

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СУЖЕНИЕ ПУЧКА ВКР "НАЗАД" ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ СФОКУСИРОВАННЫМ ПИКОСЕКУНДНЫМ ИМПУЛЬСОМ СВЕТА

Г. Л. Бреховских, А. И. Соколовская, Н. Фу-Суан, Ж. Ривуар

Исследовано влияние на пространственные характеристики ВКР в ацетоне глубины фокусировки в рассеивающем объеме импульса одномодового лазера длительности 10^{-11} с. Обнаружено, что при определенных условиях расходимость ВКР "назад" становится близкой к лазерной.

В работе /1/ измерялась расходимость ВКР в ряде жидкостей при возбуждении несфокусированным пучком второй гармоники одномодового АИГ лазера с длительностью импульса $25 \cdot 10^{-12}$ с и расходимостью $5 \cdot 10^{-4}$ рад. ВКР "вперед" и "назад" выходило из кюветы широким пучком, в сечении которого были видны хаотически расположенные максимумы интенсивности, соответствующие выбросам усиленного шума КР. Расходимость ВКР при этом на два порядка превосходила расходимость возбуждающего излучения одномодового лазера. Влияние на вынужденное рассеяние фокусировки в активной среде ультракороткого лазерного импульса, протяженность которого в пространстве порядка или меньше толщины рассеивающего слоя, практически не изучалось.

В данной работе поставлена задача исследовать экспериментально влияние глубины фокусировки в активной среде возбуждающего импульса указанного выше источника на пространственные характеристики ВКР света. Схема эксперимента приведена на рис. 1. ВКР возбуждалось в слоях ацетона (2) толщиной 70 и 15 мм. Излучение лазера фокусировалось линзой (1) с фокусным расстоянием $f = 100$ мм. При работе с кюветой длиной 70 мм глубина фокусировки и возбуждающего излучения составляла 60 и 15 мм. При использовании кюветы длиной 15 мм излучение лазера фокусировалось в центр кюветы ($u = 7,5$ мм).

На фотопластинках 6, 8, 5 регистрировалось соответственно распределение интенсивности в поперечном сечении пучков лазерного излучения, ВКР "назад" после прохождения через линзу 1 и ВКР "вперед" после прохождения линзы 3 ($f = 100$ мм), софокусной с линзой 1. Фотопластинки 6, 8, 5 устанавливались на одинаковом расстоянии (70 см) от линз 1 и 3. Перед 8 и 5 помещались селективные светофильтры, пропускающие излучение только на длине волны ВКР (λ_{SRS}).

Для измерения энергии ультракоротких импульсов излучения лазера и ВКР использовалась методика, разработанная в лаборатории жидкостей Университета г. Анже, Франция /2/. Эта методика позволяет осуществить измерения световой энергии с помощью системы, состоящей из фотоэлектрического приемника (фотодиод SGD-100) и измерительного устройства (осциллограф Tektronix-7904), и имеющей постоянную времени больше длительности измеряемого светового импульса.

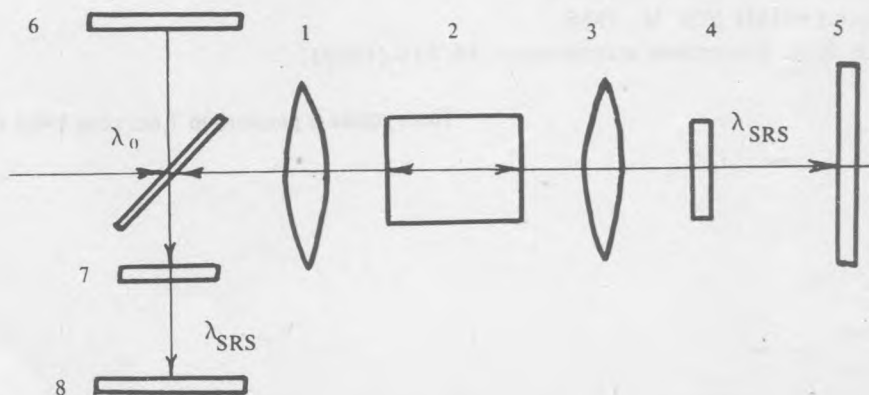


Рис. 1. Схема эксперимента.

