

РЕЗОНАНСНОЕ ДВОЙНОЕ ЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ

А.М.Бонч-Бруевич, Н.Н.Костин, В.А.Ходовой

Нами наблюдалось появление двойного лучепреломления в парах калия под действием электрического поля излучения рубинового лазера. Величина эффекта резонансным образом зависела от длины волны излучения лазера.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Сосуд 2 с насыщенными при 150°C парами калия просвечивался светом калиевой лампы 1. Измеренная с помощью сканирующего интерферометра Фабри-Перо ширина линии излучения последней (главный дублет $4S_{4/2} - 4P_{1/2,3/2}$, $\lambda = 7665, 7699\text{\AA}$) составляла $0,15\text{\AA}$, т.е. превышала примерно в 4 раза доплеровскую ширину линии поглощения паров. При выбранной температуре пары поглощали около 50% резонансного света лампы. На пути света лампы до и после сосуда с парами калия помещались два скрещенных поляроида, 3 и 3'. Пары калия облучались импульсами рубинового лазера 7, работающего с пассивным затвором (стекло КС-19). Интенсивность излучения лазера регистрировалась фотоэлементом Ф-5 (8) с выходом на импульсный осциллограф СИ-7, а его длина волны измерялась с помощью спектрографа СТЭ-1 с дисперсией $13\text{\AA}/\text{мм}$ (9). Интенсивность прошедшего через сосуд и поляроиды резонансного излучения регистрировалась фотоумножителем ФЭУ-28 (6) с выходом на импульсный осциллограф СИ-11; рассеянное излучение лазера надежно отрезалось фильтра-

ми ФС-7(5) и резонансным фильтром 4 с использованием эффекта Фарадея, имевшим полосу пропускания порядка $0,1 \text{ см}^{-1}$ [1,2].

Во время действия каждого импульса лазера длительностью 20 нсек наблюдался четкий сигнал увеличения интенсивности проходящего через сосуд 2 резонансного излучения лампы. При плотности мощности излучения лазера порядка 5 Мвт/см^2 амплитуда сигнала соответствовала пропусканию нескольких десятков процентов интенсивности света лампы, прошедшего через первый поляризатор. Наибольший сигнал наблюдался, ес-

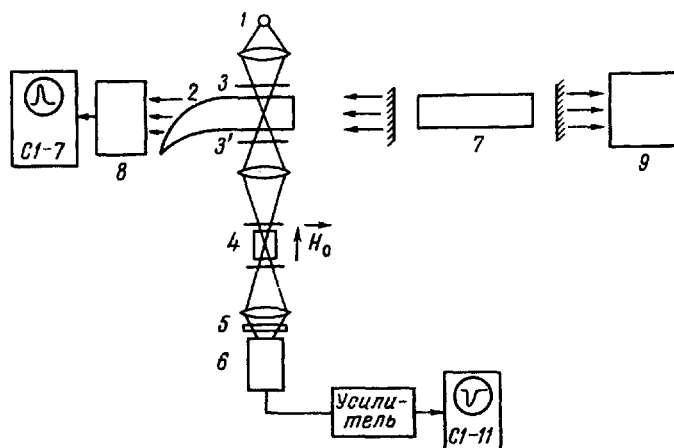


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

ли угол между вектором электрического поля излучения лампы \vec{E}_p , падающего на сосуд 2, и вектором электрического поля излучения лазера \vec{E}_l был 45° ; сигнал отсутствовал, когда этот угол был 0 или 90° . Было проверено, что сигнал не наблюдался при замораживании паров калия в сосуде 2, выключении калиевой лампы или убиении поляризаторов 3 и 3'. Последнее, а также зависимость сигнала от угла между векторами \vec{E}_p и \vec{E}_l доказывает, что наблюдаемый эффект обусловлен двойным лучепреломлением, создаваемым импульсом лазера, а не смещением центра тяжести линии поглощения паров калия на величину, большую полуширины линии излучения лампы [1].

Наблюдаемое двойное лучепреломление возникает вследствие различного смещения в электрическом поле излучения лазера линии погло-

щения для света, направление электрического вектора которого совпадает или перпендикулярно \vec{E}_d (рис. 1). Известно, что показатель преломления вблизи максимума линии поглощения резко зависит от близости частоты излучения к ее центру тяжести. При отсутствии импульса лазера резонансные линии поглощения калия D_1 и D_2 (рис. 2) не расщеплены, и показатель преломления не зависит от поляризации падающего излучения. Под действием импульса лазера вырождение состояния $4P_{3/2}$ снимается, и центры тяжести компонент линии поглощения для π - и σ -из-

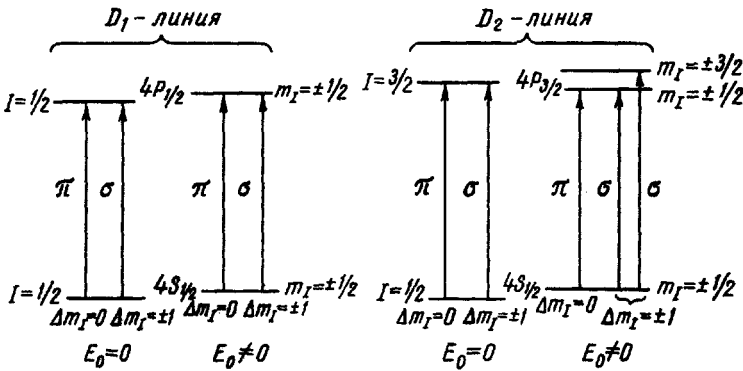


Рис. 2. Электрическое расщепление термов калия

$$4S_{1/2} \text{ и } 4P_{3/2, 1/2}$$

лучения (ось Z-вдоль вектора \vec{E}_d) смещаются таким образом, что показатели преломления для π - и σ -излучения оказываются различными.

