

Самосинхронизация мод с помощью пассивного затвора на основе одностенных углеродных нанотрубок в лазере на кристалле LiF:F_2^-

Н.Н.Ильичев, Е.Д.Образцова, П.П.Пашинин, В.И.Конов, С.В.Гарнов

При накачке непрерывным волоконным лазером получен режим самосинхронизации мод в лазере на кристалле LiF:F_2^- с использованием пассивного затвора нового типа на основе одностенных углеродных нанотрубок.

Ключевые слова: самосинхронизация мод, лазер на кристалле LiF:F_2^- , нанотрубки.

1. Длина волны генерации лазеров на основе F_2^- -центров окраски в кристаллах LiF при комнатной температуре лежит в диапазоне 1.1–1.26 мкм [1]. Излучение с длиной волны в этом диапазоне, а также его вторая гармоника, представляют интерес с точки зрения практических применений. Характеристики таких лазеров подробно описаны в работах [1–5].

Для получения импульсов пикосекундной и субпикосекундной длительности в лазерах на основе кристаллов LiF:F_2^- используется режим синхронной накачки (см. напр., [4, 5]). Режим пассивной синхронизации мод в лазерах на этом материале, насколько известно авторам, до настоящего времени получен не был. В настоящей работе сообщается о получении режима самосинхронизации мод в лазере на основе F_2^- -центров окраски в кристаллах LiF с помощью пассивного затвора на основе одностенных углеродных нанотрубок (ОУН).

Ранее в [6] был получен режим пассивной модуляции добротности и самосинхронизации мод в лазере на стекле с эрбием с помощью взвеси ОУН в тяжелой воде. В [6] содержится также обзор работ по свойствам ОУН. В работах [7, 8] сообщается о получении режима самосинхронизации мод лазера на активированном Er^{3+} волокне, в котором в качестве пассивного затвора использовались элементы на основе ОУН.

2. Спектр поглощения взвеси ОУН в тяжелой воде в области 1–1.3 мкм приведен на рис.1. Стрелками показаны пики поглощения, отвечающие разным типам ОУН. Видно, что в область перестройки лазера на LiF:F_2^- попадают три максимума, которые могут вызывать нелинейное поглощение. Как показано в [6], нелинейное изменение коэффициента поглощения в использованной взвеси ОУН составляет 3.6 см^{-1} для излучения с $\lambda = 1.54 \text{ мкм}$ и с пиковой интенсивностью излучения 40 МВт/см^2 . Коэффициент поглощения в слабом поле составляет $\sim 17 \text{ см}^{-1}$. Зависящая от интенсивности часть коэффициента поглощения в [6] связывается с поглощением излучения нанотрубками, а «фооновое» поглощение,

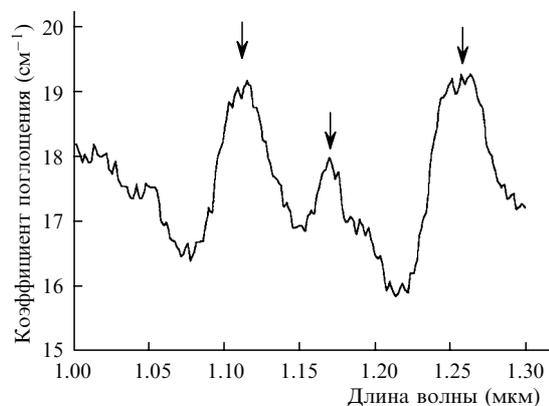


Рис.1. Спектр поглощения взвеси ОУН в тяжелой воде. Стрелками показаны пики поглощения, отвечающие разным типам ОУН.

составляющее $\sim 14 \text{ см}^{-1}$, – с поглощением излучения посторонними примесями. Можно ожидать, что нелинейное изменение коэффициента поглощения для длин волн в области 1.1–1.2 мкм будет аналогично наблюдавшемуся для длин волн вблизи 1.54 мкм и что лазер на основе LiF:F_2^- с затвором на основе ОУН может работать в режиме самосинхронизации мод.

Оптическая схема резонатора лазера на F_2^- -центрах окраски в кристаллах LiF приведена на рис.2. Кювета 7 с взвесью ОУН в тяжелой воде находилась вблизи выходного зеркала. Толщина зазора кюветы была 8–10 мкм, начальное пропускание на длине волны 1.15 мкм – около

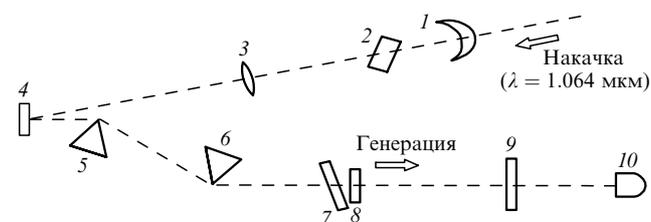


Рис.2. Оптическая схема лазера на кристалле LiF:F_2^- с пассивной синхронизацией мод:

1, 8 – зеркала резонатора; 2 – кристалл LiF:F_2^- ; 3 – линза с фокусным расстоянием 20 см; 4 – поворотное зеркало с коэффициентом отражения около 100% на длинах волн накачки и генерации; 5, 6 – компенсатор дисперсии групповой скорости; 7 – кювета со взвесью ОУН в тяжелой воде; 9 – фильтры, пропускающие излучение генерации и поглощающие излучение накачки; 10 – фотодиод.

Н.Н.Ильичев, П.П.Пашинин, С.В.Гарнов. Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН, Россия, 119991 Москва, ул. Вавилова, 38
Е.Д.Образцова, В.И.Конов. Центр естественно-научных исследований Института общей физики им. А.М.Прохорова РАН, Россия, 119991 Москва, ул. Вавилова, 38

Поступило в редакцию 30 июля 2004 г.

