

Характеристики некоторых марок лазерных стёкол с Nd<sup>3+</sup>

Марка лазерного стекла	$N, 10^{20} \text{ см}^{-3}$	$\tau$ упрочн. $\times 10^{-3} \text{ МРС}$	$\sigma$ перехода $\times 10^{-20} \text{ см}^2$	$n$	$n_0, 10^{-13} \text{ ГГСЭ}$	$dn/dT, 10^{-7} \text{ К}^{-1}$	$W, 10^{-7} \text{ К}^{-1}$
ГЛС2 Силикатное (СССР) . . . . .	1,98	500	2,2	1,53	—	-16	31
ГЛС22 Фосфатное аtermальное (СССР)	2,0	300	3,5	1,6	—	-57,5	2
ЕД-2 Силикатное (США) . . . . .	2,83	300	2,71	1,57	1,52	29	80
Q-100 Фосфатное аtermальное (США)	10,7	190	4,4	1,56	1,2	-46	0
LHG-8 Фосфатное аtermальное (Япония) . . . . .	3,1	315	4,2	1,53	1,13	-53	6

вами Л. с. являются относительно простая технология, низкая стоимость, возможность синтеза стекла в больших (до неск. сотен дм<sup>3</sup>) объёмах и с высокой оптич. однородностью. Активные элементы (АЭ) лазеров изготавливаются в виде цилиндров, параллелепипедов, дисков, трубок разл. размеров. Площадь поперечного сечения АЭ может быть от единиц мм<sup>2</sup> до десятков см<sup>2</sup>, длина — от единиц см до м. Изготавливаются также АЭ в виде волокон.

На стеклянных активных средах созданы миниатюрные лазеры и мощные лазерные системы, работающие в разл. режимах и применяющиеся в медицине, научных исследованиях, геодезии, для технол. целей, а также в экспериментах по управляемому термоядерному синтезу (УТС). Выходная мощность лазерных систем, созданных на стекле с Nd<sup>3+</sup> для программы УТС, достигает значений 10<sup>13</sup> Вт в импульсивном режиме при длительности импульса 1 нс. Типичные величины кпд лазеров на стекле с Nd<sup>3+</sup> 1—5%.

Лит.: Справочник по лазерам, пер. с англ., под ред. А. М. Прохорова, т. 1, М., 1978; Алексеев Н. Е. и др., Лазеры на стеклах, в кн.: Итоги науки и техники. Радиотехника, т. 18, М., 1978; Лазерные фосфатные стекла, под ред. М. Е. Жаботинского, М., 1980.

**ЛАЗЕРНЫЙ ГИРОСКОП** (фотонный гироскоп) — квантовый гироскоп, чувствительным элементом к-рого является кольцевой лазер, генерирующий 2 встречные волны. Действие Л. г. основано на зависимости разности собств. частот кольцевого оптического резонатора для встречных волн от скорости его вращения относи-

тельно (треугольник или прямоугольник) для встречных волн (рис. 1). Возникновение разности частот встречных волн следует из зависимости времени обхода светом вращающегося контура от скорости вращения и направления обхода. Согласно общей теории относительности, разность времён обхода вращающегося контура  $\Delta t$  (в приближении малости линейной скорости вращения по сравнению со скоростью света  $c$ ) записывается в виде, к-рый может быть интерпретирован и в рамках классич. кинематики:

$$\Delta t = \tau_0 \frac{4S\Omega}{cL} \cos \phi. \quad (1)$$

Здесь  $\tau_0$  — время обхода неподвижного контура,  $S$ ,  $L$  — площадь и оптич. периметр контура (с учётом показателя преломления),  $\Omega$  — угл. скорость вращения (в рад/с),  $\phi$  — угол между осью вращения и нормалью к плоскости контура.

