

3. Боровков Г. И., Колчин В. В., Комяк А. И. А. с. 1057786 СССР // БИ. 1983. № 44. С. 153.
4. Дмитриев А. Л. // Опт. и спектр. 1972. Т. 32. № 1. С. 191.
5. Дмитриев А. Л., Трофимов В. А. // ПТЭ. 1973. № 6. С. 151.
6. Шерклифф У. Поляризованный свет. М., 1965. С. 264.
7. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М., 1970. С. 856.
8. Абдулин А. З., Боровков Г. И., Комяк А. И., Муравский А. А. // Тез. докл. V конференц. соц. стран по жидким кристаллам. Одесса, 1983. Т. 1. Ч. 2. С. 145.

Поступила в редакцию 31.03.86.

УДК 621.375.826+621.383.8+535.37

И. М. ГУЛИС, К. А. САЕЧНИКОВ, В. А. ЦВИРКО

ГЕНЕРАЦИЯ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ ПО ДЛИНЕ ВОЛНЫ СВЕРХКОРОТКИХ СВЕТОВЫХ ИМПУЛЬСОВ С ВЫСОКОЙ ЧАСТОТОЙ ПОВТОРЕНИЯ В РЕЗОНАТОРЕ С МАЛОЙ БАЗОЙ

Для проведения исследований в области спектроскопии высокого временного разрешения требуются перестраиваемые по частоте источники коротких световых импульсов. В большинстве случаев перестраиваемые пикосекундные импульсы получают в лазерах на красителях (ЛК) с синхронной накачкой. Однако системы, в которых используются ЛК с синхронной накачкой, дороги, сложны по конструкции, а при реализации режима синхронной накачки предъявляются высокие требования к стабильности длин резонаторов, мощности накачки, частоты модуляции.

Значительно проще по конструкции лазеры на красителях с коротким (5—300 мкм) резонатором (ЛКР). Впервые возможность получения генерации импульсов малой длительности в лазерах с короткой базой обоснована в работе [1]. В [2] описан режим генерации с привлечением скоростных уравнений. В ряде работ приведены конструкции ЛКР и их рабочие характеристики [3—11]. Как правило, для накачки ЛКР используют вторую и третью гармоники импульсных лазеров на неодимовом стекле с пассивной синхронизацией мод [3, 4, 6—9], азотные лазеры [5, 10] и лазеры на рубине [11]. В этом случае достаточно сложно получить импульсы с частотой следования выше десятков герц, в то же время для многих задач необходимы источники с высокой (килогерцы) частотой следования.

В настоящей работе описывается система, состоящая из коротко-резонаторного лазера, а также усилителя на красителе, накачиваемых цугами пикосекундных импульсов от твердотельного лазера на АИГ: Nd^{3+} с непрерывной накачкой и пассивной синхронизацией мод. Резонатор лазера накачки длиной 225 см образован плоским выходным ($T=10\%$) и вогнутым глухим ($R=250$ см) зеркалами. Глухое зеркало и клиновидная подложка образуют кювету, в которой циркулирует раствор красителя 3274у в изобутаноле. Излучение второй гармоники генерируется внerezонаторно в кристалле LiIO_3 . Рабочие характеристики источника накачки: частота следования цугов импульсов 5—7 кГц, длительность цуга по полувысоте 0,25 нс, интервал между импульсами в цуге 15 нс, длительность одиночного импульса 35 ± 5 пс, средняя мощность излучения с $\lambda=532$ нм 500 мВт.

ЛКР на красителе представляет собой интерферометр Фабри — Перо, образованный двумя плоскими зеркалами с диэлектрическими покрытиями, расстояние между которыми могло варьироваться в пределах 5—100 мкм. Объем между зеркалами заполнен раствором прокачиваемого через него красителя (родамин 6Ж в метаноле). Конструктивно лазер выполнен аналогично описанному в работах [7, 11]. Зеркало, через которое осуществляется накачка, вклеено в неподвижную металлическую оправу, а другое, также вклеенное в оправу, устанавливается параллельно

ему при помощи трех микрометрических винтов, вращением которых можно изменять базу резонатора. Резиновая кольцевая прокладка между оправами служит для герметизации кюветы с красителем, а также является упругим элементом, сжимающимся при изменении базы. Зеркало, через которое осуществляется накачка, имеет пропускание более 90 % на частоте накачки, являясь в то же время глухим для $\lambda > 560$ нм, т. е. для области генерации ЛКР. Выходное зеркало имеет коэффициент отражения 90 %.

