

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения работы обнаружено, что даже при температуре отжига 1650°C в спектре ЭПР присутствует сигнал достаточно большой интенсивности. Анализ времен парамагнитной релаксации и формы контура линии ЭПР в диапазоне высокотемпературного отжига свидетельствует, что большая часть кристалла рекристаллизовалась, однако появились большие многовакансионные структуры, создающие напряжения в кристалле в месте их локализации, которые и являются причиной сигнала ЭПР в отожженном алмазе.

Литература

1. Ральченко, В., Конов, В. CVD-алмазы: применение в электронике // Электроника: наука, технология, бизнес. 2007. № 4. С. 58–67.
2. Агафонов С. С., Глазков В. П., Николаенко В. А., Соменков В. А. Ближний порядок в облученных алмазах // Письма в ЖЭТФ. 2005. Т. 81. № 3. С. 154–156.
3. Поклонский Н. А., Лапчук Т. М., Горбачук Н. И., Николаенко В. А., Бачучин И. В. Наноструктурирование кристаллических зерен природного алмаза ионизирующим излучением // ФТП. 2005. Т. 39. № 8. С. 931–934.

РАЗГРУЗКА РЕЗОНАТОРА ПОСРЕДСТВОМ ГЕНЕРАЦИИ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ

Р. И. Новицкая

Одним из перспективных методов получения коротких импульсов лазерного излучения в видимом диапазоне длин волн является разгрузка резонатора посредством генерации второй гармоники. Формируемое таким образом излучение обладает высокой когерентностью и качеством.

В данной работе проведено теоретическое моделирование разгрузки резонатора с помощью генерации второй гармоники и рассчитаны основные характеристики выходного импульса, рассмотрено влияние мощности накачки и коэффициента потерь на длительность импульса.

ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

Схема установки для разгрузки резонатора (Рис. 1) имеет два последовательных режима работы: генерация излучения основной частоты с переходом в стационарный режим и формирование импульсов излучения второй гармоники.

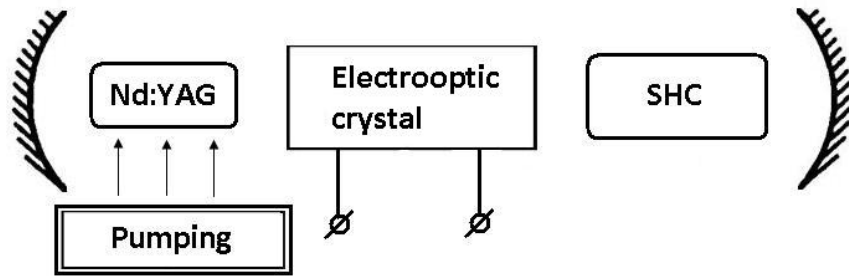


Рис. 1. Схема установки

Переключение между режимами происходит при изменении напряжения на электрооптическом кристалле, анизотропный кристалл второй гармоники (КТР/DKDP) служит для преобразования излучения во вторую гармонику.

Лазерный элемент представляет собой кристалл иттрий-алюминиевого граната Nd:YAG (концентрация ионов неодима 1%) с торцевой накачкой полупроводниковым диодом. Он работает по стандартной четырехуровневой схеме [1] и генерирует излучение на длине волны 1064 нм.

Основные параметры активной среды [2] приведены в таблице, характеристики резонатора соответствуют реально существующему DPSS лазеру.

