

05;07;12

©1995

КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ПАССИВНЫЙ ЗАТВОР ДЛЯ ЙОДНОГО ЛАЗЕРА

*А.С.Гренишин, В.М.Киселев, Л.И.Крутова,
А.В.Лукин, А.В.Сандуленко, В.А.Сандуленко*

До настоящего времени для пассивной модуляции добротности резонатора лазеров, работающих в диапазоне длин волн 1.2–1.4 мкм, применялись предложенные в ряде работ [1–6] фототропные затворы на основе жидких и твердых растворов органических красителей, обладающих в указанном диапазоне длин волн высоким сечением поглощения (порядка 10^{-16} см²) и временем релаксации возбужденного состояния от единиц [1,3] и десятков наносекунд [2] до единиц пикосекунд [4,6]. Такие фототропные пассивные затворы позволили реализовать в ряде лазерных систем получение высококонтрастных импульсов лазерного излучения нано- и субнаносекундных длительностей [1,7]. Однако ограниченное время темновой сохранности растворов красителей (особенно жидких), существенно зависящее от степени чистоты применяемых растворителей оказывает заметное влияние как на стабильность временных и энергетических параметров генерируемого моноимпульсного излучения, так и на саму возможность применения указанных фототропных затворов в конкретных лазерных системах. Более высокой темновой сохранностью обладают пленочные пассивные затворы, изготовленные на основе тех же красителей (“твердые” растворы), однако для них характерно невысокое оптическое качество полимерной пленки. Поэтому реализация для указанного диапазона длин волн фототропных затворов на основе твердой кристаллической среды представляется весьма актуальной. Предпринятые ранее попытки получить такие поглощающие среды на основе Z-центров в щелочно-галоидных кристаллах [9] нельзя признать особенно удачными, поскольку стабильность их рабочих параметров оказалась невысокой.

В настоящей работе приведены результаты исследований нового пассивного лазерного затвора, выполненного на основе кристалла иттрий-алюминиевого граната (ИАГ), активированного ионами ванадия (V^{3+}) [9]. Широкая фототропная полоса поглощения (1.2–1.4 мкм) с максимумом на длине волны 1.34 мкм (рис. 1) соответствует электронно-

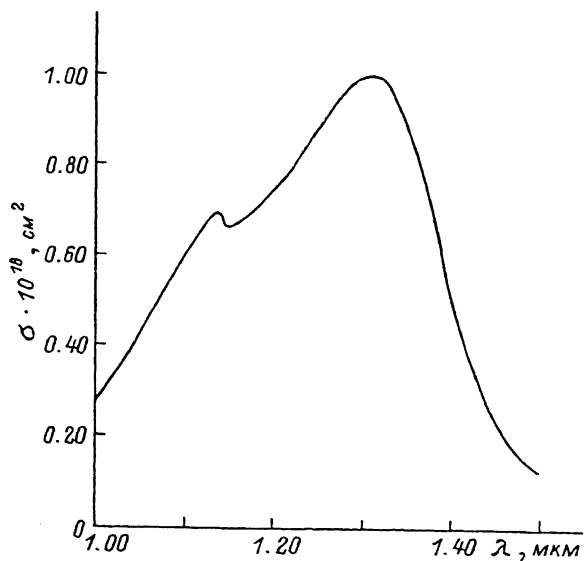


Рис. 1. Спектр поглощения пассивного затвора.

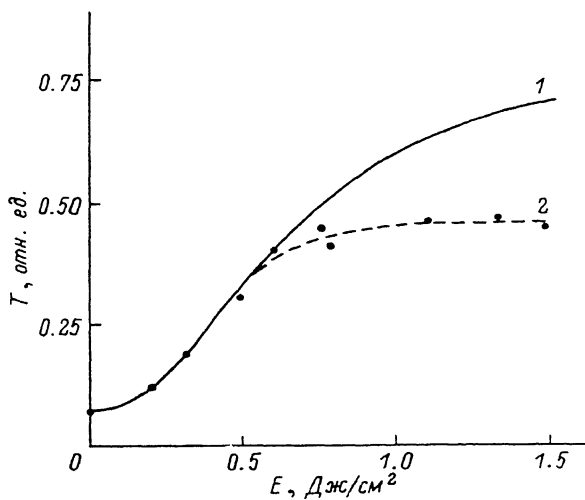


Рис. 2. Кривая просветления пассивного затвора.