Как показали эксперименты, попутное ВКР при всех используемых в данной работе значениях глубины фокусировки, толщины рассеивающего слоя и энергии накачки выходит из кюветы широким пучком с расходимостью, примерно на два порядка превышающей расходимость возбуждающего лазерного излучения. При наблюдении ВКР "назад" было обнаружено, что существуют вполне определенные геометрические и энергетические условия, в отличие от возбуждения несфокусированной накачкой [1], при которых возникает волна ВКР "назад" с расходимостью, близкой к расходимости возбуждающего лазерного излучения.

В качестве примера на рис. 2 приведено распределение интенсивности в поперечном сечении пучка ВКР "назад" после прохождения линзы 1 в слое ацетона толщиной 70 мм при глубине фокусировки 15 мм и энергиях накачки 0,4 мДж (а) и 0,14 мДж (б), а также распределение интенсивности в пучке лазерного излучения в соответствующей плоскости (в).

Формирование узконаправленной волны ВКР "назад" имеет место в определенном интервале энергий накачки E , который зависит от геометрии освещения активной среды (в частности, от глубины фокусировки лазерного пучка).

На рис. 3 представлены кривые энергетической зависимости логарифма энергии ВКР "назад" в относительных единицах от E при разных глубинах фокусировки возбуждающего пучка в активной среде. На этом рисунке штриховкой отмечены области, где формируется узкий пучок ВКР "назад". При глубокой фокусировке ($u = 60$ мм) формирование узконаправленной встречной волны осуществляется в широкой области практически при всех E вплоть до максимального значения $E = 0,8$ мДж, которое дает лазер (рис. 3а). Чем меньше глубина фокусировки u , тем раньше прекращается формирование узкого пучка ВКР "назад" и наблюдается увеличение расходимости рассеяния (рис. 3б). В этом случае ВКР "назад" выходит из кюветы широким пучком, в поперечном сечении которого наблюдаются хаотически расположенные максимумы интенсивности. В короткой кювете, где $u \approx 7$ мм, такой режим осуществляется вскоре после превышения порога ВКР (рис. 3в).

Анализ полученных экспериментальных результатов показал, что при различных глубинах фокусировки формирование узконаправленной встречной волны ВКР имело место лишь тогда, когда плотность мощности возбуждающего излучения на входе в среду была меньше 20 МВт/мм².

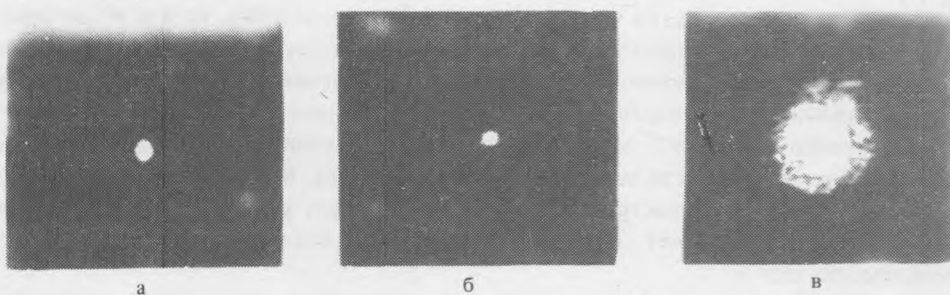


Рис. 2. Распределение интенсивности в поперечном сечении пучков ВКР "назад" (а, б) и лазерного излучения (в). Возбуждающий пучок с энергией 0,4 мДж (а) и 0,14 мДж (б) фокусировался в рассеивающий слой толщиной 70 мм на глубину 15 мм.

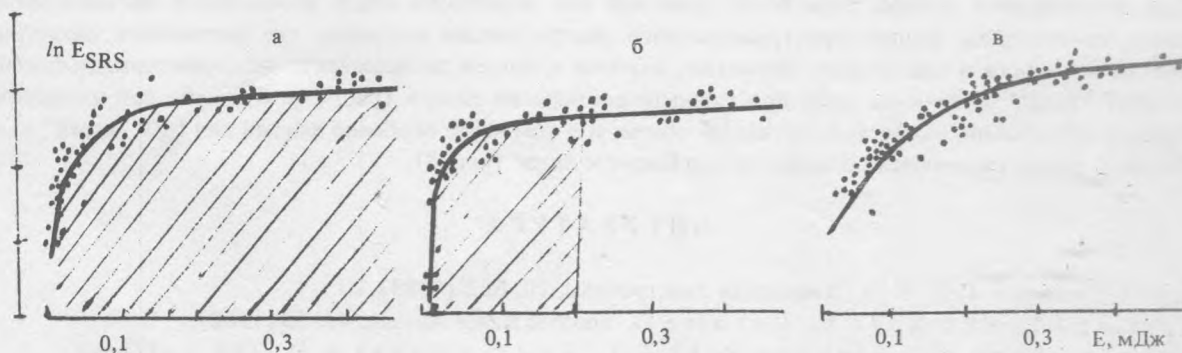


Рис. 3. Кривые зависимости энергии ВКР "назад" от энергии накачки при глубине фокусировки возбуждающего пучка в активную среду 60 мм (а), 15 мм (б), 7,5 мм (в).

