

**РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»  
ИНСТИТУТ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ И ФИЗИКИ ТВЁРДОГО ТЕЛА**

На правах рукописи

**Ситников Михаил Геннадьевич**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ  
ОПТИЧЕСКОЙ НАКАЧКЕ ПАРОВ Cs.**

Специальность 01.04.04-физическая электроника

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-  
математических наук

Москва 2003 г.

Работа выполнена в Институте  
Сверхпроводимости и физики твёрдого тела  
Российского научного центра «Курчатовский институт»

Официальные оппоненты:

Доктор физико-математических наук,  
нач. отдела релятивистских пучков

ИЯС РНЦ «Курчатовский институт»

Ю.Г. Калинин

Кандидат физико-математических наук, доцент

С.О. Елютин

Ведущая организация:

Московский физико-технический институт (Государственный  
университет)

Защита состоится \_\_\_\_ \_\_\_\_ 2003 года в \_\_\_\_ часов на заседании  
диссертационного совета Д520.009.02.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке РНЦ «Курчатовский  
институт»

Автореферат разослан \_\_\_\_ \_\_\_\_ 2003 года.

Учёный секретарь

диссертационного совета

к. ф.-м. н.

Л.И. Елизаров

*Л. Елизаров*

2003-A  
6644

РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»  
ИНСТИТУТ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ И ФИЗИКИ ТВЁРДОГО ТЕЛА

На правах рукописи

Ситников Михаил Геннадьевич

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ  
ОПТИЧЕСКОЙ НАКАЧКЕ ПАРОВ Cs.**

Специальность 01.04.04-физическая электроника

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-  
математических наук

Москва 2003 г.

## Актуальность проблемы

Нелинейные оптические процессы в резонансных условиях, когда частоты возбуждающего излучения близки к частотам атомных переходов в веществе, представляют несомненный интерес в качестве предмета фундаментальных и прикладных исследований. Изучение таких процессов важно для выяснения ряда принципиальных вопросов теории взаимодействия лазерного излучения с веществом. К их числу относится генерация вынужденного излучения. Она может возбуждаться как в результате многофотонного взаимодействия света с активной средой [например вынужденное комбинационное рассеяние света (ВКР)], так и по причине возникновения инверсии населённости на атомных переходах рабочего вещества вследствие поглощения излучения накачки. В резонансных условиях пороги возбуждения этих процессов резко падают.

Удобной средой для проведения экспериментов в этой области являются пары щелочных металлов. Их атомы характеризуются узкими энергетическими уровнями, связанными сильными дипольными переходами, расположенными в видимом диапазоне частот.

В парах щелочных металлов, наряду с атомной, присутствует и молекулярная компонента. Хотя количество молекул обычно составляет около 1% от числа атомов, наличие димеров может оказывать влияние на развитие генерации на атомных переходах. Кроме того, молекулы щелочных металлов сами могут быть активной средой для генерации вынужденного излучения. В последнее время большое внимание уделяется изучению особенностей возбуждения вынужденных нелинейных процессов в условиях, когда частота

накачки  $\omega_L$  перестраивается вблизи изолированных резонансов между возбуждёнными состояниями атомов рабочего вещества. В этом случае, при помощи лазеров на красителях, работающих в видимой области спектра, возможно возбуждение атомов на ридберговские уровни с которых может развиваться процесс каскадной генерации на нижележащие атомные состояния. При этом, области перестройки  $\omega_L$  вблизи таких резонансов могут совпадать с молекулярными полосами поглощения паров.

Актуальность этих исследований, в значительной степени, обусловлена разработкой источников мощного когерентного инфракрасного (ИК) излучения, которые могут с успехом применяться для лазерного разделения изотопов, изучения загрязнённости атмосферы, нелинейной молекулярной спектроскопии и в других областях науки и техники.

