для использования в широком круге лазерноспектроскопических исследований, требующих сочетания временного и спектрального разрешений.

Список литературы

1. Yasa Z. A., Teschke O. // Opt. Commun. 1975. V. 15. N 2. P. 169.
2. Adams M. C., Bradley D. J., Sibbett W., Taylor J. R. // Phil. Trans. Roy. Soc. London, 1980. V. A298. N 1439. P. 217.
3. Millar D. P., Zewail A. H. // Chem. Phys. 1982. V. 72. N 3. P. 381.
4. McDonald D. B., Waldeck D., Fleming G. R. // Opt. Commun. 1980. V. 34. N 1. P. 127.
5. Frigo N., Hemenway C., Mahr H. // Appl. Phys. Lett. 1980. V. 37. N 11. P. 981.
6. Ruddock I. S., Illingworth R., Reekil L. // Appl. Phys. 1982. V. B23. N 3. P. 177.
7. Moore C. A., Goldberg L. S. // Opt. Commun. 1976. V. 16. N 1. P. 21.
8. Sundstrom V., Gillbro T. // Appl. Phys. 1981. V. 24. N 3. P. 233.
9. Херман И., Вильгельми Б. Лазеры сверхкоротких световых импульсов / Под ред. П. Г. Крюкова. М., 1986.

Поступила в редакцию 21.04.87.

УДК 539.12.04

В. Г. БАРЫШЕВСКИЙ, И. В. ПОЛИКАРПОВ

ВОЗДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА СПЕКТРАЛЬНО-УГЛОВЫЕ И ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРИСТАЛЛА

Для возникновения параметрического рентгеновского излучения (ПРИ) необходимо, чтобы показатель преломления среды был больше единицы [1, 2]. В произвольном случае это условие не выполняется. Однако в условиях динамической дифракции для рентгеновских фотонов с волновым вектором \vec{k} при $(\vec{k} + \vec{\tau})^2 \simeq k^2$ показатель преломления существенно модифицируется ($\vec{\tau}$ — вектор обратной решетки кристалла). Внутри кристалла возникают два волновых поля: слабо- и сильнопоглощающиеся. Для одного из них, слабопоглощающегося, показатель преломления может быть большим единицы и, следовательно, становится возможным возникновение ПРИ. В \vec{k} -пространстве этому полю отвечает верхняя ветвь дисперсионной поверхности [3].

Показано [4, 5], что воздействие ультразвуковой волны на дифракцию рентгеновского излучения приводит к возникновению дополнительных ветвей дисперсионной поверхности (ДП) или, что то же самое, волн с новыми показателями преломления. Наиболее существенное влияние на характер дифракции оказывает область вблизи точек пересечения ветвей ДП. Очевидно, что модификация показателя преломления кристалла, испытывающего воздействие ультразвуковой волны (УЗВ), не может не сказаться на характеристиках ПРИ.

Целью данной работы является анализ изменения спектрально-угловых и интегральных характеристик ПРИ кристалла под воздействием УЗВ.

Спектрально-угловое распределение ПРИ может быть записано в виде [1, 2]: