

02;07

Генерация лазерного излучения на атомарном переходе эрбия в смеси Er + Tm + He

© В.А. Герасимов, А.В. Павлинский

Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск

E-mail: vag@iao.ru

Поступило в Редакцию 4 апреля 2003 г.

Впервые сообщается о получении генерации лазерного излучения в парах эрбия, при этом заселение верхнего лазерного уровня в атоме эрбия осуществляется столкновительной передачей возбуждения с резонансных уровней атома тулия.

Впервые возможность создания лазера с обменом энергии между верхними уровнями двух разнородных атомов была указана в работе [1], где было предложено использовать смесь паров натрия и кальция, однако лазер по такой схеме до настоящего времени создан не был. Нами была предпринята попытка реализовать данную идею. Для решения поставленной задачи наиболее перспективными представляются металлы подгруппы лантаноидов, имеющие весьма разветвленную атомарную структуру уровней. Это обстоятельство увеличивает вероятность того, что при столкновительной передаче энергии возбуждения от одного атома металла к другому найдутся уровни-акцепторы с небольшим дефектом энергии ($\Delta E < kTg$) относительно уровня-донора.

В качестве исследуемых металлов были выбраны тулий и эрбий. Лазер на парах тулия [2] имеет 17 лазерных переходов, для 16 из которых верхние лазерные уровни заселяются в процессах столкновительной передачи возбуждения от близкорасположенных резонансных уровней с дефектами энергий $\Delta E = 27-700 \text{ cm}^{-1}$. В парах эрбия генерация лазерного излучения до настоящего времени получена не была.

Поскольку температура равного давления насыщенных паров для тулия и эрбия различаются в области давлений $\sim 1 \text{ Torr}$ на 500 градусов, в газоразрядной трубке (ГРТ) создавался необходимый температурный профиль с помощью внешнего нагревателя. Диаметр ГРТ, выполненной

из алунда, составлял 12 mm при общей активной длине ГРТ 500 mm. Навески тулия располагались в центральной зоне ГРТ на длине 250 mm, а эрбий помещался по краям трубки в двух зонах длиной по 125 mm. В качестве буферного газа использовался гелий при давлении 3 Torr. Температура разрядного канала ГРТ контролировалась оптическим пирометром „Проминь“.

Источник накачки основывался на водородном тиратроне ТГИ1-1000/25, через который осуществлялся прямой разряд на ГРТ накопительной емкости $C_s = 2.35$ nF, заряжаемой до напряжения 14 kV. Частота повторения импульсов составляла 5 kHz. Резонатор образован двумя плотными плоскими зеркалами с алюминиевым покрытием. Лазерное излучение выводилось через стеклянную пластинку, помещенную в резонатор под углом 45° к оптической оси резонатора. Для регистрации использовался монохроматор МДР-23, фотоумножитель ФЭУ-62, осциллографы С1-75 и Tektronix TDS 3032.

Эксперимент проводился следующим образом. Вначале в ГРТ по всей ее длине помещался только эрбий. Внешним нагревателем создавался равномерный нагрев и проводились исследования по получению лазерного излучения в указанном элементе. При этом концентрация атомов эрбия могла подниматься до $5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$. Попытки получить генерацию лазерного излучения в таких условиях успехом не увенчались. Затем в ГРТ был помещен тулий (в центральную зону) и эрбий (на краях трубки). Внешним нагревателем в зоне расположения тулия поддерживалась температура 1100°C , что соответствовало концентрации атомов тулия $n_{\text{Tm}} = 5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, а по краям в зоне расположения эрбия 1530°C (концентрация атомов эрбия $n_{\text{Er}} = 2.7 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$).

В результате проведенных исследований были зафиксированы 4 линии генерации, соответствующие атомам тулия (длины волн $\lambda = 1069$; 1101; 1310; 1338 nm) и одна линия с длиной волны $\lambda = 1058.9$ nm, не принадлежащая атому тулия и существовавшая только при наличии паров эрбия.

Анализ работ [3–5] показал, что обнаруженная линия принадлежит атомарному переходу эрбия конфигурации $4f^{11}(^4I_{13/2}^0)6s^26p_{3/2}$ с энергией $25942.577 \text{ cm}^{-1}$ и уровнем $4f^{11}(^4I_{13/2}^0)5d_{5/2}6s^2$ с энергией $16501.416 \text{ cm}^{-1}$. Верхний лазерный уровень, отнесенный к эрбию, имеет одинаковую четность с основным. Предполагаемая схема заселения