### Цель работы и постановка задачи

Целью настоящей работы явилось экспериментальное исследование генерации вынужденного ИК излучения при оптическом возбуждении паров цезия в диапазоне  $15400-22100 \text{ см}^{-1}$ .

Основные поставленные в работе задачи:

1. Экспериментально исследовать влияние резонансного поглощения накачки на развитие процесса инфракрасного вынужденного комбинационного рассеяния (ИК ВКР) в парах Cs.
2. Исследовать влияние молекулярной компоненты паров на

развитие процесса генерации атомных ИК линий.

3. Выяснить природу возникновения вынужденного ИК излучения при оптическом возбуждении паров Cs в условиях изолированного резонанса между первым P- и вышележащими S- или D-уровнями.

### Научная новизна

1. Впервые экспериментально установлено, что в плотных цезиевых парах ( $N > 10^{14} \text{ см}^{-3}$ ) уменьшение интенсивности ВКР при перестройке частоты возбуждающего излучения  $\omega_L$  вблизи частот переходов  $6^2S_{1/2} - 7^2P_{1/2,3/2}$  происходит вследствие однофотонного поглощения накачки.
2. Впервые при соблюдении условия изолированного резонанса между первым P- и вышележащими S- или D- уровнями ( $6^2P_{1/2} - n^2S_{1/2}$ ,  $m^2D_{3/2}$  ( $n=9-12$ ,  $m=8-11$ ) и  $6^2P_{3/2} - n^2S_{1/2}$ ,  $m^2D_{5/2}$  ( $n=10-12$ ,  $m=8-11$ )) осуществлена каскадная инфракрасная генерация и предложен механизм её возникновения.
3. При перестройке частоты накачки  $\omega_L$  в диапазоне 15390-21400  $\text{см}^{-1}$  впервые наблюдалась генерация вынужденного ИК излучения на переходах  $6^2P_{1/2} - 5^2D_{3/2}$  (3,01 мкм) и  $6^2P_{3/2} - 5^2D_{5/2}$  (3,49 мкм) атома цезия, обусловленная фотодиссоциацией димеров Cs<sub>2</sub>.
4. Установлено резкое увеличение интенсивности генерации

ИК линий 3,01 мкм и 3,49 мкм в условиях, когда  $\omega_L$  перестраивалась вблизи частот целого ряда атомных переходов между первым P и вышележащими S или D уровнями .

5. Предложен новый спектроскопический метод исследований высокорасположенных (ридберговских) состояний атома Cs.

### Практическая ценность

Полученные результаты имеют фундаментальное значение для теории взаимодействия интенсивного лазерного излучения с нелинейной резонансной средой. Они позволяют выяснить влияние фотодиссоциации димеров щелочных металлов на развитие процесса каскадной ИК генерации в условиях изолированного резонанса между первым P- и вышележащими S- или D- уровнями. Также они могут быть использованы для создания компактных преобразователей видимого лазерного излучения в ИК диапазон.

### Апробация работы

Результаты, изложенные в данной работе, были представлены на трёх международных конференциях:

- XVI International Conference on Coherent and Nonlinear Optics, Moscow, 1998
- Международная конференция «Лазерная физика –99», г.Аштарак, Армения 1999

- XVII International Conference on Coherent and Nonlinear Optics, Minsk, 2001.

### Публикации

По материалам диссертации опубликовано 6 научных работ:

