2013404406 002 ЧРУПРОВПРОВРР ЦЦЦЧВГРЦЗР 204013366P ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЯ ССР

1966

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА

3

## А. Л. Микаэлян, Ю. Г. Турков и П. С. Погосян

## Измерение энергетических характеристик оптического усилителя

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляном 29/IV 1965)

В настоящей работе приводятся данные экспериментального исследования энергетических характеристик оптического усилителя гигантских импульсов и проводится сравнение с расчетами, проделанными в работах (<sup>1-3</sup>). Блок-схема экспериментальной установки изображена на фиг. 1. В качестве задающего генератора использовался рубиновый оптический генератор с управляемой добротностью. Переключение добротности осуществлялось с помощью призмы, вращающейся со скоростью около 20 000 оборотов в минуту. Активный элемент генератора имел длину 120 мм и диаметр 6,5 мм. Энер-

гия накачки составляла 500 дж. Выходная энергия равнялась приблизительно 0,2 дж при длительности импульса 50 нсек (по половинному уровню). В усилителе использовались рубиновые элементы длиной 120 и 240 мм. Синхронизация поджига ламп-вспышек генератора и усилителя с вращением призмы осуществлялась с помощью магнитного датчика и двух блоков синхронизации с управляемой задержкой. Измерение энергии излучения производилось калориметром с чувствительностью 300 мкв/дж.

XLIII





P — рубиновый стержень; Л-B — лампа-вспышка;  $M. \ A.$  — магнитный датчик;  $\mathcal{D}. \ C.$  — блок синхронизации.  $B. \ \Pi.$  — вращающаяся призма;  $O. \ 3.$ — отражающее зеркало оптического резонатора (r = 0.3);  $C_1 = C_2 = 1000 \ \text{мк}\phi$ .

На фиг. 2 представлена зависимость энергии излучения на выходе усилителя  $U_{вых}$  от входной энергии  $U_0$  для рубинового усилителя длиной 24 см при энергии накачки 1620 дж. Изменение величины  $U_0$ производилось с помощью фильтров, помещенных между выходом генератора и усилителем. Как видим, по мере увеличения энергии на выходе усилителя коэффициент усиления уменьшается. Это хорошо видно из фиг. 3, на которой приведена зависимость коэффициента



усиления от плотности выходной энергии с учетом отражения излучения на торцовых поверхностях активного образца (r = 0,08).



Фиг. 2.

Фиг. 3.

Днаметр луча на входе усилителя устанавливался равным 4 мм при помощи диафрагмы. Пунктиром изображена расчетная кривая для усилителя бегущей волны. Расчет проводился по формуле

$$U_{\text{BMX}} = \frac{U_0 e^{(\sigma \Delta_0 - \beta)e}}{\sigma^2 \Delta_0 U_0 \left(1 + \frac{g_1}{g_1}\right)}, \qquad (1)$$

$$1 - \frac{\sigma^2 \Delta_0 U_0 \left(1 + \frac{g_1}{g_1}\right)}{2(\sigma \Delta - \beta)}$$

где о — эффективное сечение столкновений для индуцированного пе

ревода атома из возбужденного состояния на основной уровень (или обратно);

в — затухание в кристалле вследствие рассеяния и нерезонансного поглощения;

е — длина активного элемента;

**∆**<sub>о</sub> – начальная перенаселенность.

Формула (1) получается из уравнения, описывающего изменение полной энергии импульса излучения по длине образца (3), если только учесть вырожденность уровней рубина ( $g_1 = 4, g_2 = 2$ ) и принять во внимание, что  $JU \ll 1$ .

Начальная инверсная населенность в образце выбрана таким образом, чтобы теоретическая и экспериментальная кривые были бы совмещены при Uo = 0. Поскольку коэффициент усиления в этой точке составляет 5,8, то, полагая  $\beta = 0,03 \, c \, m^{-1}$  (4), получим  $\sigma \Delta_{\mu} = 0,1 \, c \, m^{-1}$ . Расчетные и экспериментальные результаты хорошо согласуются.

Следует отметить, что на работу усилителя существенное влияние оказывает выходное зеркало генератора (r=0,3), которое совместно с торцовой поверхностью рубинового элемента образует оптический резонатор. Наличие этого резонатора создает условия для регенерации, вследствие чего коэффициент усиления возрастает (5). Для устранения влияния регенерации (<sup>6</sup>) в описанном выше эксперименте торцовые поверхности усилительного рубина выставлялись под небольшим углом к

зеркалу генератора (15'  $\div$  20'). Добротность оптического резонатора становилась при этом низкой, и измеренный коэффициент усиления соответствовал режиму бегущей волны. Зависимость коэффициента усиления от непараллельности между выходным зеркалом генератора и торцами активного образца усилителя приведена на фиг. 4. Максимальное значение коэффициента усиления наблюдается при расстройке около 5, что связано, по-видимому, с отклонением луча в кристалле вследствие его неоднородности. При увеличении непараллельности коэффициент усиления падает до значения, соответствующего режиму бегущей волны, который устанавливается при  $\Theta = 15'$ . Для сравнения с расчетом рассмотрим отношение максимального коэффициента усиления в режиме регенерации и коэффициента усиления в режиме бегущей волны. Исходя на расчетов, проведенных в работе (<sup>3</sup>), нетрудно найти, что это отношение равно:

$$\frac{G_{\text{per}}}{G_{6, \text{B}}} = \frac{1 - r_2}{1 - r_1 r_2 G_{6, \text{B}}^2}, \qquad (2)$$

где G<sub>б.в.</sub> G<sub>рег</sub> — максимальные коэффициенты усиления в режимах бегущей волны и регенерации соответственно.

