

ОСОБЕННОСТИ ЧЕТЫРЕХФОТОННОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ПРИ НЕКОЛЛИНЕАРНОМ ДВУХЧАСТОТНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ

*В.И.Вайчайтис, М.В.Игнатвичюс, В.А.Кудряшов,
Ю.Н.Пименов, Н.Д.Устинов*

Экспериментально зарегистрированы пространственные спектры четырехфотонной параметрической люминесценции (ЧПЛ) в парах натрия при неколлинеарном двухчастотном возбуждении перехода $3S - 3D$, имеющие четко выраженную кольцевую структуру. Дана интерпретация наблюдавшегося явления из анализа условий частотной и пространственной синфазности процесса ЧПЛ.

Исследование характеристик ЧПЛ вызывает широкий интерес в связи с разнообразными прикладными задачами. Важным аспектом этих исследований является изучение пространственной структуры излучения ЧПЛ. Как правило эти исследования выполнены при двухфотонном возбуждении паров металлов вырожденной по частоте коллинеарной накачкой¹⁻³.

Нами исследовалась частотно-угловая структура ЧПЛ в парах натрия при двухчастотном (ω_{H1}, ω_{H2}) возбуждении перехода $3S - 3D$ и последующем его распаде с излучением на частотах ω_1 и ω_2 , близких к частотам переходов $3S - 3P$ и $3P - 3D$.

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Из соображений качественного перехода от вырожденной по частоте накачки к двухчастотной ее составляющие разнесены по разные стороны от частоты перехода $3S - 3P$. В качестве одной из составляющих накачки использовано излучение второй гармоники моноимпульсного пикосекундного лазера на $YAG : Nd^{3+}$ ($\lambda_{H1} = 0,532$ мкм, $P_{H1} \approx 10^9$ Вт, $\tau_{H1} \approx 30$ пс), в качестве второй — излучение ПГС на кристаллах KDP ($\lambda_{H2} = 0,964$ мкм, $P_{H2} \approx 10^7$ Вт). Концентрация паров натрия в кювете составляла $N \approx 10^{17}$ см⁻³. Регистрация пространственного спектра ЧПЛ осуществлялась на фотопленку через объектив "Гелиос-44-2". Частотный спектр ЧПЛ регистрировался спектрографом ДФС-452.

На рис. 2, 1 приведен экспериментально зарегистрированный пространственный спектр ЧПЛ в области частот перехода $3S - 3P$ в случае коллинеарных накачек, имеющий вид четко выраженного кольца, чему соответствует излучение ЧПЛ в виде конуса с внутренним углом $\sim 2,8^\circ$ и внешним углом $\sim 4,8^\circ$. Частота излучения ЧПЛ находится в низкочастотной области по отношению к частоте перехода $3S - 3P$. Ширина спектрального диапазона излучения ЧПЛ составляет ~ 30 Å. При сведении накачек под углом $1,5^\circ$ угловые размеры кольца в пространственном спектре ЧПЛ увеличиваются до величины ~ 3 и $\sim 5^\circ$ соответственно (рис. 2, 2).

При дальнейшем увеличении угла между накачками до $3,5^\circ$ угловые размеры кольца в пространственном спектре ЧПЛ увеличиваются до ~ 4 и $\sim 5,6^\circ$, а в его центре возникает излучение, угловая расходимость которого составляет $\sim 2,2^\circ$ (рис. 2, 3), частота этого излучения находится в высокочастотной области спектра по отношению к частоте перехода $3S - 3P$; ширина спектрального диапазона — 40 Å.

Интерпретация полученных результатов может быть сделана, исходя из условий частотной и пространственной синфазности процесса ЧПЛ:

$$\omega_{H1} + \omega_{H2} = \omega_{3S - 3D} = \omega_1 + \omega_2,$$

$$k_{H1} + k_{H2} = \Sigma k = k_1 + k_2.$$

На рис. 3 приведена пространственно-частотная диаграмма процесса ЧПЛ в парах натрия при двухчастотном возбуждении перехода $3S - 3D$, построенная в соответствии с этими условиями. На этой диаграмме областям частот, в которых $\Sigma k \geq \Sigma k_H$, соответствует излучение ЧПЛ, распространяющееся по образующим конуса, угол которого определяет-

ся разностью $\Delta k = \Sigma k - \Sigma k_H$. Значению $\Delta k = 0$ соответствует коллинейрное взаимодействие.

