

07

©1995 г.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ АКТИВНОГО КВАЗИВОЛНОВОДА НА ДИСПЕРСИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

О.В.Багдасарян, А.Л.Гюламирян, Т.Э.Меликсетян

Научно-производственное объединение "Лазерная техника",
375090, Ереван, Армения
(Поступило в Редакцию 23 февраля 1994 г.
В окончательной редакции 18 апреля 1995 г.)

Приведены результаты теоретического и экспериментального исследования влияния преломляющих свойств прилегающих к активному слою сред в виде призм Дове на спектрально-угловые характеристики выходного излучения активного квазिवолноводного слоя, а также соответствующие аналитические выражения, одна таблица и характерные спектрограммы реального излучателя.

В работах [1,2] впервые теоретически и экспериментально исследованы возможности получения генерации на активных квазिवолноводных (неволноводных) слоях. Дальнейшему исследованию спектрально-угловых и пороговых характеристик выходного излучения активного квазिवолновода посвящена работа [3]. В перечисленных работах рассмотрение проводилось без учета преломляющих свойств прилегающих сред. В то же время для создания оптимальной конструкции квазिवолноводного тонкопленочного лазера (КТЛ) необходимо детально учесть влияние прилегающих сред на его выходные характеристики. В настоящей работе проведено такое исследование.

Ранее в [2,3] было показано, что рассматриваемая квазिवолноводная система без учета дисперсии пассивных и активной сред имеет собственную спектрально-угловую дисперсию. Учет дисперсии показателей преломления активной n_2 и пассивной n_1 сред для спектрально-угловой дисперсии m -й моды излучения КТЛ в прилегающие среды приводит к следующему выражению:

$$\frac{d\Theta_m}{d\lambda} = \frac{n_2(\lambda) \frac{dn_2(\lambda)}{d\lambda} - \lambda \left(\frac{m}{2l}\right)^2 - \frac{1}{n_1(\lambda)} \left[n_2^2(\lambda) - \left(\frac{\lambda}{2l}m\right)^2 \right] \frac{dn_1(\lambda)}{d\lambda}}{\sqrt{n_2^2(\lambda) - \left(\frac{\lambda}{2l}m\right)^2} \sqrt{n_1^2(\lambda) - n_2^2(\lambda) + \left(\frac{\lambda}{2l}m\right)^2}}, \quad (1)$$

где λ — длина волны, l — толщина активного квазिवолновода.

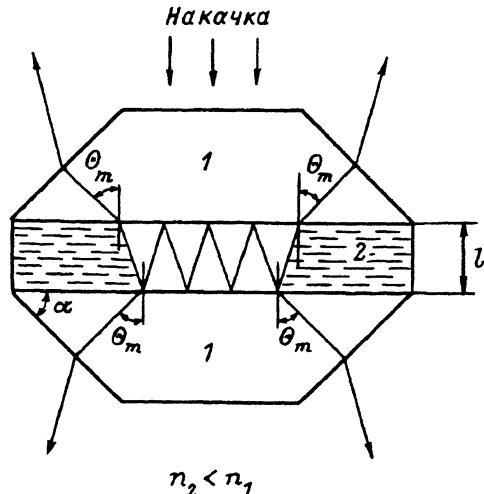


Рис. 1. Схема активного квазिवолновода.

1 — пассивные диэлектрические среды, 2 — активная среда, стрелками указано направление излучения квазिवолновода.

Обозначения углов показаны на рис. 1.

Отсюда видно, что собственная спектрально-угловая дисперсия выходного излучения квазिवолновода определяется как разностью показателей преломления, так и дисперсией пассивных и активной сред, а также параметрами самого квазिवолновода.

