

торную диаграмму направленности. Точность полученного решения задачи синтеза в виде (12) полностью определяется погрешностью (11), которая уменьшается с увеличением  $ka$ .

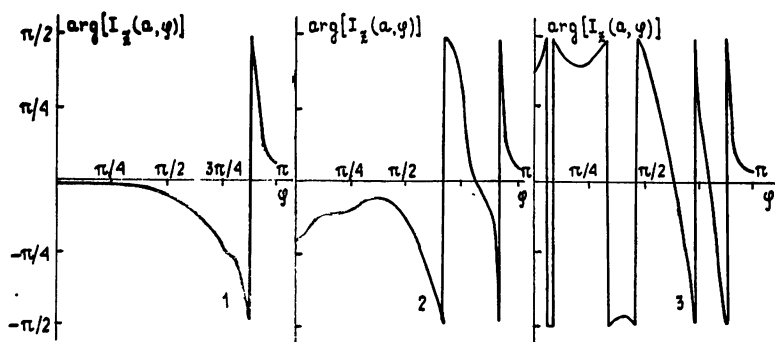


Рис. 3.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бахрах Л. Д., Кременецкий С. Д. Синтез излучающих систем. Теория и методы расчета.— М.: Сов. радио, 1974.
2. Зелкин Е. Г., Соколов В. Г. Методы синтеза антенн.— М.: Сов. радио, 1974.
3. Жуков В. Б. Расчет гидроакустических антенн по заданной диаграмме направленности.— Л.: Судостроение, 1977.
4. Вясильцов Е. А., Короченцев В. И.— Акуст. журн., 1977, 23, с. 4.
5. Марков Г. Т., Петров Б. М., Грудинская Г. П. Электродинамика и распространение радиоволн.— М.: Сов. радио, 1979.
6. Натансон И. П. Конструктивная теория функций — М.—Л.: Гостехиздат, 1949.
7. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач.— М.: Наука, 1979.

Дальневосточный политехнический институт

Поступила в редакцию  
14 октября 1982 г.

УДК 538.571.5

### ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ВРАЩАТЕЛЬНОГО ВКР В СРЕДАХ СО СЛАБОЙ ДИСПЕРСИЕЙ

В. С. Авербах, А. И. Макаров, А. К. Потемкин, В. И. Таланов

В настоящем сообщении мы обращаем внимание на то, что при попутном ВВКР эллиптически поляризованной накачки в средах со слабой дисперсией, т. е. в условиях сильного параметрического взаимодействия стоксовой и антистоксовой компонент рассеянного излучения (СК и АК) последние будут циркулярно поляризованы. Этот вывод может быть строго обоснован путем совместного решения уравнений для медленных амплитуд стоксовой ( $s$ ), антистоксовой ( $a$ ) и лазерной ( $L$ ) плоских волн, разложенных на циркулярно поляризованные составляющие, с учетом общих выражений для нелинейных поляризации на соответствующих частотах, возбуждаемых в поле взаимодействующих при ВВКР волн [1]. При этом предполагается, что волновая расстройка  $\Delta k$  параметрического процесса равна нулю, а также пренебрегается дисперсией тензора нелинейной поляризуемости и различием частот взаимодействующих волн. Тогда в заданном поле накачки существует только одна усиливающаяся вдоль направления распространения нормальная волна. Если принять, для определенности, что  $I^+ > I^-$ , где  $I^+$  и  $I^-$  — соответственно интенсивности право- и левополяризованных циркулярных составляющих накачки, то выражения для комплексных амплитуд стоксовой  $E_s$  и антистоксовой  $E_a$  компонент в этой волне имеют вид

$$E_s^+ = E_a^- = 0, \quad E_s^- = -l(z)E_L^+, \quad E_a^+ = l(z)E_L^-, \quad (1)$$

