

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 CO₂-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 Al₂O₃Y₁₂ — 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 θ , имеет собственные моды с ортогональными линейными поляризациями. Угол α между плоскостью поляризации одной из мод и осью x активного кристалла зависит от угла θ 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 φ_2 — разность фаз между o - и e -лучами в активном кристалле, φ_1 — разность между o - и e -лучами в электрооптическом кристалле. На рис. 1 представлена зависимость величины угла α от φ_1 при $\varphi_2 = 20^\circ$, $\theta = 10^\circ$. Прикладывая к электрооптическому кристаллу электрическое напряжение и изменяя таким образом φ_1 , можно изменять и α — угол поворота плоскости линейной поляризации выходного излучения. Величина поворота плоскости поляризации зависит от величин φ_2 и θ . Как следует из (1), эффективность управления поляризацией увеличивается при уменьшении θ .

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 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 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 LiNbO_3 . В качестве анализатора Π использовалась призма Глана. Прерыватель ПР

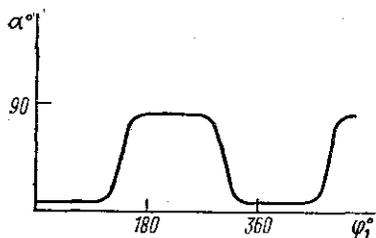


Рис. 1

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

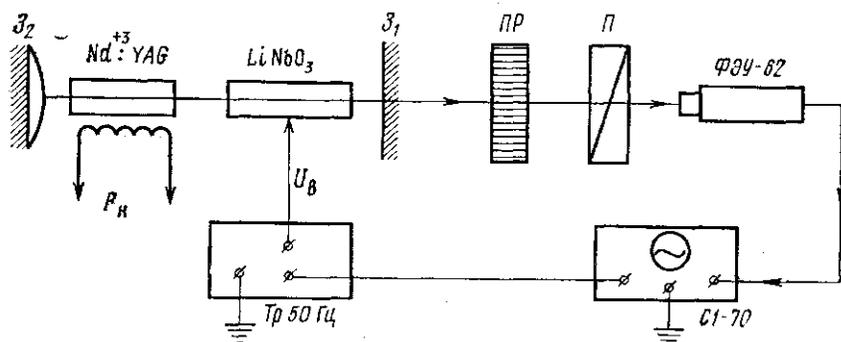
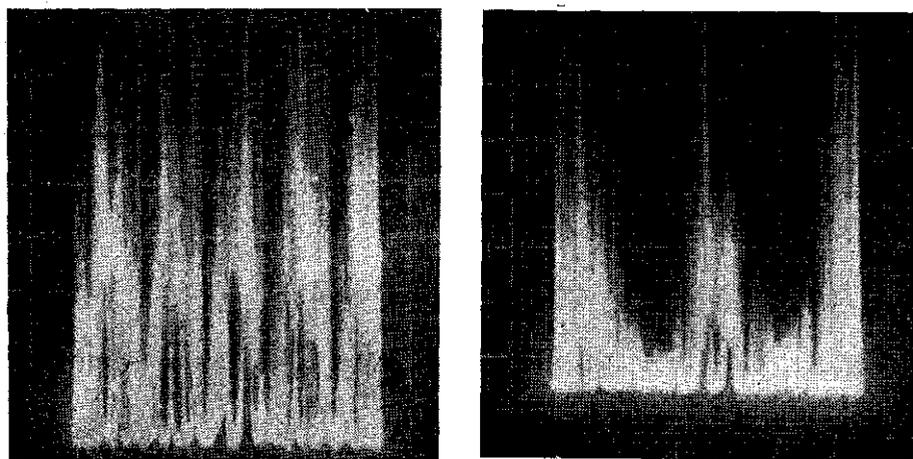


Рис. 2

На рис. 3 приведены осциллограммы выходного сигнала, полученные без поляроида (а) и с поляридом (б), периодичность которых обусловлена периодичностью изменения φ_1 электрооптического кристалла и прямо следует из выражения (1) и рис. 1. Нетрудно вычислить величину электрического напряжения, необходимого для изменения φ_1 на π [4]. Для 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 α изменяется примерно на 90° .

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 LiNbO_3 .



а

б

Рис. 3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Doyle W. M., White M. B., Gerber W. D. Intracavity polarization modulation of a nearly isotropic 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