Таблица 1

Угловая расходимость пучка ВКР "назад" (θ_b) при разных значениях плотности мощности накачки на входе в активную среду P_{in}

P_{in} , МВт/мм ²	6	11	30	100
θ_b , рад	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	10^{-3}	$5 \cdot 10^{-2}$

Из табл. 1 видно, что при $P_{in} = 30$ МВт/мм² и более происходит заметное увеличение расходимости ВКР "назад". При этом не имеет значения, каким способом увеличивалась плотность мощности излучения накачки на входе в кювету: за счет увеличения энергии лазера или путем уменьшения глубины фокусировки пучка возбуждающего излучения в рассеивающей среде.

Специфической особенностью возбуждения ВКР сфокусированным импульсом света является одновременное действие на распределение плотности мощности возбуждающего излучения в рассеивающем объеме следующих факторов: 1) фокусирующего действия линзы, 2) формы импульса накачки и его протяженности в пространстве, 3) порога ВКР и эффективности преобразования. Эти факторы играют решающую роль в средах с большой вероятностью ВКР. В зависимости от их сочетания могут возникать различные варианты развития ВКР "назад".

Обнаруженная зависимость формирования направленной волны ВКР "назад" от плотности мощности накачки на входе в кювету показывает, что в условиях нашего эксперимента доминирующую роль при встречном рассеянии играет слой среды, расположенный на входе в кювету. Заметное сужение пучка ВКР, имеющего первоначально шумовую структуру, может быть результатом преимущественного усиления определенной совокупности стоксовых волн с волновыми векторами, направленными навстречу накачке [3]. Вероятно, фокусировка сверхкороткого импульса лазера в нашем эксперименте создает благоприятные условия для такой селекции путем увеличения длины взаимодействия полей накачки и ВКР "назад". Рассмотрим распределение плотности мощности лазерного излучения, прошедшего через линзу, вдоль оптической оси системы в фиксированный момент времени, например, когда возбуждающий импульс (протяженностью несколько миллиметров) находится в пограничном слое рассеивающего объема, примыкающем к входному окну кюветы. Очевидно, что фокусирующее действие линзы приводит не только к возрастанию плотности мощности на любом участке пространственного распределения, но и к изменению его формы. Чем ближе к фокусу линзы располагается рассматриваемый участок пространственного распределения, тем выше степень концентрации мощности излучения по сравнению с несфокусированным импульсом накачки. Преимущественная концентрация мощности на переднем участке пространственного распределения импульса накачки приводит к эффективному усилению стоксова излучения от уровня спонтанных шумов в соответствующей области активного объема вещества. В результате здесь возникает интенсивный сигнал ВКР, который, распространяясь навстречу накачке, усиливается практически на всей длине возбуждающего импульса и может сформироваться в высоконаправленную волну с расходимостью, близкой к расходимости лазера.

Роль фокусировки должна быть более заметной при медленном спаде абсолютного значения интенсивности на переднем фронте пространственного распределения импульса, что достигается снижением плотности мощности в максимуме. Вероятно, поэтому в нашем эксперименте пространственное сужение пучка ВКР "назад" возникало либо при уменьшении энергии лазера (рис. 2 а, б), либо при увеличении глубины фокусировки, когда весь активный объем, и в том числе особенно важная для ВКР "назад" входная область среды, смещаются по направлению ближе к линзе (рис. 3).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бреховских Г. Л. и др. Квантовая электроника, **10**, 622 (1983).
2. Ferrier J. L., Phu Xuan N., Revoire G. Mesures Regue Autom., **45**, 53 (1980).
3. Sokolovskaya A. I., Brekhovskikh G. L., Kudryavtseva A. D. IEEE J. of Quant. Elektr., QE-23, 1332 (1987).

Поступила в редакцию 4 октября 1989 г.