$$|l(z)|^2 = |l_0|^2 \exp [g (I_0^+ - I_0^-)(1 + |l_0|^2)z],$$

где  $g$  — инкремент ВВКР в поле циркулярно поляризованной накачки, а  $|I_0|^2$ ,  $I_0^+$ ,  $I_0^-$  — значения величин при  $z = 0$ . При ВВКР с уровня шумов к моменту обеднения накачки в рассеянном излучении будут присутствовать только компоненты усиливающейся нормальной волны. Далее, в процессе обеднения накачки соотношения между полями в нормальной волне (1) сохраняются, а зависимости амплитуд циркулярных составляющих накачки от  $z$  в выражении (1) приобретают вид

$$E_L^\pm(z) = E_L^\pm(0) \exp \left[ -\frac{1}{2} (1 \pm i\Omega T) \ln \left( \frac{1 + |I_0|^2}{1 + |I(z)|^2} \right) \right]. \quad (2)$$

Здесь  $\Omega$  — отстройка частоты от центра вращательного перехода,  $T$  — время поперечной релаксации. Из соотношения (2) видно, что если смещение частоты СК и АК не соответствует центру линии вращательного перехода ( $\Omega \neq 0$ ), то эллипс поляризации накачки будет испытывать некоторый поворот, зависящий от частотной отстройки и величины коэффициента преобразования.

Итак, генерируемые в процессе ВВКР, СК и АК будут взаимно ортогонально циркулярно поляризованы, причем более интенсивная циркулярная составляющая накачки полностью (при  $z \rightarrow \infty$ ) преобразуется в СК, имеющую ортогональную к ней поляризацию. В АК преобразуется слабая циркулярная составляющая накачки. Кроме того, можно показать, что в полях нормальной волны и накачки возбуждения на частоте второй стоксовой компоненты (ВСК) не происходит, т. е. параметрический процесс генерации ВСК запрещен. Отметим, что приведенные выше свойства ВВКР в средах без дисперсии должны также наблюдаться у любого вида ВКР, симметричная часть тензора поляризуемости которого отлична от нуля.

Экспериментально поляризационные свойства ВВКР исследовались в азоте при давлении 1,5 атм (соответствующая волновая расстройка  $\Delta k = 10^{-4} \text{ см}^{-1}$ ). Накачкой служил лазерный импульс длительностью 1 нс на длине волны 530 нм с шириной спектра, определяемой обратной длительностью. Пространственная структура излучения на выходе лазерной системы была близка к гауссовой с расходимостью, соответствующей дифракционному пределу. Перетяжка пучка длиной 130 см находилась в центре кюветы с газом. Поляризация пучка изменялась от линейной до циркулярной путем подходящего наклона кристалла КДР  $z$ -среза, установленного на выходе лазерной системы. После кюветы излучение пропускать через пластину  $\lambda/4$ , преобразующую левую и правую циркулярные компоненты во взаимно ортогональные линейные. Затем поляризации выделялись с помощью двух соответствующим образом ориентированных поляроидов, установленных перед щелью дифракционного спектрографа. Для определения интенсивностей СК и АК, а также степени эллиптичности СК проводилось фотографирование спектров через ступенчатые ослабители как при наличии поляризационной селекции, так и без нее. Кроме того, измерялась зависимость порога ВВКР ( $P$ ) от степени эллиптичности накачки  $\beta = I_0^- / I_0^+$ . Получено, что вплоть до  $\beta = 0,2$  эта зависимость хорошо совпадает с теоретической кривой  $P = P_0(1 + \beta) / (1 - \beta)$ , являющейся следствием выражения (1).

На рис. 1 приведены фотографии спектров выходного излучения. Размножение числа спектральных компонент в рассеянном излучении, а также появление спутников около лазерной частоты носит тот же характер, что и при циркулярно поляризованной накачке и связано с параметрическим взаимодействием соответствующих частот через нерезонансную часть тензора нелинейной восприимчивости среды [2].

