

ИЗМЕРЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДИСПЕРСИИ ГРУППОВЫХ СКОРОСТЕЙ СВЕТА
МЕТОДОМ ВКР В ПОЛЕ ШИРОКОПОЛОСНОЙ НАКАЧКИ

А. Э. Граскж, И. Г. Зубарев, С. И. Михайлов

УДК 621.378.325

На основе ВКР в поле широкополосной накачки разработана методика измерения относительной разности (дисперсии) групповых скоростей накачки v_p и первой стоксовой компоненты v_s , а также коэффициента усиления g (см/Мвт).

Пороговая интенсивность накачки I_{th} с конечной шириной спектральной линии $\Delta\nu_p$ (под пороговой понимается интенсивность, при которой инкремент нарастания стоксовой волны g равен 25) описывается выражением /1,2/

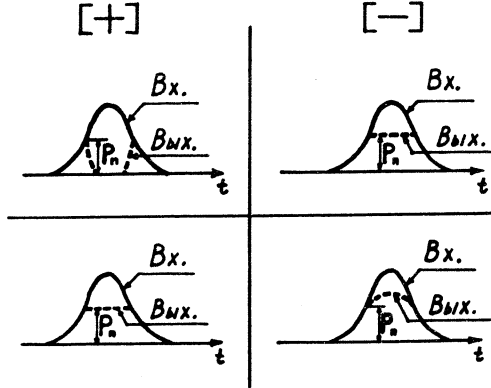
$$I_{th}/I_0 = \Delta\nu_p^2 (g/|\nu'| + \Delta\nu_s^2), \quad (I)$$

где $|\nu'| = \left| \frac{\bar{v}_s - \bar{v}_p}{v_s} \right|$ — относительная разность групповых скоростей распространения волн стоксовой компоненты и накачки; $\Delta\nu_s$ — ширина линии спонтанного рассеяния; $I_0 = G/g_1$ — пороговая интенсивность монохроматической ($\Delta\nu_p \ll \Delta\nu_s$) накачки; g — коэффициент усиления стоксовой волны при монохроматической накачке, см/Мвт; l — длина активной области. Как видно из (I), для измерения $|\nu'|$ и g необходимо измерить соответствующие пороговые интенсивности I_{th} . Но в экспериментах, как правило, регистрируются интегральные характеристики световых пучков: энергия E и мощность P . Поэтому необходимо найти связь пороговой интенсивности I_{th} с измеряемыми величинами P_{th} .

Выражения для интенсивностей стоксовых волн /3/ при превышении порога ВКР, когда инкремент $G > 25$, значительно упрощаются и для попутного (стокс и накачка распространяются в одном направлении (+)) и встречного (эти волны распространяются навстречу друг другу (-)) рассеяний принимают вид:

$$I_s^{(+)}(l, t) = I_p(0, t); I_s^{(-)}(0, t) = I_p(0, t) - G/g_1, \quad (2)$$

где уравнения написаны для чисел фотонов. Напомним, что равенства (2) справедливы только для тех моментов времени, когда накачка $I_p \geq I_{th}$. Проинтегрировав эти выражения с учетом пространст-



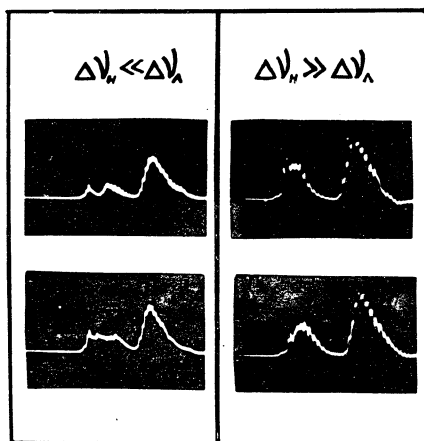
Р и с. I. Качественное изменение формы импульса монохроматического возбуждающего излучения на выходе кюветы с активным веществом (вых) для попутного (+) и встречного (-) типов рассеяния при различных пространственных распределениях пучков накачки; верхние рисунки соответствуют однородному распределению, нижние - гауссовскому

венного распределения световых пучков и вычтя полученные выражения из входного импульса накачки P_{in} , мы получим форму импульса мощности возбуждающего излучения на выходе из кюветы с активным веществом $P_{out} = P_{in} - P_s^{(\pm)}$ (отметим, что пока $I_p \leq I_{th}$, выходной импульс полностью повторяет входной). В качестве примера на рис. I показаны результаты расчета формы импульса накачки на выходе кюветы для двух типов пространственных распределений пучков: однородного

$$I_p(r, t) = \begin{cases} I(t) & \text{при } r \leq r_0 \\ 0 & \text{при } r > r_0 \end{cases}$$

и гауссова $I_p(r, t) = I(t) \exp \left[- (r/r_0)^2 \right]$. Там же указан уровень *

пороговой мощности, для этих распределений равный $P_{th} = \pi r_0^2 I_{th}$.
Здесь следует указать, что при широкополосном возбуждении аналогичные изменения должен претерпевать спектр выходного импульса накачки /4/.

