

НАБЛЮДЕНИЕ КОГЕРЕНТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАНОСЕКУНДНОГО ИМПУЛЬСА CO_2 -ЛАЗЕРА С УСИЛИВАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

*В.Ю.Баранов, В.Л.Борзенко, Д.Д.Малюта,
Ю.В.Петрушевич, Ю.А.Сатов, А.Ю.Себрант,
Ю.Б.Смаковский, А.Н.Старостин, А.П.Стрельцов*

Когерентные эффекты при усилении ультракоротких импульсов в CO_2 -усилителях могут иметь существенное значение при получении коротких импульсов CO_2 -лазера заданной формы, например, для применения в термоядерных исследованиях. Для наблюдения когерентного взаимодействия формировался 1 нсек-импульс CO_2 -лазера и пропускался через усиливающую среду. Наблюдалось существенное обострение переднего фронта импульса и разбиение его на два "2 π "-импульса. Результаты эксперимента качественно подтверждаются численным расчетом.

Эффекты когерентного взаимодействия ультракоротких импульсов излучения с резонансно усиливающей или поглощающей средой теоретически хорошо известны и детально рассмотрены в обзорных работах [1 — 3]. Экспериментально исследованы когерентные эффекты (индуцированная самопрозрачность, разбиение на "2 π "-импульсы и т. д.) для распространения импульсов в различных поглощающих средах, например, [4 — 9]. В частности, разбиение на "2 π "-импульсы в поглощающей среде, хорошо согласующееся с расчетами, наблюдалось в работах [6, 7].

Когерентные эффекты могут иметь существенное значение при формировании ультракоротких импульсов в усиливающей среде, ограничивая, например, возможности получения коротких импульсов CO_2 -лазера заданной формы для применения в термоядерных исследованиях. В настоящей работе впервые проводилось наблюдение разбиения наносекундного импульса при распространении в CO_2 -усилителе на установке, описанной в [10].

Начальный импульс формировался с помощью системы CO_2 -лазера атмосферного давления, электрооптического затвора и предусилителя атмосферного давления. С помощью системы зеркал осуществлялось несколько проходов начального импульса в CO_2 -усилителе, давление рабочей смеси которого можно изменять в широких пределах. Регистрация формы импульса проводилась с помощью пироэлектрического датчика. Временное разрешение осциллографической аппаратуры составляло 0,7 нсек. Применение дополнительного разряда низкого давления в задающем генераторе обеспечило высокую стабильность формы импульса на входе предусилителя. Осциллограмма приведена на рис. 1, а. Плотность энергии на входе в усилитель составляла $2 \cdot 10^{-2}$ Дж/см². После первого прохода в усилителе (произведение коэффициента усиления слабого сигнала на длину активной среды $g_0 L = 3,5$) для смеси $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} = 4 : 1 : 5$ и давлений в диапазоне $0,1 \pm 0,3$ атм наблюдалось только увеличение длительности импульса на полувывоте.

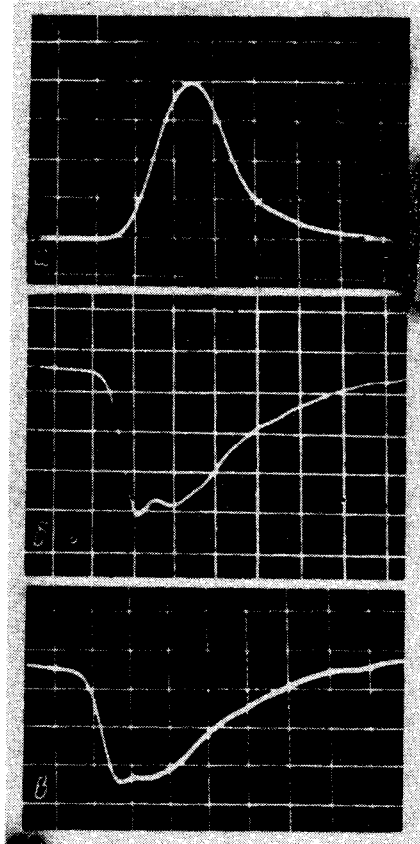


Рис. 1. Форма импульса излучения: *a* — на входе в усиливающую среду; *б* — на выходе усилителя при давлении $P = 0,1$ атм; *в* — на выходе усилителя при давлении $P = 0,2$ атм. Развертка $1,0$ нсек/дел