колебательному переходу ${}^3A_2-{}^3T_2$ ионов V^{3+} в тетраэдрической координации решетки граната. Для оценки характеристик исследуемого пассивного затвора была измерена кривая просветления, представленная для одного из исследовавшихся образцов на рис. 2. Измерения выполнены с использованием йодного фотодиссоционного лазера, работающего в режиме модуляции добротности резонатора, осуществляемой с помощью лазерного затвора с раствором красителя 1067 [2]. При измерении просветления импульс излучения моноимпульсного йодного лазера с энергией 0.1 Дж и длительностью 20 нс направлялся проектирующей системой, сжимавшей его апертуру до 2 мм, на исследуемый образец. Величина плотности излучения на образце изменялась с помощью нейтральных светофильтров, калиброванных на рабочей длине волны. Были исследованы три образца с начальным пропусканием 6.7, 12.6 и 41%. Размеры образцов: диаметр — до 20, толщина — до 8 мм. Контроль начального пропускания образцов осуществлялся с помощью стандартного спектрофотометра. Обработка экспериментальных результатов, проведенная в предположении конкретной модели поглощающей среды, в соответствии с которой построена расчетная кривая 1 на рис. 2 согласно известной формуле

$$T = (E_s/E) \ln [1 + T_0(\exp(E/E_s) - 1)],$$

позволила определить поперечное сечение перехода ${}^3A_2-{}^3T_2$ на длине волны $\lambda = 1.315$ мкм, которое оказалось равным $\sigma = 10^{-18}$ см². В приведенном выражении $E_s = h\nu/\sigma$ — плотность энергии насыщения, E — плотность энергии просвечивающего излучения, T_0 — начальное пропускание затвора. Видно, что расчетная кривая 1 на начальном участке хорошо совпадает с экспериментальной кривой 2. Эффект заметного насыщения экспериментальной кривой просветления при более высоких плотностях просвечивающего сигнала связан, по-видимому, с эффектами перепоглощения из возбужденного состояния 3T_2 , время жизни которого, определенное по кинетике затухания люминесценции на переходе ${}^3T_2-{}^3A_2$, оказалось равным 1 мкс. Исследование характера кривой релаксации возбужденного состояния методами пикосекундной спектроскопии с временным разрешением 30 пс не выявило наличия быстрой компоненты. Исходя из этого обстоятельства и характера кривой просветления, можно сделать вывод, что наиболее вероятным механизмом релаксации возбужденных ионов V^{3+} , определяющим насыщение кривой просветления, может быть процесс ступенчатых переходов из состояния 3T_2 в состояние 3T_1 .

Испытания модуляционных возможностей предложенного пассивного затвора были проведены в йодном фотодиссоционном лазере, в котором световая накачка активной среды осуществлялась излучением импульсного разряда в цилиндрическом зазоре полостной ксеноновой лампы. Внутренний кварцевый цилиндр полостной лампы являлся одновременно и лазерной кюветой, которая заполнялась смесью иодида $n\text{-C}_3\text{F}_7\text{I}$ с буферным газом SF_6 . Давление иодида 20–30, буферного газа — до 600 Тор. Изменением давления буферного газа и уровня световой накачки активной среды подбирались условия для осуществления наиболее эффективного режима модуляции добротности резонатора. Длина активной среды 30, световой диаметр 1 см. Окна лазерной кюветы наклонены под углом Брюстера. Длина резонатора лазера 150 см, зеркала плоские, коэффициент отражения выходного зеркала 60%. Максимальная энергия световой накачки составляла 1.2 кДж при длительности 10 мкс по уровню $0.1 I_m$. В ходе испытаний регистрировались энергия излучения лазера (калориметром ИКТ-1Н) и временная форма импульсов генерации (с помощью фотоэлемента ФЭК-1 и осциллографа И2-7).