Таблица

Значения длины волны накачки, сечений поглощения и излучения, времени жизни на уровне $^4F_{3/2}$ и показателя преломления лазерного кристалла Nd:YAG

Кристалл	Длина волны накачки λ_0 , нм	Сечение поглощения σ_a , 10^{-20} см ²	Сечение излучения σ_e , 10^{-20} см ²	Время жизни на уровне $^4F_{3/2}$ τ_2 , мс	Показатель преломления n
Nd:YAG	808	7.7	28	230	1.82

В рассматриваемой задаче используется приближение точечной модели активной среды, что позволяет применять балансные уравнения типа Статца-Де Марса [3] для описания динамики генерации:

$$\begin{aligned}
 \frac{dS}{dt} &= \mu \nu_c \sigma_e S (n_2 - n_1) - S r_{tc} \\
 \frac{dn_1}{dt} &= \sigma_e S (n_2 - n_1) - \frac{n_1}{\tau_1} + \frac{n_2}{\tau_2} \\
 \frac{dn_2}{dt} &= \sigma_e S (n_1 - n_2) + \frac{n_3}{\tau_3} - \frac{n_2}{\tau_2} \\
 \frac{dn_3}{dt} &= R_0 \sigma_a (N_s - n_1 - n_2 - n_3) - \frac{n_3}{\tau_3}
 \end{aligned}$$

Решая данную систему уравнений, можно получить зависимости населенностей на уровнях (n_i) и плотности потока фотонов в резонаторе (S) от времени. Решение находилось явным методом Рунге-Кутты четвертого порядка с адаптацией шага в программе Mathcad.

РЕЖИМ ГЕНЕРАЦИИ ОСНОВНОЙ ЧАСТОТЫ

На данном этапе напряжение на электрооптическом кристалле равно нулю и генерации второй гармоники не происходит. Коэффициенты отражения выходных зеркал $\rho \approx 1$ на длине волны 1064 нм, поэтому все излучение основной частоты заключено внутри резонатора.

Зависимость плотности потока фотонов основной частоты S_I в резонаторе от времени имеет пиковую структуру с выходом на стационарное значение. Время выхода на стационар убывает монотонно с ростом мощности накачки и в среднем составляет около 4–5 мкс.

Режим генерации основной частоты является необходимым этапом, только после достижения системой стационарного режима возможен переход к формированию импульсов излучения второй гармоники.

РЕЖИМ ГЕНЕРАЦИИ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ

В рассмотренной модели интенсивность излучения второй гармоники зависит квадратично от интенсивности первой, причем коэффициент преобразования во вторую гармонику составляет не более 30 %. Одно из зеркал резонатора считается полностью прозрачным для излучения второй гармоники, второе – полностью отражающим. Часть энергии выводится из резонатора в виде излучения второй гармоники, поэтому интенсивность основной частоты внутри резонатора будет уменьшаться. Этот эффект учитывается во введении зависимости коэффициента отражения одного из выходных зеркал от плотности потока фотонов первой гармоники:

$$\rho = 1 - 0.01 \frac{S_1 \cdot hc / \lambda}{1 \text{ MBm} \cdot \text{см}^{-2}}$$

Начальные значения параметров системы (S_I и n_i) на данном этапе принимались равными их значениям в стационарном режиме генерации.

Зависимость интенсивности импульса излучения второй гармоники I_2 от времени представлена на рисунке 2.

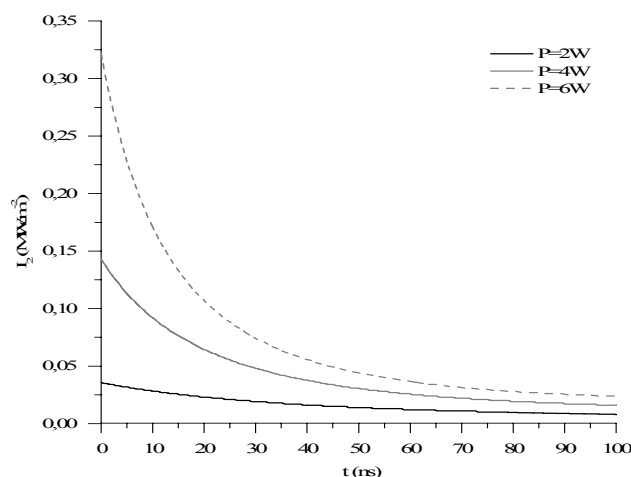


Рис. 2. Зависимость интенсивности выходного импульса от времени при мощностях накачки 2, 4 и 6 Вт.

