

*Письма в ЖЭТФ, том 14, стр. 487 – 499*

*5 ноября 1971 г.*

**ИНДУЦИРОВАННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ  
НА РЯДЕ ПЕРЕХОДОВ АТОМА РУБИДИЯ  
ПРИ ДВУХФОТОННОМ ВОЗБУЖДЕНИИ**

*А. М. Бонч-Бруевич, В. А. Ходовой, В. В. Хромов*

В работах [1 – 8] сообщалось о наблюдении ряда нелинейных явлений при накачке паров калия и рубидия лазерным излучением. В этих работах наблюдалось рассеянное излучение в направлении луча накачки. Некоторые из наблюдаемых явлений до сих пор не были надежно интерпретированы.

В настоящем сообщении излагаются результаты исследования интенсивного направленного излучения на ряде переходов атома рубидия в голубой, красной и ИК областях (наблюденные ИК переходы в парах рубидия ранее не были обнаружены). Сопоставление интенсивностей

различных компонентов излучения, рассеянного вперед, назад и под прямым углом к лучу накачки позволило установить каналы атомных переходов и механизмы рассеяния — стимулированная каскадная генерация и вынужденное параметрическое рассеяние при двухфотонном возбуждении атомов рубидия. Полученные результаты могут быть использованы для объяснения наблюдавшихся в [1 – 8] явлениях.

Для возбуждения паров рубидия использовалось излучение лазера на растворе красителя 1, 3, 3, 1', 3', 3' — гексаметилиндотрикарбонианиниодида в этаноле с плотностью мощности  $20 \text{ Мвт/см}^2$  и длительностью импульса  $20 \text{ нсек}$ . Излучение лазера фокусировалось ( $f = 550 \text{ мм}$ ) на кювету с парами рубидия ( $l = 70 \text{ мм}$ ); с помощью спектрографа СТЭ-1 или монохроматора ИКМ-1 с ИК фотоприемником на основе InSb регистрировалось распределение интенсивности в спектре прошедшего, рассеянного назад или под прямым углом света. Излучение лазера было линейно поляризовано, а его спектр лежал в области  $775 - 785 \text{ нм}$  и перекрывал длины волн переходов  $5S_{1/2} - 5P_{3/2}$  и  $5P_{3/2} - 5D_{3/2, 5/2}$  рубидия (рис. 1). Рубидиевая кювета имела сапфировые окна и могла нагреваться воздухом до  $350^\circ\text{C}$ .

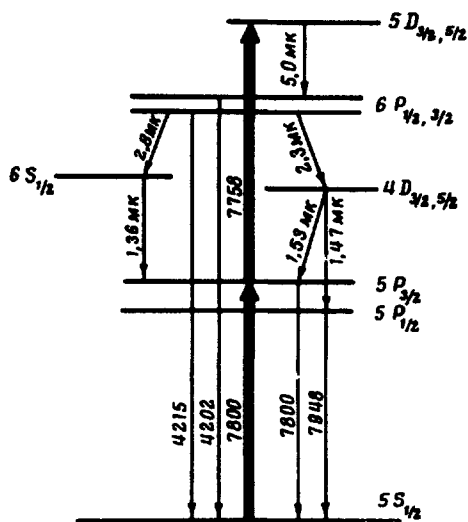


Рис. 1. Схема термов атома рубидия

Основные экспериментальные результаты состоят в следующем.

1. При плотности мощности возбуждающего излучения порядка  $10 \text{ Мвт/см}^2$  в спектре прошедшего через пары света наблюдалось интенсивное направленное излучение с длинами волн  $4202, 4215$  и  $7948 \text{ \AA}$ , соответствующими переходам  $6P_{1/2, 3/2} - 5S_{1/2}$  и  $5P_{1/2} - 5S_{1/2}$  атома рубидия. Порог появления всех этих линий был приблизительно одинаков. Интенсивность голубых линий  $4202$  и  $4215 \text{ \AA}$  увеличивалась при повышении давления паров рубидия от  $10^{-3}$  до  $1 \text{ мм рт. ст}$  и при уменьшении расходимости возбуждающего излучения, даже если при этом его мощность несколько уменьшалась. Интенсивность красной линии  $7948 \text{ \AA}$  при фиксированной мощности возбуждения достигает оптимума при давлении паров порядка  $10^{-1} \text{ мм рт. ст}$ .

2. Установлено, что голубые линии отсутствуют в рассеянии назад (их интенсивность по крайней мере на два порядка меньше, чем в прямом направлении), тогда как интенсивность красной линии оставалась примерно такой же, как и в рассеянии вперед. В направлении назад наблюдалось также направленное излучение с  $\lambda = 7800 \text{ \AA}$  (переход  $5P_{3/2} - 5S_{1/2}$ ), в прямом направлении оно не могло быть обнаружено на фоне мощного возбуждающего излучения.