1. Н.В. Знаменский, Э.А. Манькин, Д.В. Марченко, Е.А.Петренко, М.Г. Ситников, Г.Г.Григорян, Генерация вынужденного ИК излучения в парах Cs в условиях изолированного резонанса с переходом между двумя верхними уровнями, Кв.электроника. 24, №3, стр. 893-894, 1997.
2. N.V. Znamenskii, E.A. Manykin, D.V. Marchenko, E.A. Petrenko, M.G. Sitnikov, G.G. Grigorian, IR stimulated emission under the excitation of Rydberg states in Cs vapours. Technical Digest of XVI International Conference on Coherent and Nonlinear Optics, Moscow, 1998, p.52.
3. М.Г. Ситников, Н.В. Знаменский, Э.А. Манькин, Е.А. Петренко, Г.Г. Григорян, Генерация вынужденного инфракрасного излучения при оптической накачке паров цезия, Кв. электроника 30 №3, стр.221-224, 2000.
4. N.V. Znamenskii, E.A.Manykin, E.A.Petrenko, M.G. Sitnikov, G.G. Grigoryan, Generation of stimulated IR radiation in Cs vapour under optical pumping, Technical Digest of XVII International Conference on Coherent and Nonlinear Optics, Minsk, 2001, p.53.
5. N.V. Znamenskii, E.A.Manykin, E.A.Petrenko, M.G. Sitnikov, G.G. Grigoryan, Generation of stimulated IR radiation in Cs vapour



under optical pumping, Proceedings of SPIE, 4748, 2001, p.169-172.

6. А.И. Агафонов, Г.Г. Григорян, Н.В. Знаменский, Э.А. Манькин, Ю.В. Орлов, Е.А. Петренко, М.Г. Ситников, Ю.П. Малакян, Влияние поглощения накачки на генерацию ИК ВЭКР в парах щелочных металлов, ЖЭТФ, 121, №4, стр.685-693, 2002.

### Структура и объём диссертации

Диссертация состоит из введения, четырёх глав и выводов. Работа содержит 106 страниц машинописного текста, 27 рисунков. Список литературы включает 94 наименования.

### Содержание работы

Во введении даётся общая характеристика работы, обсуждается её актуальность, цели и задачи исследования, кратко излагается содержание диссертации.

В первой главе приведён обзор теоретических и экспериментальных исследований ряда резонансных вынужденных процессов, возникающих в условиях лазерного возбуждения паров щелочных металлов. Главное внимание уделено процессам генерации излучения на атомных переходах и электронного ВКР в инфракрасной области спектра. Также рассмотрены вопросы резонансного поглощения излучения накачки в плотных парах.

Отмечается, что генерация вынужденного ИК излучения на атомных переходах может развиваться при возбуждении как атомной, так и молекулярной компоненты паров. В первом случае начальные для генерации уровни заселяются в результате одно- или многофотонного поглощения накачки из основного атомного состояния. В случае же возбуждения молекулярной компоненты - инверсная населённость, необходимая для ИК генерации, возникает вследствие фотодиссоциации димеров на возбуждённые атомные уровни. Большое место уделено анализу работ, в которых вынужденное излучение регистрировалось при настройке частоты накачки  $\omega_L$  в резонанс с частотами атомных переходов между первым P- и вышележащими S- или D- энергетическими уровнями.

В этой же главе показано, что электронное ВКР в парах щелочных металлов – перспективный способ преобразования перестраиваемого по частоте излучения лазеров на красителях в ИК диапазон. Однако тот факт, что в резонансных условиях, наряду с ростом эффективности ВКР, увеличивается вероятность целого ряда конкурирующих процессов делает актуальными исследования, направленные на оптимизацию генерации стокового излучения.

Во второй главе дано описание экспериментальной установки, предназначенной для исследования резонансных вынужденных процессов в парах щелочных металлов, состоящей из четырёх основных частей:

- системы лазерного возбуждения;
- оптической кюветы с рабочей средой;
- системы регистрации;

- системы управления.

Система лазерного возбуждения включала в себя лазер на органических красителях, накачиваемый излучением эксимерного  $\text{XeCl}^*$  лазера. Одно из зеркал лазера на красителях было заменено дифракционной решёткой, что позволяло осуществлять плавную перестройку частоты генерации. Основные параметры излучения этого лазера приведены в табл.1.

Таблица 1. Параметры лазера на красителях.

