

- [18] R o s e n b e r g R.A., W e n C.R. // Phys. Rev. 1989. V. B39. P. 6630.
- [19] З и г б а н К., Н о р л и н г К. и др. Электронная спектроскопия. М.: Мир, 1971. 493 с.
- [20] S o l o m o n J.S., G r a n t J.T. et al. // J. Vac. Sci. Technol. 1985. V. A3. N 2. P. 373.

Поступило в Редакцию  
2 февраля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 11

12 июня 1990 г.

07

© 1990

### ЧАСТОТНЫЙ ОПТИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМЫЙ ЛАЗЕР НА АИГ: $Nd^{3+}$

Л.М. Б а л я с н ы й, М.А. Г р о з н о в,  
Б.С. Г у б а н о в, А.В. З о р я,  
В.С. М ы л ь н и к о в, Б.П. Р е г е л ь м а н,  
И.В. О с и н, С.В. С у р е н с к и й

За последние годы появился ряд работ, посвященных использованию светоправляемых пространственно-временных модуляторов света (ПВМС) в качестве модовых селекторов импульсных лазеров [1, 2].

Настоящая работа является продолжением этих исследований, при этом нами впервые изучена оптическая неоднородность ПВМС типа металл-диэлектрик-полупроводник-жидкий кристалл (МДП-ЖК) [3], которые использовались в качестве внутррезонаторных светоправляемых зеркал импульсных лазеров, и показана возможность создания на основе МДП-ЖК модуляторов частотного (до 20 Гц) оптически управляемого лазера на АИГ:  $Nd^{3+}$  ( $\lambda = 1.06$  мкм,  $\tau = 100$  мкс).

На рис. 1 изображен резонатор, содержащий активный элемент, поляризатор, два сферических зеркала, два плоских зеркала, расположенные в фокальной плоскости сферических зеркал. Резонатор представляет собой оптическую систему, проецирующую каждую точку зеркала I в единственную точку зеркала VI и наоборот. Отличие от аналогичной схемы, указанной в работе [2], состоит в том, что вместо двух элементов (глухого зеркала и ПВМС) использовался один, объединяющий их в едином узле - оптически управляемом зеркале (ОУЗ). Оптически-управляемое зеркало представляет собой многослойную структуру (МДП-ЖК модулятор на S-эффекте); прозрачные электроды ( $In_2O_3$ ) - 1.8; ориентант-поливиниловый спирт (ПВС) - 2.4; нематический жидкий кристалл - 9; теф-

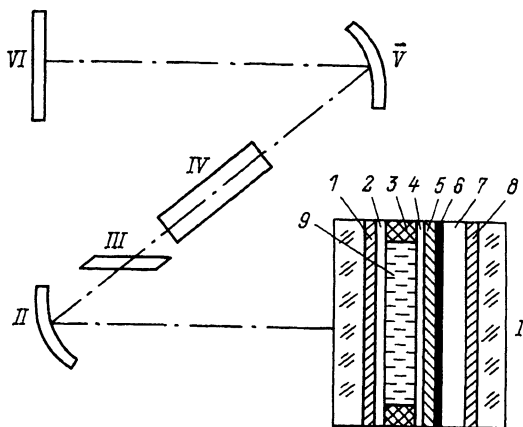


Рис. 1. Схема сопряженного резонатора с оптически управляемым зеркалом (ОУЗ).

I - ОУЗ; II, V - сферические зеркала; III - поляризатор; IV - активный элемент; VI - выходное зеркало.

пеновой прокладки - 3; внутреннее разделительное зеркало ( $SiO_2 - ZrO_2$ ); светоблокирующий слой ( $MgF_2$ ) - 6; фоточувствительный слой ( $GaAs$ ) - 7.

Запись на ОУЗ осуществлялась излучением He-Ne лазера ( $\lambda = 0,63$  мкм). Модулятор на считывающей длине волны ( $\lambda = 1,06$  мкм) обладал следующими характеристиками: время включения  $t_{вкл} = 10$  мс, время выключения  $t_{выкл} = 23$  мс, реверсивность  $F > 20$  Гц, напряжение и частота питания  $U = 5-80$  В и  $f = 2-50$  кГц, максимальное значение записанного контраста  $K_{зап} = 4$ , чувствительность  $S \geq 3 \cdot 10^{-5}$  Дж/см<sup>2</sup>.

Невысокая пространственная однородность пропускания Т модулятора рис. 2 вызвала необходимость диафрагмировать рабочую область (диаметр не превышал 2 мм), но даже при этом неравномерность пропускания ПВМС в отсутствие записывающего излучения составляла 20-40%. Полученные значения неоднородности в 3-5 раз хуже, чем у ПВМС с напыленными фоточувствительными слоями, например с халькогенидным стеклообразным проводником [4]. Как установлено в [4], основной вклад в неоднородность пропускания вносит фоточувствительный слой, а в случае с МДП-ЖК модулятором приклеенный и отполированный монокристалл  $GaAs$ , который имеет клин, остаток грязи и пыли на границе раздела с ЖК, постепенно отслаивается и потрескивается по всей рабочей апертуре.

Минимальное значение  $K_{зап}$ , при котором наблюдалась устойчивая генерация, составляла 2:1. Напряжение и частота питания ПВМС подбирались таким образом, что в отсутствие управляющего

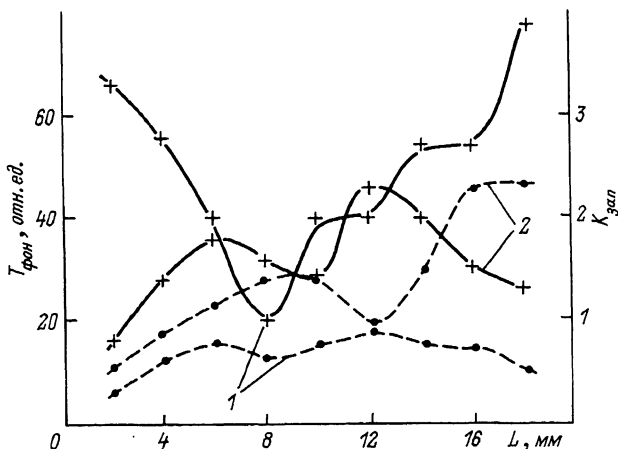


Рис. 2. Пространственная неоднородность пропускания  $T$  вдоль по рабочей апертуре  $L$  оптически управляемого зеркала при наличии записывающего сигнала (непрерывная кривая -  $K_{зап}$ ) и без него - фон (пунктир -  $T_{фон}$ ). Кривые 1 и 2 соответствуют точкам, сдвинутым друг относительно друга на 3 мм.

сигнала порог генерации не достигается. Лазер (с активным элементом из АИГ:  $Nd^{3+}$  диаметром 8 мм и длиной 100 мм) имел фокусное расстояние зеркал сопряженного резонатора 260 мм; коэффициент отражения выходного зеркала  $R_{вых} = 71\%$ , длительность импульса генерации  $\tau = 100$  мкс.

Перед постановкой ОУЗ в резонатор было проведено исследование пространственного распределения генерации на торце выходного зеркала лазера. В этом случае вместо ОУЗ устанавливалось глухое зеркало, перед которым внутри резонатора помещалась сканирующая диафрагма диаметром  $d$  от 0.5 до 2 мм. Полученное пространственное распределение генерации представлено на рис. 3.

В случае с ОУЗ плотность энергии генерации была 5-10 мДж/см<sup>2</sup> и ограничивалась лучевой стойкостью ПВМС, которая составляла  $W \leq 70$  мДж/см<sup>2</sup> под воздействием 20-40 импульсов генерации. Оценим максимальную теоретическую плотность энергии генерации  $W_{max}$ , которую можно было считать с ОУЗ:

$$W_{max} = \frac{W(1-R_{вых})}{2\sqrt{R_{вых}}} \approx 12 \frac{\text{мДж}}{\text{см}^2}, \quad (1)$$

где  $W = 70$  мДж/см<sup>2</sup>,  $R_{вых} = 71\%$ .

Максимальный коэффициент усиления по яркости, считываемого с ОУЗ изображения точки, составил:

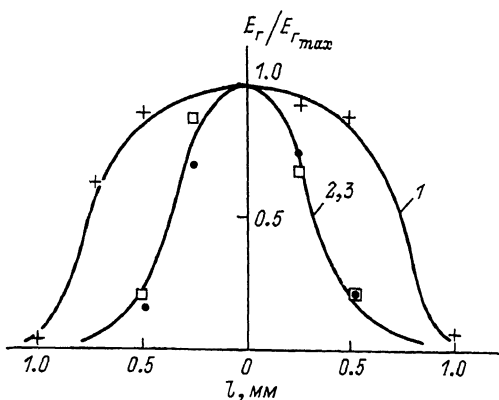


Рис. 3. Распределение энергии генерации на торце выходного зеркала при различных диаметрах сканирующей диафрагмы. Кривая 1 -  $d=1.5$  мм, 2 -  $d=1$  мм, 3 -  $d=0.7$  мм.

$$N = \frac{W}{S_{min}} = \frac{10^{-2} \text{ Дж/см}^2}{3 \cdot 10^{-5} \text{ Дж/см}^2} \approx 300. \quad (2)$$

Частоту импульсов генерации можно было изменять от 0.1 Гц и выше, при этом она ограничивалась реверсивностью ОУЗ ( $\sim 20$  Гц).

Таким образом, в работе показана возможность использования МДП-ЖК модуляторов на  $S$ -эффекте с внутренним разделительным зеркалом в качестве оптически управляемых зеркал частотных лазеров на АИГ:  $Nd^{3+}$ . Установлено, что максимальная энергия свободной генерации лазера  $\sim 10$  мДж/см<sup>2</sup> ограничивалась лучевой стойкостью ориентанта ( $\leq 70$  мДж/см<sup>2</sup>) - поливинилового спирта. Оптическая неоднородность модулятора составляла 20-40%, что связано с наличием приклеенного монокристаллического слоя GaAs. Частота работы лазера определялась предельной реверсивностью ПВМС ( $\sim 20$  Гц).

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] В л а д и м и р о в Ф.Л. и др. // Квантовая электроника. 1985. Т. 12. № 10. С. 2071-2076.
- [2] В л а д и м и р о в Ф.Л. и др. // Труды ГОИ, Л., 1986. Т. 50. В. 1949. С. 73-81.
- [3] В а с и л ь е в А.В. и др. Пространственные модуляторы света. М.: Радио и связь, 1987. 320 с.
- [4] Г р о з н о в М.А. и др. Тез. докл. 1 Всес. конф. по оптической обработке информации. Л.: ЛИАП, 1988, ч. II, с. 46.

Поступило в Редакцию  
15 июня 1989 г.

В окончательной редакции  
28 февраля 1990 г.