3. Направленное интенсивное излучение обнаружено и в поперечном направлении. Для его наблюдения излучение лазера фокусировалось цилиндрической линзой на кювету с парами рубидия таким образом, чтобы оно заполняло весь поперечный размер кюветы, а наблюдение велось под прямым углом к возбуждающему лучу в направлении наиболее длинной части области возбуждения. В этих условиях также наблюдались только красные линии  $7800$  и  $7948 \text{ \AA}$ .

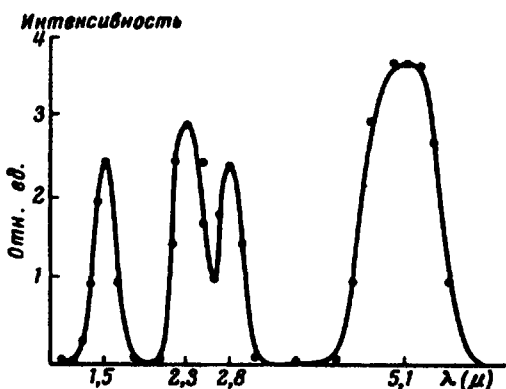


Рис. 2. ИК спектр рассеяния

4. С помощью монохроматора ИКМ-1 (дисперсия  $0,18 \text{ мк/мм}$  при  $\lambda = 10 \text{ мк}$ ) и фотоприемника на основе  $\text{InSb}$  был исследован спектр индуцированного излучения в ИК области. Сигнал с фотоприемника, установленного за выходной щелью монохроматора, усиливался и регистрировался осциллографом (контуры линий снимался по точкам). Возбуждающее излучение, а также излучение в голубых и красных линиях надежно обрезалось кремниевой пластинкой. При этом были обнаружены новые линии  $1,5 \text{ мк}$ ,  $2,3 \text{ мк}$ ,  $2,8 \text{ мк}$  и  $5,1 \text{ мк}$ , соответствующие следующим переходам атома рубидия (рис. 1):  $5D_{3/2, 5/2} - 6P_{1/2, 3/2}$ ,  $6P_{1/2, 3/2} - 6S_{1/2}$ ,  $6P_{1/2, 3/2} - 4D_{3/2, 5/2}$  и  $4D_{3/2, 5/2} - 5P_{1/2, 3/2}$ . Интенсивности всех этих линий были примерно одинаковы.

Резюмируя, можно сделать следующие выводы о механизме наблюдаемых явлений.

Отсутствие голубых линий в обратном и поперечном направлениях позволяет заключить, что основную роль в появлении этих линий играют четырехфотонные параметрические процессы с поглощением двух фотонов накачки и испусканием голубого и ИК фотона. Наоборот, излучение красных линий очевидно связано с существенным заселением состояний  $5D_{3/2, 5/2}$ , каскадной генерацией на все низлежащие уровни  $6P_{1/2, 3/2}$ ,  $6S_{1/2}$ ,  $4D_{3/2, 5/2}$  и инверсным по отношению к основному состоянию заселением состояний  $5P_{3/2}$  и  $5P_{1/2}$ . Возможно, что вклад в заселение уровня  $5P_{1/2}$  вносит и электронное ВКР с уровня  $5P_{3/2}$

[ 9]. Отсутствие генерации на переходе  $5D_{3/2, 5/2} - 5P_{1/2}$ , по-видимому, объясняется малой силой осциллятора этого перехода (она на порядок меньше, чем для переходов  $5D-6P$ ).

Мы весьма признательны Е.Б.Александрову и В.Н.Кулясову за любезное предоставление ИК фотоприемника и интерес к работе.

Оптический институт  
им. С.П.Вавилова

Поступила в редакцию  
13 сентября 1971 г.

### Литература

- [ 1] S.Vatsiv, W.G.Wagner, G.S.Picus, E.J.McClung. Phys. Rev. Lett., 15, 614, 1965.
  - [ 2] М.Е.Мовсесян, Н.Н.Бадалян, В.А.Иралян. Письма в ЖЭТФ, 6, 631, 1967.
  - [ 3] S.Barok, M.Rokni, S.Vatsiv. IEEE J. of Quant. Electron., QE-5, 448, 1969.
  - [ 4] Ю.М.Кирип, Д.П.Ковалев, С.Г.Раутиан, Р.И.Соколовский. Письма в ЖЭТФ, 9, 7, 1967.
  - [ 5] Ю.М.Кирип, С.Г.Раутиан, А.Е.Семенов, Б.М.Чернобород. Письма в ЖЭТФ, 11, 340, 1970.
  - [ 6] А.М.Бонч-Бруевич, В.А.Ходовой, В.В.Хромов. Нелинейные процессы в оптике. Изд. Наука, 1970, стр. 63.
  - [ 7] Ф.А.Королев, С.А.Бахрамов, В.И.Одинцов. Письма в ЖЭТФ, 12, 131, 1970.
  - [ 8] Ф.А.Королев, С.А.Бахрамов, В.И.Одинцов. Оптика и спектроскопия, 30, 788, 1971.
  - [ 9] Ф.А.Королев, С.А.Бахрамов, В.И.Одинцов. Письма в ЖЭТФ. 12, 436, 1970.
-