

Р. Б. Костанян и П. С. Погосян

Экспериментальное исследование прохождения световых импульсов через резонансную среду

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляном 25/IV 1966)

В работе экспериментально исследуются энергетические характеристики световых импульсов, проходящих через резонансную среду (усилитель бегущей волны). Приводится зависимость коэффициента усиления (ослабления) от энергии входного импульса, приходящей на единицу поверхности, заселенностей рабочих уровней среды, а также от длины образца. Полученные результаты сравниваются с теоретическими расчетами, проделанными в (1,2).

Если длительность импульсов настолько мала, что изменение заселенностей рабочих уровней происходит только за счет вынужденных переходов под действием проходящего излучения, то полное число фотонов, проходящих через единицу поверхности за время импульса определяется из следующего уравнения:

$$\frac{dU}{dx} = \frac{\Delta_0}{2} (1 - e^{-2\sigma U}) - \beta U, \quad (1)$$

где U — число фотонов, проходящих через 1 см^2 в сечении x , за время импульса.

Δ_0 — начальная перенаселенность,

σ — эффективное поперечное сечение столкновений фотона с электроном для перевода с нижнего уровня на верхний или обратно.

β — коэффициент нерезонансных потерь среды.

Мы ограничимся случаем, когда $2\sigma U > 1$. Для случая $2\sigma U < 1$ энергетические характеристики усилителя экспериментально исследовались в работах (3-5).

При условии $2\sigma U > 1$, решение уравнения (1) примет следующий простой вид:

$$U_1 = U_0 e^{-\beta l} + \frac{\Delta_0}{2\beta} (1 - e^{-\beta l}), \quad (2)$$

где U_0 и U_1 значения U на входе и выходе усилителя соответственно.

Были использованы рубиновые кристаллы с плоско-параллельными торцами. При сравнении результатов измерений с расчетами вводилась поправка, учитывающая отражение ($r = 0,08$) от торцов рубина.

Источником световых импульсов являлся оптический квантовый генератор на рубине. Длительность импульсов составляла $2 \cdot 10^{-4}$ сек., что более чем на порядок короче времени люминесценции линий R рубина.

Образцы помещались в фокусе длиннофокусной линзы, которая не сильно нарушая направленность излучения, заметно увеличивала энергию входного импульса, приходящегося на единицу поверхности.

В эксперименте измерялась полная энергия в импульсе. Для возможности сравнения полученных данных с расчетными, предварительно были определены значения следующих величин, входящих в формулу (2):

1. Коэффициент нерезонансных потерь β .

Для его определения строился график зависимости выходной энергии усилителя от энергии на его входе. Наклон полученной прямой определял величину β (формула (2)), которая в наших измерениях оказалась равной примерно $0,055 \text{ см}^{-1}$.

β определялся также при сравнительно малых входных энергиях, т. е. при $2\sigma U < 1$, методом, изложенным в (4). Из этих измерений для тех же образцов β была получена равной $0,03 \text{ см}^{-1}$.

Такое расхождение в значениях β можно объяснить, если принять возможность существования переходов с уровня $2E$ соответствующие линии R_1 , неоднородный нагрев кристалла и т. д.

2. Коэффициент резонансного усиления (поглощения) $\sigma\Delta_0$, в см^{-1} .

Он определялся измерением коэффициента усиления (поглощения) среды при $2\sigma U \ll 1$.

Действительно в этом случае из уравнения (1) получается:

$$\sigma\Delta_0 - \beta = \frac{1}{l} \ln \frac{U_c}{U_0}. \quad (3)$$

Зная β можно определить $\sigma\Delta_0$.

3. Величину σU .

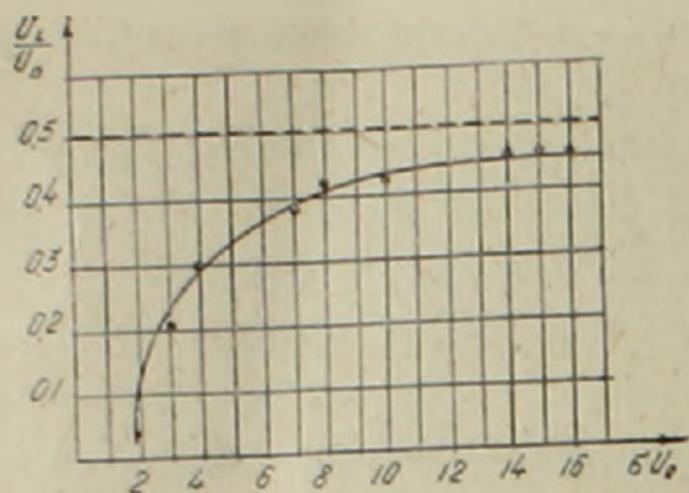
Ее можно определить, измеряя абсолютное значение энергии импульсов и концентрацию хрома в рубине (пункт 1.2). При этом, однако, точность такого определения ограничивалась бы точностью измерения абсолютных значений энергии импульсов и концентрации хрома в рубине.

Во избежание этого величину σU определяли следующим методом: из графика зависимости U_c от U_0 (в произвольных единицах) определяли величину отрезка y , отсеченного на оси ординат, который принимался равным (см. формулу (2)).

$$y = \frac{\sigma\Delta_0}{2\beta} (1 - e^{-2\sigma U}). \quad (4)$$

Все величины, входящие в (4) определяются (пункт 1,2).

