

ВЛИЯНИЕ НЕМОНОХРОМАТИЧНОСТИ НАКАЧКИ НА УСИЛЕНИЕ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО СТОКСОВА ИЗЛУЧЕНИЯ

И.Г.Зубарев, А.Б.Миронов, С.И.Михайлов

Проведены прямые эксперименты по измерению коэффициента усиления на ВКР при различных статистических свойствах усиливаемого сигнала и возбуждающего излучения. Доказано наличие "критической интенсивности" и ее зависимости от ширины линии накачки. Обнаружено уширение спектра монохроматического стоксова сигнала в процессе усиления.

1. Комбинационное рассеяние в поле немонахроматической накачки обладает многими интересными чертами. Его поведение зависит от соотношения таких параметров как ширины линий СКР и накачки, длина активной области и длина когерентного взаимодействия, интенсивности. При этом проявления всех этих особенностей различны для разных

режимов ВКР: генерация, усиление внешнего сигнала, рассеяние на проход и т. д. Однако, экспериментально многие из этих режимов исследованы слабо. Так же и при теоретическом анализе инкрементов усиления стоксовой волны в поле широкополосной накачки обычно предполагается, что усиливается монохроматический стоксов сигнал [1]. Однако в проведенных до сих пор экспериментах [2, 3] заключение о величине указанных инкрементов делалось из косвенных измерений характеристик ВКР, которое зарождалось из спонтанных шумов внутри активного вещества. В известном прямом эксперименте [4] накачка комбинационного генератора (для получения внешнего сигнала) и усилителя осуществлялась одним и тем же широкополосным лазером. Поэтому статистические свойства накачки и стоксова сигнала совпадали.

2. В данной работе сообщаются результаты прямых экспериментов по усилению узкополосного стоксова сигнала в поле широкополосной накачки. Блок-схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Источниками накачки служили два синхронизованных лазера ОКГ-I и ОКГ-II на неодимовом стекле с модуляцией добротности ячейкой Керра, каждый, из которых мог захватываться излучением узкополосного управляющего генератора, работающего в режиме свободной генерации [5]. В режиме без захвата лазеры генерировали импульсы с шириной спектра $\Delta\nu_H = 16 \text{ см}^{-1}$, а в режиме с захватом — $\Delta\nu_H < 0,1 \text{ см}^{-1}$. Кроме того, спектр лазера в режиме без захвата мог сужаться до $\Delta\nu_H = 8 \text{ см}^{-1}$ путем введения в его резонатор фильтра Лию. В качестве активного вещества был выбран сжиженный при $p = 30 \text{ атм}$ SF_6 с величиной колебательного сдвига $\Omega = 775 \text{ см}^{-1}$ и шириной линии СКР $\Delta\nu_L = 1 \text{ см}^{-1}$, измеренной лазерным раман-спектрометром LR-600.

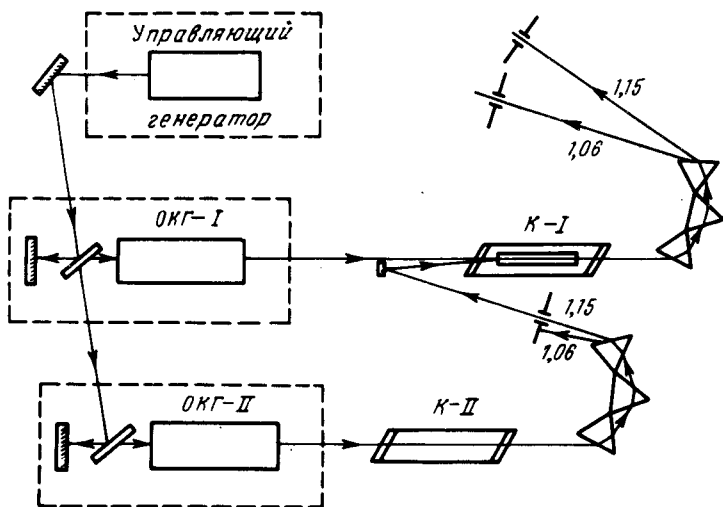


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Излучение ОКГ-I с шириной спектра $\Delta\nu_H \gg \Delta\nu_L$ служило накачкой в усилительной кювете К-I. Излучение ОКГ-II, работающего в режиме с захватом, использовалось в качестве накачки для получения узкопо-

лосного стоксова сигнала ($\Delta\nu_C \approx \Delta\nu_H < 0,1 \text{ см}^{-1}$). Данное стоксово излучение заводилось в усилительную кювету К-1 под углом $\theta = 5 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$ к направлению излучения накачки. Для увеличения длины взаимодействия указанных пучков в кювету был вставлен металлический светопровод квадратного сечения $4 \times 4 \text{ мм}^2$, длиной 90 см (см. рис. 1). В процессе экспериментов измерялись энергии входного $E_{\text{ВХ}}^{(C)}$ и выходного $E_{\text{ВЫХ}}^{(C)}$ стоксовых сигналов, а также импульсов накачки. На многолучевом осциллографе 6ЛОР-02 регистрировались формы соответствующих импульсов и контролировалась синхронность прихода импульсов накачки и стоксова сигнала в усилительную кювету. Спектры накачки ($\lambda_H = 1,06 \text{ мкм}$) и стоксова излучения ($\lambda_C = 1,15 \text{ мкм}$) регистрировались на спектрографе СТЭ-1 на частоте второй гармоники.

