

ИЗМЕНЕНИЕ НАМАГНИЧЕННОСТИ ПАРОВ КАЛИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РЕЗОНАНСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

М. Е. МОВСЕСЯН, Р. Е. МОВСЕСЯН, А. М. ХАНБЕКЯН

Институт физических исследований НАН Армении

(Поступила в редакцию 9 ноября 1993 г.)

Исследована намагниченность паров калия под воздействием перестраиваемого по частоте импульсного лазерного излучения. На основе сравнения экспериментальных результатов намагниченности и нелинейно-оптических процессов в одних и тех же условиях эксперимента показано, что между ними существует корреляция.

1. Взаимодействие лазерного излучения с веществом наряду с нелинейными оптическими явлениями приводит также к намагничиванию среды.

Намагничивание паров рубидия и калия под действием импульсного лазерного излучения наблюдалось в работах [1, 2, 3], где проводились исследования как при фиксированной частоте возбуждающего излучения, так и при перестройке частоты возбуждающего излучения. Однако в работах по возбуждению паров резонансным, перестраиваемым по частоте излучением индуцированные в результате намагниченности сигналы ЭДС не были разрешены во времени. Необходимо отметить, что в указанных работах не проводились регистрация и сравнение оптических спектров и индуцируемых сигналов ЭДС в одних и тех же условиях эксперимента. Такое сравнение может дать информацию о роли магнитных подуровней при нелинейно-оптических процессах и механизмах релаксации ориентации.

В настоящей работе приводятся результаты исследований изменения намагниченности паров калия под воздействием перестраиваемого по частоте резонансного лазерного излучения. Одновременно с намагничиванием паров исследовались нелинейно-оптические процессы, о которых сообщалось в работе [4].

2. Для возбуждения атомов калия использовалось линейно-поляризованное излучение перестраиваемого в области $12800 \div 13150 \text{ см}^{-1}$ лазера на красителе с плотностью мощности $\sim 100 \text{ кВт/см}^2$, длительностью импульса $\sim 25 \text{ нсек}$, спектральной шириной 1 см^{-1} . Пары атомарного калия находились в стеклянной кювете с отростком, давление паров изменялось от $7 \cdot 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$ до $4 \cdot 10^{-1} \text{ мм рт. ст.}$ Температура рабочей части кюветы поддерживалась постоянной при $T = 310^\circ\text{C}$. Намагничивание паров регистрировалось по индуцированию ЭДС во внешней приемной катушке, содержащей 10 витков и расположенной соосно в центральной части кюветы. Иссле-

дваемые сигналы предварительно усиливались усилителем УЗ-33 и подавались на осциллограф С1-75. Регистрирующая система обеспечивала полосу пропускания не меньше 200 МГц. В объеме взаимодействия лазерного излучения с парами калия создавалось продольное постоянное магнитное поле до 220 Э.

3. Сигналы ЭДС индуцировались в приемной катушке при изменении частоты возбуждающего излучения во всей области перестройки частоты возбуждающего лазера. При наличии внешнего продольного магнитного поля и при перестройке возбуждающего излучения в области частот $12950 \div 13125 \text{ см}^{-1}$ в приемной катушке, кроме сигнала в течение лазерного импульса, наблюдались, также задержанные относительно него сигналы ЭДС. Сигналы ЭДС в течение лазерного импульса имели сложную структуру (колебания с большой частотой), что затрудняло их количественные исследования. В данной работе исследовались только задержанные сигналы.

Специальные экспериментальные исследования показали, что задержанные сигналы имеют полярность, соответствующую увеличению магнитного потока через регистрирующую катушку.

Время задержки и амплитуда сигнала ЭДС зависят от давления паров (рис. 1). Как видно из рисунка, амплитуда сигнала ЭДС имеет порог по давлению паров. Зависимость времени задержки от давления паров хорошо аппроксимируется кривой $1/p$.

