

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ НЕРЕЗОНАНСНОГО ВЫНУЖДЕННОГО КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ В ПАРАХ АТОМОВ ТАЛЛИЯ

Г. С. САРКИСЯН, В. О. ЧАЛТЫҚЯН

(Поступила в редакцию 20 ноября 1994 г.)

Институт физических исследований НАН Армении

В парах таллия с помощью нерезонансного антистоксова ($\lambda_{as}=0.45\mu$) рассеяния осуществлено преобразование излучения рубинового лазера ($\lambda_R=0.69\mu$) в фиолетовую область спектра. Измерены зависимости интенсивностей линий вынужденного электронно-комбинационного рассеяния (ВЭКР) от интенсивности и поляризации возбуждающего излучения. В интервале мощностей от 10 до 30 МВт наблюдаются осцилляции на кривой зависимости интенсивности линии излучения от плотности.

Исследование нелинейно оптических эффектов в атомарных газах открывает интересные возможности изменения параметров лазерного излучения — частоты, длительности, поляризации и т. д.

Задача преобразования оптического излучения в другие частотные диапазоны в настоящее время остается в центре внимания исследователей, т. к. практика нуждается в получении все новых источников излучения. Благодаря наличию близкого метастабильного уровня $6P_{3/2}$ атомы таллия являются удобным объектом для экспериментальных исследований процессов ВЭКР между основным уровнем $6P_{1/2}$ и первым возбужденным — $6P_{3/2}$.

Представляемая работа является продолжением экспериментов по преобразованию излучения рубинового лазера в ИК и УФ области спектра в парах таллия [1]. Приводятся результаты экспериментов по эффективному преобразованию излучения рубинового лазера в фиолетовое излучение, обусловленное вынужденным нерезонансным антистоксовым [2—6] излучением на электронных переходах между уровнями $6P_{3/2}$, $6P_{1/2}$ атома таллия.

Экспериментальная схема аналогична приведенной нами в работе [1]. Расстройка частоты излучения рубинового лазера от уровня $7S_{1/2}$ $\Delta\nu \sim 12100 \text{ см}^{-1}$. Коэффициент преобразования по числу фотонов при плотности атомов таллия $N_{Ti} = 10^{18} \text{ см}^{-3}$, $\gamma_{las} \sim 8\%$. Исследования проводились в интервале плотностей $N_{Ti} = 9 \cdot 10^{14} \div 3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, что соответствует изменению температуры паров от 700 до 1200°C; плотность накачки $P \sim 10 \div 40 \text{ МВт}$. Эксперименты проводились при жесткой фокусировке лазерного луча в центр таллиевой кюветы кварцевой линзой с фокусным расстоянием $f = 32 \text{ см}$, радиус пятна лазерного пучка в центре кюветы $\omega_0 = 0,03 \text{ см}$, длина затяжки $l = 15 \text{ см}$

(величина конфокального параметра, рассчитанная по известной формуле [7, 8] $b = \frac{4\pi\omega_c^2}{J_R} = 15$ см, сравнима с длиной затяжки). Измерена зависимость интегральной интенсивности (рассчитанной по методу наименьших квадратов) линии антистоксова ВКР от интенсивности возбуждающего излучения I и плотности атомов таллия N_{TI} . Подобная зависимость для линии стоксова ВКР экспериментально исследована авторами в работе [1]. Исследованы также поляризационные характеристики этой линии ($\lambda = 0,45\mu$) при линейно и циркулярно поляризованном возбуждающем нерезонансном лазерном излучении. Используя приближение трехуровневой системы, можно рассчитать поперечные сечения рамановского рассеяния $\sigma_R(\sigma_s \text{ и } \sigma_{as})$. В стационарном режиме для случая таллия выражение для σ_R , согласно работе [5], имеет вид (в единицах СИ):

$$\sigma_R = \frac{e^4 f_1 f_2 \nu_R}{32\pi^3 \epsilon_0^2 m^2 h c^2 \nu_1 \nu_2 \Delta \nu^2 \sqrt{2\Delta}}, \quad (1)$$

где f_1 и f_2 — силы осцилляторов начального и конечного рамановских уровней, ν_1 и ν_2 — соответствующие частоты, ν_R — рамановская частота, $\Delta\nu$ — виртуальная расстройка (от уровня $7S_{1/2}$), Δ — ширина возбуждающего лазерного излучения. При частоте накачки 639 нм, $f_1 = 0,135$, $f_2 = 0,125$, $\nu_s = 2,1 \cdot 10^{14} \text{сек}^{-1}$, $\nu_{as} = 6,7 \cdot 10^{14} \text{сек}^{-1}$, $\nu_1 = 7,9 \cdot 10^{14} \text{сек}^{-1}$, $\nu_2 = 5,6 \cdot 10^{14} \text{сек}^{-1}$, $\Delta\nu = 3,63 \cdot 10^{14} \text{сек}^{-1}$ и $\Delta = 3 \cdot 10^{10} \text{сек}^{-1}$ из формулы (1) получим:

$$\sigma_{as} = 2,23 \cdot 10^{-29} \text{см}^4/\text{Вт}, \quad \sigma_s = 7 \cdot 10^{-30} \text{см}^4/\text{Вт}.$$

При таких величинах поперечников балансный расчет дает для отношения населенностей состояний $6P_{1/2}$ и $6P_{3/2}$ примерно 3,2, что достаточно, как и показывает эксперимент, для наблюдения довольно интенсивного антистоксова рассеяния и, по-видимому, для получения лазерного эффекта на соответствующей частоте [2, 4].