Диапазон перестройки частоты генерации	$15400-22000 \text{ см}^{-1}$
Ширина линии генерации	$1 \text{ см}^{-1}$
Максимальная энергия в импульсе	5 мДж
Длительность импульса	15 нс
Поляризационные характеристики лазерного излучения	Поляризовано в горизонтальной плоскости

В качестве рабочей среды были выбраны пары цезия. В экспериментах использовались две кюветы, с разным количеством цезия (1 г и 0,1 мг). В первой из них, вплоть до максимально допустимой температуры  $t=600^\circ\text{C}$  пары оставались насыщенными и состояли из атомной и молекулярной компонент. Во второй- пары оставались насыщенными только до температуры  $250^\circ\text{C}$ , соответствующей полному испарению содержащегося в ней Cs. Поэтому дальнейший нагрев этой кюветы приводил к уменьшению концентрации димеров,

плотность атомной компоненты паров при этом практически не менялась.

Спектр ИК излучения, выходящего из кюветы, исследовался с помощью инфракрасного монохроматора. В качестве дисперсионного элемента использовались дифракционные решётки: в диапазоне 1-4 мкм - 300 штр./мм, в диапазоне 4-6 мкм - 150 штр./мм.

В области  $\lambda=3$  мкм линейная дисперсия составляет  $20 \text{ см}^{-1}/\text{мм}$ . При измерениях положения ИК линий использовалась щель монохроматора 0,1 мм, что обеспечивало точность  $2 \text{ см}^{-1}$ . В случае исследования пороговых характеристик ИК излучения ширина щели увеличивалась до 1 мм.

Регистрация ИК излучения в диапазоне от 1 до 1,8 мкм производилась при помощи германиевого фотодиода ФД-3. В качестве приёмника более длинноволнового инфракрасного излучения от 1,8 до 6 мкм применялось инфракрасное фотоприёмное устройство (ФПУ).

Система сбора данных, поступавших от фотодиода или ФПУ и управления частотой генерации лазера на красителях состояла из блоков, работающих в стандарте КАМАК: амплитудно-цифрового преобразователя и модуля управления шаговым двигателем, изменявшим угол поворота дифракционной решётки в резонаторе лазера. Обработка данных и управление процессом измерений проводились при помощи компьютера.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований влияния поглощения накачки на генерацию ИК ВКР на переходе  $6^2S_{1/2}$ - $7^2S_{1/2}$  атома Cs. ИК ВКР возбуждалось по схеме, показанной на рис.1. Эксперименты проводились в широком диапазоне температур паров ( $50^{\circ}\text{C}$ - $350^{\circ}\text{C}$ ), что обеспечило варьирование концентраций паров от  $10^{11}$  до  $10^{17}$   $\text{см}^{-3}$ .

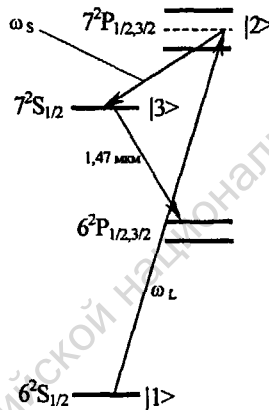


Рис. 1. Схема возбуждения ИК ВКР,  $\omega_L$ -частота накачки,  $\omega_s$ -частота стоксова излучения.

Установлено, что в резонансных условиях с ростом концентрации атомов Cs, вместо ожидаемого увеличения эффективности возбуждения процесса ВКР, наблюдается уменьшение энергии стоксова сигнала так, что при плотностях атомов  $N=5 \cdot 10^{15}$   $\text{см}^{-3}$

имеет место практически полное подавление генерации ИК излучения. Последнее обусловлено сильным резонансным поглощением накачки уже на малых расстояниях от входа в кювету с парами Cs при больших концентрациях атомов. Исследования температурных зависимостей энергии инфракрасного излучения позволили установить оптимальные для его возбуждения вблизи резонансов условия ( $t=130^{\circ}\text{C}$ ,  $N=7\cdot 10^{13}\text{ см}^{-1}$ ) и достичь 20% квантовой эффективности преобразования видимого излучения в ИК-диапазон.