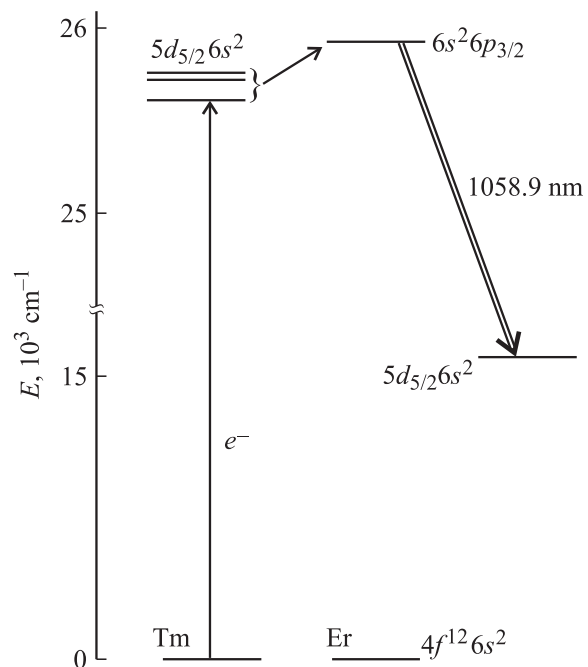


Рис. 1. Схема заселения верхнего лазерного уровня атома эрбия. Двойной стрелкой обозначен лазерный переход.

данного верхнего уровня показана на рис. 1. По-видимому, верхний лазерный уровень заселяется с трех резонансных уровней тулия с энергией $E = 25745, 25717$ и 25656 cm^{-1} в реакции столкновительной передачи возбуждения



где Tm_0 , Tm^* и Er_0 , Er^* — атомы тулия и эрбия в основном и возбужденном состоянии соответственно.

Эффективность данного процесса обусловлена следующими факторами:

1. Относительно небольшими дефектами энергии $\Delta E = 200\text{--}300 \text{ cm}^{-1}$.

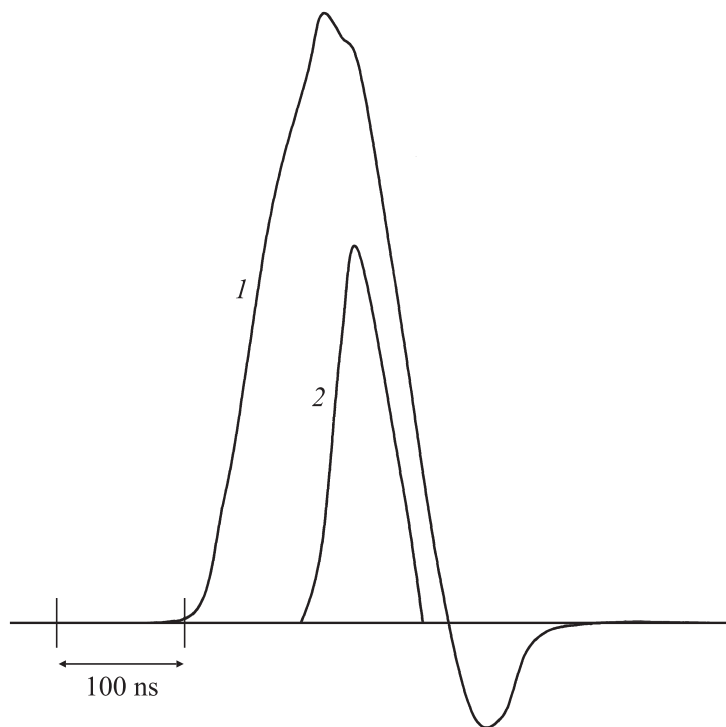


Рис. 2. Осциллограммы импульсов тока (1) и генерации (2).

2. Большой скоростью заселения указанных резонансных уровней тулия из основного состояния прямым электронным ударом в газовом разряде.

Кроме этого, положение импульса генерации на заднем фронте импульса тока накачки (рис. 2) свидетельствует о том, что заселение верхнего лазерного уровня происходит в столкновениях тяжелых атомов (атомов металлов) [2].

Таким образом, в данной работе реализована оригинальная схема накачки с передачей возбуждения между разнородными компонентами активной среды.

Список литературы

- [1] *Петраш Г.Г.* // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1978. Т. 42. № 12. С. 2507–2510.
- [2] *Герасимов В.А., Юнжаков Б.Н.* // Квант. электрон. 1989. Т. 16. № 12. С. 2386–2393.
- [3] *Spector N., Held S.* // The first spectrum of erbium — description and classification. Soreq. Israel Atomic Energy Commission. 1980. 353 p.
- [4] *Gamus P., Guelachvili G., Verges J.* // Spectrochimica Acta. 1969. V. 24B. P. 373–388.
- [5] *Sugar J., Meggers W.F.* // Journal of NBSA. 1973. V. 77A. P. 1–43.