В результате проведенных экспериментальных исследований обнаружено, что в условиях йодного лазера оптимальная для формирования моноимпульса величина начального пропускания кристаллического пассивного затвора так же, как и ранее, при использовании жидкостных пассивных затворов, лежит в интервале 10–15%. При этом отношение энергии моноимпульса к энергии импульса свободной генерации, полученного в аналогичных условиях, составляет ~ 0.25 и близко к аналогичной величине, наблюдавшейся в данном лазере с использованием жидкостных пассивных затворов. Зарегистрированный на осциллограмме временной профиль моноимпульса в полном соответствии с выполненными оценками релаксационных характеристик фототропного затвора представляет собой импульс длительностью 15–30 нс, меняющейся в зависимости от варьируемых условий усиления в газовой активной среде йодного лазера. Вместе с тем надо отметить, что подбором условий в активной среде с рассматриваемым пассивным затвором был реализован и режим работы лазера с характерным для синхронизации продольных мод в йодном лазере цугом из 5–7 коротких импульсов, однако минимальная длительность их не опускалась ниже 1 нс. При этом заметно уменьшалась энергия генерации по сравнению с режимом, при котором наблюдались одиночные импульсы. Данное обстоятельство инициировало активные и тщательные поиски наличия быстрой компоненты в скорости релак-

сации возбужденного состояния ионов V^{3+} , однако, как уже было отмечено выше, эти поиски успехами не увенчались.

В целом приведенные результаты по исследованию нового фототропного затвора для диапазона длин волн 1.2–1.4 мкм нам представляются достаточно успешными. Они показывают, что данный затвор, стабильно сохраняющий свои рабочие характеристики в течение длительного времени, обладающий относительно высокой скоростью релаксации возбужденного состояния, может успешно использоваться для реализации режима пассивной модуляции добротности резонатора в лазерах, относящихся к указанному диапазону длин волн. Особенно актуален такой лазерный затвор для реализации импульсно-периодического режима работы йодного фотодиссоционного лазера, необходимого для целого ряда применений.

Список литературы

- [1] *Beaupere D., Farcy J.C.* // Opt. Commun. 1978. V. 27. P. 410–414.
- [2] *Баташев С.П., Гальперин М.Г., Катулин В.А., Лебедев О.Л., Лукьянец Е.А., Мезрякова Н.Г., Мизин В.М., Носач В.Ю., Петров А.Л., Петузов В.А.* // Квант. электрон. 1979. Т. 6. С. 2651–2653.
- [3] *Eason R.W., Greenhow R.G., Goodall D.M., Holwarth J.F.* // Opt. Commun. 1980. V. 32. P. 113–118.
- [4] *Белоусова И.М., Гренишин А.С., Киселев В.М., Кудинова М.А., Сломинский Ю.Л., Толмачев А.И.* // Тез. докл. II Всесоюз. конф. "Оптика лазеров". Л., 1979. С. 90; Квант. электрон. 1982. Т. 9. С. 2313–2316.
- [5] *Артамонова Т.В., Гренишин А.С., Захс Э.Р., Киселев В.М., Хроменков О.В., Шабуров В.В.* // Тез. докл. IV Всесоюз. конф. "Оптика лазеров". Л., 1984.
- [6] *Катулин В.А., Петров А.Л., Фрейер В.* // Квант. электрон. 1984. Т. 11. С. 115–119.
- [7] *Киселев В.М., Гренишин А.С., Котликова Т.Н., Родина Л.И.* // Квант. электрон. 1984. С. 961–968.
- [8] *Пензина Э.Э., Соболев Л.М., Парфианович И.А., Брюквин В.В., Варнавский О.П.* // Тез. докл. IV Всесоюз. конф. "Оптика лазеров". Л., 1984. С. 123.
- [9] *Крутова Л.И., Кулагин Н.А., Сандуленко В.А., Сандуленко А.В.* // Тез. докл. IX Всесоюз. симп. по спектроскопии кристаллов. Л., 1990. С. 79.

Государственный оптический
институт им. С.И. Вавилова
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию
22 октября 1994 г.