

ГИГАНТСКИЕ ИМПУЛЬСЫ СВЕРХЛОМИНЕСЦЕНЦИИ

В.С.Зуев, В.С.Легохов, Ю.В.Сенатский

I. Широко известны гигантские импульсы когерентного света, излучаемые лазерами с модулированной добротностью [1-3]. Для исследо-

ваний в нелинейной оптике, для исследования механизма повреждения прозрачных материалов сильным световым полем представляют интерес также источники гигантских импульсов некогерентного света, так как эксперименты с гигантскими импульсами когерентного и некогерентного света могут выявить роль когерентности и роль мощности света при взаимодействии с веществом.

В настоящем письме сообщается об излучении гигантских импульсов сверхлюминесценции сильновозбужденной активной средой из неодимового стекла при быстром включении усиления.

2. Сверхлюминесценция — это усиленное спонтанное излучение активной среды. В длинных стержнях активного вещества с большим усилением на проход сверхлюминесцентное излучение становится направленным, причем длительность импульса сверхлюминесценции $\tau_{\text{ил}}$ обычно гораздо меньше времени спонтанного распада возбужденных частиц T_2 , но во много раз больше времени пролета фотоном активной среды T_0 [4].

Однако, если в среде мгновенно создать высокое усиление \mathcal{K} , при котором спонтанные фотоны за один проход усиливаются настолько, что высвечивают большинство активных частиц, возможно получение весьма коротких импульсов сверхлюминесценции с длительностью порядка T_0 . Условие получения таких предельно коротких импульсов имеет вид:

$$\mathcal{K} \frac{T_2}{T_1} \frac{N_{2^0}}{N_0} \frac{\Omega_{\text{эф}}}{2k} > 1, \quad (I)$$

где N_0 , N_{2^0} — начальная инверсная заселенность и заселенность верхнего рабочего уровня соответственно; $\Omega_{\text{эф}}$ — эффективный телесный угол сверхлюминесценции, определяемый геометрией среды. На пороге выполнения условия (I) будет излучаться импульс с длительностью порядка нескольких T_0 , а при перевыполнении этого условия $\tau_{\text{ил}}$ стремится к T_0 .

3. Схема установки изображена на рис. I. Активной средой являются два одинаковых стержня из неодимового стекла КГСС-7 диаметром 10 мм с матированной боковой поверхностью и с торцами, срезанными под углом Брюстера. Лампами накачки освещалось 900 мм боковой повер-

хности стержней. Усиление в двух накачанных стержнях порядка 10^4 на проход. Мгновенное увеличение усиления до 10^8 осуществлялось открыванием плотного зеркала затвором Керра. Время прохода фотоном активной среды (с отражением от зеркала) $T_0 = 16$ нсек, измеренный телесный угол $\Omega_{эф} \approx 10^{-2}$ стер. Для иона Nd^{3+} в стекле $T_2 \approx 5 \cdot 10^{-4}$ сек, а нижний рабочий уровень ${}^4I_{11/2}$ короткоживущий, так что

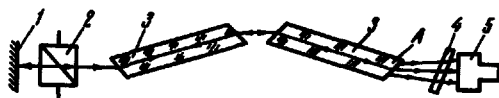


Рис.1. Схема установки для получения и регистрации гигантских импульсов сверхлюминесценции. 1 - плотное зеркало, 2 - затвор Керра, 3 - стержни из вводимого стекла, 4 - фильтр, 5 - коаксиальный фотозащитный элемент

$N_2 \approx N_0$. После открывания затвора усиление среды \mathcal{K} достигает 10^8 за проход и, следовательно, условие (1) в нашей установке выполняется.

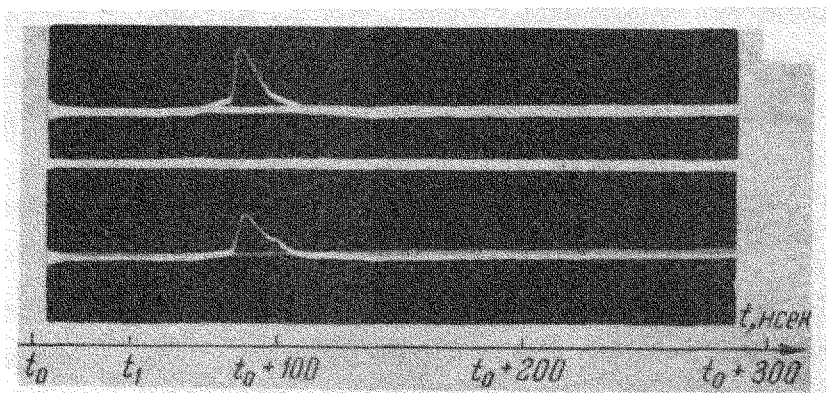


Рис.2. Осциллограммы гигантских импульсов сверхлюминесценции

На рис.2 показаны импульсы, излучаемые средой при $\mathcal{K} \approx 10^8$. Энергия импульсов около 4 дж. Длительность импульсов по полумаксимуму $9 + 12$ нсек, начало импульсов отстоит от момента включения усиления t_1 на $25 + 30$ нсек. Таким образом, высвечивание среды происходит

дит менее чем за три прохода активной среды, причем основная энергия излучается за время короче T_0 .

4. Предельное усиление активной среды при закрытом затворе Керра ограничивается самовозбуждением накачанных стеклянных стержней за счет френелевского отражения света, поляризованного перпендикулярно плоскости падения от торца с углом Брюстера, на боковую матированную поверхность и последующего рассеяния (с деполаризацией излучения) в обратном направлении. Поскольку усиление неодимового стекла, в отличие от рубина, не зависит от поляризации света, это приводит к коэффициенту обратной связи $\rho \sim \frac{(n^2 - 1)^2 \Omega_{sp}}{2(n^2 + 1)^2 2\pi} \approx 10^{-4}$ (n - показатель преломления стекла) и предельной величине усиления порядка $\rho^{-1} \approx 10^4$, согласующейся с экспериментом.

5. Мощность полученных импульсов сверхлюминесценции достигала 500 мвт/см². После нескольких интенсивных вспышек происходило разрушение выходного торца стержня в точке А (рис. 1). Таким образом, самоповреждение неодимового стекла возможно под действием интенсивного некогерентного излучения.

Авторы глубоко благодарны Н.Г.Басову за поддержку и обсуждение работы.

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

Поступило в редакцию
17 июня 1966 г.

Литература

- [1] R.W.Hellwarth. *Advances of Quantum Electronics*, под ред. J. Singer, p. 334, 1961.
- [2] F.J. McClung, R.W.Hellwarth. *Proc. IEEE*, 51, 46, 1963.
- [3] Н.Г.Басов, В.С.Зуев, П.Г.Криков. *ЭТФ*, 43, 353, 1962.
- [4] D.Roess. *Proc. IEEE*, 52, 853, 1964.