

## САМОФОКУСИРОВКА В ПАРАХ КАЛИЯ ПРИ ДВУХФОТОННОМ РЕЗОНАНСНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ

С.А. Бахрамов, У.Г. Гулямов,  
К.Н. Драбович, Я.З. Файзуллаев

Впервые наблюдается самофокусировка лазерного излучения при двухфотонном резонансе с переходами  $4s-4d$  и  $4s-6s$  в парах калия. Измерены критические интенсивности самофокусировки. Полученные экспериментальные данные хорошо согласуются с теоретическими.

1. В работе впервые наблюдается самофокусировка лазерного излучения при двухфотонном поглощении в парах калия. Отличительной особенностью самофокусировки при двухфотонном резонансе (ДФР) является нелинейная зависимость показателя преломления от квадрата интенсивности падающего излучения. Показательным параметром в этом случае является не критическая мощность, а критическая интенсивность самофокусировки лазерного пучка. В работе измерены критические интенсивности самофокусировки при ДФР. Получено хорошее согласие теоретических и экспериментальных данных.

2. Самофокусировка при однофотонном резонансе была впервые наблюдена в [1], и детально изучена в последующих работах. На возможность самофокусировки при ДФР указывалось в [2] (см. также [3]), однако экспериментально этот эффект до сих пор не был наблюден. Изучение самовоздействия лазерного излучения при ДФР в настоящее время приобретает особый интерес в связи с широким использованием ДФР в нелинейной оптике как для преобразования частот (см., например, [4]), так и для спектроскопии сверхвысокого разрешения [5].

3. Для наблюдения самофокусировки в условиях ДФР нами был использован лазер на красителе, возбуждающийся моноимпульсным рубиновым лазером. Плавная перестройка частоты генерации с помощью диффракционной решетки в диапазоне  $7150-7400 \text{ \AA}$  позволяла последовательно проходить через ДФР с переходами  $4s-6s$  и  $4s-4d$  в парах калия. Длительность импульса генерации  $\tau_{\text{л}}$  лазера на красителе составляла  $\sim 35 \text{ нсек}$  при максимальной мощности  $\sim 800 \text{ квт}$ . Спектральная ширина линии генерации  $\gamma \approx 2 \text{ \AA}$ , расходимость пучка  $\approx 15'$ . Излучение лазера на красителе фокусировалось линзой с фокусным расстоянием  $40 \text{ см}$  на входное окно кюветы с парами калия ( $l=30 \text{ см}$ ) с тем, чтобы через кювету проходил заведомо расходящийся луч. Спектральный состав падающего и прошедшего излучения исследовался спектрографом ДФС-8 и монохроматором SPM-2 с инфракрасным приемником. Поперечное распределение интенсивности в падающем и прошедшем пучках регистрировалось с помощью фотоаппаратов, расположенных на расстоянии  $80 \text{ см}$  от фокусирующей линзы. Давление паров калия варьировалось от  $0,001$  до  $1,2 \text{ мм рт.ст.}$  Двухфотонное возбуждение паров калия сопровождалось люминесценцией в видимой области, что позволило исследовать пространственные характеристики луча фотографированием сбоку кюветы.

Получены следующие экспериментальные результаты. При совпадении удвоенной частоты генерации с частотами переходов  $4s-6s$  и  $4s-4d$  наблюдается резкое уменьшение расходимости прошедшего излучения, сопровождающееся увеличением интенсивности в центре пучка (рис. 1). На рис. 2 приведена фотография пучка сбоку кюветы, на которой зарегистрировано пространственное распределение люминесценции паров калия при двухфотонном возбуждении.

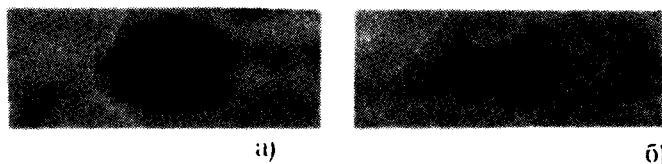


Рис. 1. Распределение интенсивности в падающем пучке (а) и в пучке, прошедшем через пары калия (б)

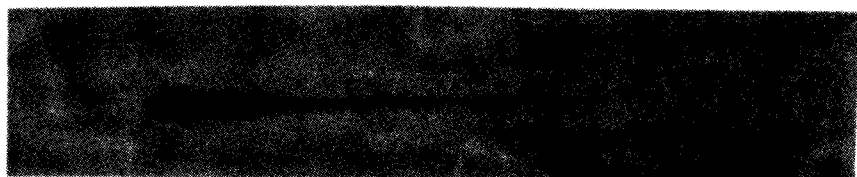


Рис. 2. Фотография пучка сбоку кюветы при наличии самофокусировки

При отстройке от ДФР с переходами  $4s-4d$  и  $4s-6s$  в высокочастотную или низкочастотную сторону на  $2 \div 3 \text{ \AA}$  эффект самофокусировки исчезал.

Были измерены пороговые интенсивности самофокусировки и исследована их зависимость от температуры паров калия (таблица). Исследование спектра падающего и прошедшего излучения показало, что заметного изменения спектральной ширины лазерного излучения даже в условиях самофокусировки не наблюдается.