До сих пор рассматривалась собственная спектрально-угловая дисперсия выходного излучения квазिवолновода в неограниченные прилегающие среды с показателем преломления n_1 . Учитывая, что реально используемые системы имеют определенную форму, необходимо рассчитывать дисперсию такой системы в целом. В используемой в эксперименте конфигурации (пассивные прилегающие среды квазिवолновода были выполнены в виде призм Дове с углами при основании α) (рис. 1) расчеты показали, что дисперсия такой системы не является суммой дисперсий квазिवолновода и призм, а выражается следующей формулой:

$$\frac{d\varphi_m}{d\lambda} = \pm \frac{\left[\frac{dn_1(\lambda)}{d\lambda} \sin(\Theta_m - \alpha) \pm n_1(\alpha) \frac{d\Theta_m}{d\alpha} \cos(\Theta_m - \alpha) \right]}{\cos\{\arcsin[(\sin(\Theta_m - \alpha)n_1(\lambda))]\}}. \quad (2)$$

Знаки плюс и минус берутся в зависимости от соотношения величин углов Θ_m и α (рис. 2). В таблице приведены результаты расчета спектрально-угловой дисперсии системы для первой квазिवолновод-

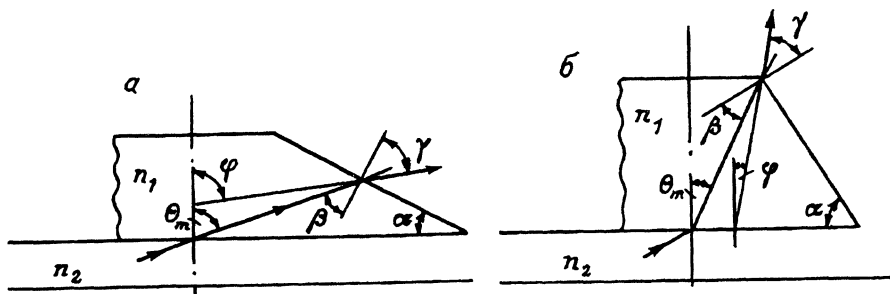


Рис. 2. К расчету формулы (2) для случаев $\Theta_m > \alpha$ (а), $\Theta_m < \alpha$ (б).

$$d\varphi_m/d\lambda \cdot 10^4, \text{град}/\text{Å}$$

$\alpha, \text{град}$	n_{D1}	$l, \text{МКМ}$						
		1	3	5	9	11	15	19
27	1.4585	-34.90	-13.02	-9.46	-7.78	-7.52	-7.27	-7.15
	1.5147	-22.63	-3.57	-1.57	-0.76	-0.64	-0.52	-0.47
30	1.4585	-27.27	-6.39	-3.98	-2.99	-2.84	-2.70	-2.64
	1.5147	-19.20	-2.48	-0.87	-0.22	-0.13	-0.05	-0.001
45	1.4585	-17.95	-2.76	-1.34	-0.77	-0.69	-0.61	-0.58
	1.5147	-13.49	-0.67	0.45	0.89	0.95	1.02	1.04
60	1.4585	-15.89	-1.87	-0.60	-0.10	-0.02	0.04	0.08
	1.5147	-11.89	0.17	1.20	1.61	1.67	1.72	1.75