С использованием уравнения для матрицы плотности, описывающей эволюцию трехуровневой системы, развита теория возбуждения резонансного ИК ВКР в парах щелочных металлов с учетом поглощения накачки, объясняющая основные особенности генерации стоковского излучения вблизи резонанса.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке компактных высокоэффективных ВКР-преобразователей видимого лазерного излучения в ближний и средний ИК-диапазон.

Четвёртая глава посвящена результатам экспериментального исследования явления генерации вынужденного излучения в инфракрасной области спектра, возникающего при оптическом возбуждении как атомов, так и молекул цезия. Частота накачки перестраивалась в диапазоне  $15400\text{--}22100\text{ см}^{-1}$ . Этот диапазон может быть разбит на три характерные области:  $21500\text{ см}^{-1} < \omega_L < 22100\text{ см}^{-1}$  (область 1),  $20200\text{ см}^{-1} < \omega_L < 21500\text{ см}^{-1}$  (область 2) и  $15400\text{ см}^{-1} < \omega_L < 20200\text{ см}^{-1}$  (область 3) (см. табл.2).

Таблица 2. Диапазон перестройки частоты накачки  $\omega_L$ .

21500 < $\omega_L$ < 22100 область 1	20200 < $\omega_L$ < 21500 область 2	15400 < $\omega_L$ < 20200 область 3
$\omega_L$ перестраивается в окрестности резонансов с переходами $6^2S_{1/2}$ - $7^2P_{1/2,3/2}$	$\omega_L$ не попадает в резонанс с разрешёнными переходами атома Cs	$\omega_L$ не попадает в резонанс с разрешёнными переходами атома Cs из основного состояния, но возможны резонансы с переходами между первыми возбуждёнными $6^2P_{1/2,3/2}$ и вышележащими S или D уровнями

Интенсивность лазерного излучения  $I_L$  внутри кюветы с парами могла достигать 40 МВт/см<sup>2</sup>.

При использовании кюветы, содержащей 1г Cs было зарегистрировано мощное вынужденное ИК излучение на целом ряде атомных переходов. Спектр ИК сигнала зависел от области перестройки  $\omega_L$ .

### Область 1 $21500\text{см}^{-1} < \omega_L < 22100\text{см}^{-1}$

Спектр ИК генерации состоял из трёх компонент, соответствующих ИК линиям 3,09 мкм ( $7^2P_{1/2}$ - $7^2S_{1/2}$ ), 2,39 мкм ( $7^2P_{3/2}$ - $7^2S_{1/2}$ ) и 1,47мкм ( $7^2S_{1/2}$ - $6^2P_{3/2}$ ). Первые две линии регистрировались только при совпадении  $\omega_L$  с частотами переходов  $6^2S_{1/2}$ - $7^2P_{1/2,3/2}$ . Линия же 1,47 мкм, напротив, наблюдалась в широком диапазоне перестройки

частоты  $\omega_L$ . Эффективность её возбуждения возрастала с увеличением плотности паров. Имелась корреляция частотных и температурных зависимостей сигналов на длине волны 1,47 мкм и ВКР.

### Область 2 $20200 \text{ см}^{-1} < \omega_L < 21500 \text{ см}^{-1}$

В спектре вынужденного ИК излучения наблюдались две компоненты с длинами волн 3,01 мкм и 3,49 мкм, соответствующие атомным переходам  $6^2P_{1/2} - 5^2D_{3/2}$  и  $6^2P_{3/2} - 5^2D_{3/2}$ , которые генерировались в широком диапазоне перестройки  $\omega_L$  (рис.2а,б). Эти ИК линии начинали генерироваться уже при температуре  $t=150^\circ\text{C}$ , эффективность их возбуждения достигала максимума при  $t=270^\circ\text{C}$ . Дальнейший рост температуры паров сопровождался плавным спадом в энергии этих линий, так что при  $t=350^\circ\text{C}$  они полностью исчезали (рис.3).

