

07;08  
©1995

## ВЫВОД ПРОИЗВОЛЬНО-ПОЛЯРИЗОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИЗ ПОЛОСТИ ЛАЗЕРНОГО РЕЗОНАТОРА ПОСРЕДСТВОМ АКУСТООПТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

*В.М.Котов*

Известно, что интенсивность светового излучения, заключенного между зеркалами лазерного резонатора, во много раз превышает интенсивность, излучаемую через зеркала. В [1,2] предложен вариант, позволяющий вывести всю запасенную внутрирезонаторную энергию в виде короткого и мощного импульса с помощью акустооптического (АО) модулятора. Однако в этом варианте АО модулятор потребляет большую электрическую мощность (средний уровень которой — несколько ватт), что приводит к необходимости охлаждать его. Кроме того, выбранный режим дифракции недостаточно эффективен при использовании его для вывода внутрирезонаторного излучения с произвольной поляризацией.

В настоящей работе предлагается метод вывода внутрирезонаторного излучения, лишенный этих недостатков. Метод основан на сочетании свойства зеркала менять поляризацию света при его отражении с оптическими свойствами гиротропных сред. Подобное сочетание уже использовалось для получения поляризационно-нечувствительной АО модуляции лазерного излучения [3,4]. На рис. 1 показана оптическая схема предлагаемого варианта. Оптическое внутрирезонаторное излучение 1 с произвольной поляризацией пересекает АО ячейку 2, выполненную на базе гиротропного материала. Внутри ячейки исходное оптическое излучение распадается на две собственные волны с право- и левоциркулярными поляризациями. В ячейке возбуждается акустическая волна  $q$  пьезопреобразователем 3. Условия АО взаимодействия выбраны такими, чтобы в брэгговском режиме с акустической волной находилась одна из собственных волн оптического излучения, например, с левоциркулярной поляризацией. Эта волна дифрагирует в направлении 4, сменив поляризацию в результате анизотропной дифракции на правоциркулярную. Собственная волна с правоциркулярной поляризацией пересекает ячейку 2 без дифракции, в направлении 5. После отражения от резонаторного зеркала 6 луч 5 распространяется в направлении 7,

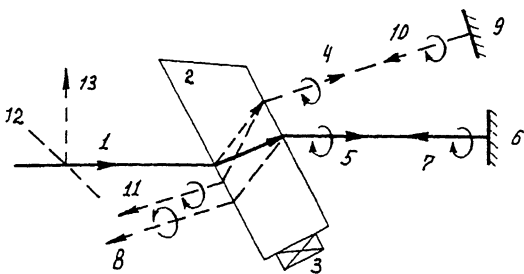


Рис. 1. Оптическая схема вывода излучения из резонатора при помощи АО ячейки.

сменив правоциркулярную поляризацию на левоциркулярную. Попадая в АО ячейку 2, излучение 7 дифрагирует на той же акустической волне  $q$  в направлении 8, сменив при этом поляризацию на правоциркулярную. Нормально лучу 4 установлено дополнительное зеркало 9, отражающее это излучение в луч 10 с левоциркулярной поляризацией. Луч 10 пересекает АО ячейку 2 без дифракции, в направлении луча 11, коллинеарном с лучом 8. Лучи 8 и 11 составляют излучение, выводимое из полости лазерного резонатора. Отметим, что в направлении 1 излучение не возвращается, оно в конечном итоге выводится из резонатора в направлениях 8 и 11.

Описанный процесс формирования выходного излучения поясняется с помощью векторной диаграммы (рис. 2). На

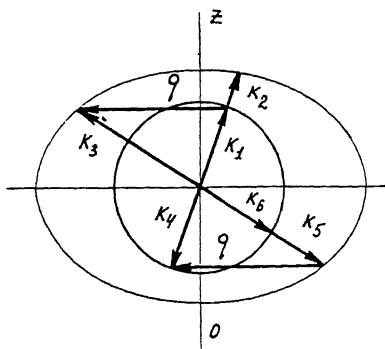


Рис. 2. Векторная диаграмма используемого вида АО дифракции.

