

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИМПУЛЬСА СВЕТА В НЕЛИНЕЙНО УСИЛИВАЮЩЕЙ И ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Р.В.Амбарцумян, Н.Г.Басов, В.С.Зуев, П.Г.Крыков,
В.С.Летохов

1. В нашей работе [1] было исследовано распространение импульса когерентного света в среде с нелинейным усилением. В этой работе было также отмечено, что при распространении импульса света в среде с нелинейным усилением и нелинейным поглощением, в отличие от среды с нелинейным усилением, будет происходить сокращение длительности независимо от формы начального импульса, если насыщение поглощения наступает гораздо раньше насыщения усиления. В настоящем письме сообщается об успешных экспериментах в этом направлении и показывается, что для получения сжатия импульса света при распространении необходимо устранять структуру, связанную с поперечным развитием импульса, излучаемого квантовым генератором с модулированной добротностью [2,3].

2. Схема эксперимента по распространению мощного импульса света в двухкомпонентной нелинейной среде приведена на рис. 1. Импульс на вход среды поступал от рубинового генератора с модуляцией добротности (1) затвором Керра 2.

Усиливающим компонентом являются три кристалла рубина 4 (длина каждого кристалла - 24 см, диаметр - 1,6 см) с общим начальным усилением до 10^4 . Поглощающим компонентом служат две кюветы 3 с раствором фталюцианина ванадия в толуоле, помещенные до и после пер-

вого кристалла, которые имеют общее начальное и конечное пропускание $4 \cdot 10^{-2}$ и 0,5 соответственно.

Первоначальная попытка получить сжатие импульса, поступающего непосредственно от генератора, при распространении в двухкомпонентной среде оказалась неудачной. Отсутствие сокращения импульса объясняется тем, что входной импульс от генератора обладает так называемой поперечной структурой. Эта структура вызвана запаздыванием развития генерации импульса в периферийных частях кристалла на время порядка длительности импульса. При распространении в нелинейной

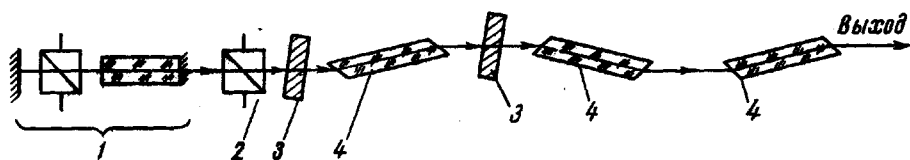


Рис. I. Схема эксперимента

среде импульса с такой поперечной структурой длительность в любой точке сечения сокращается, однако общая длительность импульса не может быть короче времени поперечного развития генерации. Поперечную структуру входного импульса можно устранить с помощью дополнительного затвора Керра, срезающего передний фронт импульса генератора. Из-за деполяризации света в кристалле генератора начальное пропускание затвора Керра составляло 3%. Это начальное пропускание ограничивает максимальное сжатие импульса при распространении только в усиливающей среде.

Отношение общего конечного и начального пропускания, поглощающего компонента и затвора Керра должно удовлетворять условию $\tau_k/\tau_0 \approx 2 \ln(k \frac{E_0}{E_s})$, где k — полное начальное усиление кристаллов рубина, E_0 — начальная энергия импульса, $E_s \approx 4 \text{ Дж/см}^2$ — энергия насыщения усиления рубина при 300°K. В противном случае происходит преждевременное насыщение усиления передним фронтом импульса света.

3. При распространении импульса света в двухкомпонентной среде наблюдалось существенное изменение формы импульса. Импульс света после затвора Керра и первой поглощающей кюветы имел длительность

по полумаксимуму 11 нсек (рис.2,а) и энергию около 0,5 дж, после второго кристалла - 5,7 нсек (рис.2,б) и энергию около 10 дж, после третьего - 2 нсек (рис.2,в) и энергию около 15 дж. Мощность выходного импульса света $7 + 8$ гвт или около 3 гвт/см².