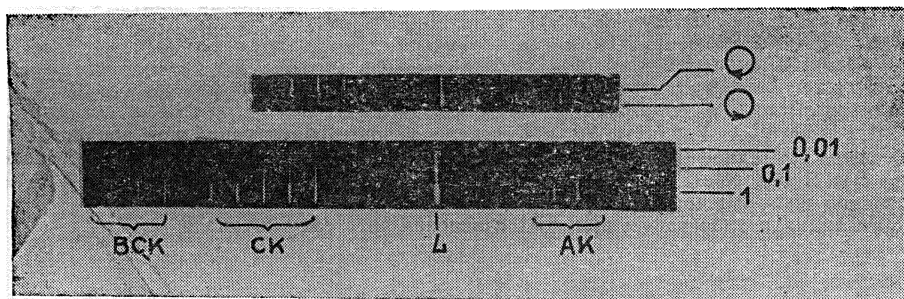


Рис. 1. Спектры вращательного ВКР. Перед щелью спектрографа установлены: а) два взаимно ортогонально ориентированных поляроида ( $\beta = 0,2$ ); б) ступенчатый ослабитель ( $\beta = 0,1$ ).

Спектрально-поляризационные распределения интенсивности выходного излучения (рис. 1а) в основном подтвердили выводы теории о поляризации и соотношении интенсивностей СК и АК (1), хотя в стоксовом излучении наряду с описанной циркулярной составляющей была обнаружена в  $2 \cdot 10^3$  раз меньшая ортогональная ей

компонента. Более сильные отличия данных эксперимента от теории наблюдались в области спектра ВСК. Если параметрический процесс генерации ВСК, в соответствии с теорией, запрещен, то ее наблюдение должно быть связано только с каскадным процессом с уровня шумов, требующим превышения мощности накачки над пороговой мощностью возбуждения ВВКР более чем в два раза. Однако порог возбуждения интенсивных ВСК, наблюдавшихся экспериментально (рис. 16), не соответствует этому утверждению. Так при  $\beta = 0,05$  ВСК наблюдались при двукратном превышении порога ВВКР, в то время как при  $\beta = 0,3$  они генерировались практически одновременно с СК.

Наблюдавшаяся в эксперименте слабая деполяризация СК, а также появление ВСК может быть связана с такими неучтенными в теории факторами, как поворот эллипса поляризации накачки, связанный с нелинейностью показателя преломления среды, либо со сбоем фаз взаимодействующих волн, который в условиях данного эксперимента обусловлен дифракцией пространственно-ограниченных пучков (эффективная волновая расстройка  $\Delta k = 2/z_1 = 3 \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-1}$ ,  $z_1$  — дифракционная длина перетяжки пучка). Оценка величины деполяризации СК, определяемой сбоем фаз по формуле, полученной в приближении заданного поля,

$$\frac{|E_s^+|^2}{|E_s^-|^2} = \frac{4}{9} \left( \frac{\beta}{1-\beta} \right)^2 \left( \frac{\Delta k}{G} \right)^2,$$

где  $G = g(I_0^+ - I_0^-)$ , дает величину  $\sim 3 \cdot 10^{-4}$  ( $\beta = 0,2$ ), совпадающую по порядку величины с результатами измерений. В свою очередь, появление в стоковом излучении слабой встречной циркулярной компоненты приводит к возбуждению поляризации на частоте ВСК, служащей источником затравочного поля для дальнейшего каскадного преобразования СК в ВСК.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ильинский Ю. А., Хохлов Р. В. — ЖЭТФ, 1973, 64, с. 1216.
- 2 Авербах В. С., Макаров А. И., Таланов В. И. — Письма в ЖТФ, 1977, 3 с. 322.

Институт прикладной физики  
АН СССР

Поступила в редакцию  
18 февраля 1983 г.

---

В статье Т. А. Гайлит и др. «О спектре фазовых флуктуаций при зондировании ионосферы» («Радиофизика», № 7, 1983 г.) с. 800 следует читать как с. 796, далее по тексту. В некоторых экземплярах указанного выпуска, к сожалению, при переплете страниц 805—820 допущен брак.

Редакция и типография приносят извинения читателям журнала.