### Область 3 $15400 \text{ см}^{-1} < \omega_L < 20200 \text{ см}^{-1}$

В третьей области также возбуждалось ИК излучение на длинах волн 3,01 и 3,49 мкм (рис.2а,б). Однако, в отличие от области 2, установлено резкое возрастание интенсивности генерации этих линий при перестройке  $\omega_L$  вблизи изолированных резонансов с частотами атомных переходов между первыми возбужденными  $6^2P_{1/2,3/2}$  состояниями и выше расположенные  $n^2S_{1/2}$  или  $m^2D_{3/2,5/2}$  уровнями ( $n=9-22$ ,  $m=8-24$ ). В условиях резонансов  $6^2P_{1/2,3/2} - n^2S_{1/2}$ ,  $m^2D_{3/2,5/2}$  ( $n=9-12$ ,  $m=8-11$ ) существенно менялся и спектр инфракрасной генерации; в нем наряду с ИК линиями 3,49 мкм и 3,01 мкм наблюдался каскад ИК линий начинающийся с верхнего для данного резонанса уровня. Зависимости



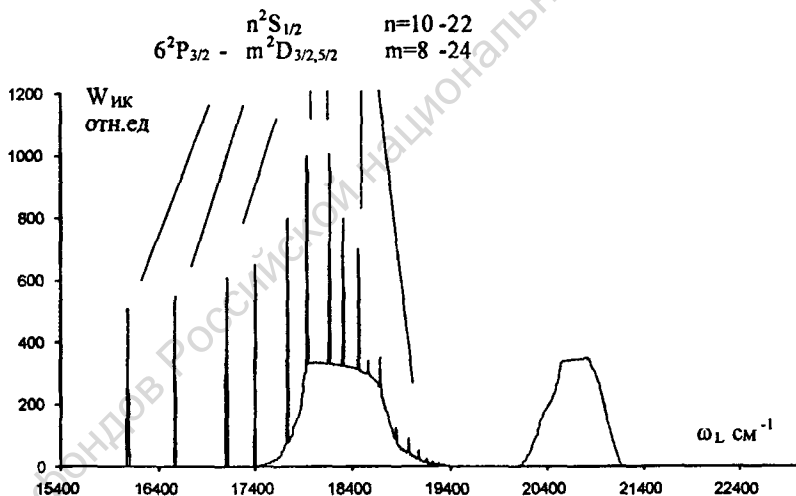
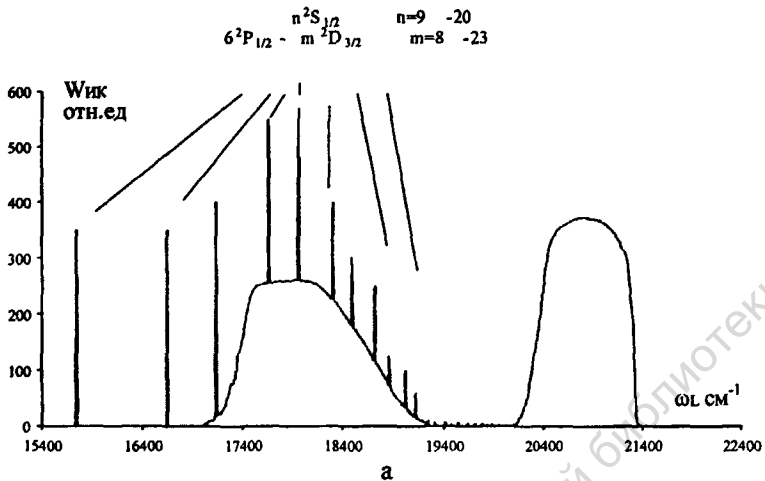


Рис.2 Частотные зависимости энергии генерации  $W_{ик}$  линий 3,01 мкм (а) и 3,49 мкм (б).

