

УДК 621.375.826

В. Н. ПАРЫГИН, А. И. ПОРТНЯГИН, С. К. ПАК

УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ ВЫХОДНОГО  
ИЗЛУЧЕНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА Nd: YAG

Управление поляризацией выходного излучения лазера путем изменения анизотропных свойств резонатора уже осуществлено в газовых He—Ne- и CO<sub>2</sub>-лазерах [1, 2].

Цель данной работы состоит в экспериментальной проверке возможности управления поляризацией твердотельного непрерывного лазера на алюмоиттриевом гранате с неодимом. Для такого лазера анизотропные свойства резонатора определяются в основном наведенным двулучепреломлением активного элемента. Кристалл Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>Y<sub>12</sub> — кубический и, следовательно, изотропен. Однако вследствие термических напряжений, возникающих под действием излучения накачки, кристалл становится двулучепреломляющим вдоль направления продольной оси резонатора [3]. Величина двулучепреломления  $\Delta n_{\text{пр}}$  имеет параболическое распределение по сечению активного элемента и зависит от того, в каком направлении выращен кристалл.

В нашем случае использовался кристалл, выращенный в направлении [001]. Данный кристалл можно рассматривать как некоторую фазовую пластинку с малой анизотропией и осями, направление которых совпадает с направлением единичных векторов  $\mathbf{e}$  и  $\mathbf{f}$  в полярной системе координат. При малых мощностях накачки выходное излучение имеет линейную поляризацию, направление которой совпадает с одной из наведенных осей активного кристалла.

При помещении в резонатор электрооптического кристалла появляется возможность управления поляризационными характеристиками выходного излучения. С помощью метода матриц Джонса можно показать, что резонатор с двумя фазовыми пластинками, угол между осями которых равен  $\theta$ , имеет собственные моды с ортогональными линейными поляризациями. Угол  $\alpha$  между плоскостью поляризации одной из мод и осью  $x$  активного кристалла зависит от угла  $\theta$  и от параметров, характеризующих анизотропные свойства фазовых пластинок:

$$\operatorname{ctg} \alpha = A \pm \sqrt{1 + A^2}; \quad A = \cos \varphi_1 (\operatorname{ctg} 2\theta \pm \operatorname{tg} \varphi_1 \operatorname{ctg} \varphi_2 / \sin 2\theta), \quad (1)$$

где  $\varphi_2$  — разность фаз между  $o$ - и  $e$ -лучами в активном кристалле,  $\varphi_1$  — разность между  $o$ - и  $e$ -лучами в электрооптическом кристалле. На рис. 1 представлена зависимость величины угла  $\alpha$  от  $\varphi_1$  при  $\varphi_2 = 20^\circ$ ,  $\theta = 10^\circ$ . Прикладывая к электрооптическому кристаллу электрическое напряжение и изменяя таким образом  $\varphi_1$ , можно изменять и  $\alpha$  — угол поворота плоскости линейной поляризации выходного излучения. Величина поворота плоскости поляризации зависит от величин  $\varphi_2$  и  $\theta$ . Как следует из (1), эффективность управления поляризацией увеличивается при уменьшении  $\theta$ .

Для проверки этих выводов была собрана экспериментальная установка, схема которой приведена на рис. 2. Активный элемент имел следующие размеры:  $l_1 = 100$  мм,  $d_1 = 5$  мм. Длина резонатора  $L$  со-

ставляла 70 см, пропускание выходного зеркала  $Z_1$  — 14%. Для частичной компенсации эффекта тепловой линзы использовалось сферическое заднее зеркало  $Z_2$  с радиусом кривизны  $R=50$  см. Лазер работал в одномодовом режиме.

В резонатор помещался кристалл  $\text{LiNbO}_3$  с размерами  $5 \text{ мм} \times 5 \text{ мм} \times 18 \text{ мм}$  вдоль кристаллографических осей, причем ось  $z$  совпадала с направлением распространения излучения. На кристалл  $\text{LiNbO}_3$  подавалось синусоидальное электрическое напряжение  $U_B$  частотой 50 Гц с трансформатора ТР. Выходное излучение регистрировалось ФЭУ-62 и подавалось на выход у осциллографа С1-70. Развертка осуществлялась синусоидальным сигналом 50 Гц, синфазным с напряжением, подаваемым на  $\text{LiNbO}_3$ . В качестве анализатора  $\Pi$  использовалась призма Глана. Прерыватель  $\text{ПР}$

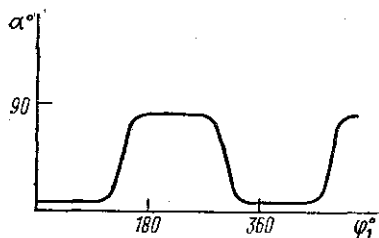


Рис. 1

( $f=600$  Гц) служил для регистрации абсолютного уровня выходного сигнала.