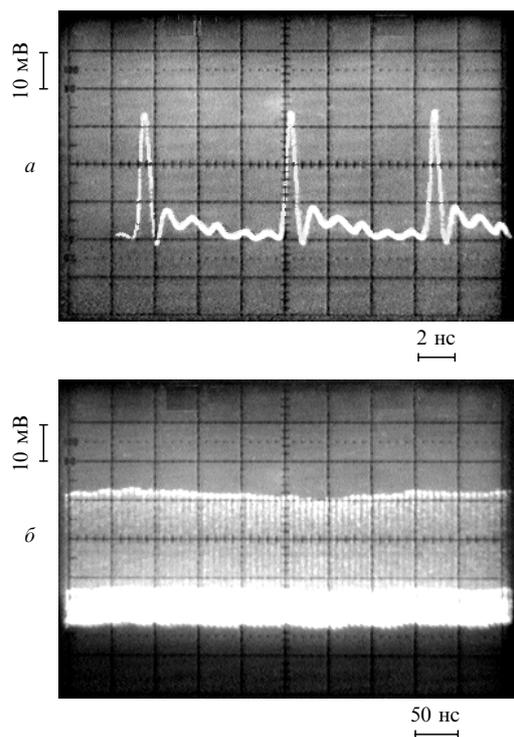


Рис.3. Осциллограммы излучения генерации лазера на кристалле LiF:F_2^- с пассивной синхронизацией мод с помощью затвора на основе одностенных углеродных нанотрубок.

98 %. Окна кюветы были просветлены для $\lambda = 1.15$ мкм. Накачка осуществлялась с помощью непрерывного волоконного Yb-лазера с диодной накачкой PYL-1064-20 ($\lambda_p = 1064$ нм, максимальная выходная мощность 20 Вт). Излучение накачки прерывалось с помощью обтюратора, длительность импульса накачки при этом была ~ 500 мкс, такой же была и длительность импульса генерации. Обтюратор использовался для того, чтобы уменьшить тепловую нагрузку на пассивный затвор, т. к. значительная (около 50 %) доля излучения накачки, пройдя через активный элемент, падала на затвор и, отражаясь от зеркала δ , проходила через кювету вторично. Порог генерации по мощности накачки превышался в 1.5–2 раза. Цилиндрический активный элемент LiF вращался вокруг своей оси. Такая конструкция позволяет получать непрерывную генерацию в описываемом лазере [9, 10]. Регистрация излучения проводилась с помощью фотодиода ЛФД 2а и осциллографа Tektronix 7104 с общим разрешением тракта регистрации 0.5–1 нс.

На рис. 3 представлены осциллограммы генерации в режиме синхронизации мод для разных длительностей

развертки. Видно, что генерация носит характер последовательности пиков с длительностью, которая определялась разрешением системы регистрации, а период следования равен времени обхода излучением резонатора. Общая наблюдавшаяся длительность цуга импульсов была более 100 мкс.

3. Таким образом, в лазере на основе кристаллов LiF:F_2^- получен режим самосинхронизации мод с помощью пассивного затвора на основе одностенных углеродных нанотрубок при накачке непрерывным волоконным лазером.

Поскольку данная геометрия позволяет получить непрерывный режим работы, то, улучшив качество активного элемента и геометрию кюветы, можно получить синхронизацию мод в непрерывном режиме работы. Ширина спектра перестройки лазеров на основе F_2^- - центров окраски в кристаллах LiF велика, что позволяет надеяться на получение импульсов фемтосекундной длительности в лазерах на этом материале с пассивным затвором на основе одностенных углеродных нанотрубок.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 03-02-17316 и 04-02-17618), исследовательской программы Президиума РАН «Оптическая спектроскопия и стандарты частоты» и грантом Президента РФ для поддержки молодых российских ученых и ведущих научных школ РФ № 1919.203.2.

Авторы выражают благодарность У.Деттлаф-Вегликовской за предоставление необработанного HiPCO-материала, А.Л.Мулюкину за проведение ультрацентрифугирования и Г.А.Буфетовой за измерение спектров пропускания взвеси ОУН.

1. Гусев Ю.Л., Кирпичников А.В., Маренников С.И. *Квантовая электроника*, **6**, 2623 (1979).
2. Басиев Т.Т., Зверев П.Г., Коношкин В.А., Осико В.В. *Квантовая электроника*, **24**, 779 (1997).
3. Гусев Ю.Л., Коноплин С.Н. *Квантовая электроника*, **8**, 1343 (1981).
4. Лисицин В.Н., Пестряков Е.В. и др. *Письма в ЖТФ*, **7**, 396 (1981).
5. Басиев Т.Т., Дергачев А.Ю. и др. *Квантовая электроника*, **23**, 1072 (1996).
6. Ильичев Н.Н., Образцова Е.Д., Гарнов С.В., Мосалева С.Е. *Квантовая электроника*, **34**, 572 (2004).
7. Set S.Y., Yaguchi H., Tanaka Y., Jablonski M., Sakakibara Y., Rozhin A., Tokumoto M., Kataura H., Achiba Y., Kikuchi K. *OFC'03* (USA, Atlanta, PDP44, 2003).
8. Yamashita S., Inoue Y., Maruyama S., Murakami Y., Yaguchi H., Jablonski M., Set S.Y. *Opt. Lett.*, **29**, 1581 (2004).
9. Il'ichev N.N., Pashinin P.P. *Laser Phys.*, **11**, 112 (2001).
10. Il'ichev N.N., Pashinin P.P., Gulyamova E.S. *Laser Phys.*, **12** (4), 670 (2002).