Мощность накачки в значительной мере определяет и длительность импульса, и его интенсивность: при больших мощностях генерируются более интенсивные и короткие импульсы. При мощностях накачки больших 4 Вт длительность импульса убывает с ростом мощности практически линейно и составляет 5–10 нс при максимальных рассматриваемых мощностях (8–10 Вт).

Еще одним параметром, влияющим на длительность импульса, является коэффициент неактивных потерь в резонаторе γ (стандартная величина для неодимового лазера – 0.003). Зависимость длительности импульса от этого параметра представлена на рисунке 3.

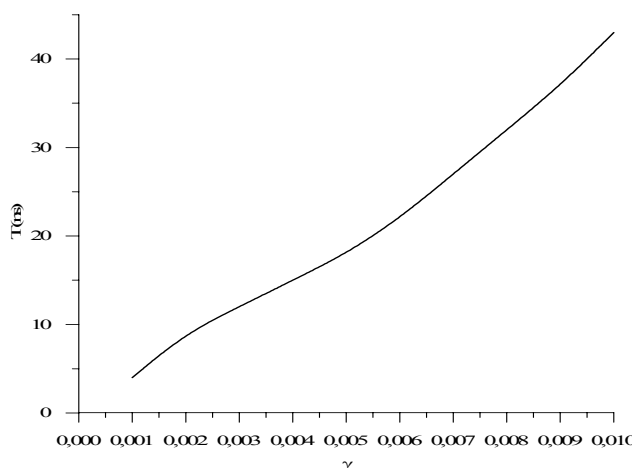


Рис. 3. Зависимость длительности выходного импульса от коэффициента потерь в резонаторе при мощности накачки 6 Вт.

Таким образом, для генерации более коротких импульсов целесообразно уменьшать неактивные потери в системе и использовать максимально возможные мощности накачки. Длительность импульсов дости-

гает 5–10 нс при мощностях накачки, больших 8 Вт, и коэффициенте потерь порядка 0.001–0.002.

Данный метод может быть еще более эффективен в режиме синхронизации мод. В таком случае вместо последовательности из нескольких выходных импульсов формируется один сверхкороткий мощный импульс.

Литература

1. *Блистанов А. А.* Кристаллы квантовой и нелинейной оптики // М.: МИСИС. 2000. С. 49.
2. *Kalisky, Yehoshua Y.* The physics and engineering of solid state lasers // SPIE. 2006. P. 28.
3. *Храмов В. Ю.* Расчет элементов лазерных систем для информационных и технологических комплексов / СПб: СПбГУ ИТМО. 2008. С. 79.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛАССИЧЕСКОЙ ВИХРЕВОЙ ДОРОЖКИ В СРЕДЕ ELMER

А. В. Пашкевич

ВВЕДЕНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ

Вихревая дорожка (дорожка фон Кармана) представляет из себя упорядоченную последовательность вихрей, наблюдаемую при обтекании жидкостью или газом линейно вытянутых плохо обтекаемых тел с продольной осью симметрии, перпендикулярной направлению движения сплошной среды.

Практическое применение это явление нашло при проектировании систем охлаждения, технологиях укрепления высоковольтных линий, находящихся на открытой местности, при изучении обтекания препятствий на водоёмах, при строительстве мостов и высотных сооружений, а также для моделирования погоды на местности с неоднородным рельефом.

Таким образом, вихревая дорожка является важным частным случаем движения сплошной среды, и изучение её в рамках учебной программы окажет положительное влияние на квалификацию студентов-физиков.

В данной работе использовано ПО с открытым кодом. ПО с открытым кодом (“Open source”) – это метод разработки и лицензирования программ, при котором каждый желающий имеет право на свободное распространение (или продажу) приложения, свободную модификацию, свободную публикацию собственных улучшений и свободный доступ к его исходным кодам. ПО с открытым кодом обладает такими преимуще-