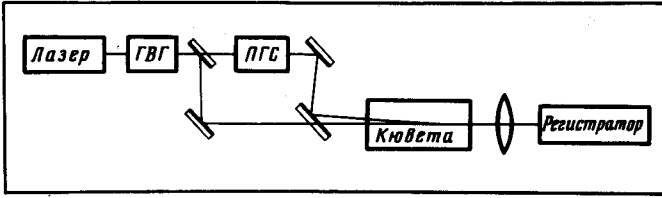


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

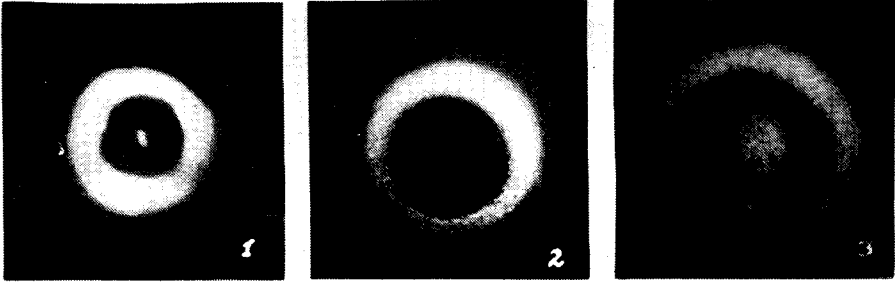


Рис. 2. Пространственные спектры излучения ЧПЛ в области частот перехода $3S - 3D$. Угол между накачками $\alpha_1 = 0$ (1), $\alpha_2 = 1,5^\circ$ (2), $\alpha_3 = 3,5^\circ$ (3)

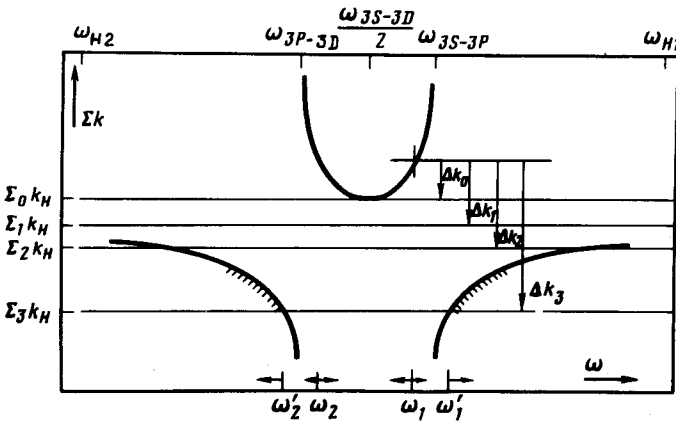


Рис. 3. Пространственно-частотная диаграмма процесса ЧПЛ

Анализ приведенной диаграммы хорошо объясняет наблюдавшуюся в эксперименте трансформацию пространственного и частотного спектров ЧПЛ. Действительно, в случае коллинейрной и вырожденной по частоте накачки ($\Sigma_0 k_H$ на диаграмме) излучение ЧПЛ в области частоты перехода $3S - 3P$ должно представлять собой "ореол" вокруг направления распространения накачки. Пространственный спектр этого излучения может приобрести вид кольца лишь в виду имеющейся зависимости от частоты эффективности процесса ЧПЛ, определяемой нелинейной восприимчивостью $\chi^{(3)}(\omega)$. При переходе к двухчастотной накачке, одна из составляющих которой $\omega_{H1} > \omega_{3S} - \omega_{3P}$ ($\Sigma_1 k_H$ на диаграмме), кольцевая структура в пространственном спектре ЧПЛ появляется обязательно.

Неколлинейность накачек, также как и разночастотность, приводят к уменьшению суммарного волнового вектора ($\Sigma_2 k_H$ на диаграмме) и, следовательно, к увеличению угловых размеров конуса, в котором отсутствует излучение ЧПЛ. И, наконец, когда величина $|\Sigma k_H|$ пересекает нижнюю ветвь пространственно-частотной диаграммы ($\Sigma_3 k_H$ на диаграмме), по направлению суммарного вектора накачки в области достаточно больших значе-

ний $\chi^{(3)}$ возникает излучение ЧПЛ, частота которого $\omega'_1 > \omega_{3S} - 3P$ (заштрихованная область на диаграмме). Структура пространственного спектра излучения ЧПЛ для частот ω_2 в области перехода $3P - 3D$ должна быть аналогична приведенной. (В эксперименте было зафиксировано наличие этого излучения, однако регистрация его пространственного спектра не производилась).

Полученные результаты имеют принципиальное значение при реализации конкретных схем, основанных на нелинейных взаимодействиях в газообразных средах. Так в схемах преобразования частоты в парах металлов излучение ЧПЛ является одним из основных факторов, ограничивающих чувствительность ⁴. Однако, как следует из изложенного, при правильном выборе геометрии и соотношения частот накачек в некотором телесном угле может быть осуществлен бесшумовой режим преобразования, ранее реализованный в схемах преобразования частоты в конденсированных средах ⁵.

Литература

1. Плеханов А.И., Раутиан С.Г., Сафонов В.П., Черноброд Б.М. Письма в ЖЭТФ, 1982, 36, 232.
2. Hartig W., Applied Physics, 1978, 15, 427.
3. Bloom D.M., Yardley J.T., Yung J.F., Harris S.E. Applied Phys. Lett., 1974, 24, 427.
4. Бахрамов С.А., Кирич И.Г., Тартаковский Г.Х., Известия АН СССР, Серия физическая, 1981, 45, 1059.
5. Матвеев И.Н., Пшеничников С.М., Умнов А.Ф., Устинов Н.Д. Тезисы докладов IX Всесоюзной конференции по когерентной и нелинейной оптике. Москва, 1978, часть II, 120.

Поступила в редакцию
11 декабря 1984 г