энергии инфракрасной генерации от температуры паров были аналогичны изображённой на рис.3 .

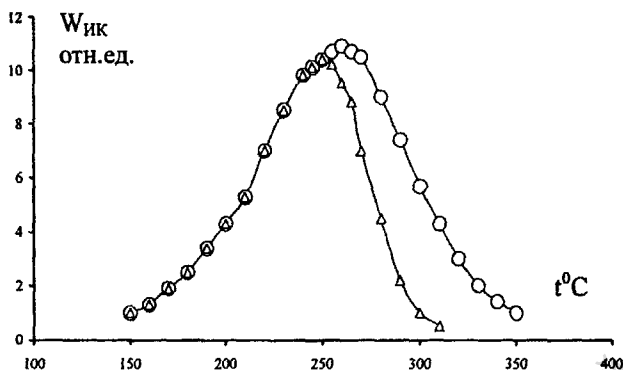


Рис.3 Температурные зависимости энергии сигнала на длине волны 3,01 мкм в кюветах: с 0,1 мг Cs ( $\Delta\Delta\Delta$ ); с 1 г Cs ( $\circ\circ\circ$ );  $\omega_L=21000\text{см}^{-1}$   $W_L=0,3$  мДж.

Использование кюветы, содержащей 0,1 мг Cs, не влияло на спектр генерации ИК излучения, однако существенно меняло температурные зависимости энергии ИК линий. В частности, в областях 2 и 3 резкое уменьшение их энергии начиналось уже при температуре  $t=250^{\circ}\text{C}$ , соответствующей полному испарению, находящегося в кювете металла. При этом ИК генерация прекращалась при  $t=310^{\circ}\text{C}$  (рис.3 ).

Проведённые исследования позволили установить, что на начальные для генерации ИК линий 2,93 мкм 3,09 мкм уровни атомы Cs возбуждались в результате прямого однофотонного поглощения из

основного состояния  $6^2S_{1/2}$ . Состояние же  $7^2S_{1/2}$ , с которого начинается ИК линия 1,47 мкм, заселяется в процессе ВКР.

Плавные, широкие максимумы в частотных зависимостях интенсивности ИК линий  $6^2P_{1/2}-5^2D_{3/2}$  (3,01 мкм) и  $6^2P_{3/2}-5^2D_{5/2}$  (3,49 мкм) (рис.2) свидетельствуют о молекулярном механизме их генерации. В результате однофотонного поглощения из основного молекулярного состояния  $X^1\Sigma_g^+$  происходил переход молекул  $CS_2$  на вышележащие электронные состояния. Их последующая диссоциация приводила к образованию атомов в состояниях  $5^2D_{5/2, 3/2}$ , с которых и возникла генерация. Численные оценки показывают, что пороговая инверсная населённость, например уровня  $5^2D_{3/2}$ , по отношению к состояниям  $6^2P_{1/2}$  составляет всего  $10^{10} \text{ см}^{-1}$ .

При перестройке  $\omega_L$  в диапазоне 15400-18000  $\text{см}^{-1}$  открывался канал фотодиссоциации молекул на атомы в состояниях  $6^2P_{1/2,3/2}$ , что приводило к существенному уменьшению инверсной населённости между уровнями  $5^2D_{5/2, 3/2}$  и этими состояниями.

Анализ заселённости нижних для генерации этих ИК линий уровней позволил объяснить увеличение эффективности их возбуждения при совпадении частоты накачки с частотами разрешённых переходов между состояниями  $6^2P_{1/2,3/2}$  и вышележащими уровнями. В этом случае происходило эффективное опустошение конечных для генерации уровней  $6^2P_{1/2,3/2}$  путём прямого однофотонного поглощения на ещё более высокие состояния атомов. В результате увеличивалась инверсия населённостей на переходах  $6^2P_{1/2,3/2}-5^2D_{3/2,5/2}$  и более эффективно проходил процесс генерации ИК линий 3,01 мкм и 3,49 мкм. При этом также развивалась каскадная

генерация с уровня, на который была настроена частота  $\omega_L$  возбуждающего лазера.