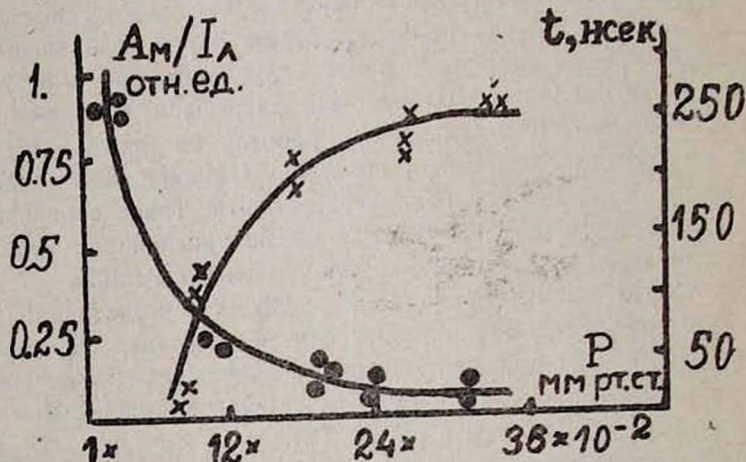


Рис. 1. Зависимости от давления паров калия: X амплитуды сигнала ЭДС (A_m/I_L), ● времени задержки сигнала ЭДС (t).

Исследования зависимости амплитуды сигнала ЭДС от интенсивности лазерного излучения показали, что величина сигнала линейно зависит от интенсивности лазера. Максимальная амплитуда сигнала составляет $\sim 1 \text{ мВ}$.

Амплитуда сигнала линейно зависит от напряженности внешнего магнитного поля, и при изменении направления поля полярность сигнала меняется.

Проведенные температурные исследования (в пределах $250 \div 350^\circ\text{C}$) показали, что при постоянном давлении паров калия амплитуда сигнала практически не зависит от температуры паров в объеме взаимодействия.

Исследовалась зависимость амплитуды сигнала ЭДС от частоты возбуждающего излучения (рис. 2). Из приведенного графика видно,

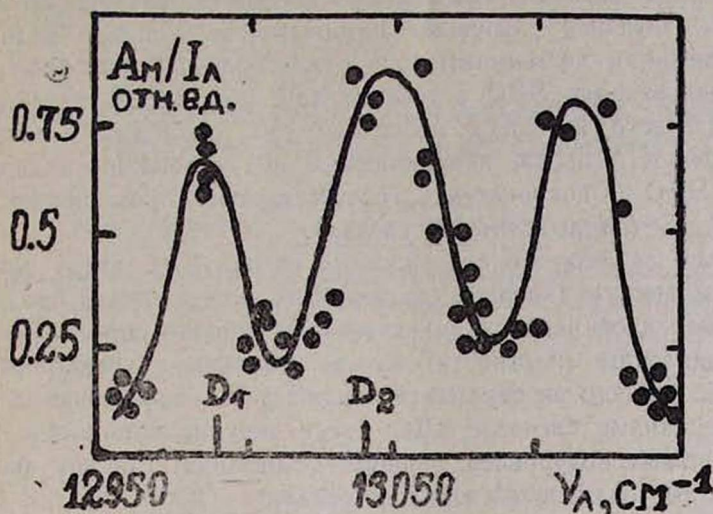


Рис. 2. Зависимость величины сигнала ЭДС от частоты возбуждающего излучения при давлении паров $P=0,13$ мм рт. ст.

что в зависимости от частоты возбуждающего излучения амплитуда сигнала ЭДС имеет три максимума. Важно отметить, что форма и время задержки сигнала зависят от частоты возбуждающего излучения. Так, сигналы ЭДС, индуцируемые при перестройке частоты возбуждающего излучения в областях $12800 \div 13015$ см^{-1} и $13050 \div 13125$ см^{-1} имеют одинаковую форму и временную задержку. При перестройке частоты возбуждающего излучения в области $13015 \div 13050$ см^{-1} сигналы ЭДС имеют более пологий передний фронт и время задержки на ~ 30 нсек больше по сравнению с предыдущим случаем.

4. Сравнивая результаты исследований индуцированных задержанных сигналов ЭДС и полученных в тех же условиях эксперимента оптических спектров рассеяния [4], можно заключить, что между ними существует корреляция. Действительно, в пределах точности эксперимента задержанные сигналы ЭДС возникают в тех же областях перестройки возбуждающего излучения ($12950 \div 13125$ см^{-1}), в которых наблюдаются линии ВЭКР, линия «нерезонансного трехфотонного рассеяния» и неперестраиваемая линия; сигналы ЭДС различны по форме при различных оптических процессах—стоксовой ВЭКР, антистоксовой ВЭКР, при процессе, приводящем к возникновению неперестраиваемой по частоте линии ($\nu=12990$ см^{-1}); зави-

симость интенсивности рассеянных спектральных линий и амплитуды сигнала ЭДС от частоты возбуждающего излучения практически совпадают; интенсивность линии антистоксовой компоненты ВЭКР, в пределах точности эксперимента, имеет такой же порог и зависимость от давления, что и амплитуда задержанного сигнала.

