

*Мурга Е.В.,
к.т.н. Мурга В.В.,
Мельков С.М.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ В ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ

Проведено аналіз ефективності існуючих систем накачування імпульсних твердотільних лазерів. Показано, що збудження активного середовища складним імпульсом накачування дозволяє стабілізувати параметри зондуючих імпульсів і підвищити точність визначення просторових координат цілей. Наведено чисельні оцінки зміни точності оцінки дальності та наведені експериментальні дані.

Ключові слова: *лазерна локація, складний імпульс накачування, точність визначення просторових координат, стабілізація параметрів зондируючих імпульсів.*

Проведен анализ эффективности существующих систем накачки импульсных твердотельных лазеров. Показано, что возбуждение активной среды сложным импульсом накачки позволяет стабилизировать параметры зондирующих импульсов и повысить точность определения пространственных координат лоцируемых тел. Приведены численные оценки изменения точности оценки дальности и приведены экспериментальные данные.

Ключевые слова: *лазерная локация, сложный импульс накачки, точность определения пространственных координат, стабилизация параметров зондирующих импульсов.*

Задача улучшения эксплуатационных характеристик лазерных систем контроля сохраняет свою актуальность, обусловленную постоянным совершенствованием техники контроля и, в частности, лазерных систем контроля больших длин. Для действующих систем контроля улучшение характеристик передатчиков проводится путем оптимизации режимов работы, т.е. без существенных изменений оптической схемы. Необходимо отметить, что для большинства передатчиков систем контроля традиционные методы оптимизации практически исчерпаны. В данной ситуации интерес представляет возможность использования коллективных эффектов, возникающих в активной среде при опреде-

ленных режимах возбуждения. Наблюдение подобных эффектов проводилось в твердотельных импульсных лазерах с традиционной оптической накачкой и сопровождалось существенными изменениями характеристик генерируемого излучения. Целью данной работы является исследование влияния коллективных эффектов в активной среде лазеров на стабильность параметров генерируемого излучения. Данное явление позволяет более эффективно использовать действующие передатчики, работающие в режиме модуляции добротности.

Как показали исследования, использование явлений, происходящих в активной среде при развитии генерируемого излучения, приводит к повышению энергетической эффективности передатчика, повышается повторяемость характеристик, что повышает стабильность параметров генерируемых импульсов.

Существующие способы накачки характерны тем, что изменение выходной энергии моноимпульса колеблется в пределах 30% от среднего значения выходной энергии. Стабилизации параметров лазерного излучения по уровню инверсии активной среды 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 предполагается управление излучением по заданному уровню инверсии активной среды.

Использование коллективных эффектов в излучении приводит к уменьшению разброса значений выходной энергии до 5% от среднего значения. При этом не возникают непроизводительные потери, обусловленные запаздыванием или опережением включения электрооптического затвора.

Изменение формы огибающей импульса излучения лазера при традиционном способе возбуждения представлено на рисунке 1а), а на рисунке 1,б) - в режиме со стабилизацией параметров.

Как видно из диаграмм, оценка дальности по переднему фронту по уровню 0,5 может привести к существенному колебанию получаемых значений. На рисунке 2 показаны результаты измерений по мишени для лазера с модулированной добротностью с моноимпульсом наносекундной длительности. В данном случае проводилась стабилизация по заданному уровню инверсии активной среды и накачке традиционным импульсом колоколообразной формы.

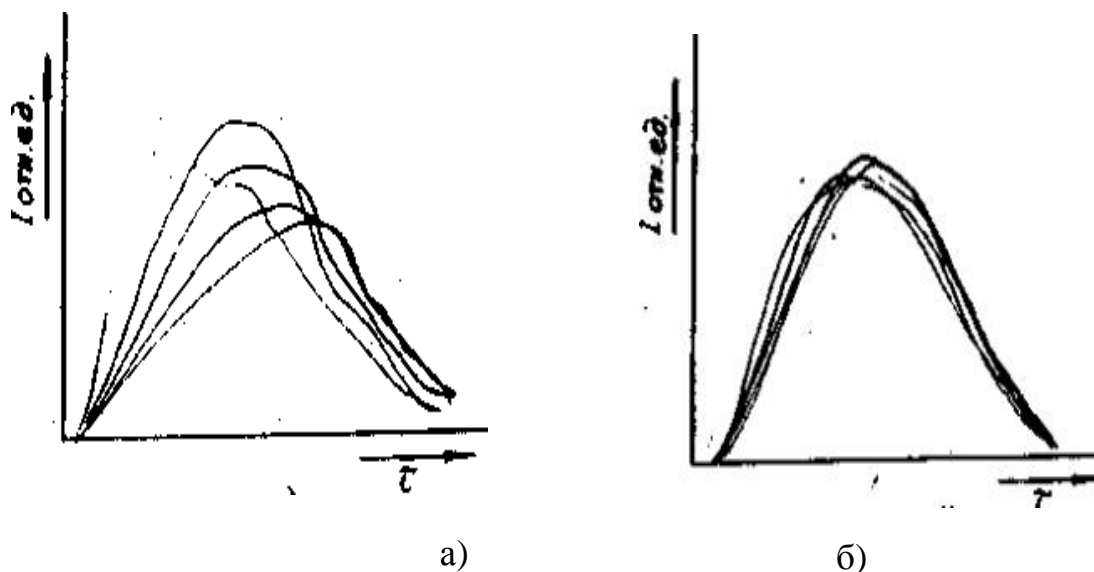


Рисунок 1 – Временные диаграммы для последовательности из пяти моноимпульсов

На рисунке 3 представлены результаты измерения временных интервалов при активизации в активной среде коллективных взаимодействий при тех же значениях энергии накачки, как в предыдущем случае. Можно отметить заметное снижение разброса измеренных значений временных интервалов и повышение стабильности получаемых данных. Существующий разброс обусловлен наличием ошибки приемника и разбросом значений временной GPS – метки. Данные погрешности неустраняемы.

Рассматривая представленные данные как нормальное распределение, можно применить расчет ошибки измерений по методу Стьюдента. Экспериментальные данные независимы, имеют одно и то же математическое ожидание, одинаковые дисперсии (измерения равноточны) и распределены нормально (такое допущение подтверждается опытом), следовательно, истинное значение измеряемой величины можно оценивать по среднему арифметическому результатов отдельных измерений при помощи доверительных интервалов с надежностью 0,95.

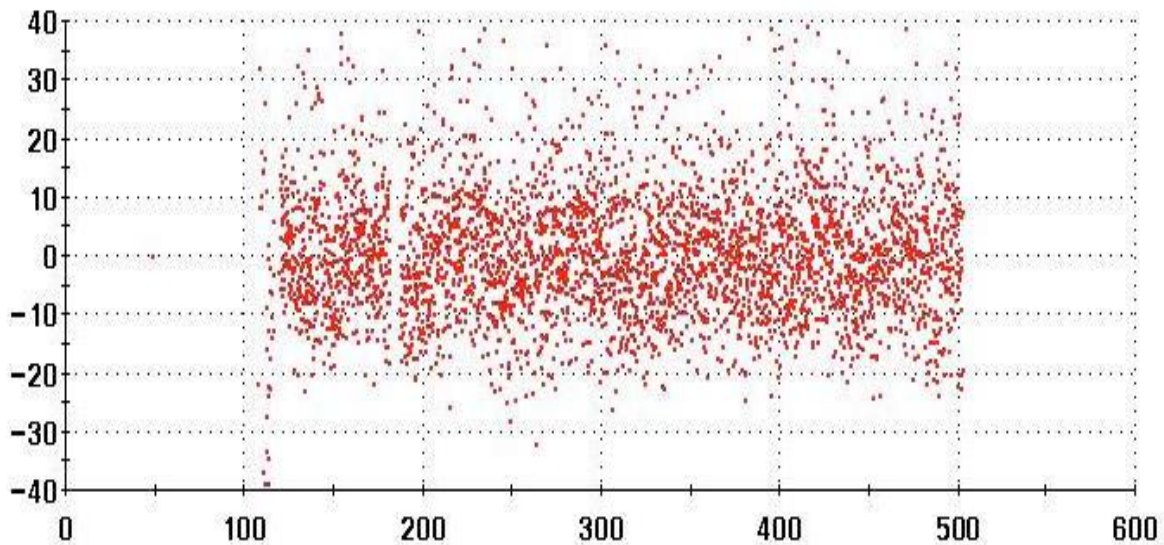


Рисунок 2 - Разброс значений измерения временных интервалов при «традиционной накачке». По горизонтальной шкале – время измерения в микросекундах от начала момента измерений, по вертикальной шкале – разброс значений измеренных временных интервалов в наносекундах

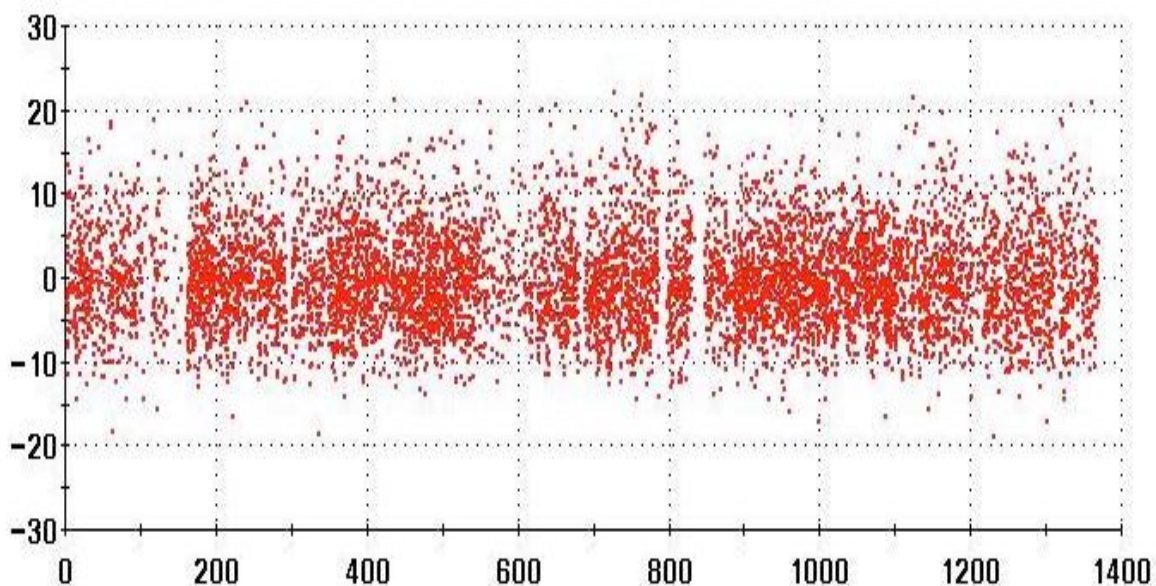


Рисунок 3 - Результат измерения временных интервалов при возбуждении в активной среде коллективных взаимодействий. По горизонтальной шкале – время измерения в микросекундах от начала момента измерений, по вертикальной шкале – разброс значений измеренных временных интервалов в наносекундах

Оценка ошибки по результатам обработки одинаковых выборок дала следующие результаты:

Выборочная дисперсия D_B наблюдаемых значений $\Delta\tau_1$ деленное на число экспериментальных точек в выборке:

$$D_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n n_i \Delta\tau_i^2$$

Доверительный интервал:

$$\Delta = t_{\gamma,n} \sqrt{D_B}$$

где $t_{\gamma,n}$ – коэффициент Стьюдента, γ - надежность эксперимента или доверительная вероятность.

Традиционная накачка

$$\gamma - 0,95; n = 400; t_{\gamma,n} = 1,96; D_B = 200,78 \times 10^{-24} \text{ с}^2; \sqrt{D_B} = 14,17 \times 10^{-12} \text{ с} \\ \Delta_1 = 27,77 \times 10^{-12} \text{ с}.$$

Резонансная накачка

$$\gamma - 0,95; n = 252; t_{\gamma,n} = 1,96; D_B = 49,12 \times 10^{-24} \text{ с}^2; \sqrt{D_B} = 7,01 \times 10^{-12} \text{ с} \\ \Delta_2 = 13,74 \times 10^{-12} \text{ с}.$$

Изменение относительной ошибки в этом случае составило значение

$$\delta = \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{\Delta_2} = \frac{27,77 - 13,74}{13,74} = 0,4586$$

, что соответствует 45,86%.

Данный результат подтверждает преимущество использования коллективных эффектов в активной среде при формировании излучения лазера, который работает в моноимпульсном режиме.

Проведенные исследования показали, что использование описанных явлений не только позволяет стабилизировать параметры излучения, но может существенно влиять на энергетическую эффективность. Это указывает на необходимость проведения дальнейших исследований по изучению коллективных эффектов в возбужденной активной среде лазеров.

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.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Заблудским Н.Н.