Смещение ΔW_i энергии уровня i под действием электрического поля $\vec{E} = 2\vec{E}_0 \cos \omega t$ световой волны дается формулой [1, 4] :

$$\Delta W_i = \sum_k \left\{ \frac{|\langle i | d \vec{E}_0 | k \rangle|^2}{E_i - E_k + \hbar \omega} + \frac{|\langle i | d \vec{E}_0 | k \rangle|^2}{E_i - E_k - \hbar \omega} \right\}, \quad (1)$$

где E_i и E_k - энергии состояний i -го и k -го атомов, $\langle i | d \vec{E}_0 | k \rangle$ - матричный элемент дипольного перехода между состояниями i и k . В отличие от смещения уровней в постоянном электрическом поле (эффект Штарка), смещение в поле световой волны резонансно возрастает при приближении энергии кванта света $\hbar \omega$ к энергии переходов атома $E_k - E_i$.

Для состояния $4P_{3/2}$ калия длина волны излучения рубинового лазера близка к длине волны перехода $4P_{3/2} - 6S_{1/2}$ ($\lambda = 6939\overset{0}{\text{Å}}$); ее можно смещать в пределах 6935-6945Å изменением температуры рубинового стержня.

На рис. 3 представлена измеренная зависимость интенсивности излучения лазера, требуемой для получения сигнала определенной величины (пропускание порядка 10% света калиевой лампы), от длины волны излучения лазера. С помощью эталона Фабри-Перо было измерено, что

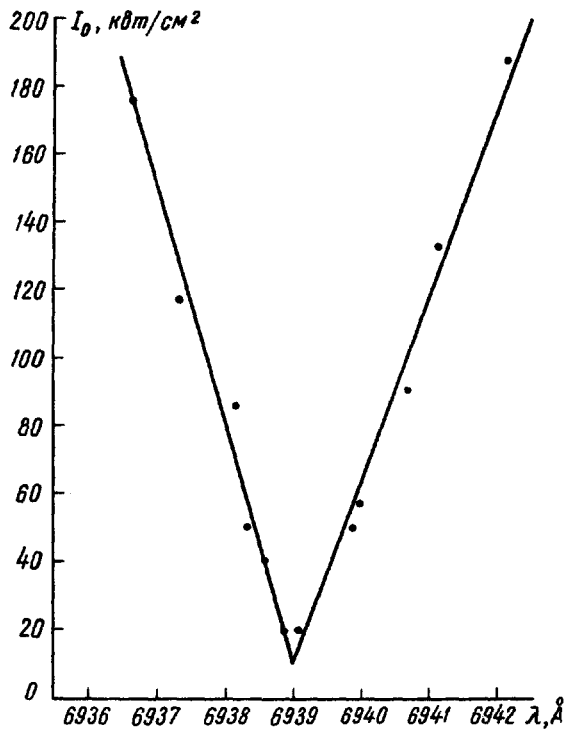


Рис. 3. Зависимость плотности мощности излучения рубинового лазера I_0 , необходимой для получения сигнала заданной величины, от длины волны излучения рубинового лазера λ

во всех используемых режимах работы полная спектральная ширина излучения лазера, состоящего из нескольких импульсов в каждом импульсе накачки, составляла $0,15\overset{0}{\text{Å}}$. Наблюдаемая линейная зависимость необходимой интенсивности излучения лазера от разности длин волн $\Delta\lambda = |\lambda - \lambda_0|$ резонансного перехода и излучения лазера соответствует ожидаемой теоретически зависимости (I). Из нее следует,

что резонансный переход $4P_{3/2} - 6S_{1/2}$ вносит основной вклад в эффект расщепления уровней состояния $4P_{3/2}$ калия под действием излучения рубинового лазера.

Авторы благодарны сотрудникам ЛГУ В.М.Захаровой и Н.А.Воробьевой за предоставленную возможность измерения на их установке контура линии излучения калиевой лампы, а также Е.Б.Александрову за помощь в работе и обсуждение результатов.

Поступило в редакцию
28 марта 1966 г.

Литература

- [1] Е.Б.Александров, А.М.Бонч-Бруевич, Н.Н.Костин, В.А.Ходовой, Письма ЖЭТФ, 3, 85, 1966.
- [2] Е.Б.Александров. Оптика и спектроскопия, 19, 455, 1965.
- [3] Н.Корфегманн, Р.Ладенбург. Ann. Physik, 78, 659, 1926.
- [4] И.И.Собельман. Введение в теорию атомных спектров, Физматгиз, М., 1963.

1) Аналогичное явление в постоянном электрическом поле наблюдалось в [3].