4. Теоретические расчеты с использованием известных уравнений для ДФР [3] показывают, что на рассматриваемых переходах основной вклад в изменение показателя преломления под действием поля дает различие нерезонансных поляризуемостей  $\kappa_i$  уровней  $4s$  и  $6s$ ,  $4d$ . Следовательно, для оценок можно ограничиться расчетом разности населенностей основного и возбужденного состояний  $q$ , усредненной по случайным факторам поля. Учитывая, что в нашем случае  $\tau_u \ll T_1, T_2$  ( $T_1, T_2$  — времена продольной и поперечной релаксации) и что  $\gamma \gg 1/\tau_u$ , можно получить

$$\bar{q} = q_0 \exp \left[ - \frac{8r^2\gamma}{4\gamma^2 + \delta^2} \int_{-\infty}^t I^2(t') dt' \right] \text{ при } |\delta| < \gamma,$$

где  $q_0$  — начальная разность населенностей,  $r$  — составной матричный элемент двухфотонного перехода [3],  $\delta = \omega_{21} - 2\omega$  — расстройка частоты возбуждающего поля  $\omega$  от двухфотонного резонанса с соответствующим переходом,  $I$  — интенсивность возбуждающего поля.

Разлагая (1) в ряд и заменив интеграл приближенным значением  $I_0 \tau_u$  ( $I_0$  – пиковая интенсивность) после подстановки в выражение для показателя преломления при ДФР [3] получим:

$$n = n_0 + n_4 I_0^2, \quad n_4 = 8\pi N(\kappa_2 - \kappa_1) q_0 \frac{r^2 \gamma \tau_u}{4\gamma^2 + \delta^2}, \quad (2)$$

где  $N$  – плотность частиц. Для переходов  $4s-6s$  и  $4s-4d$  в парах калия  $\kappa_2 - \kappa_1 = 3,7 \cdot 10^{-22}$  и  $4,6 \cdot 10^{-22}$ ,  $r = 0,8 \cdot 10^{-5}$  и  $0,13 \cdot 10^{-5}$  (ед. CGSE) соответственно<sup>1)</sup>. Расчетные данные для практической интенсивности  $I_{кр}$  приведены в таблице

Переходы	T° С	$I_{кр}^{эксп}$ Мвт/см <sup>2</sup>	$I_{кр}^{теор}$ Мвт/см <sup>2</sup>
4s-6s	280	16,2	24
	320	9,2	14
4s-4d	280	90	55
	320	50	39

Различие экспериментальных и теоретических значений обусловлено как приближениями, использованными при расчете показателя преломления, так и аппроксимацией многолучевого пучка гауссовским.

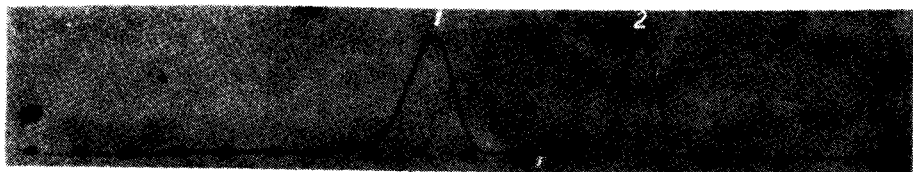


Рис.3. Оциллограммы возбуждающего (1) и фиолетового (2) ( $\lambda = 4047 \text{ \AA}$ ) импульсов при наличии самофокусировки.

Следует отметить, что определенный вклад в нелинейную зависимость показателя преломления от поля может давать однофотонный резонанс с переходом  $4s-4p$ . Сценки показывают, однако, что критическая интенсивность самофокусировки при взаимодействии излучения только с указанным переходом в области  $7400 \text{ \AA}$  в  $10^{-3}$  раз превосходит приведенные в таблице значения. Несущественность этого вклада подтверждается также тем, что при отстройке от двухфотонных резонансов в низкочастотную область и, следовательно, при приближении к резонансу с переходом  $4s-4p$  самофокусировка исчезает в полном соответствии с формулами (1), (2).

5. Как и в случае двухфотонного ступенчатого возбуждения атомов калия (см., например, [7]) в наших экспериментах наблюдалось направленные излучение в фиолетовой и инфракрасной областях, соответствующее переходам с уровней  $4d$  и  $6s$ . В условиях самофокусировки интенсивность фиолетового излучения существенно возрастала, что позволило определить его временной ход. На рис.3 приведены оциллограммы возбуждающего (1) и фиолетового (2) ( $\lambda = 4047 \text{ \AA}$ ) импульсов

<sup>1)</sup> Для расчета  $\kappa_2 - \kappa_1$  и  $\tau$  использованы величины дипольных моментов, приведенные в [6].

Видно, что фиолетовый импульс примерно в 1,7 раза короче возбуждающего.

Авторы глубоко признательны С.А.Ахманову и А.П.Сухорукову за полезные обсуждения.

Институт ядерной физики  
Академии наук Узбекской ССР

Поступила в редакцию  
6 января 1975 г.

### Литература

- [ 1 ] D. Grischkowsky. Phys. Rev. Lett., 24, 866, 1970.
  - [ 2 ] С.А.Ахманов, А.П.Сухоруков, Р.В.Хохлов. УФН, 93, 19, 1967.
  - [ 3 ] В.С.Бутылкин, А.Е.Каплан, Ю.Г.Хронополо. ЖЭТФ, 59, 921, 1970.
  - [ 4 ] R. T. Hodgston, P. P. Sorokin, J. J. Wynne. Phys. Rev. Lett., 32 343, 1974.
  - [ 5 ] N. Bloembergen, M. D. Levenson, M. M. Salour. Phys. Lett., 32, 867, 1974.
  - [ 6 ] R. V. Miles, S. E. Harris. IEEE, QE-9, 400, 1973.
  - [ 7 ] Ю.М. Кирич, С.Г.Раутиан, В.П.Сафонов, Б.М.Черноброд. ЖЭТФ, 62, 466, 1972.
-