В числителе выражения (2) опущен член  $(1-r_1)$ , поскольку од-



ним из зеркал резонатора-усилителя являлось выходное зеркало задающего генератора.

В рассматриваемом случае  $G_{6 \text{ в}} = 4$ . Подставляя это значение в формулу (3) и полагая  $r_2 = 0,08$ ,  $r_1 = 0,3$ , получим  $\frac{G_{\text{per}}}{G_{6.8}} = 1,62$ , что

хорошо совпадает с измеренной величиной.

Заметим, что представленная на фиг. 4 кривая позволяет рассчитать влияние непараллельности зеркал на добротность оптического резонатора.

На фиг. 5 представлена зависимость энергии излучения на выходе усилителя от энергии накачки (в режиме регенерации). Самовозбуждение усилителя начинается при энергии накачки около 1700 дж. Максимальная выходная энергия составляла приблизительно 2,1 дж, что при длительности импульса 50 нсек соответствует пиковой мощности 42 мгвт. После усиления импульсов наблюдался пробой воздуха в фокусе линзы. Эффективность усилителя существенным образом зависит от соотношения между моментом подачи сигнала и временем поджига лампы-вспышки. Для получения максимального усиления нужно поджигать лампу усилителя на определенный промежуток времени ч, раньше момента



прохождения импульса. Указанное время задержки подбиралось экспериментально и составляло приблизительно 0,5—0,8 мсек. При больших задержках происходило быстрое обеднение метастабильного уровня за счет спонтанного и неправильного индуцированного излучения и козф-фициент усиления резко уменьшался. Это иллюстрируется фиг. 6, на которой приведена зависимость выходной энергии от величины  $\tau_3$ . При больших задержках, когда  $U_{\rm BMX} < U_0$ , т. е. инверсная населенность от сутствует, дальнейшее уменьшение коэффициента усиления происходих медленно.



Заметим, что время задержки т, = 0,5 мсек соответствует одновременному поджигу ламп генератора и усилителя (при одинаковой емко-

сти конденсатора).

При т, <0,5 мсек лампа усилителя поджигается позже генераторной лампы, следовательно инверсная населенность к моменту прохождения импульса не успевает достигнуть максимальной величины (длительность вспышки обеих ламп примерно одинакова), и коэффициент усиления уменьшается.

Авторы признательны В. Я. Антонянцу за большую помощь, оказанную при подготовке измерений.

Радиационная проблемная лаборатория Ереванского государственного университета

и Академии наук Армянской ССР

Ա. Լ. ՄԻՔԱՅԵԼՅԱՆ, ՅՈՒ. Գ. ՏՈՒՐԿՈՎ և Պ. Ս. ՊՈՂՈՍՅԱՆ

Օպտիկական ուժեղացուցիչի էներգետիկ բնութագծերի չափումը

Ալիատանքում ուսումնասիրված է ռուբինային օպտիկական քվանտային ուժեզ»թուցիչի էներդետիկ բնութագծերը և ստացված արդյունթները համեմատված են (۱-3) –։ խատանքներում կատարված հաշվարկների հետ։

Ուսումնասիթությունները կատարված են ուժեղացուցիչի ալխատանցի երկու «Ե -իժի համար, վազող ալիբ և ռեղեներատիվ ռեժիմ։

## ЛИТЕРАТУРА-9 СЦЧЦІЛЬ В О РУ

М. Л. Тер-Микаелян. А. Л. Микаэлян, ДАН СССР. т. 155, № 6 (1964) М. Л. Тер-Микаелян. ДАН АрмССР, ХХХVIII, № 2 (1964). <sup>3</sup> А. Л. Миказин М. Л. Тер-Микаелян, Ю. Г. Турков, Вопросы радиоэлектроники, серия общетехническая, № 10, стр. 32, 1964. <sup>4</sup> П. С. Погосян, Л. О. Григорян, "Известия АН Арм ССР, т. 18, № 3 (1965). <sup>5</sup> Н. Г. Басов, А. З. Грасюк, И. Г. Зубарев. ДАН СССР, т. 157, № 5 (1964). <sup>6</sup> И. Е. Гейсик, Н. Е. Сковил, Bell System Techn Journ 41. 1371. "An Undirectional Traveling-Wave Optical Maser".