Анализ спектрального состава излучения проводился на спектрометре ИСП-51 (камера УФ-84 и коллиматор УФ-61; линейная дисперсия для области спектра $\lambda = 500$ нм — 1,75 нм/мм). Перестройка спектра излучения, как в работах [3, 7], осуществлялась путем перемещения кюветы ЛКР перпендикулярно к оси возбуждающего излучения (за счет небольшого клина в зазоре между зеркалами резонатора).

При накачке ЛКР средней мощностью 60 мВт проводились измерения мощности генерации для разных длин резонатора. Установлено, что средняя мощность генерации ЛКР существенно снижается при уменьшении длины резонатора. Так, при длине резонатора, соответствующей генерации на семи модах, мощность составляет 15 мВт, при 5 модах — 8 мВт, при трех — 3,5 мВт, при минимальной длине, соответствующей генерации на одной моде, — всего 1,5 мВт. Ширина линии генерации при переходе от семи мод к одной возрастает от 0,2 до 1,5 нм. При увеличении мощности накачки до 120 мВт средняя мощность генерации возрастает незначительно, при этом наблюдается прогорание зеркал резонатора, более быстрое для малых баз. Попытки повысить мощность генерации в одномодовом режиме путем повышения концентрации красителя с целью увеличить поглощение излучения накачки не привели к успеху: в этих условиях еще быстрее наблюдается прогорание зеркал, в том числе и при накачке в 60 мВт. Наблюдаемое снижение мощности при уменьшении длины резонатора связано, по-видимому, в первую очередь с возрастанием термических искажений в накачиваемой области, вызванным снижением скорости прокачки раствора красителя при уменьшении зазора между зеркалами. (Отметим, что использование в качестве растворителя вместо метанола более вязкого этанола дает еще худшие результаты). Учитывая отмеченные трудности получения высокой мощности в одномодовом режиме, а также осложнения, связанные с прогоранием зеркал, предлагаем усовершенствовать систему следующим образом: использовать ЛКР, работающий в многомодовом режиме при низком уровне накачки в качестве задающего генератора, а выделенную спектрально одну моду усиливать в усилителе на красителе. В этом варианте одновременно достигается и малая спектральная ширина генерируемого излучения.

Конструкция системы приведена на рисунке. Около 20 % мощности накачки отражается зеркалом 1 и направляется для накачки ЛКР, 80 % используется для накачки усилителя 9. Реколлимированное линзой 5 излучение ЛКР падает на дифракционную решетку (1200 штрихов/мм), отражается зеркалом 7; спектр генерации линзой 8 отображается в плоскость кюветы усилителя 9; диафрагмой, выделяющей определенную моду из спектра, служит накачанная область красителя. Накачка усилителя осуществляется строго продольно навстречу усиливаемому пучку. Линза 10 служит одновременно для фокусировки излучения накачки и для реколлимирования усиленного излучения моды ЛКР. Излучение выводится из системы с помощью селективного зеркала 12, прозрачного для излучения накачки и имеющего максимальный коэффициент отражения в области генерации ЛКР. Продольным перемещением зеркала 7 достигается согласование времен прихода в кювету 9 импульсов ЛКР и накачки. Система позволяет осуществлять дискретную перестройку частоты излучения путем поворота решетки таким образом, что усиливается одна из мод спектра генерации ЛКР. Возможна и настройка системы на любую из частот спектра усиления ЛКР, для чего, путем переме-