Появление сигналов ЭДС можно объяснить следующим образом. Лазерное излучение разрушает намагниченность паров калия, наведенную внешним постоянным магнитным полем, с чем связано индуцирование сигналов ЭДС в течение лазерного импульса. После действия лазерного импульса происходит восстановление равновесной намагниченности паров, приводящее к индуцированию задержанного сигнала ЭДС с полярностью, соответствующей увеличению магнитного потока (парамагнитный сигнал).

Исходя из того, что задержанный сигнал ЭДС имеет ярко выраженный максимум (который должен был отсутствовать при обычной, экспоненциальной релаксации) и время задержки обратно пропорционально давлению (плотности) паров, необходимо предположить, что в условиях нашего эксперимента играют роль кооперативные явления.

Задержанные сигналы ЭДС могут индуцироваться при релаксации магнитных подуровней основного состояния. Так как время жизни магнитных подуровней довольно большое ($10^{-2} \div 10^{-1}$ сек [5]), то сверхизлучательный процесс между этими подуровнями может привести к возникновению задержанных сигналов ЭДС. Как отмечалось выше, задержанные сигналы ЭДС наблюдаются в том случае, когда в оптическом спектре наблюдаются спектральные линии рассеяния (компоненты ВЭКР, линия «нерезонансного» трехфотонного рассеяния, неперестраиваемая линия), поэтому неравновесная заселенность магнитных подуровней основного состояния происходит вследствие распада уровней $4P_{1/2}$, $4P_{3/2}$. При распаде уровней $4P_{1/2}$ и $4P_{3/2}$ (заселенность которых зависит от области частоты возбуждения) магнитные подуровни сверхтонкого расщепления будут заселяться неодинаково, поэтому величина и время задержки сигналов ЭДС будут зависеть от частоты возбуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Бадалян, А. А. Дабагян, М. Е. Мовсесян, М. Л. Тер-Микаелян. Изв. АН СССР, сер. физ., 43, 304 (1979).
2. М. Е. Мовсесян. Изв. АН СССР, сер. физ., 45, 2227 (1981).
3. М. Е. Мовсесян, Р. Е. Мовсесян, А. М. Ханбекий. Кв. электроника, 12, 2486 (1985).
4. М. Е. Мовсесян, Р. Е. Мовсесян, А. М. Ханбекий. Изв. АН Арм.ССР, Физика, 23, 225 (1988).
5. E. Wolf. Optical Pumping, v. 5. Amsterdam, 1966.

CHANGE OF MAGNETIZATION OF POTASSIUM VAPOR UNDER THE ACTION OF RESONANT LASER RADIATION

M. E. MOVSESSIAN, R. E. MOVSESSIAN, A. M. KHANBEKIAN

The magnetization of potassium vapor under the action of frequency-tunable laser radiation was studied. Using the comparison of experimental results for magnetization and non-linear optical phenomena, it was shown that the correlation between these phenomena takes place.

**ԿԱԼԻՈՒՄԻ ԴՈԼՈՐՇԻՆԵՐԻ ՄԱԳՆԻՍԱՑՄԱՆ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆԸ ՌԵԶՈՆԱՆՍԱՑԻՆ
ԼԱԶԵՐԱՑԻՆ ԶԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՄ**

Մ. Ե. ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ, Ռ. Ե. ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ, Ա. Մ. ԽԱՆԲԵԿԻԱՆ

Ուսումնասիրված է կալիումի զոլորշիների մագնիսացումը ըստ հաճախության համալարվող
լազերային ճառագայթի ազդեցությամբ: Մագնիսացման և ոչ-գծային օպտիկական երևույթնե-
րի փորձնական արդյունքների համեմատությամբ ցույց է տրվել, որ այդ երևույթների միջև
գոյություն ունի կապ: