

Экспериментальное исследование пассивного затвора на основе нелинейного внутреннего отражения

И.М.Корда, А.Н.Рубинов

Экспериментально исследовано разделение исходного импульса излучения Nd-лазера с помощью пассивного затвора на нелинейном внутреннем отражении на три последовательных во времени импульса. Продемонстрирована возможность управления длительностью каждого из выделенных импульсов. Показано, что данный пассивный затвор позволяет на порядок уменьшить длительность импульса излучения, генерируемого лазером.

Ключевые слова: нелинейное отражение, управление лазерным импульсом, оптический затвор.

Нелинейное внутреннее отражение (НВО) на границе прозрачного диэлектрика и поглощающей среды и возможность его использования для модуляции добротности твердотельных лазеров были впервые продемонстрированы в работах [1, 2]. Эти работы получили развитие в [3, 4], где были предложены и реализованы варианты уменьшения длительности лазерных импульсов при использовании НВО в сочетании с интерференцией в тонком слое. В [5] было предложено устройство, представляющее собой пассивный затвор на основе НВО, который позволяет вырезать из лазерного импульса более короткий импульс с регулируемой длительностью. В настоящей работе такое устройство экспериментально реализовано и испытано.

Схема пассивного затвора на основе НВО, использованного в данной работе, приведена на рис.1. Устройство включает в себя две стеклянные призмы, между гипотенузными гранями которых расположен тонкий слой сильно поглощающей жидкости, и зеркало со 100 %-ным отражением. Импульс лазерного излучения направляется на границу раздела стекло – жидкость под углом α_1 , несколько меньшим предельного угла полного внутреннего отражения α_{lim} (см. рис.1). Показатели преломления обеих сред подбираются таким образом, чтобы в начальный момент времени отражение на границе было невелико и большая часть излучения проходила бы через двойной слой. Поскольку толщина слоя жидкости выбирается малой, то даже при больших коэффициентах поглощения жидкости обеспечивается высокое пропускание слоя. Тем не менее часть энергии излучения поглощается внутри слоя, что приводит к его разогреву и, как следствие, к уменьшению показателя преломления жидкости. В результате предельный угол полного внутреннего отражения α_{lim} непрерывно уменьшается и начиная с некоторого момента времени становится меньше угла падения α_1 .

В этой ситуации импульс делится на две части: первично прошедший импульс (I_{1t}), представляющий собой

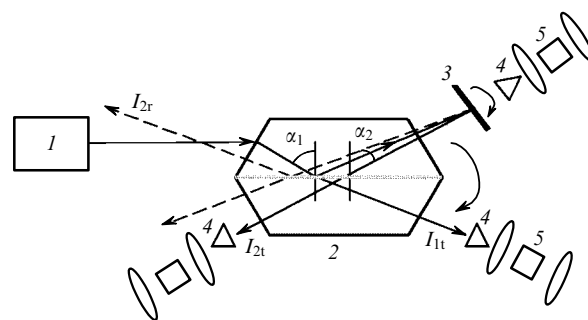


Рис.1. Схема эксперимента:

1 – лазер на неодимовом стекле; 2 – нелинейный затвор; 3 – возвращающее зеркало; 4 – фотоэлемент; 5 – калориметр.

переднюю часть падающего импульса, и первично отраженный импульс (I_{1r}), представляющий собой падающий импульс без его передней части. Отраженное излучение возвращается с помощью зеркала 3 на слой таким образом, чтобы угол повторного падения α_2 был меньше α_1 . При этом вначале излучение проходит через поглощающий слой насквозь (I_{2t}), продолжая разогревать жидкость. Температура жидкости продолжает повышаться, предельный угол полного внутреннего отражения α_{lim} продолжает уменьшаться и спустя некоторое время становится меньше второго угла падения луча α_2 . В этот момент времени проходящий импульс (I_{2t}) обрезается за счет включения полного внутреннего отражения. Таким образом, данный пассивный затвор позволяет разделять падающий импульс на три части: I_{1t} , I_{2t} и I_{2r} , причем импульс I_{2t} имеет обрезанный как передний, так и задний фронт, а его длительность может варьироваться путем небольшого поворота возвращающего зеркала 3.

В наших экспериментах в НВО-затворе были применены призмы из стекла К8 с показателем преломления 1.5063, между которыми находился слой толщиной 20 мкм, заполненный раствором полиметинового красителя № 3274 в бензиловом спирте с коэффициентом поглощения 14 см^{-1} и показателем преломления 1.4907. В качестве источника излучения использовался Nd-лазер в режиме свободной генерации. Длительность импульса излучения лазера составляла ~ 800 мкс, энергия излу-

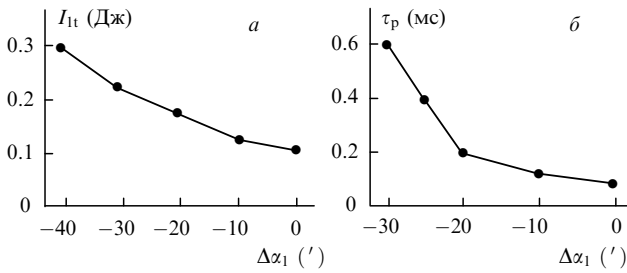


Рис.2. Зависимости энергии (а) и длительности (б) прошедшего импульса I_{1t} от угла расстройки $\Delta\alpha_1$.

