

ИНДУЦИРОВАННАЯ РЕШЕТКА, ФОРМИРУЕМАЯ В РУБИНЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИЕЙ АТОМНЫХ СОСТОЯНИЙ

Е.И.Штырков, В.С.Лобков, Н.Г.Ярмухаметов

Экспериментально обнаружено предсказанное в работе [1] явление образования динамической пространственной решетки в резонансной среде, когерентно возбуждаемой импульсами света, которые не могут непосредственно интерферировать друг с другом.

В последнее время все больший интерес вызывают оптические квантовые явления, в основе которых лежит интерференция атомных состояний [2]. Все эти явления (фотон-эхо, квантовые биения, самоиндуцированная прозрачность и т.д.) могут наблюдаться при резонансном возбуждении частиц лишь на стадии пока в системе не произошло нарушение когерентности, т.е. до окончания времени поперечной релаксации T_2 . На этой стадии пока система обладает фазовой памятью, т.е. находится в когерентном состоянии суперпозиции базисных векторов, она может запоминать фазовые характеристики возбуждающих внешних полей. Особенно ярко это проявляется в возможности получения интерферограммы в среде даже в том случае, когда воздействующие оптические импульсные поля не могут интерферировать друг с другом непосредственно, например, подаются на среду в разное время. Возможности и условия формирования светоиндуцированных решеток при таком возбуждении обсуждались в работе [1]. В настоящем сообщении мы приводим результаты экспериментальной проверки этой возможности. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Импульсные пучки когерентного света I и II, используемые для получения светоиндуцированной решетки в образце 1, имеют волновые вектора \mathbf{k}_1 и \mathbf{k}_2 и задержаны относительно друг друга на интервал τ , превышающий длительности этих импульсов Δt . Это исключает непосредственную интерференцию пучков I и II. Однако при выполнении условия

$$\Delta t < \tau < T_2 \quad (1)$$

интерференция атомных состояний системы должна приводить к формированию в образце решетки с шагом $2\pi/|\Delta\mathbf{k}|$, где вектор решетки $\Delta\mathbf{k} = \mathbf{k}_1 - \mathbf{k}_2$ определяется геометрией опыта [1]. Обнаружить эту решетку можно по дифракции на ней какого-либо третьего луча с той же частотой. Условие фазового синхронизма для дифрагированной волны, как и в обычных динамических голограммах [3] имеет вид $\mathbf{k}_4 = \mathbf{k}_2 + \mathbf{k}_3 - \mathbf{k}_1$, $\omega_4 = \omega_{1,2,3}$, где \mathbf{k}_3 , \mathbf{k}_4 — соответственно волновые вектора считывающего (третьего) и дифрагированного на решетке лучей, а ω_4 , $\omega_{1,2,3}$ — частоты излучения соответствующих пучков. Чтобы удовлетворить ус-

ловие синхронизма в одном из брэгговских направлений, в нашем эксперименте луч III формируется просто отражением луча II от зеркала 3. При такой схеме ($k_3 = -k_2$) дифракция луча III происходит по обратному пути луча I ($k_4 = -k_1$). После отклонения дифрагированного луча полупрозрачным зеркалом 4 сигнал в направлении IV регистрируется на экране измерителя времени И2-7 при помощи фотоумножителя ЭЛУ-ФТ.