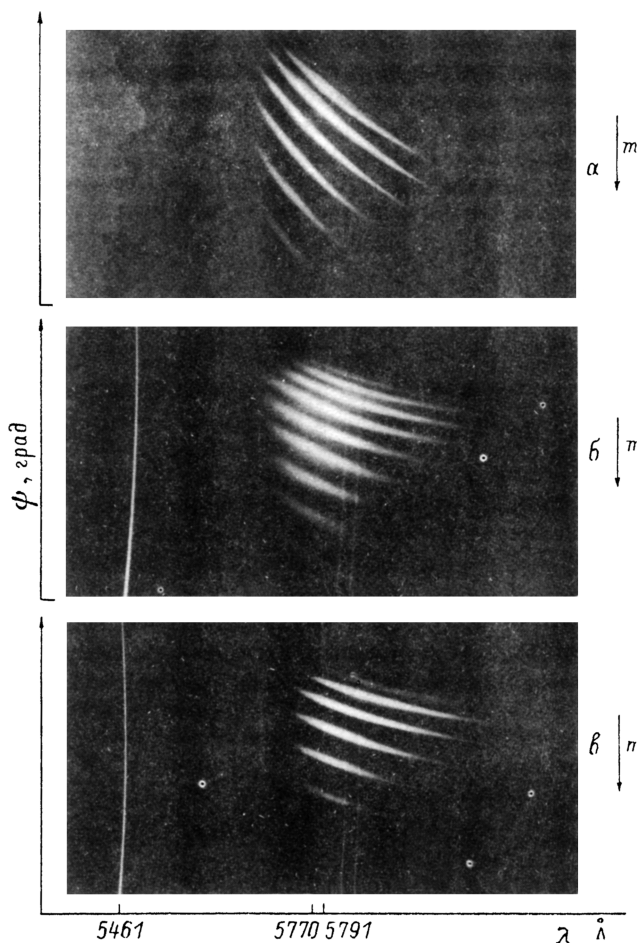


Рис. 3. Спектрограммы углового распределения выходного излучения квази-волновода толщины $l = 20 \text{ мкм}$.

n_{1D} : а, б — 1.4585; в — 1.5147; α , град: а — 30, б — 60, в — 45.

ной моды в зависимости от угла α при различных толщинах квазиволновода l и показателя преломления прилегающих сред n_1 . Зависимость величины дисперсии системы от номера моды не приводится, так как ход изменения этого параметра аналогичен изменению соответствующей величины $d\theta_m/d\lambda$ (см. формулу (1)), а именно с ростом номера моды дисперсия возрастает. Из таблицы видно, что величина дисперсии квазиволноводной системы сильно зависит от разности показателей преломления активной и пассивной сред и преломляющего угла α , при малых значениях которого величина дисперсии наибольшая. Однако преломляющий угол α можно уменьшить только до определенного предела в зависимости от показателя преломления прилегающей среды, так как на границе призма-воздух происходит полное внутреннее отражение. Таким образом, выбором формы и материала прилегающей пассивной среды можно управлять величиной дисперсии выходного излучения активного квазиволновода.

В наших экспериментах в качестве активного квазиволновода использовался этаноловый раствор красителя родамина 6G ($n_2 = 1.368$), помещенный между двумя призмами Лове с углом при основании α и зазором $l = 20$ мкм (рис. 1). Материалом для прилегающих пассивных сред в эксперименте служили плавленный кварц $n_{1D} = 1.4585$ и стекло марки K14 с $n_{1D} = 1.5147$ ($\lambda_D = 58933 \text{ \AA}$, D — линия в спектре натрия).

На рис. 3 приведены спектрограммы углового распределения выходного излучения активного квазиволновода. Отметим, что дисперсия выходного излучения $d\Psi_m/d\lambda$, зарегистрированного на спектрограммах, обусловлена суммой угловых дисперсий нашей системы $d\varphi_m/d\lambda$ и спектрографа $d\delta/d\lambda$ и определяется выражением [4]

$$\frac{d\Psi_m}{d\lambda} = \frac{d\varphi_m}{d\lambda} \Gamma + \frac{d\delta}{d\lambda}, \quad (3)$$

где Γ — угловое увеличение спектрографа ИСП-51.

Так как спектрограф имеет большую отрицательную дисперсию по отношению к дисперсии квазиволноводной системы, то применение спектрографа устраняет влияние положительной величины спектрально-угловой дисперсии системы (см. таблицу) на угловое распределение выходного излучения. Как видно из сравнения спектрограмм (рис. 3), наибольшую спектрально-угловую дисперсию имеем при малых углах преломления ($\alpha = 30^\circ$), что находится в качественном согласии с результатами расчета (см. таблицу).

Выявленные закономерности изменения спектрально-угловой дисперсии позволяют конструировать КТЛ с заданными параметрами выходного излучения, а также эффективно и очень просто управлять спектральными характеристиками выходного излучения активного квазиволновода только с применением обычных плоских зеркал.

Список литературы

- [1] Арутюнян В.М., Джотян Г.П., Карменян А.В. // Изв. АН АрмССР. Физика. 1980. Т. 15. № 5. С. 379–401.
- [2] Arutunyan V.M., Djotyan G.P., Karmenyan A.V. et al. // Opt. Commun. 1981. Vol. 36. N 3. P. 227–228.
- [3] Арутюнян Г.В., Багдасарян О.В., Джотян Г.П., Меликсетян Т.Э. // ЖТФ. 1988. Т. 58. Вып. 12. С. 2395–2398.
- [4] Малышев В.И. Введение в экспериментальную спектроскопию. М.: Наука, 1979. 478 с.