

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 535.375.5-15 : 546.31

ИНФРАКРАСНОЕ ВКР В ПАРАХ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ
В УСЛОВИЯХ ИЗОЛИРОВАННОГО РЕЗОНАНСА
С ПЕРЕХОДОМ МЕЖДУ ВЕРХНИМИ УРОВНЯМИ

Знаменский Н. В., Одинцов В. И.

Резонансное ВКР в парах щелочных металлов является одним из наиболее простых и эффективных способов получения мощного перестраиваемого по частоте инфракрасного (ИК) излучения [1]. Во многих случаях, например для продвижения в более далекий ИК диапазон, в качестве начального состояния для процесса ВКР приходится использовать один из верхних энергетических уровней атома. Его заселение обычно осуществляется излучением дополнительного лазера, частота которого настраивается на частоту атомного перехода из основного состояния. В [2, 3] была показана возможность возбуждения ИК ВКР в парах Rb в условиях резонанса с переходом между верхними $5^2P_{3/2}$ и $5^2D_{3/2}$ уровнями без использования дополнительного заселяющего лазера. Однако уникальное, почти эквидистантное расположение уровней $5^2S_{1/2}$, $5^2P_{1/2}$ и $5^2D_{3/2}$ атома Rb приводит к тому, что в этих экспериментах частота накачки оказывается близка к частоте перехода $5^2S_{1/2} - 5^2P_{1/2}$ из основного состояния. Представляет значительный интерес исследовать возможность возбуждения ИК ВКР в парах щелочных металлов в условиях изолированного резонанса с переходом между верхними уровнями, что и являлось основной целью настоящей работы.

В качестве таких резонансов были выбраны переходы $5^2P_{3/2} - 7^2S_{1/2}$ атома Rb и $6^2P_{3/2} - 8^2S_{1/2}$ атома Cs. В этих случаях расстройка частоты накачки от частоты ближайшего однофотонного перехода из основного состояния составляет соответственно ≈ 700 и 850 см^{-1} .

Источником возбуждающего излучения являлся лазер на красителях с перестраиваемой частотой. Его мощность достигала 300 кВт при ширине линии генерации 0.2 см^{-1} . Длительность возбуждающего импульса была 25 нс. Лазерное излучение с помощью телескопической системы, сужавшей диаметр светового пучка до $\approx 1 \text{ мм}$, фокусировалось в кювету длиной 20 см, содержащую пары щелочного металла. Регистрирующая аппаратура, состоящая из монохроматора, фотоприемника и осциллографа, имела спектральное разрешение $\approx 1 \text{ см}^{-1}$ и позволяла фиксировать ИК сигналы с энергией до $\approx 2 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$.

При перестройке частоты накачки ω_L в окрестностях перехода $n^2P_{3/2} - (n+2)^2S_{1/2}$ атома Rb и Cs (рис. 1) было зарегистрировано интенсивное ИК ВКР на частоте ω_S . Наряду с ним наблюдалось вынужденное ИК излучение на частотах атомных переходов: $(n+1)^2P_{1/2, 3/2} - (n+2)^2S_{1/2}$, $(n+1)^2S_{1/2} - (n+1)^2P_{1/2, 3/2}$, $(n-1)^2D_{3/2, 5/2} - (n+1)^2P_{1/2, 3/2}$, $n^2P_{1/2, 3/2} - (n+1)^2S_{1/2}$, $n^2P_{1/2, 3/2} - (n-1)^2D_{3/2, 5/2}$. Эффективность его возбуждения была велика, причем она возрастала с приближением частоты накачки к частоте перехода $n^2P_{3/2} - (n+2)^2S_{1/2}$. В резонансных условиях суммарный коэффициент преобразования лазерного излучения в излучение всех зарегистрированных ИК линий достигал $\sim 40\%$ по числу квантов, а пороги возбуждения большинства из них были существенно меньше 1 кВт. Мы полагаем, что генерация мощного вынужденного ИК излучения является, как и в [2], следствием многофотонного возбуждения атомов выше предела

ионизации. Его возникновение и приводит к эффективному заселению исходного для ВКР уровня $n^2P_{3/2}$.