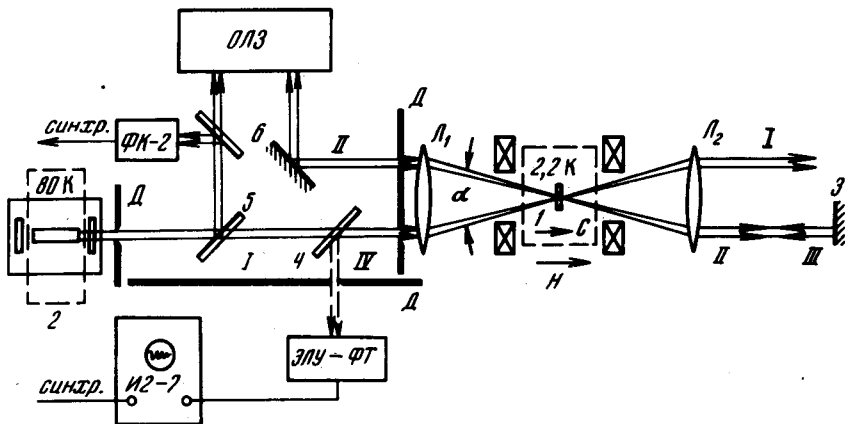


Рис. 1. Экспериментальная установка

Оптическая линия задержки ОЛЗ, предназначенная для формирования пучка II с целью предотвращения расходимости этого пучка собрана по конфокальной схеме с базой 4 м. Используемый образец 1 вырезан перпендикулярно оптической оси C из рубина с концентрацией трехвалентных ионов хрома $\sim 0,05\%$ в виде пластинки толщиной 1,5 мм. Для облегчения выполнения условия (1) образец охлаждается в оптическом криостате до 2,2 К. Это приводит к увеличению времени поперечной релаксации T_2 в рубине до 10^{-7} сек, что позволяет использовать для накачки моноимпульсный рубиновый лазер 2 с длительностью излучения 10 нсек и мощностью 1 Мвт. Необходимость охлаждения активного стержня этого лазера до ~ 80 К вызвана нарушающим условием резонанса смещением линии поглощения перехода ${}^4A_2 - {}^2E(\bar{E})$ рубинового образца 1 при охлаждении его до 2,2 К. Как было показано при исследовании фотон-эха в рубине [4] при таком режиме охлаждения лазера имеет место резонанс для лазерной линии 6933,97 Å (переход ${}^4A_2(M_s = \pm 3/2) - {}^2E(\bar{E})$ при 77 К) и линии поглощения образца 6934 Å (переход ${}^4A_2(M_s = \pm 1/2) - {}^2E(\bar{E})$ при 2,2 К). Все пучки в нашем эксперименте поляризованы перпендикулярно плоскости рис. 1, а для создания слабого продольного магнитного поля ($H \parallel C, 0 \div 250$ гс) используются катушки Гельмгольца. На рис. 2 представлены осциллограммы сигналов, соответствующих возбуждающим импульсам I и II (а) и когерентным откликам системы (б, в) в направлении IV. Первый импульс на нижних осциллограммах (б, в) соответствует дифракции пучка III, который задержан относительно пучка II примерно на 10 нсек, на решетке, индуцируемой в образце воздействующими импульсами I и II. Второй импульс на этих же осцилло-

граммах представляет собой сигнал стимулированного фотон-эха, который, как известно, формируется после подачи третьего импульса через время, равное интервалу между I и II импульсами. Появление обоих откликов системы в одном и том же направлении обусловлено подчинением этих явлений одному и тому же условию векторного синхронизма. Мы тщательно проверили, что оба эти импульса не являются следствием каких-либо отражений пучков I, II, III от различных деталей установки. Для подавления ложных отражений использована система экранов с диафрагмами Д. Оба сигнала (δ , ϵ) не наблюдаются в случае перекрытия хотя бы одного из пучков I, II, III, а также при нарушении условия резонанса (например, при нагреве активного стержня лазера). Выключение магнитного поля существенно ослабляет величину этих сигналов, а изменение направления поля неодинаково влияет на них. Пример этого приведен на рис. 2, где осциллограммы сигналов получены при различных углах поворота поля относительно оси кристалла: (δ) $\rightarrow +12^\circ$,

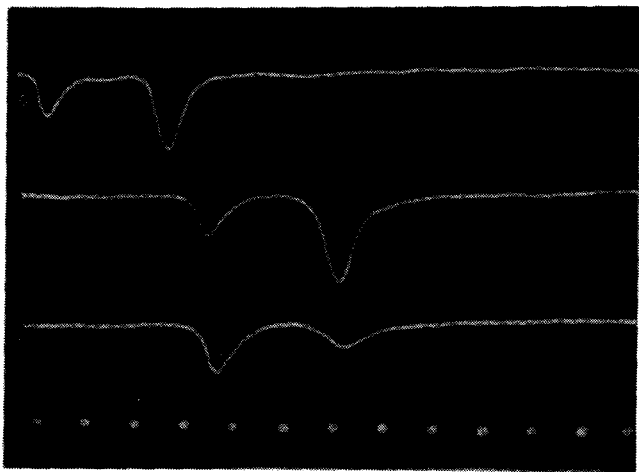


Рис. 2. Сигналы импульсов накачки, дифракции и обратного стимулированного фотон-эха в рубине при $\alpha = 1^\circ$, $\tau = 50$ нсек (\ast — метки 20 нсек)

(ϵ) $\rightarrow -15^\circ$. Таким образом при интерференции атомных состояний когерентной системы индуцируется пространственная решетка. По-видимому, образование подобной решетки лежит в основе возможности записи и восстановления волновых фронтов света в динамических эхо-голограммах [5], а также определяет другие особенности формирования когерентных откликов атомной системы после перевода ее в когерентное суперпозиционное состояние.

Поступила в редакцию
16 мая 1978 г.

Литература

- [1] Е.И.Штырков. Оптика и спектроскопия (в печати).
 - [2] Е.Б.Александров. УФН, **107**, 595, 1972.
 - [3] Е.И.Штырков. Письма в ЖЭТФ, **12**, 134, 1970.
 - [4] J.D.Abella, N.A.Kurnit, S.R.Hartmann. Phys. Rev. Lett., **141**, 391, 1966.
 - [5] E.J.Shtyrkov, V.V.Samartsev. Phys. Stat. Sol. (a), **45**, 647, 1978.
-