

*к.т.н. Мурга В.В.,  
Мурга О.В.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСЛОВИЙ КОРРЕЛЯЦИИ ДИПОЛЕЙ ВОЗБУЖДЕННЫХ АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ**

*Представлені експериментальні дані по кореляції збуджених активних центрів імпульсних лазерів. Показана динаміка параметрів випромінювання лазерів при збудженні активного середовища складними імпульсами накачування. Наводяться кількісні характеристики зміни енергії і просторових параметрів випромінювання при використанні колективних ефектів.*

**Ключові слова:** імпульсні твердотільні лазери, кореляція збуджених активних центрів, колективні ефекти, складне накачування.

*Представлены экспериментальные данные по корреляции возбужденных активных центров импульсных лазеров. Показана динамика параметров излучения лазеров при возбуждении активной среды сложными импульсами накачки. Приводятся количественные характеристики изменения энергии и пространственных параметров излучения при использовании коллективных эффектов.*

**Ключевые слова:** импульсные твердотельные лазеры, корреляция возбужденных активных центров, коллективные эффекты, сложная накачка.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Такие эксплуатационные характеристики лазеров, как выходная мощность, расходимость излучения и распределение интенсивности излучения в пучке в значительной степени влияют на точность локационных наблюдений. Увеличение интенсивности излучения лазера улучшают соотношение сигнал/шум, позволяет повысить надежность получаемых данных и при неизменных параметрах приемника позволяет улучшить условия приема и обработки отраженного сигнала.

**Постановка задачи.** Как показали исследования, использование явлений, происходящих в активной среде при развитии генерируемого излучения, приводит к повышению энергетической эффективности передатчика. Наблюдается более симметричная форма гигантского импульса, уменьшается расходимость излучения, увеличивается выходная

энергия, повышается повторяемость характеристик, что повышает стабильность параметров генерируемых импульсов. Цель данных исследований – обеспечить условия создания коррелированного состояния возбужденных активных центров при которых можно наблюдать коллективное излучение.

**Изложение материала и его результаты.** Интерес представляет возможность использования коллективных эффектов, возникающих в активной среде при определенных режимах возбуждения. Наблюдение подобных эффектов проводилось в твердотельных импульсных лазерах с традиционной оптической накачкой и сопровождалось существенными изменениями характеристик генерируемого излучения. Полученные результаты интересны с точки зрения разработки оптимальных условий возбуждения активной среды лазеров и более эффективного использования действующих передатчиков, работающих в режиме модуляции добротности.

Электрическая схема, которая используется для инициализации коллективных взаимодействий в активной среде лазеров, позволяет более точно дозировать энергию, подводимую к лампам накачки, что сказывается на повторяемости и стабильности энергетических характеристик генерируемого излучения.

Существующие способы стабилизации параметров лазерного излучения позволяют зафиксировать изменение выходной энергии в пределах 10 % при изменении питающего напряжения на 10 % от номинального значения [1]. Этот способ стабилизации параметров лазерного излучения успешно применяется для твердотельных лазеров с электрооптической модуляцией добротности. В данном случае предполагаются некоторые непроизводительные потери энергии, поскольку при данном способе стабилизации используется управление излучением по заданному уровню инверсии активной среды.

На рисунке 1 показана осциллограмма импульса возбуждения лазера, который позволяет обеспечить установление коррелированного состояния возбужденных активных центров.

Включение добротности обеспечивает нарастание интенсивности поля в резонаторе при коллективизированном состоянии диполей возбужденных активных центров. При включении затвора через 30 мкс после последнего короткого импульса позволяет обеспечить увеличение энергии генерируемого излучения. Стабильность выходной энергии при этом заметно возрастает. Уменьшается разброс значений энергии в 1.5 раза. Помимо высокой повторяемости параметров генерируемого излучения использование коллективных взаимодействий позволяет увеличить энергетическую эффективность лазеров как в режиме модуляции добротности, так и в режиме свободной генерации.

