

02;04;07;12

## Дискретно-перестраиваемый импульсный газоразрядный лазер на парах тулия

© В.А. Герасимов, Л.Н. Старкова

Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск

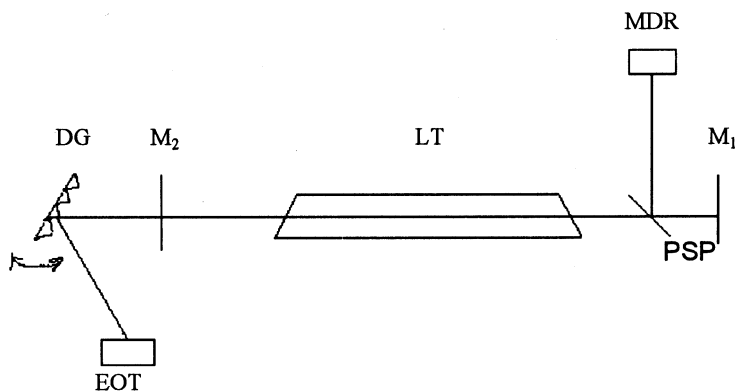
Поступило в Редакцию 12 июля 2000 г.

Приводятся результаты исследований лазера на парах тулия, имеющего лазерные переходы со столкновительным заселением верхних лазерных уровней, в перестраиваемом резонаторе. В исследуемом диапазоне спектра (1000–1400 нм) зафиксированы 5 новых лазерных переходов.

Первое сообщение о получении генерации лазерного излучения в парах тулия в условиях газового разряда было сделано в 1968 г. [1], где сообщалось о получении 12 лазерных переходов в области спектра 1300–2380 нм. В работах [2,3] спектр линий генерации был расширен до 589–2384 нм, а количество генерирующих переходов до 18.

Особенность лазера на парах тулия состоит в том, что все лазерные переходы за исключением одного (589.947 нм) в качестве верхнего лазерного имеют атомные нерезонансные уровни. Это исключает прямое их заселение из основного состояния электронным ударом в условиях газового разряда. В [3] было сделано предположение, а в [4] показано, что основным механизмом создания инверсии населенности является столкновительная передача возбуждения верхнему лазерному уровню от близкорасположенных ( $\Delta E < kT_g$ ) резонансных уровней. При этом резонансный переход должен быть пленен, что превращает резонансный уровень в эффективного донора.

В качестве столкновительных партнеров могут выступать как собственные атомы в основном состоянии, так и атомы буферного газа (инертные газы). Атом тулия, как представитель подгруппы лантаноидов, имеет очень насыщенную структуру уровней и соответственно небольшие дефекты энергии между ними. В случае, когда вблизи резонансного находятся несколько уровней, не возбуждаемых прямо в условиях газового разряда, вполне вероятно дискретная перестройка частоты лазерного излучения при использовании селективного резонатора.



**Рис. 1.** Схема экспериментальной установки: LT — лазерная трубка,  $M_1$  — плоское зеркало с алюминиевым покрытием, PSP — прозрачная стеклянная пластинка,  $M_2$  — диэлектрическое зеркало с коэффициентом отражения 20–40% в области спектра 1000–1500 nm, MDR — монохроматор МДР-23, DG — дифракционная решетка, EOT — электронно-оптический преобразователь.

Аналогичная работа по такой перестройке, насколько известно авторам, проводилась только в СО-лазере, например в работе [5].

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Лазерная трубка содержала газоразрядный канал из окиси алюминия диаметром 20 mm и длиной активной зоны 400 mm. Трубчатые электроды из ниобия располагались в торцах газоразрядного канала. Металлический тулий располагался кусочками на внутренней поверхности газоразрядного канала по всей его длине. Лазер работал в саморазогревном режиме. Емкость 2.35 nF, заряженная до 4.5 kV, коммутировалась на лазерную трубку водородным тиратроном ТГИ1-1000/25 с частотой 1.4 kHz. При этом температура газоразрядного канала измеряемого W-Re термпарой достигала 1100°C, а давление насыщенных паров тулия —  $P_{\text{Tm}} = 1$  Тогг. В качестве буферного газа использовался гелий при давлении  $P_{\text{He}} = 2$  Тогг. Для создания селективного резонатора использовалась дифракционная решетка 300 lin/mm с углом блеска 30°. При этом решетка устанавливалась так, чтобы первый порядок ( $k = 1$ ) интерференции был соосным с газоразрядным каналом. Второй порядок ( $k = 2$ ) интерференции решетки использовался для визуаль-

ного контроля наличия генерации с помощью электронно-оптического преобразователя. Дисперсионное разрешение решетки в исследуемом диапазоне длин волн для данной конфигурации оптического резонатора составляло  $\Delta\lambda < 0.1 \text{ nm}$ .

Аппаратная функция монохроматора МДР-23, осуществлявшего селекцию лазерного излучения в наших условиях, не превышала  $0.05 \text{ nm}$  [6].

Регистрация лазерного излучения осуществлялась фотоумножителем ФЭУ-62, который способен регистрировать лазерное излучение до  $2000 \text{ nm}$  [7], и осциллографом С1-75.