Были проведены детальные исследования основных характеристик процесса ИК ВКР, возбуждаемого в условиях изолированного резонанса с переходом между верхними состояниями атомов. Рассмотрим эти характеристики на примере экспериментов, выполненных в парах рубидия.

На рис. 2 приведены графики зависимости порога возбуждения $P_L^{пор}$ (кривая 1) и энергии W_S (кривая 2) ИК ВКР от частоты накачки ω_L . Частотная зависимость энергии ИК ВКР исследовалась при постоянной мощности возбуждающего лазера $P_L \approx 300$ кВт. Температура паров была 310°C (плотность атомов $N \sim 10^{16}$ см $^{-3}$). Как видно на графиках, с приближением ω_L к частоте атомного перехода $5^2P_{3/2} - 7^2S_{1/2}$, порог возбуждения ИК ВКР уменьшается, а энергия возрастает. Вблизи резонанса $P_L^{пор} \leq 1$ кВт, а W_S достигает максимальных значений, составляющих $\approx 30\%$ по числу квантов от энергии накачки.

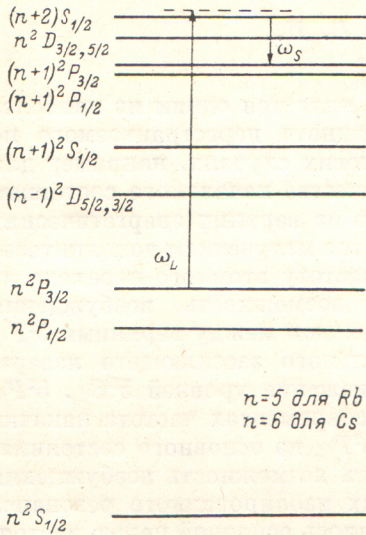


Рис. 1. Схема возбуждения ИК ВКР в парах щелочных металлов.

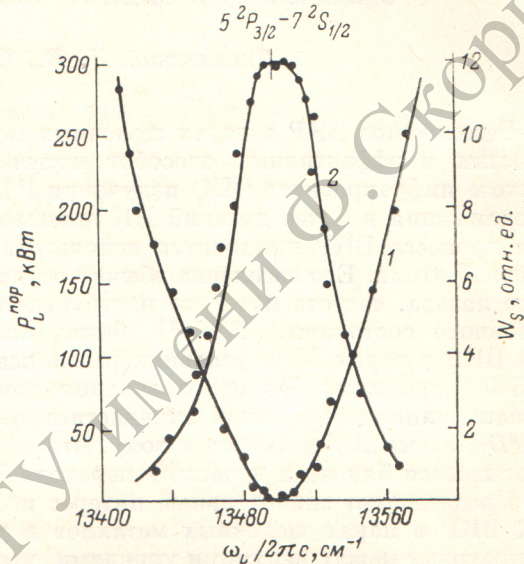


Рис. 2. Частотные зависимости порога возбуждения $P_L^{пор}$ (1) и энергии W_S (2) ИК ВКР в парах рубидия.

Были также проведены исследования зависимости энергии ИК ВКР от температуры паров. Мощность лазерного излучения оставалась постоянной и составляла ≈ 300 кВт. Установлено, что вначале с ростом температуры паров энергия ИК ВКР растет по экспоненциальному закону, а при температурах $\approx 310^\circ\text{C}$ наступает ее насыщение. Отметим, что при этих же температурах количество атомов становится сравнимым с числом квантов возбуждающего излучения.

Ширина линии ИК ВКР никогда не превышала ширины аппаратной функции монохроматора, составляющей ≈ 0.5 см $^{-1}$, поэтому собственная ширина линии ИК ВКР, по-видимому, не превышает ширины линии генерации возбуждающего лазера и составляет ≤ 0.2 см $^{-1}$.