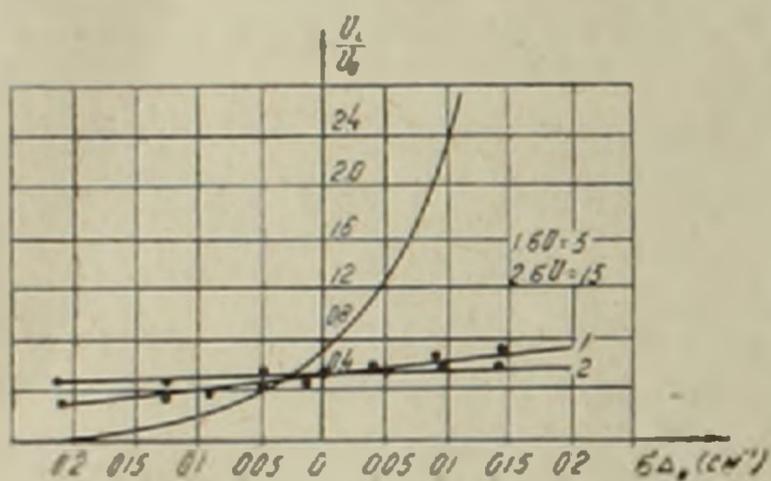
На фиг. 1 приведена зависимость коэффициента ослабления $\frac{U_e}{U_0}$, от величины εU_0 , при отсутствии накачки, для кристалла длиной $l = 120$ м.м. Сплошная линия рассчитана по формуле (2), а точки соответствуют экспериментально полученным значениям. Пунктирная линия соответствует коэффициенту ослабления при $U_0 \rightarrow \infty$.



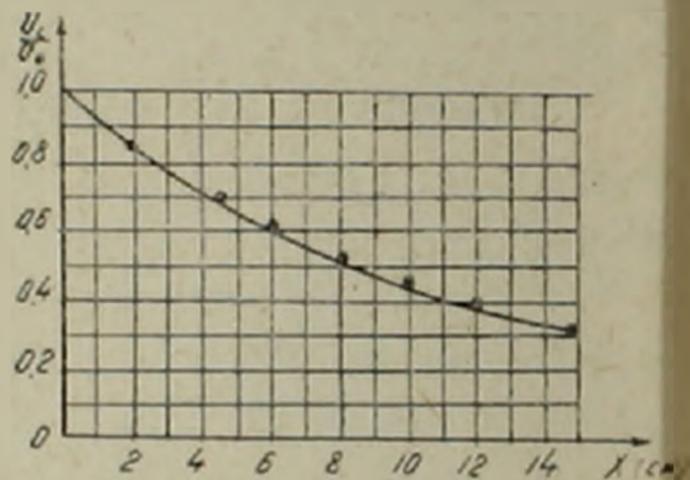
Фиг. 1.

На фиг. 2 приведена зависимость коэффициента усиления (ослабления) $\frac{U_e}{U_0}$ от начальной перенаселенности ($\varepsilon \Delta_0$), для двух значений числа фотонов, проходящих через единицу поверхности за время импульсов, на входе усилителя: $\varepsilon U = 5$ (линия 1) и $\varepsilon U = 15$ (линия 2). На этой же фигуре для наглядности приведен график зависимости коэффициента усиления от перенаселенности, при малых значениях εU , т. е. в случае, когда $2\varepsilon U \ll 1$.

фиг зависимости коэффициента усиления от перенаселенности, при малых значениях εU , т. е. в случае, когда $2\varepsilon U \ll 1$.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

На фиг. 3 приведена зависимость коэффициента ослабления от длины образца при отсутствии накачки и при $\varepsilon U = 10$. Линия на графике — расчетная.

Для получения этой зависимости из серии рубинов выбирались идентичные рубины, путем оценки параметра β для каждого рубина как при $2\varepsilon U < 1$, так и при $2\varepsilon U > 1$, а также сравнением интерференционных картин.

Как видно из приведенных графиков, результаты измерений хорошо согласуются с расчетами проделанными на основе уравнений баланса.

Авторы признательны чл.-корр. АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляну за интерес к работе и ценные обсуждения.

Объединенная радиационная лаборатория
Ереванского государственного университета
и Академии наук Армянской ССР

Ռեզոնանսային միջավայրով լույսային իմպուլսների
անցման էֆսպեքիմենտայ ուսումնասիրությունը

Աշխատանքում ուսումնասիրված է ռեզոնանսային միջավայրով անցած լույսային իմպուլսների
էներգետիկ բնութագրերը:

Բերված է ուժեղացման գործակցի կախումը միջավայրի մուտքում միավոր մակերեսին ընկ-
նող էներգիայից, գործող մակարդակների բնակեցվածությունից, ինչպես նաև նմուշի երկարու-
թյունից:

Ստացված արդյունքները համեմատված են (1,2) աշխատանքներում կատարված տեսա-
կան հաշվարկների հետ:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

- ¹ М. Л. Тер-Микаелян, А. Л. Микаелян, ДАН СССР, № 6, т. 155, 1298, 1964.
- ² А. Л. Микаелян, М. Л. Тер-Микаелян, Радиотехника и электроника, № 10, 1964.
- ³ И. Е. Гейсик, Г. Е. Сковил, Bell. System. Techn. Journ, 41, 1371 (July, 1962).
- ⁴ П. С. Погосян, Л. О. Григорян, „Известия АН АрмССР“, (серия физ.-мат. наук), № 3, т. XVIII, 1965. ⁵ А. Л. Микаелян, Ю. Г. Турков, П. С. Погосян, ДАН АрмССР, т. XLIII, № 3 (1966).