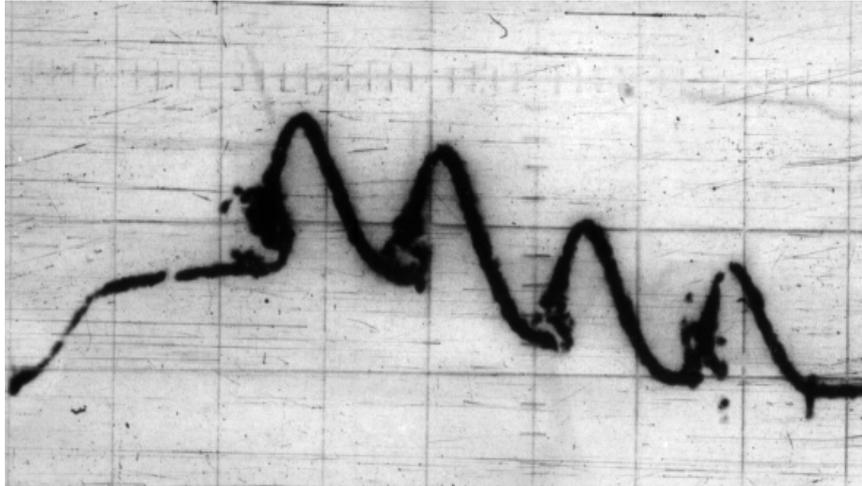


Рисунок 1 – Импульс возбуждения ламп накачки лазера, который обеспечивает установление связей между возбужденными активными центрами. Масштаб по горизонтали – 50 мкс/дел

При этом не возникает непроизводительных потерь энергии. Более того, отмечено увеличение выходной энергии лазера в 1.3 раза по сравнению с традиционным способом возбуждения. Помимо указанных результатов отмечено более равномерное распределение интенсивности излучения по торцу активного элемента, что приводит к уменьшению расходимости излучения в 1.4 раза.

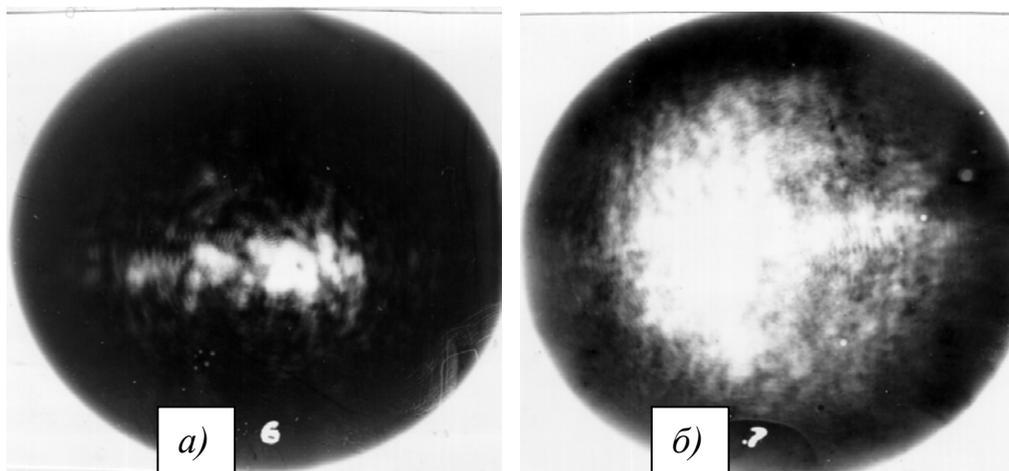


Рисунок 2 – Распределение интенсивности по торцу активного элемента при «гладкой» накачке (а) и при накачке «резонансной» последовательности коротких импульсов (б) при  $E_n \approx 580$  Дж

В этом случае стабилизация параметров излучения возможна без дополнительных устройств, а лишь по тракту питания ламп накачки. Разработка такого режима со стабилизацией параметров производится для конкретного лазера с учетом типоразмера активного элемента, концентрации активных центров и режима генерации [2,3]. Последнее замечание позволяет уменьшить потери энергии при локации удаленных объектов.