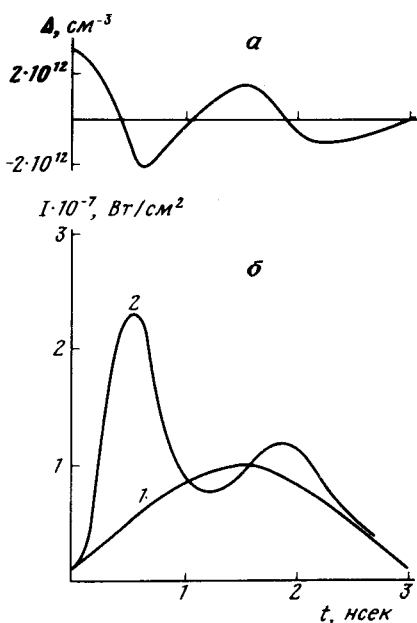


Рис. 2. Пространственная зависимость инверсии (*a*) и интенсивности света (*б*) в активной среде усилителя: *1* — интенсивность света на входе усилителя, *2* — интенсивность света после прохождения активной среды длиной 120 см. $I_{\text{вх}} = 10^7$ Вт/см², давление газа $0,1$ атм

Три прохода ($g_0 L = 10$, $P = 0,1 \div 0,3$ атм) существенно изменяли форму входного импульса. Передний фронт обострялся и на осциллограм-

мах определялся временем разрешения аппаратуры, на вершине импульса появлялся провал, глубина которого также ограничена на осциллограмме временем разрешения. На рис. 1, б, в представлены характерные осциллограммы для $P = 0,1$ атм (б) и $P = 0,2$ атм (в).

Для моделирования распространения импульса в усиливающей среде использовалась система уравнений, учитывающая когерентное взаимодействие [10]. В этой системе учитываются также вращательная и колебательная внутри- и межмодовая релаксация. Численное решение системы проведено для условий, близких к экспериментальным: $P = 0,1$ атм, $\tau_u = 2$ нсек, $T_2 = 0,8$ нсек. Приведенные на рис. 2 результаты численного расчета качественно совпадают с экспериментом. В нашем случае начальное значение "площади" импульса,

$$\phi_0 = \frac{\mu}{\hbar} \int_{-\infty}^{\infty} \epsilon_0(t) dt \gtrsim 4\pi$$

(μ — дипольный момент, $2,4 \cdot 10^{-20}$ CGSE, ϵ — электрическое поле) и стационарным решением будет разбиение на два " 2π "-импульса и " π "-импульс, однако полное установление такого разбиения происходит на значительно большей длине усиливающей среды.

В эксперименте эффект разбиения сглажен (кроме времени разрешения аппаратуры) присутствием нескольких колебательно-вращательных переходов в излучении задающего генератора. Предполагается провести детальные измерения с использованием аппаратуры с высоким временным разрешением ($< 0,3$ нсек осциллограф "Лотос") при давлениях в усилителе вплоть до 1 атм и максимально возможным без возбуждения генерации $g_0 L$ (~ 15).

В заключение авторы благодарят В.П.Кулешова за представление пирозлектрического датчика, В.Н.Анисимова и С.М.Козочкина за помощь в проведении эксперимента.

Поступила в редакцию
23 августа 1979 г.

Литература

- [1] П.Г.Крюков, В.С.Метухов. ВФН, 99, 169, 1969.
- [2] S.L.McCall, E.L.Hahn. Phys. Rev., A2, 861, 1970.
- [3] И.А.Полуэктов, Ю.М.Попов, В.С.Ройтберг. ВФН, 114, 97, 1974.
- [4] S.L.McCall, E.L.Hahn. Bull. Am. Phys. Soc., 10, 1189, 1965.
- [5] S.L.McCall, E.L.Hahn. Phys. Rev. Lett., 18, 908, 1967.
- [6] R.E.Slusher, H.H.Gibbs. Phys. Rev. A5, 1634, 1972.
- [7] R.E.Slusher, H.H.Gibbs. Phys. Rev., A6, 2326, 1972.
- [8] C.K.Rhodes, A.Szöke. Phys. Rev., 184, 25, 1969.
- [9] A.Zembrod, Th. Gragl. Phys. Rev. Lett., 27, 287, 1971.
- [10] В.Ю.Баранов, Т.К.Кириченко, В.В.Клавдиев, Ю.В.Петрушевич, А.Н.Старостин. Квантовая электроника, 5, 568, 1978.