3. Первоначально был измерен коэффициент усиления при монохроматической накачке. Для этого оба лазера работали в режиме захвата излучением управляющего генератора. Величина монохроматического коэффициента усиления оказалась равной $g_0 = (5 \pm 1) \cdot 10^{-4} \text{ см/Вт}$.

Начальные участки полученных экспериментально зависимостей коэффициента усиления комбинационного усилителя $K_{\text{УС}} = E_{\text{ВЫХ}}^{(C)} / E_{\text{ВХ}}^{(C)}$ от интенсивности некогерентной накачки представлены на рис. 2. Как указывалось выше, измерения проводились для $\Delta\nu_H = 16 \text{ см}^{-1}$ и 8 см^{-1} при $\Delta\nu_C < 0,1 \text{ см}^{-1}$.

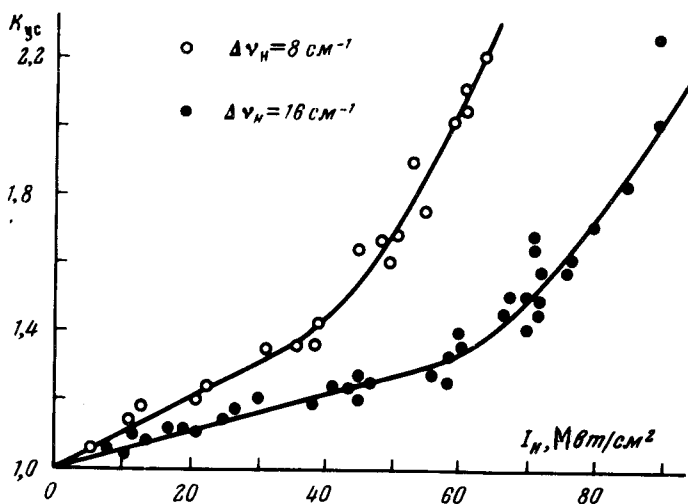


Рис. 2. Зависимость коэффициента усиления монохроматического стоксова сигнала от интенсивности широкополосной накачки

Анализ кривых усиления, проведенный с учетом временной формы импульсов накачки и стоксова сигнала, показывает, что на начальном участке отношение инкрементов Γ/Γ_0 с точностью до коэффициента 1,5 – 2 равно отношению ширины линий $\Delta\nu_L/\Delta\nu_H$. Здесь $\Gamma_0 = g_0 \bar{T}_H (\text{см}^{-1})$ – инкремент при эквивалентной монохроматической накачке, Γ – инкремент при некогерентной накачке. Причем отношение Γ/Γ_0 приб-

лизительно постоянно до некоторого критического значения интенсивности возбуждающего излучения и начинает возрастать при дальнейшем росте накачки. На рис. 2 критической интенсивности соответствует излом на кривых усиления, причем значение критической интенсивности пропорционально ширине линии накачки. При $I_H \gg I_{кр}$ величина инкремента Γ приближается к Γ_0 .

Важной особенностью усиления при $I_H > I_{кр}$ является резкое уширение линии стокова сигнала на выходе из усилителя до величины $\Delta\nu_H$. На рис. 3 представлены спектрограммы выходного стокова сигнала для различных интенсивностей накачки.

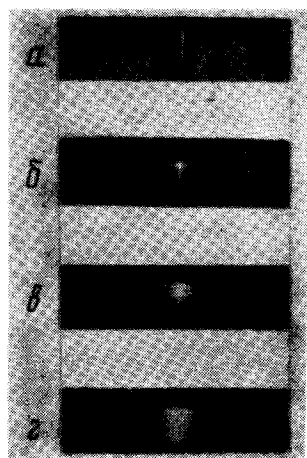


Рис. 3. Спектры усиленного стокова сигнала при различных интенсивностях накачки: а - $I_H < I_{кр}$; б - $I_H \approx 1,5 I_{кр}$; в - $I_H \approx 2 I_{кр}$; г - $I_H \approx 3 I_{кр}$

4. Таким образом, проведенные эксперименты прямо показали наличие критической интенсивности и ее зависимость от ширины линии накачки. Однако существенное уширение спектра усиленного стокова сигнала при $I_H > I_{кр}$, по-видимому, не позволит в реальных условиях эффективно преобразовать всю мощность широкополосного возбуждающего излучения в узкополосный усиленный сигнал.

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

Поступила в редакцию
12 мая 1976 г.

Литература

- [1] С.А.Ахманов. Известия высш. уч. зав. сер. Радиофизика, 17, '541, 1974.
- [2] И.Г.Зубарев, С.И.Михайлов. КЭ, 1, '1239, 1974.
- [3] С.А.Ахманов, Ю.Е.Дьяков, Л.И.Павлов. ЖЭТФ, 66, '520, 1974.
- [4] А.З.Грасюк, И.Г.Зубарев, Н.В.Суязов. Письма в ЖЭТФ, 16, '237, 1972.
- [5] И.Г.Зубарев, С.И.Михайлов. КЭ, 1, '625, 1974.