Т. к.  $\Delta t$  связана с различием оптич. путей встречных волн соотношением  $\Delta t/\tau_0 = \Delta L/L$ , а  $L$  определяет собств. частоты резонатора, частоты вращающегося кольцевого резонатора для встречных волн  $\nu_{\pm}$  (+ для волны, распространяющейся по направлению вращения) становятся разными:

$$\nu_{\pm} = \nu_0 \mp 2\nu_0 \frac{S\Omega}{cL} \cos \phi. \quad (2)$$

Здесь  $\nu_0 = mc/L$  — частота волн в неподвижном резонаторе ( $m$  — целое число). Разность  $(\nu_- - \nu_+)$  не зависит от формы контура, положения оси вращения относительно центра резонатора и может быть записана в виде

$$\Delta \nu = \nu_- - \nu_+ = K\Omega \cos \phi \text{ (Гц)}, \quad (3)$$

где  $K = 4S/\lambda_0 L$  наз. масштабным коэф. Л. г.,  $\lambda_0 = (\lambda_+ + \lambda_-)/2$  — длина волны излучения покоящегося Л. г.

Разностная частота  $\Delta \nu$  ( $\sim 10^{-2} - 10^5$  Гц) выделяется фотодетектором при пространств. совмещении (смещении) небольшой части энергии ( $\ll 0,1\%$ ) встречных световых волн ( $\nu_{\pm} \sim 10^{14}$  Гц), выведенной из кольцевого резонатора ( $Z_1, Z_2, Z_3$ ) через выходное частично прозрачное зеркало  $Z_3$ . Смеситель состоит из зеркал  $Z_4, Z_5$  ( $Z_5$  — полупрозрачное; рис. 1) или спец. призм с углом при вершине  $\approx 90^\circ$ . Синусоидальный сигнал на выходе фотодетектора преобразуется в измерит. устройстве в последовательность импульсов, регистрируемых счётчиком. Число импульсов пропорц. углу поворота в плоскости кольцевого лазера. Один импульс на выходе счётчика соответствует повороту Л. г. на  $\Delta \phi \ll 1''$ .

Большая величина  $K$  позволяет измерять малые скорости вращения при небольших размерах Л. г. Напр., для кольцевого гелий-неонового лазера ( $\lambda_0 = 6,328 \times 10^{-5}$  см), имеющего резонатор в виде квадрата со стороной 10 см,  $K = 1,58 \cdot 10^8$ . При этом суточное вращение Земли, происходящее с угл. скоростью 15 град/ч и регистрируемое на широте  $60^\circ$ , должно давать  $\Delta \nu \approx 10$  Гц. Считая угл. скорость вращения Земли известной и постоянной, можно с точностью  $\sim 1'$  определить широту, на к-рой расположен Л. г.

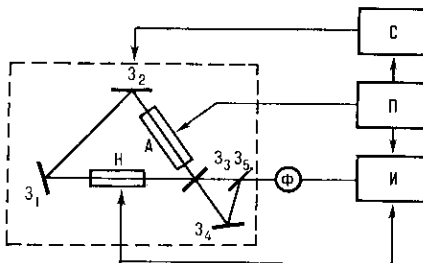
С квантовомеханич. точки зрения Л. г. представляет собой прибор, вращение к-рого вызывает изменение энергий  $h\nu_{\pm}$  и орбитальных моментов  $L_{\pm}$  макроскопич. «орбит» фотонов, распространяющихся во встречных направлениях:

$$h\nu_{\pm} = h\nu_0 \mp l_{\pm} \Omega, \quad (4)$$

где  $l_{\pm} = h\nu_{\pm} \langle R \rangle / c$  — величины проекции орбитальных моментов на нормаль к плоскости кольцевого резонатора,  $\langle R \rangle = 2S/L$  — эффективный радиус орбиты. Из (4) следует, что  $\Delta \nu = \nu_0 4S\Omega / cL$ . Учитывая, что  $\nu_0/c = \lambda_0$ , получим выражение (3).

Зависимость  $\Delta \nu(\Omega)$  (выходная характеристика Л. г., рис. 2) в реальном кольцевом лазере отличается от (3)

Рис. 1. Принципиальная схема лазерного гироскопа:  $Z_1 - Z_3$  — зеркала; А — активная среда;  $Z_4, Z_5$  — зеркала смесителя встречных волн ( $Z_5$  — полупрозрачное); Н — независимый элемент; Ф — фотодетектор; П — блок питания; С — система стабилизации параметров лазера; И — система обработки информации.



тельно инерциальной системы отсчёта. В отличие от волоконно-оптического гироскопа, регистрирующего угл. скорость вращения, Л. г. позволяет определять изменение угла поворота.

Резонатор кольцевого лазера состоит из 3 (или 4) отражателей (зеркал или призм), установленных на жёстком основании и обеспечивающих замкнутую траек-