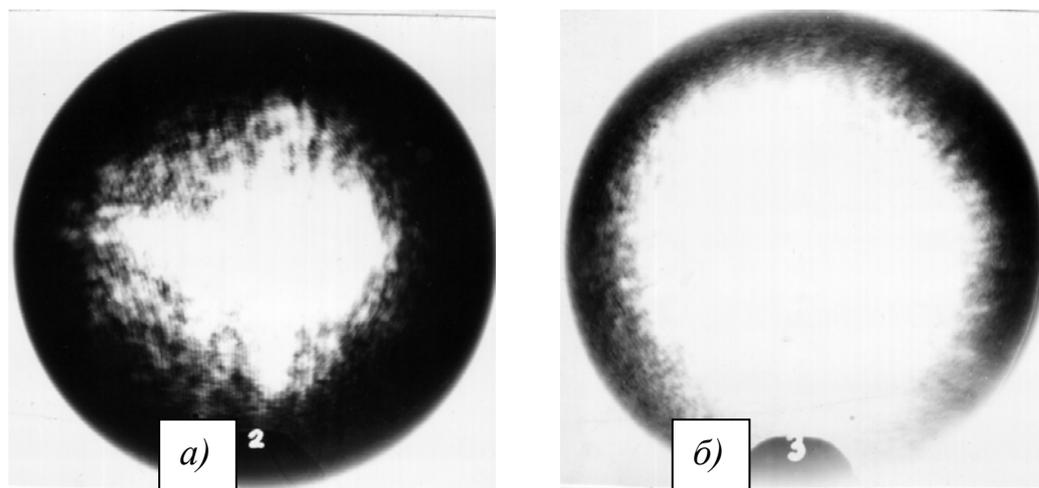


Рисунок 3 – Распределение интенсивности по торцу активного элемента при «гладкой» накачке (а) и при накачке «резонансной» последовательности коротких импульсов (б) при энергии накачки в обоих случаях 720 Дж

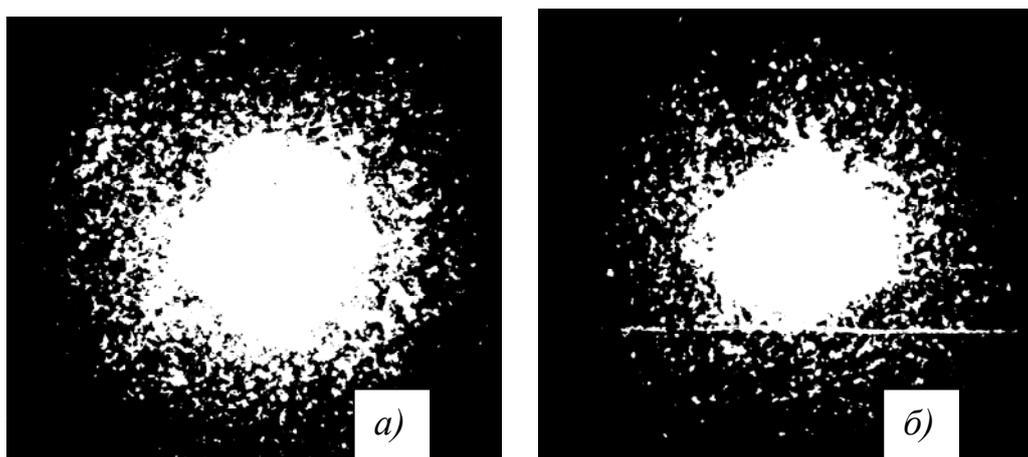


Рисунок 4 – Распределение поля излучения лазера в фокальной плоскости длиннофокусной линзы. Масштаб 100:1,

а) «гладкая» накачка: б) «резонансная» накачка

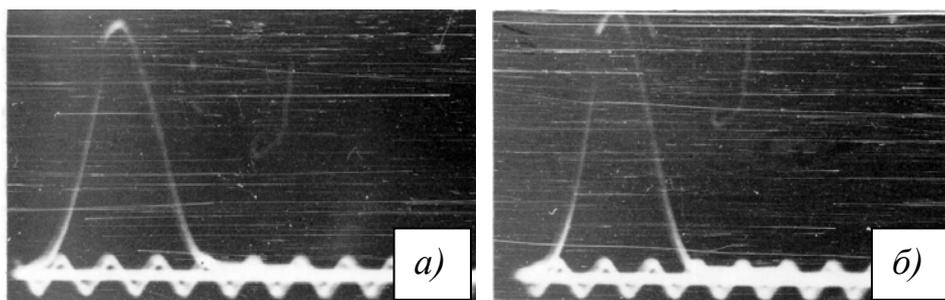


Рисунок 5 – Изменение формы гигантского импульса при возбуждении среды традиционным импульсом (а) и сложным импульсом накачки (б).  
Период синусоиды – 10 нс

При оценке длительности импульса генерации на гранате в режиме модуляции добротности было отмечено (рисунок 5), что длительность в этом случае уменьшается на 15 – 20 % при сохранении энергии генерации.