Предложенная модель подтверждается температурными зависимостями энергии ИК излучения, которые свидетельствуют, что необходимым условием возникновения инфракрасной генерации в областях 2 и 3 является наличие в кювете димеров  $\text{Cs}_2$ .

Сделан вывод о том, что резкий рост эффективности возбуждения ИК линий 3,01 и 3,49 мкм в условиях изолированного резонанса может быть использован для лазерной спектроскопии высоковозбуждённых атомных состояний.

### Выводы

1. Установлено существенное влияние однофотонного поглощения накачки на генерацию ИК ВКР в парах цезия, приводящее к резкому уменьшению интенсивности последнего при перестройке  $\omega_L$  вблизи частот переходов  $6^2S_{1/2}-7^2P_{1/2,3/2}$ . Результаты численного моделирования процесса генерации стокового сигнала в модели трёхуровневого атома с учётом поглощения накачки на промежуточных переходах хорошо согласуются с данными экспериментов. Полученные результаты позволили найти оптимальные условия для генерации стокового излучения при перестройке  $\omega_L$  вблизи промежуточных резонансов  $6^2S_{1/2}-7^2P_{1/2,3/2}$ , позволяющие достичь высокой квантовой эффективности

преобразования излучения накачки в инфракрасное (~20%) в квазирезонансных условиях.

2. Впервые экспериментально осуществлена каскадная инфракрасная генерация в условиях изолированного резонанса  $6^2P_{1/2,3/2} - n^2S_{1/2}$ ,  $m^2D_{3/2,5/2}$  ( $n=9-12$ ,  $m=8-11$ ). Предложен и экспериментально подтверждён механизм её возникновения, включающий в себя две стадии. Сначала в процессе фотодиссоциации молекул  $Cs_2$  заселяются атомные состояния  $6^2P_{1/2,3/2}$ , далее при резонансном поглощении накачки происходит заселение верхних для каскадной генерации уровней.
3. Впервые осуществлена генерация вынужденного ИК излучения на переходах  $6^2P_{1/2} - 5^2D_{3/2}$  (3,01 мкм) и  $6^2P_{3/2} - 5^2D_{5/2}$  (3,49 мкм) атома цезия при перестройке частоты накачки  $\omega_L$  в диапазоне 15390-21400  $см^{-1}$ . Установлено, что инверсная населённость на переходах  $5^2D_{3/2,5/2} - 6^2P_{1/2,3/2}$  достигается в процессе фотодиссоциации димеров  $Cs_2$ .
4. Установлено, что в условиях изолированных резонансов  $6^2P_{1/2,3/2} - n^2S_{1/2}$  или  $m^2D_{3/2,5/2}$  ( $n=9-22$ ,  $m=8-24$ ) энергия ИК линий 3,01 мкм и 3,49 мкм резко возрастала вследствие эффективного опустошения нижних для их генерации уровней  $6^2P_{1/2,3/2}$  в процессе однофотонного поглощения накачки.
5. Реализован новый метод спектроскопии высокорасположенных (ридберговских) энергетических уровней атомов щелочных металлов, основанный на резком увеличении интенсивности генерации ИК линий  $5^2D_{3/2,5/2} - 6^2P_{1/2,3/2}$  в условиях изолированного резонанса.

Из фондов Российской национальной библиотеки

Из фондов Российской национальной библиотеки

Подписано в печать 08.04.03. Формат 60x90/16

Печать офсетная. Усл. печ. л. 1.2

Тираж 100. Заказ 12.

Отпечатано в РНЦ "Курчатовский институт"  
123182, Москва, пл. Академика Курчатова

2003-A  
6644

№. 6644

Из фондов Российской национальной библиотеки