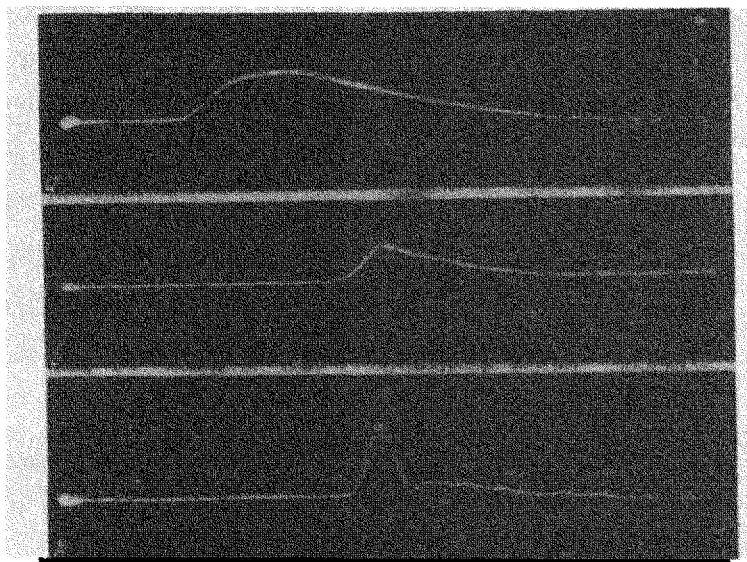


Рис. 2. Осциллограммы импульса света, распространяющегося в двухкомпонентной среде: а - перед первым кристаллом рубина; б - после второго; в - после третьего кристалла. Развертка - 30 нсек

Достигнутая мощность импульса света гораздо выше мощности, вызывающей повреждение кристаллов рубина импульсами с длительностью 10^{-8} сек, которая равна 1 гвт/см² [4]. Это указывает, что порог внутреннего самоповреждения кристаллов рубина определяется энергией импульса.

4. Следует отметить, что при длительности импульса света короче 10^{-9} сек можно ожидать повышения энергетического порога самоповреждения за счет конечности времени развития акустической волны при вынужденном рассеянии Манделъштама - Бриллюэна. Однако, если даже энергия самоповреждения \mathcal{E}_n остается постоянной при уменьшении длительности импульса, разрушение среды не является препятствием для генерации мощных импульсов света с длительностью короче 10^{-9} сек, так как \mathcal{E}_n больше энергии насыщения усиления \mathcal{E}_s , необходимой

для сжатия импульса. Для рубина при 300°К $\epsilon_n \approx 10 \text{ Дж/см}^2$ [4],
 $\epsilon_s \approx 4 \text{ Дж/см}^2$. Это соотношение особенно благоприятно при охлаждении кристаллов рубина, когда $\epsilon_s < 1 \text{ Дж/см}^2$.

5. Для получения предельно коротких импульсов света эффективны двухкомпонентные среды, в которых поглощающий компонент имеет энергию насыщения гораздо меньше, а однородную ширину линии гораздо больше, чем усиливающий. При распространении в такой среде импульс света может сжаться до предельной длительности, определяемой обратной шириной линии усиливающего компонента. Длительность переднего фронта определяется поглощающим компонентом и может быть гораздо меньше длительности всего импульса. При прохождении такого "предельного" импульса в среде поглощающий компонент просветляется, а атомы усиливающего компонента инвертируются.

Физический институт им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
3 мая 1966 г.

Литература

- [1] Н.Г.Басов, Р.В.Амбарцумян, В.С.Зуев, П.Г.Крыков, В.С.Летохов. ЖЭТФ, 50, 23, 1966.
- [2] В.С.Летохов, А.Ф.Сучков. ЖЭТФ, 50, 1148, 1966.
- [3] Р.В.Амбарцумян, Н.Г.Басов, В.С.Зуев, П.Г.Крыков, В.С.Летохов, О.Б.Шатберов. ЖЭТФ, 50, № 8, 1966.
- [4] P.V.Avizonis, T.Farrington. Appl. Phys.Lett., 7, 205, 1965.