Спад интенсивности за вершиной импульса определяется величиной потерь и происходит с постоянной времени

$$t_e \cong \frac{L}{c} (\alpha L - \ln \sqrt{r_1 r_2}), \quad (1)$$

где:  $c$  - скорость света в активной среде;

$\alpha$  - коэффициент, характеризующий поглощение среды, пропорционален

$(N_2 \frac{g_1}{g_2} - N_1)$  и в рассматриваемом случае равен

$$\alpha = 2 \frac{N_1 - N_2 \frac{g_1}{g_2}}{N}, \quad (2)$$

где  $g_1$  и  $g_2$  - вырождение уровней;

$N$  - общее число активных центров.

При согласовании периода следования коротких пачек в последовательности со скоростью распространения возмущения в кристалле возможно получение коррелированного состояния возбужденных активных центров. Данное явление проявляется в увеличении выходной энергии моноимпульса в 1.25 – 1.3 раза и уменьшения расходимости излучения в 1,5 раза. подобное изменение параметров выходного излучения характерно при кооперативных эффектах в твердотельных активных средах, в частности при сверхизлучении.

## **Выводы.**

Применение данной разработки в передатчиках ЛЛС значительно упрощает обработку сигнала. Используя радиолокационную формулу можно сделать оценки целесообразности использования полученных результатов для лазерных систем контроля дальности. Так требуемая для контроля цели мощность  $P_t$  может быть представлено выражением

$$P_t = \frac{4\pi P_r R^4 \Theta_t^2}{A_e \sigma S_t S_r},$$

где  $P_r$  - минимальная мощность обнаруживаемого сигнала;

$R$  - дальность цели;

$A_e$  - площадь приемной антенны;

$S_t$  - коэффициент пропускания атмосферы или другой среды;

$S_r$  - коэффициент пропускания оптики локатора;

$\sigma$  - эквивалентная поверхность рассеивания цели.

Увеличение величины  $P_t$  в 1,5 раза и уменьшение расходимости  $\Theta_t$  в 1.7 раза позволяет увеличить дальность действия систем контроля в 1.5 раза или же уменьшить мощность передатчика в 4.3 раза при сохранении значений параметров дальности и мощности обнаруживаемого сигнала. Одним из параметров систем контроля является их помехозащищенность. Использование предложенного режима работы позволит при неизменной питающей энергии перейти от режима счета фотонов к режиму детектирования огибающих оптического импульса, что значительно улучшает отношение сигнал/шум и позволяет улучшить контроль дальности лазерными локаторами, работающими в импульсном режиме.

## **Библиографический список**

1. Денищик Ю.С. Управление электрооптическим затвором оптического квантового генератора по заданному уровню люминесценции активной среды / Денищик Ю.С., Мурга В.В. // Приборы и техника эксперимента. – 1986. – №6. – С. 160–163.

2. Денищик Ю.С. Оптимизация по КПД режима накачки активных элементов передатчиков лазерных спутниковых дальномеров / Денищик Ю.С., Мединский А.Г., Мурга В.В. / Анализ движения небесных тел и оценка точности их наблюдений. - Рига, 1988. – С. 206–211.

3. Колпаков Н.Д. О возможности использования взаимного влияния активных центров лазерных рабочих сред для повышения эффективности накачки / Колпаков Н.Д., Денищик Ю.С., Мурга В.В. // Электронная техника. Сер. Лазерная техника и оптоэлектроника. – 1990. – Вып. 4(56). – С. 63 – 64.

4. Мурга В.В. Влияние коллективных явлений в активной среде лазеров на их излучательные характеристики / Мурга В.В. // Тезисы докладов Международной конференции "Лазеры и современное приборостроение". – С-Пб. - 1993. - С. 16 - 17.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. Заблодским Н.Н.*