Как и стоксовое излучение [1], антистоксовое раманово излучение также неполяризовано как при линейной, так и при циркулярной поляризации накачки. Оно регистрируется как в направлении распространения возбуждающего излучения, так и в обратном направлении — факт, который исключает параметрический механизм излучения $\lambda = 0,45\mu$. С появлением рамановского излучения при больших мощностях накачки наблюдается ослабление и постепенное исчезновение (при $T > 900^\circ\text{C}$) резонансной линии (см. ниже) спектрального перехода $7S_{1/2} \rightarrow 6P_{1/2}$ (~ 377 нм) при одновременном усилении линии $0,53\mu$. Отметим, что зависимости J_{as} от J_R и N_{TI} имеют порог как по интенсивности возбуждающего излучения ($J_R = 300$ МВт/см² при $N_{TI} = 10^{15}$ см⁻³), так и по плотности активных атомов ($N_{TI} \sim 10^{15}$ см⁻³ при $J_R = 300$ МВт/см²).

Приведем также результаты исследований влияния плотности паров на интенсивность резонансных линий атома таллия (табл.),

ранее полученные нами в работе [1] и интерпретированные как результат четырехфотонной ионизации атома галлия с последующими каскадными вынужденными переходами после рекомбинации ионов на высоколежащих возбужденных уровнях, при различных мощностях

Частота, см ⁻¹	Длина волны, мкм	Переход
26455.0	0,378	7S _{1/2} —6P _{1/2}
8683,6	1,115	7P _{3/2} —7S _{1/2}
7682,4	1,301	7P _{1/2} —7S _{1/2}
6201,5	1,612	5F _{5/2} —6D _{3/2}
6118,5	1,634	5F _{5/2} —6D _{5/2}
4586,0	2,18	8S _{1/2} —7P _{1/2}
3584,8	2,789	8S _{1/2} —7P _{3/2}

возбуждающего излучения. Исследования проводились в интервале мощностей накачки $P=10\div 40$ МВт, плотности атомов $N_{Ti}=10^{25}\div 3 \cdot 10^{27}$ см⁻³. В интервале мощностей от 10 до 30 МВт наблюдаются осцилляции на кривой зависимости интенсивности линии излучения от плотности. При мощности 30 МВт наблюдаются максимумы при плотностях 10^{26} и $5 \cdot 10^{26}$ см⁻³ и минимум при $3,4 \cdot 10^{26}$ см⁻³ и $3,5 \cdot 10^{27}$ см⁻³ для линий 1,31 и 1,15 м соответственнно. С уменьшением мощности минимумы и максимумы сдвигаются в сторону больших плотностей и увеличивается число осцилляций. Так, при 20 МВт возникает второй минимум при $4,4 \cdot 10^{26}$ см⁻³ для 1,31 м и при $1,2 \cdot 10^{27}$ см⁻³ для 1,15 м. Причины подобного поведения, возможно, аналогичны причинам температурной модуляции при генерации гармоник, наблюдающейся, например, в [9].

В заключение отметим, что приведенные результаты являются актуальными как для фундаментальных задач нелинейной оптики, так и для возможности практических применений при разработке преобразователей излучения в ИК и фиолетовый диапазон.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Глазов, М. Е. Мовсесян, Г. С. Саркисян. Квантовая электроника, 9, 1923 (1982).
2. R. A. Weingarten, L. Levin, A. F. Plusberg. Phys. Lett., 39, № 1, 38 (1982).
3. J. C. White, D. Handerson. QE—18, 6, 941 (1982).
4. J. C. White, D. Handerson. Optics Lett., 7, № 11, 517 (1982).
5. J. C. White, D. Handerson. Phys. Rev. A, 25, № 2, 1226 (1982).
6. J. C. White, D. Handerson. Optics Lett., 5, № 1, 15 (1983).
7. G. C. Bjorkland. QE—11, № 6, 287 (1975).
8. S. E. Harris. QE—9, № 4, 470 (1973).
9. T. Messberg, R. Flusberg, S. R. Hartmann. Opt. Comm., 25, № 1, 121 (1978).

ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ՓՈԽԱԿԵՐՊՈՒՄԸ ՏԱԼԻՈՒՄԻ ԱՏՈՄՆԵՐԻ
ԳՈՂՈՐՇԻՆԵՐՈՒՄ ՈՉ ՌԵԶՈՆԱՆՍԱՑԻՆ ՍՏԻՊՈՂԱԿԱՆ ԿՈՄՔԻՆԱՑԻՈՆ
ՑՐՄԱՆ ՕԳՆՈՒԹՅԱՄԲ

Գ. Ս. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Վ. Օ. ՉԱԼԹԻԿՅԱՆ

Տալիումի զոլորչիներում ոչ ռեզոնանսային ստիպողական կոմբինացիոն ցրման ($\lambda=0,45\mu$) օգնությամբ իրազործված է ուսմանային ճառագայթման ($\lambda=0,69\mu$) փոխակերպումը մանուշակագույն տիրույթ: Չափված է ստացված ստեղծյան զծի ինտենսիվության կախումը զոգող զծի ինտենսիվությունից և բևեռացումից: Հզորության 10—30 ՄՎտ տիրույթում կախման կորերի վրա բարձր խտությունների միջակայքում նկատվում են տատանումներ:

OPTICAL RADIATION CONVERSION BY MEANS OF NONRESONANT
STIMULATED RAMAN SCATTERING IN THALLIUM VAPOR

G. S. SARKISYAN, V. O. CHALTYKYAN

Conversion of ruby laser radiation ($\lambda_R=0.69\mu$) into the violet ($\lambda_{as}=0,45\mu$) is realized by means of nonresonant anti-Stokes scattering in thallium vapor. The dependences of scattered intensity on the intensity and polarization of exciting radiation are measured. In power interval 10—30 MWt the oscillations in the density dependence of emission intensity are observed.