

УДК 535.375.55

ЗАДЕРЖКА ИМПУЛЬСОВ ВКР СВЕТА ПРИ СФОКУСИРОВАННОЙ НАКАЧКЕ

Н. В. Чернега, А. Д. Кудрявцева, А. И. Соколовская

Экспериментально обнаружено, что временная задержка импульсов ВКР "назад" относительно накачки в бензоле и кальците зависит от геометрии освещения активной среды.

В работе [1] было показано, что при постоянной энергии возбуждающего излучения в бензоле, меняя глубину фокусировки лазерного излучения в активный объем, можно эффективно преобразовывать временное распределение интенсивности ВКР света "назад". Нами было получено преобразование одиночного лазерного импульса в слабomodulированный импульс ВКР, цуг коротких импульсов и в одиночный мощный короткий импульс.

В настоящей работе выполнены исследования влияния глубины фокусировки лазерного излучения в слой рассеивающей среды на задержку максимума интенсивности импульса первой стоксовой компоненты ВКР "назад" относительно максимума импульса накачки. Имеется довольно большое число публикаций, посвященных изучению условий компрессии импульсов ВКР "назад" главным образом в сжатом водороде [2] и в кальците при комнатной температуре, т.е. в условиях, когда наблюдения были ограничены возникновением пробоя и интенсивного ВРМБ [3]. Следует отметить, что публикации, связанные с изучением зависимости задержки импульсов ВКР от накачки очень ограничены, хотя представляют несомненный интерес как для изучения физики явления, так и для практических приложений.

В нашей работе рассеивающими средами служили бензол (толщина слоя 100 мм и 300 мм) и монокристалл кальцита ($16 \times 10 \times 10$ мм³), ориентированный вдоль оптической оси. Чтобы избежать влияния эффектов ВРМБ и оптического пробоя, исследования в кальците проводились при температуре жидкого азота по методу, описанному в предыдущей работе [4].

ВКР возбуждалось второй гармоникой АИГ-лазера ($\lambda = 0,53$ мкм) при длительности импульса 15 нс и максимальной энергии 0,1 Дж, а также гигантским импульсом рубинового лазера ($\lambda = 0,69$ мкм) при длительности импульса 25 нс и максимальной энергии 0,7 Дж. Излучение лазера фокусировалось в активную среду линзами с фокусными расстояниями $F = 90$ мм и 150 мм. Положение фокальной перетяжки в среде менялось путем смещения рассеивающего образца вдоль оптической оси при сохранении схемы эксперимента. Измерялись энергия и длительность возбуждающего лазерного импульса, энергия и длительность импульса первой стоксовой компоненты ВКР "назад" и временная задержка между этими импульсами. Оптические пути ВКР и накачки от кюветы до приемников были одинаковы.

Измерения энергии проводились с помощью фотодиодов ФД24К, соединенных с цифровыми вольтметрами В4-17. Приемная система была откалибрована с помощью измерителей энергии ИМО-2. Временное распределение в импульсах ВКР и накачки изучалось с помощью приемников ФЭК-17 КМ и скоростного осциллографа С7-19. Для того, чтобы одновременно регистрировать на экране осциллографа импульсы ВКР и накачки, импульс ВКР пропусклся через стандартную задержку 60 нс. Импульсы регистрировались на фотопленке РФ-3 с помощью фотоаппарата. Для выделения стоксовой компоненты ВКР использовались селективные светофильтры.

Было обнаружено сжатие импульса первой стоксовой компоненты ВКР "назад" в монокристалле кальцита в несколько раз при больших глубинах фокусировки, аналогично тому, как это ранее наблюдалось в бензоле [1].