ния равнялась 1.5–1.8 Дж. Особое внимание было обращено на угловую расходимость падающего излучения. Так как для различных угловых компонент условие полного внутреннего отражения будет выполняться в разные моменты времени, то увеличение угловой расходимости излучения будет смазывать эффект модуляции. В нашем случае расходимость излучения лазерного пучка составляла $1.6'$, что близко к дифракционному пределу.

Проводились измерения энергии и формы следующих импульсов излучения: падающего на затвор (I_0), первично прошедшего (I_{1t}), вторично прошедшего (I_{2t}) и вторично отраженного (I_{2r}). Угол падения излучения на границу сред при первом отражении α_1 выбирался на $20-60'$ меньше α_{lim} для используемой пары сред. Угол α_{lim} находился экспериментально по угловой зависимости отражения того же пучка лазера, ослабленного по интенсивности на несколько порядков. После прохождения передней части падающего импульса через слой раствора реализовывалось полное внутреннее отражение и отраженная часть импульса I_{1r} направлялась на 100%-ное возвращающее зеркало 3.

В первой части экспериментов были измерены зависимости энергии и длительности прошедшего импульса I_{1t} от угла расстройки $\Delta\alpha_1 = \alpha_{lim} - \alpha_1$. Вариация угла расстройки осуществлялась за счет изменения угла падения исходного импульса на границу раздела α_1 путем контролируемого поворота нелинейного затвора. Результаты измерений представлены рис.2. Видно, что приближение угла падения α_1 к начальному значению α_{lim} сопровождается значительным уменьшением длительности прошедшего импульса I_{1t} (до 10 крат по отношению к падающему) и соответствующим уменьшением его энергии.

Во второй части экспериментов измерялись характеристики вторично пропущенного (I_{2t}) и вторично отраженного (I_{2r}) импульсов в зависимости от разности углов падения $\Delta\alpha_2 = \alpha_1 - \alpha_2$. Эта разность варьировалась за счет изменения второго угла падения α_2 путем поворота возвращающего зеркала 3. При изменении угла рас-

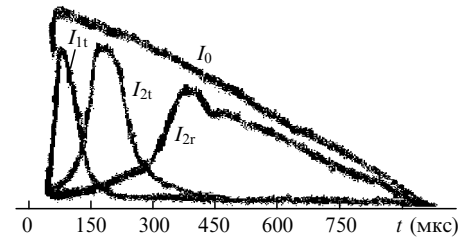


Рис.3. Осциллограммы исходного импульса (I_0), импульсов, прошедших через слой один раз (I_{1t}) и дважды (I_{2t}), а также вторично отраженного импульса (I_{2r}).

стройки $\Delta\alpha_2$ от 20 до $180'$ длительность прошедшего импульса I_{2t} изменялась от 100 до 280 нкс. Этот импульс представляет собой среднюю часть падающего импульса, вырезанную затвором. Поскольку передний фронт импульса I_{2t} сформирован при первом включении полного внутреннего отражения, а задний фронт – при его втором включении, оба фронта имеют существенно большую крутизну, чем у падающего импульса, т. е. форма вырезанного импульса I_{2t} приближается к прямоугольной.

Таким образом, предложенный затвор позволяет не только существенно (на порядок) уменьшить длительность излучения лазерного импульса, но и разделить падающий импульс на три последовательных во времени импульса: I_{1t} , I_{2t} и I_{2r} . На рис.3 приведены осциллограммы всех трех указанных импульсов, а также осциллограмма исходного импульса I_0 при угловых расстройках $\Delta\alpha_1 = 10'$ и $\Delta\alpha_2 = 20'$. Важно отметить, что данный затвор может работать практически на любых длинах волн оптической части спектра, т. к. в нем используется не насыщающийся, а обычный линейный поглотитель, который легко подобрать для любой спектральной области.

Выполненные исследования проведены при финансовой поддержке МНТЦ (грант № В-078).

1. Рубинов А.Н., Корда И.М. *Квантовая электроника*, № 4(16), 96 (1973).
2. Корда И.М., Рубинов А.Н. *Квантовая электроника*, 8, 1877 (1974).
3. Жилавадари И.З., Олефир Г.И., Петров Н.С. *ЖПС*, 30, 699 (1979).
4. Инсарова Н.И., Олефир Г.И. *ЖПС*, 42, 255 (1985).
5. Рубинов А.Н., Корда И.М., Бирик А.И. *ЖПС*, 64, 325 (1997).

I.M.Korda, A.N.Rubinov. Experimental study of a passive gate based on the nonlinear internal reflection.

The separation of a radiation pulse from an Nd laser into three sequential pulses is experimentally studied using a passive gate based on the nonlinear internal reflection. The possibility of controlling the duration of each of the gated pulses is demonstrated. It is shown that this passive gate allows one to decrease the duration the laser pulse by an order of magnitude.