этом рисунке изображено сечение поверхностей волновых векторов одноосного гиротропного кристалла, примером которого может служить  $\text{TeO}_2$ . Исходное оптическое излучение распространяется вблизи оптической оси  $OZ$  кристалла, распадаясь внутри его на две собственные волны с волновыми векторами  $\mathbf{K}_1$  и  $\mathbf{K}_2$ . Излучение  $\mathbf{K}_1$  дифрагирует в направлении  $\mathbf{K}_3$  в результате АО взаимодействия с акустической волной  $\mathbf{q}$ , распространяющейся ортогонально  $OZ$ . Луч  $\mathbf{K}_3$  соответствует лучу 4 на рис. 1. После отражения от резонаторного зеркала луч  $\mathbf{K}_2$  распространяется в направлении луча  $\mathbf{K}_4$ . Поскольку при отражении от зеркала изменилось состояние поляризации, луч  $\mathbf{K}_4$  принадлежит “внутренней” волновой поверхности в отличие от луча  $\mathbf{K}_2$ , принадлежащего “внешней” волновой поверхности. Луч  $\mathbf{K}_4$  оказывается в брэгговском синхронизме с той же акустической волной  $\mathbf{q}$  и дифрагирует в направлении  $\mathbf{K}_5$ , соответствующее лучу 8 на рис. 1. Луч  $\mathbf{K}_3$  после отражения от дополнительного зеркала распространяется в направлении луча  $\mathbf{K}_6$ , поляризация которого ортогональна поляризации луча  $\mathbf{K}_3$ . Видно, что между лучом  $\mathbf{K}_6$  и звуковой волной  $\mathbf{q}$  нет брэгговского синхронизма, поэтому  $\mathbf{K}_6$  в дифракции не участвует. Направление луча  $\mathbf{K}_6$  соответствует лучу 11 на рис. 1. Таким образом, исходное излучение, представленное волновыми векторами  $\mathbf{K}_1$  и  $\mathbf{K}_2$ , в конечном итоге распространяется в направлении лучей  $\mathbf{K}_5$  и  $\mathbf{K}_6$ .

Необходимо отметить еще одну особенность описанного вида дифракции. Из векторной диаграммы следует, что луч  $\mathbf{K}_6$  имеет частоту  $(\omega + f)$ , а луч  $\mathbf{K}_5$  —  $(\omega - f)$ , где  $\omega$  и  $f$  — частоты оптической и акустической волн соответственно. Если интенсивности лучей  $\mathbf{K}_5$  и  $\mathbf{K}_6$  одинаковы и эти лучи имеют циркулярные поляризации, то суммарное выходное излучение будет линейно поляризованным, электрический вектор поляризации  $\mathbf{E}$  которого вращается вокруг направления распространения луча с частотой  $2f$ .

Согласно оптической схеме рис. 1 был выполнен эксперимент. Излучение 1, генерируемое He-Ne лазером типа ЛГ-207А, распространялось через АО ячейку 2, изготовленную на базе монокристалла  $\text{TeO}_2$ . Излучение распространялось вблизи оптической оси  $[001]$  кристалла. Размеры кристалла  $8 \times 6 \times 6$  мм вдоль направлений  $[110]$ ,  $[\bar{1}\bar{1}0]$  и  $[001]$  соответственно. Оптические грани “просветлялись” на длине волны 0.63 мкм. К грани  $\{110\}$  приклеивался пьезопреобразователь из  $\text{LiNbO}_3$ , генерирующий поперечную акустическую волну с частотой 28 МГц. Зеркало  $b$  устанавливалось нормально к падающему излучению, пространство между зеркалом  $b$  и выходным зеркалом лазера имитировало полость лазерного резонатора. На пути дифрагированного в +1-й порядок излучения устанавливалось дополнитель-

ное зеркало 9. Лучи 8 и 11 являлись лучами, выводимыми из "полости" лазерного резонатора. На пути луча 1 устанавливалась делительная пластинка 12 для контроля возвращающегося в лазер излучения (луч 13). Эксперимент заключался в измерении интенсивности оптических лучей, распространяющихся в направлениях 13 и 8, 11 при наличии и отсутствии звуковой волны в АО ячейке. Измерения показали, что при включении звуковой волны в ячейке 2 интенсивность луча 13 уменьшалась до 10% от первоначального значения, при этом интенсивность лучей 8, 11 составляла 80% от интенсивности исходного лазерного излучения. Возникающие потери света связаны с отражениями от оптических граней кристалла, а также с дифракцией света в другие порядки. Описанный режим дифракции реализовывался при подводимой электрической мощности 0.08 Вт.

Таким образом, предлагаемый вариант вывода внутрирезонаторного излучения обладает неоспоримыми преимуществами перед вариантом, предложенным в [1,2], так как позволяет практически полностью выводить произвольно-поляризованное оптическое излучение из резонатора при гораздо меньших управляющих мощностях.

#### Список литературы

- [1] Магдич Л.Н., Молчанов В.Я. Акустооптические устройства и их применение. М.: Сов. радио, 1978. 112 с.
- [2] Maudan D. // J. Appl. Phys. 1970. V. 41. N 4. P. 1552-1559.
- [3] Котов В.М., Шкердин Г.Н. // Письма в ЖТФ. 1994. Т. 20. В. 6. С. 35-38.
- [4] Котов В.М. // Квантовая электроника. 1994. Т. 21. № 10. С. 937-940.

Поступило в Редакцию  
13 сентября 1995 г.

---