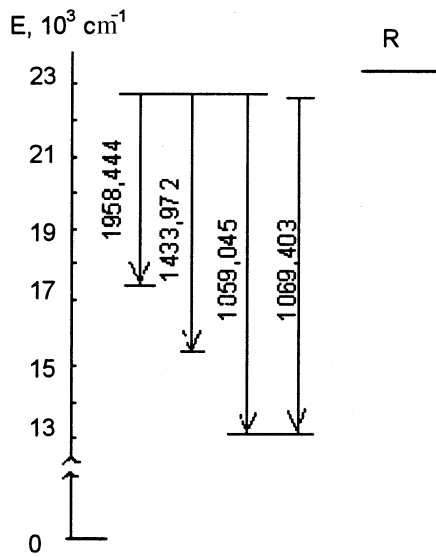
Методика эксперимента была следующей. После достижения рабочей температуры и фиксации наличия лазерного излучения с помощью электронно-оптического преобразователя убиралось зеркало  $M_2$ , образывавшее с  $M_1$  плоский резонатор. Генерация прекращалась и поворотом дифракционной решетки восстанавливалась, после чего монохроматором производился поиск линии генерации и осуществлялось измерение длины волны. Последующее вращение дифракционной решетки приводило к исчезновению зафиксированной линии генерации и появлению новой и т.д.

В результате исследований было зафиксировано 10 лазерных переходов, отраженных в таблице, при этом 5 из них получены впервые.

Два новых лазерных перехода с  $\lambda = 1059.045 \text{ nm}$  и  $\lambda = 1113.11 \text{ nm}$  удалось идентифицировать по данным работ [8,9]. Три оставшихся перехода с  $\lambda = 1101.0 \text{ nm}$ ,  $\lambda = 1305.4 \text{ nm}$ ,  $\lambda = 1309.45 \text{ nm}$  идентифицировать не удалось.

Перечень лазерных переходов, полученных в работе

$\lambda, \text{ nm}$	Переход, $\text{cm}^{-1}$
1059.045	$22559_{9/2} - 13119_{11/2}$
1069.403	$22468_{11/2}^0 - 13119_{11/2}$
1101.00	—
1101.115	$25536_{15/2}^0 - 16456_{17/2}$
1113.11	$17752_{5/2} - 8771_{5/2}^0$
1304.322	$26357_{13/2} - 18893_{15/2}$
1305.40	—
1309.45	—
1310.057	$22902_{13/2} - 15271_{15/2}$
1338.009	$22742_{13/2} - 15271_{15/2}$



**Рис. 2.** Пример схемы уровней конкурирующих лазерных переходов: R — резонансный уровень, длины волн переходов указаны в nm.

Стоит отметить близость длин волн двух лазерных переходов: известного с длиной волны  $\lambda = 1101.115 \text{ nm}$  и полученного впервые с  $\lambda = 1101.0 \text{ nm}$ . Линию с длиной волны  $\lambda = 1101.0 \text{ nm}$  удавалось выделить только в том случае, когда положение решетки было таким, при котором соосно с лазерной трубкой устанавливался второй порядок интерференции решетки ( $k = 2$ ). В этом случае разрешение решетки увеличивалось в два раза.

Из идентифицированных лазерный переход с  $\lambda = 1113.11 \text{ nm}$  является типично самоограниченным и не проявляется в обычном резонаторе (зеркала  $M_1$ ,  $M_2$ ) в результате конкуренции по нижнему уровню с переходом  $25717_{7/2} - 8771_{5/2}$  ( $\lambda = 589.95 \text{ nm}$ ). В лазерном переходе с  $\lambda = 1059.045 \text{ nm}$  (рис. 2), скорее всего, происходит ассоциация энергии возбуждения двух верхних лазерных уровней ввиду малости дефекта энергии ( $91 \text{ cm}^{-1}$ ) между ними.

Известные ранее лазерные переходы при смене простого резонатора с зеркалом на перестраиваемый с решеткой увеличивают мощность излучения примерно на порядок. Переход к более высоким концентрациям Tm, а также исследование других областей спектра с  $\lambda > 1400$  nm и  $\lambda < 1000$  nm должны значительно увеличить число генерирующих переходов в лазере на парах тулия.

## Список литературы

- [1] Cahuzac Ph. // Phys. Lett. 1968. V. 27A. N 8. P. 473–474.
- [2] Герасимов В.А., Прокопьев В.Е., Соколов В.Г. и др. // Квант. электр. 1984. Т. 11. № 3. С. 624–626.
- [3] Герасимов В.А., Юнжаков Б.П. // Квант. электр. 1989. Т. 16. № 12. С. 2386–2393.
- [4] Gerasimov V.A. // Proc. SPIE. 1998. V. 3403. P. 165–174.
- [5] Масычев В.И., Плотниченко В.Г., Сысоев В.К. // Квант. электр. 1981. Т. 8. № 7. С. 1540–1550.
- [6] Артеев М.С., Сулакшин С.С. // ПТЭ. 1988. № 4. С. 156–157.
- [7] Климкин В.М., Прокопьев В.Е. // ПТЭ. 1976. № 5. С. 215–216.
- [8] Camus P., Guelachvili G., Verges J. // Spectrochimica Acta. 1969. V. 24B. P. 373–388.
- [9] Sugar J., Meggers W.F. // Journal of NBSA. 1973. V. 77A. P. 1–43.