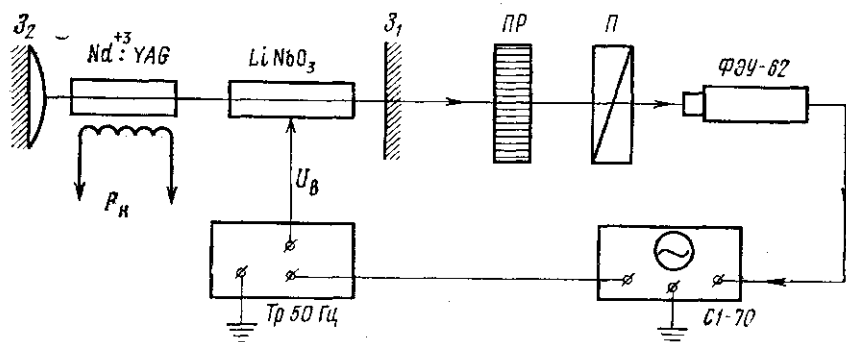
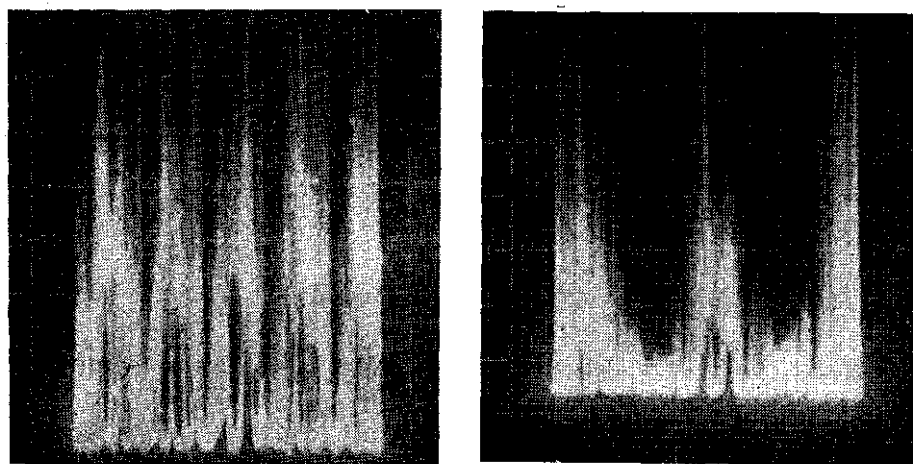


Рис. 2

На рис. 3 приведены осциллограммы выходного сигнала, полученные без поляроида (а) и с поляридом (б), периодичность которых обусловлена периодичностью изменения  $\varphi_1$  электрооптического кристалла и прямо следует из выражения (1) и рис. 1. Нетрудно вычислить величину электрического напряжения, необходимого для изменения  $\varphi_1$  на  $\pi$  [4]. Для  $\text{LiNbO}_3$   $U_{\lambda/2} = \lambda d / 2n^3 \gamma_{23} l = 1,5 \text{ кВ}$ . Это значение напряжения, необходимого для изменения угла на максимальную величину, согласуется с экспериментальным. Рис. 3,б свидетельствует о том, что плоскость поляризации выходного излучения изменяется при приложении напряжения к кристаллу. Угол  $\alpha$  изменяется примерно на  $90^\circ$ .

На рис. 3,б видна заметная амплитудная модуляция, хотя поляридом отсутствовал. Можно показать, что причина этого явления состоит в зависимости добротности резонатора лазера от направления линейной поляризации излучения. Подобный эффект должен отсутствовать при использовании активного кристалла, выращенного в направлении [111].

Таким образом, данные эксперимента показывают возможность управления пространственной ориентацией поляризации выходного излучения лазера Nd:YAG с помощью установленного в резонаторе электрооптического элемента  $\text{LiNbO}_3$ .



a

б

Рис. 3

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Doyle W. M., White M. B., Gerber W. D. Intracavity polarization modulation of a nearly isotropic  $\text{CO}_2$  laser.—IEEE, Journal of Quant. Elect., 1970, 6, 457.
2. Липатов А. С., Парыгин В. Н. Конкуренция поляризаций в газовом лазере с малой фазовой анизотропией резонатора.—Квантовая электроника, 1975, 2, 2571.
3. Kimura T., Otsuka K. Thermal effects of a continuously pumped Nd: YAG laser.—IEEE, Journal of Quant. Elect., 1971, 7, 403.
4. Мустель Е. Р., Парыгин В. Н.—Методы модуляции и сканирования света. М., с. 73—78, 1970.

Поступила в редакцию  
05.09.78

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1980, Т. 21, № 2

УДК 538.561

Ю. К. АЛЕКСЕЕВ, А. И. КОСТИЕНКО

#### ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЯ ТОКА НА ВИРТУАЛЬНОМ КАТОДЕ

В режиме существования виртуального катода в модифицированном диоде при наличии петли гистерезиса естественно ожидать появления незатухающих колебаний тока при включении в цепь коллектора постоянного сопротивления. Изучение этого явления представляет как