Одновременно наблюдалось существенное изменение задержки максимума интенсивности импульса первой стоксовой компоненты ВКР "назад" относительно максимума импульса накачки при изменении глубины фокусировки излучения в рассеивающую среду. На рис. 1 приведена зависимость временного сдвига Δt между максимумами импульса возбуждающего излучения и импульса первой стоксовой компоненты ВКР "назад" в кальците от глубины фокусировки l . Из рисунка 1 видно, что во всем интервале глубин фокусировки $\Delta t < 0$, т.е. максимум импульса ВКР отстает от максимума импульса накачки. При уменьшении глубины фокусировки от 10 мм до 2 мм сдвиг максимума импульса ВКР в кальците относительно максимума импульса накачки изменялся от -1 нс до -15 нс (рис. 1). При малых глубинах фокусировки импульс ВКР был сильно изрезанным.

В бензоле наблюдалась аналогичная зависимость. В слое бензола толщиной 100 мм при фокусировке накачки линзой с $F = 150$ мм в область, расположенную за центром

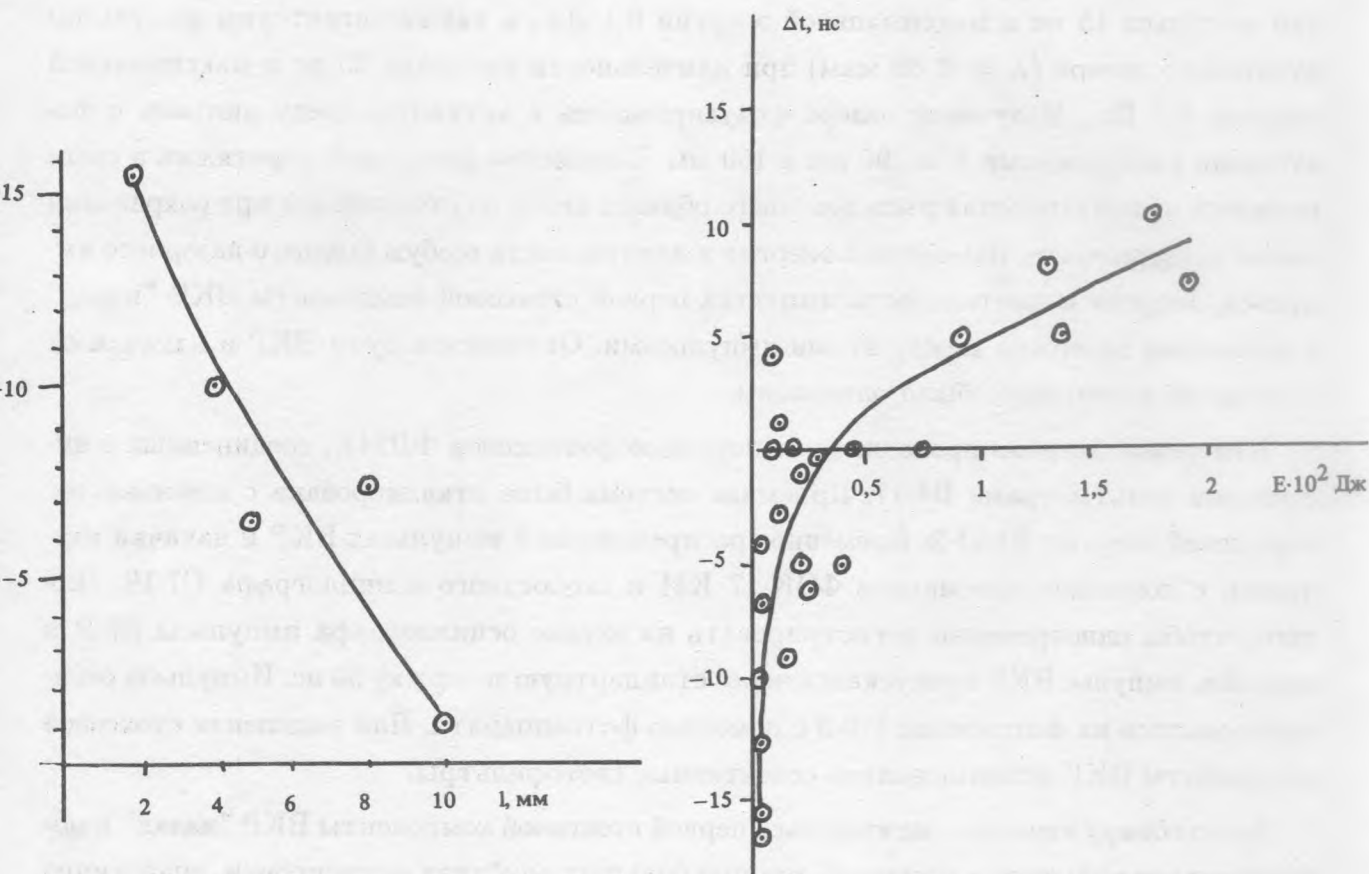


Рис. 1. Зависимость временного сдвига Δt между импульсом возбуждающего излучения и импульсом первой стоксовой компоненты ВКР "назад" в кальците от глубины фокусировки l возбуждающего излучения в вещество. $F = 90$ мм.

Рис. 2. Зависимость временного сдвига Δt между импульсом возбуждающего излучения и импульсом первой стоксовой компоненты ВКР "назад" в бензоле от энергии ВКР E . Длина кюветы $L = 300$ мм, фокусное расстояние линзы $F = 150$ мм, глубина фокусировки $l = 225$ мм.

кюветы ($l = 60-70$ мм), максимумы импульсов ВКР и накачки либо совпадали, либо максимум импульса ВКР был сдвинут на несколько наносекунд (до 10 нс) в сторону переднего фронта импульса накачки ($\Delta t > 0$). Следует отметить, что такой же знак задержки наблюдался в некоторых случаях и в работах других авторов, в частности, в работе [5] для импульсов второй и третьей стоксовых компонент ВКР в сероуглероде.