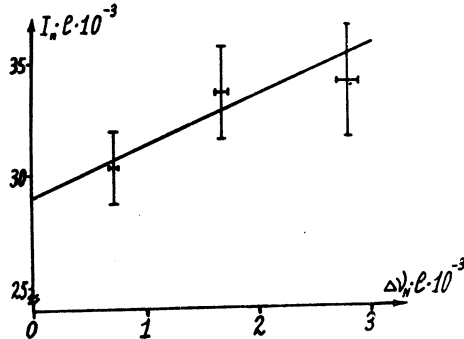


Р и с.2. Осциллограммы импульсов возбуждающего излучения на выходе (первый импульс) и входе (второй импульс) в кивету с активным веществом для различных спектральных ширин распределений пучков: верхние осциллограммы соответствует приблизительно однородному пространственному распределению; нижние - приблизительно гауссовскому

В экспериментах излучение неодимового лазера с модуляцией добротности ячейкой Керра, работающего в режиме захвата излучением узкополосного лазера /5/, фокусировалось в кивету с жидким азотом. Фокусировка осуществлялась либо обращенным телескопом с диафрагмой, чтобы реализовать приблизительно однородное распределение интенсивности накачки, либо линзами с разными фокусными расстояниями. Импульсы возбуждающего излучения на входе и выходе киветы регистрировались на одной развертке осциллографа И2-7; были получены осциллограммы как с узкой ($\Delta\nu_p \ll \Delta\nu_s$), так и с широкой ($\Delta\nu_p \gg \Delta\nu_s$) линией возбуждающего излучения. Экспериментальные осциллограммы указанных импульсов показаны на рис.2. Видно, что они, во-первых, подтверждают представления о влиянии

пространственного распределения пучков на форму выходного импульса, и, во-вторых, указывают условия, при которых реализуется плоская вершина импульса.

Измерения $|\nu'|$ проводились для двух сред, жидкого азота и SF_6 при давлении 30 атм (в сжиженном состоянии), и состояли в



Р и с.3. Экспериментальная зависимость $I_{th1} = f(\Delta\nu_p1)$

определении пороговых интенсивностей накачек и последующих расчетов на основе формулы (I).

В жидком азоте при обычных условиях для любых ширин линий накачек наиминимум порогом из линейных явлений обладает ВКР. Поэтому для измерения $|\nu'|$ по осциллограммам выходных импульсов мы определили отношение пороговых мощностей для широкой и узкой линий возбуждающего излучения при неизменной геометрии фокусирующей системы и световых пучков; длина кюветы $l = 50$ см. Отсюда по формуле (I) прямо вычислили величину $|\nu'|$, которая с учетом ошибок измерений оказалась равной $|\nu'| = (4 \pm 1) \cdot 10^{-3}$. Знание геометрии пучка позволяет определить величину пороговой интенсивности монохроматического возбуждения I_0 и из соотношения $I_0 = G/gl$ ($G = 25$) вычислить коэффициент $g = 1 \cdot 10^{-2}$ см/Мвт при $\lambda_p = I_0,06$ мк.

Для SF_6 воспользоваться относительным измерением пороговых интенсивностей (I_{th}/I_0) невозможно, поскольку при узкополосном ($\Delta\nu_p \leq 10^{-2}$ см $^{-1}$) возбуждении одновременно наблюдаются два вида вынужденного рассеяния: ВКР и БРМБ. Поэтому для измерения $|\nu'|$ в этом случае мы воспользовались другой методикой, а именно, опре-

деляли пороговые интенсивности при неизменной спектральной ширине линии накачки ($\Delta\nu_p \gg \Delta\nu_s$) для квант с различной длиной $l = 30, 70, 100$ см. При такой величине $\Delta\nu_p$ и в SF_6 ($p = 30$ атм) наблюдается только ВКР, а ВРМБ отсутствует.

Экспериментальная зависимость $I_{\text{th}}^{-1} = f(\Delta\nu_p, l)$ для SF_6 при давлении 30 атм и трех длинах квант $l = 30, 70$ и 100 см представлена на рис.3. Через эти экспериментальные точки по методу наименьших квадратов с учетом формулы (1) (в которой пренебрегли членом $\Delta\nu_s, l$) была проведена прямая; из коэффициентов прямой с учетом ошибок измерений получились следующие значения для $|\nu'|$ и g : $g = (9 \pm 4) \cdot 10^{-4}$ см/Мвт; $|\nu'| = (5 \pm 3) \cdot 10^{-4}$. Окончательные результаты работы представлены в таблице.

Таблица I

Вещество	p, атм	T, °K	λ_p , мкм	λ_s , мкм	g , см/Мвт	$ \nu' $
N_2	1	77	1,06	1,41	$1 \cdot 10^{-2}$	$(4 \pm 1) \cdot 10^{-3}$
SF_6	30	300	1,06	1,15	$(9 \pm 4) \cdot 10^{-4}$	$(5 \pm 3) \cdot 10^{-4}$

Поступила в редакцию
II сентября 1975 г.

Л и т е р а т у р а

1. Ю. Е. Дьяков. Краткие сообщения по Физике ФИАН, № 4, 23 (1973).
2. И. Г. Зубарев, С. И. Михайлов, КЭ, I, № 5, 1239 (1974).
3. А. З. Граски, И. Г. Зубарев, В. И. Мишин, В. Г. Смирнов. Сб. Квантовая электроника, под ред. Н. Г. Басова, № 5 (17), стр. 27 (1973).
4. Г. А. Пасманик, М. С. Сандлер. Известия ВУЗов, серия "Радиофизика", 17, № 10, 1486 (1974).
5. И. Г. Зубарев, С. И. Михайлов. КЭ, I, № 3, 625 (1974).