Полученные результаты были сопоставлены с характеристиками ИК ВКР, возбуждаемого по обычной схеме, в которой заселение исходного уровня $5^2P_{3/2}$ осуществлялось излучением дополнительного лазера. Его частота настраивалась в резонанс с переходом $5^2S_{1/2} - 5^2P_{3/2}$, а мощность составляла ≈ 100 кВт, что существенно превышает значения, необходимые для выравнивания населенностей основного $5^2S_{1/2}$ и исходного $5^2P_{3/2}$ для ВКР состояний. Установлено, что использование второго лазера лишь незначительно повышает эффективность возбуждения ИК ВКР. Вместе с тем возбуждение ИК ВКР с помощью одного лазера гораздо удобнее для практического использования.

Аналогичные результаты были получены и при перестройке частоты на-

качки ω_L в окрестностях перехода $6^2P_{3/2} - 8^2S_{1/2}$ атома Cs. В этом случае также возбуждалось мощное излучение ИК ВКР, перестраиваемое в диапазоне 4.1—4.4 мкм. При этом коэффициент преобразования лазерного излучения в ИК область спектра достигал $\approx 25\%$ по числу квантов.

Таким образом, как в парах Rb, так и в парах Cs в условиях изолированного резонанса с переходом между верхними уровнями имеет место эффективное возбуждение ИК ВКР.

В заключение отметим, что результаты настоящей работы свидетельствуют о возможности осуществления ВКР преобразования лазерного излучения и при перестройке частоты накачки в окрестностях других верхних переходов атомов всех щелочных металлов. Это позволяет значительно расширить диапазон перестройки частоты преобразованного излучения в далекую ИК область спектра, недостижимую при возбуждении ВКР из основного состояния.

Литература

- [1] Cotter D., Hanna D. C. — Opt. Quantum Electron., 1977, v. 9, p. 509—515.
 [2] Королев Ф. А., Знаменский Н. В., Одинцов В. И. — Письма в ЖЭТФ, 1973, т. 28, с. 453—456.
 [3] Знаменский Н. В., Одинцов В. И. — Опт. и спектр., 1983, т. 54, в. 1, с. 96—99.

Поступило в Редакцию 10 июля 1985 г.

УДК 535.37 (206.1)

Опт. и спектр., т. 60, в. 1, 1986

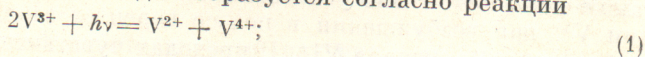
ВОЗБУЖДЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ИОНОВ V^{4+} В КОРУНДЕ

Сандуленко В. А., Сидорова Е. А.

В [1] сообщалось о получении перестраиваемой генерации на кристалле $Al_2O_3-Ti^{3+}$. В настоящем сообщении приводятся некоторые результаты спектрально-люминесцентного исследования изоэлектронной системы $Al_2O_3-V^{4+}$.

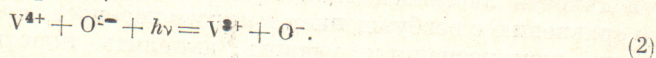
Для получения четырехвалентных ионов ванадия в корунде были использованы следующие приемы:

- 1) выращивались кристаллы, совместно легированные ванадием и магнием;
- 2) кристаллы с ванадием подвергались гамма-облучению. При этом предполагалось, что четырехвалентный ванадий образуется согласно реакции



- 3) кристаллы отжигались в окислительной атмосфере.

На рис. 1 приведены спектры люминесценции, возбуждения и поглощения кристаллов, выращенных методом вертикальной направленной кристаллизации, легированных ванадием и магнием для $E \perp c$ и $E \parallel c$ -оси. Широкая полоса оранжевой люминесценции с максимумом около 650 нм возбуждается в УФ части спектра и в двойной полосе 425—487 нм. Эта полоса соответствует переходу ${}^2T_{2g} - {}^2E_g$, как и для иона Ti^{3+} , неэлементарный ее характер обусловлен динамическим эффектом Яна—Теллера, приводящим к расщеплению состояния 2E_g [2], которое при комнатной температуре оказалось равным ~ 3000 см $^{-1}$. Спектр возбуждения в УФ области, как видно из рис. 1, соответствует спектру поглощения и совпадает с ранее установленной в [3] полосой переноса заряда в соответствии с фотохимической реакцией



Естественно предположить, что люминесценция возникает при обратной реакции — рекомбинации дырки на V^{3+} .