В нашей работе при более мелкой фокусировке, когда фокус линзы был расположен ближе центра кюветы ($l = 30-40$ мм), сдвиг становился отрицательным ($\Delta t < 0$, т.е. импульс ВКР был расположен на заднем фронте импульса накачки) и составлял 4-6 нс. При дальнейшем уменьшении глубины фокусировки импульс ВКР становился сильно изрезанным.

В бензоле было обнаружено, что временной сдвиг Δt зависит от энергии, преобразованной в ВКР "назад". В качестве примера на рис. 2 приведена зависимость Δt от энергии ВКР "назад" в кювете толщиной 300 мм при фокусировке лазерного излучения в кювету линзой с фокусным расстоянием 150 мм при глубине фокусировки 225 нм. Энергия накачки составляла $0,87 \pm 0,01$ Дж. Разброс энергий, преобразованных в ВКР, был велик (до 2 порядков). Одновременно с энергией ВКР менялся и временной сдвиг между максимумами импульсов накачки и первой стоксовой компоненты ВКР. При малых преобразованиях энергии накачки в ВКР сдвиг был отрицательным, т.е. импульс ВКР был расположен на заднем фронте импульса накачки, при больших преобразованиях импульс ВКР смещался в сторону переднего фронта и Δt становился положительным.

Результаты иллюстрируют возможность управлять временным сдвигом сигналов на стоксовой частоте ВКР. При физической интерпретации явления можно рассматривать кооперативные эффекты при ВКР света [6], однако этот вопрос требует специального обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Чернега Н. В., Кудрявцева А. Д., Соколовская А. И. Краткие сообщения по физике ФИАН, N 2, 17 (1990).
- [2] Качинский А. В., Котаев Г. Г., Пилипович И. В. Квантовая электроника, **19**, 550 (1992).
- [3] Иванов В. Б. и др. Квантовая электроника, **13**, 875 (1986).
- [4] Бреховских Г. Л., Соколовская А. И., Окладников Н. В. Краткие сообщения по физике ФИАН, N 1, 8 (1979).
- [5] Nordvik A., Collins R. J. IEEE Journ. of Quant. Electr., **QE-6**, 254 (1970).
- [6] Андреев А. В., Емельянов В. И., Ильинский Ю. А. Кооперативные явления в оптике, Наука, М., 1988.

Поступила в редакцию 10 декабря 1992 г.