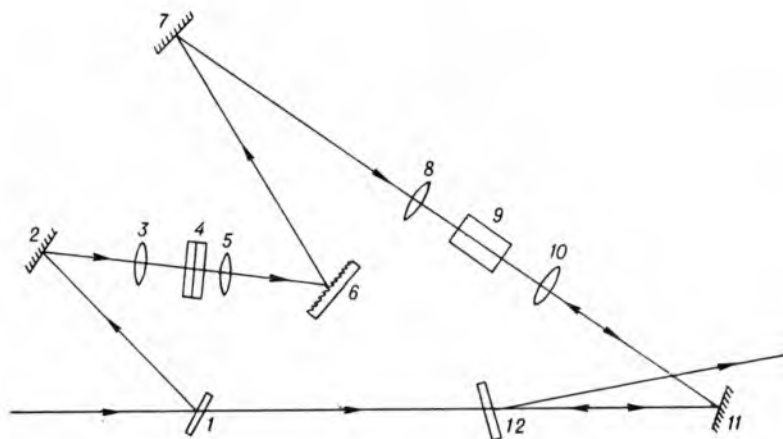


Схема установки для выделения одной моды из излучения лазера на красителе с короткой базой и ее усиления:

1, 2, 7, 11 — зеркала; 12 — селективное зеркало; 3, 5, 8, 10 — линзы; 4 — лазер на красителе с короткой базой; 6 — дифракционная решетка; 9 — усилитель на красителе

щения клиновидной кюветы ЛКР в направлении, перпендикулярном к лучу накачки, достигается настройка одной из мод ЛКР на желаемую частоту, а затем дифракционная решетка доворачивается в положение, соответствующее усилению данной моды.

Без оптимизации системы достигнуты следующие характеристики: спектральная ширина излучения при генерации ЛКР на пяти модах 0,2 нм, мощность усиленного излучения одной моды 10 мВт при общей мощности накачки 120 мВт. При использовавшихся мощностях накачки ЛКР (≈ 25 мВт) проблем, связанных с прогоранием зеркал, не возникает.

Следует отметить, что длительности импульсов генерации ЛКР, как указывается в работах [4—6, 8, 10], несколько сокращаются по отношению к длительностям импульсов накачки. Выполненные нами методом генерации второй гармоники измерения показали, что длительности импульсов генерации ЛКР не превышают длительностей импульсов накачки (≈ 35 пс).

Таким образом, создан простой по конструкции источник сверхкоротких перестраиваемых по частоте импульсов, обеспечивающий высокую (килогерцы) частоту следования цугов, спектральную ширину порядка 0,2 нм и КПД преобразования мощности накачки до 8 %.

Список литературы

1. Roess D. // J. Appl. Phys. 1966. V. 37. N 5. P. 2004
2. Duncanson J. A. Jr., Struve W. S. // J. Appl. Phys., 1981. V. 52. N 6. P. 3800.
3. Бушук Б. А., Корда И. М., Ступак А. П., Рубинов А. И. // ЖПС. 1978. Т. 29. № 5. С. 807.
4. Fan B., Gustafson T. K. // Appl. Phys. Lett. 1976. V. 28. N 4. P. 202.
5. Aussenegg F., Leitner A. // Opt. Commun. 1980. V. 32. N 1. P. 121.
6. Cox A. J., Merritt C. D., Scott G. W. // Appl. Phys. Lett. 1982. V. 40. N 8. P. 664.
7. Cox A. J., Scott G. W. // Appl. Opt. 1979. V. 18. N 4. P. 532.
8. Cox A. J. // Picos. Phenom. Proc. 1st. Int. Conf. Berlin, 1978. P. 63.
9. Cox A. J., Scott G. W., Talley Z. D. // Appl. Phys. Lett. 1977. V. 31. N 6. P. 389.
10. Cox A. J., Scott G. W. // Rev. Scient. Instr. 1984. V. 55. N 3. P. 358.
11. Chen L., Wu C., Liu Y., Li F. // Chin. J. Lasers. 1984. V. 11. N 7. P. 396.

Поступила в редакцию 03.02.86.