

Письма в ЖЭТФ, том 16, вып. 1, стр. 25 – 29

5 июля 1972 г.

**ЯВЛЕНИЕ СОХРАНЕНИЯ ВОЛНОВОГО ФРОНТА
В СИЛЬНО ДЕФОРМИРОВАННЫХ ТВЕРДЫХ СРЕДАХ**

A. Л. Микаэлис, B. B. Дьяченко

Известно, что при оптической накачке лазерных сред возникают термооптические деформации, нарушающие однородность среды. Эти дефор-

мации являются причиной целого ряда явлений (тепловая линза, двойное лучепреломление, вращение плоскости поляризации), которые искажают поле внутри оптических резонаторов и нарушают когерентность лазерного излучения.

В настоящей статье рассматриваются оптические резонаторы, в которых при сильно деформированных однородно по всей длине активных средах могут существовать колебания, сохраняющие форму волнового фронта.

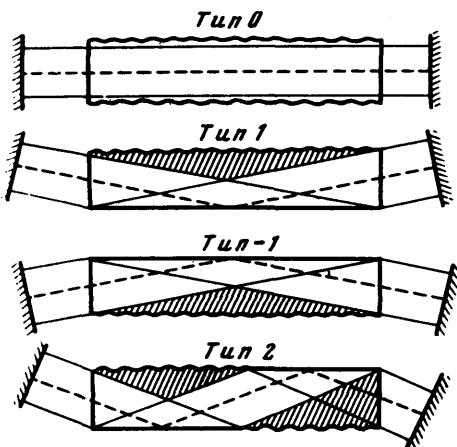


Рис. 1. Простейшие типы "волноводных" резонаторов

Простейшие варианты таких резонаторов, которые будем называть "волноводными" показаны на рис. 1. Активный элемент в виде плоской пластины имеет полированные боковые грани. Световой луч пропускается в активный элемент через торец под некоторым углом, затем испытывает полное отражение от боковых граней и выходит через второй торец. Эти типы колебаний можно классифицировать по числу отражений от боковых граней и знаку угла под которым падает луч на торец. Например, тип "0" соответствует низшему типу обычного резонатора Фабри – Перо.

Выделение отдельных типов колебаний осуществляется матированием определенных участков боковых граней, которые не участвуют в отражении, (матированные участки показаны на рис. 1 волнистыми линиями).

Световой луч можно пропускать не только параллельно боковым граням, но и под произвольным углом к ним. В этом случае все четыре боковые грани должны быть полированными, так как луч может испытывать многократное отражение от всех граней, прежде чем выйдет через второй торец. Такие колебания следует обозначать двумя индексами ($\pm 1/\pm 1$, $\pm 1/\pm 2$, $\pm 2/\pm 2$ и т. д.).

Аналогичным способом можно рассматривать более сложные конфигурации резонаторов "волноводного" типа, когда сечение образца имеет форму многогранников, из которых можно выложить плоскость.

Для подтверждения свойств указанных типов колебаний исследовалася фронт волны, проходящий через пластину прямоугольного сечения из неодимового стекла или граната, расположенную в плече интерферометра Маха – Цендера. Образец с двух сторон омывался то холо-

ной, то горячей водой по методу, описанному в [1], с перенадом температуры в 30°C. Сравнение интерференционных картин для обычного резонатора и резонатора "волноводного" типа (рис. 2) показывает, что во втором случае полностью отсутствует эффект тепловой линзы. Происходит это потому, что в случае обычного резонатора показатель преломления $n(x)$ в поперечном сечении образца зависит от термооптических постоянных P и Q [2, 3]

$$n_{1,2}(x) = n_0 + (P \pm Q)[T(x) - T_0],$$

где T_0 и n_0 – средняя по образцу температура и соответствующий ей показатель преломления, индексы 1 и 2 соответствуют двум поляризациям.

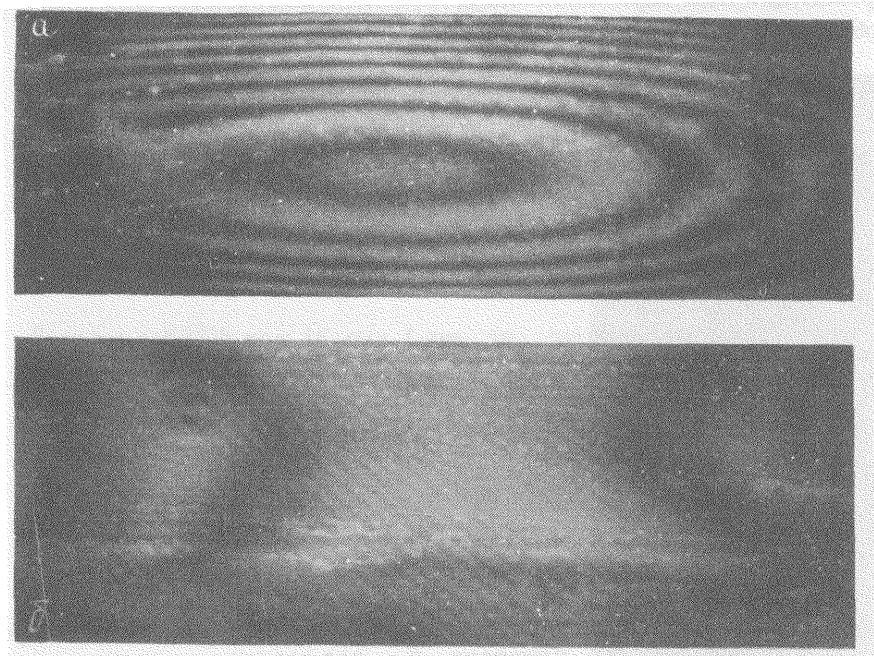


Рис. 2. Типичные интерферограммы исследуемых резонаторов: *a* – обычный резонатор, *b* – "волноводный" резонатор, тип 2, деформации в образце близки к предельным

В случае волноводных резонаторов можно показать, что:

$$n_{1,2}(x, L) = n_0 + (P \pm Q)[\overline{T(x, L)} - T_0].$$

Поскольку для симметричной накачки $\overline{T(x, L)}$ – средняя температура в активном образце на всей длине зигзагообразного пути L всегда равна величине T_0 , то независимо от значений P и Q , $n_{1,2}(x, L) = n_0$.

В следующем эксперименте создавалась сильная деформация образца также и в поперечном направлении (образец закреплялся со стороны торцов, а в центре сжимался вилтом или омывался горячей водой только с одной стороны). В отличие от случая однородной накачки при несимметричной накачке волновой фронт сохраняется только для четных

типов, начиная со второго, причем это явление имеет место при сколь угодно сильных деформациях вплоть до разрушения образца. Надо отметить, что при выходе из образца направление волны смешается на угол $\alpha/2$, где α – угол отклонения луча для первого четного типа при той же самой величине деформации.

Для нечетных типов колебаний поперечные деформации не влияют на направление распространения волн, а искажение фронта волны, пропорциональное приложенной деформации, уменьшается с ростом номера нечетного колебания.

Существование типов колебаний, нечувствительных к неоднородной накачке, позволяют практически при любых превышениях над порогом сохранить высокую когерентность излучения даже без использования нестабильных резонаторов [4]. Все это относится и к случаю импульсного режима, когда термооптические эффекты изменяются во времени и обычные способы компенсации затруднительны.

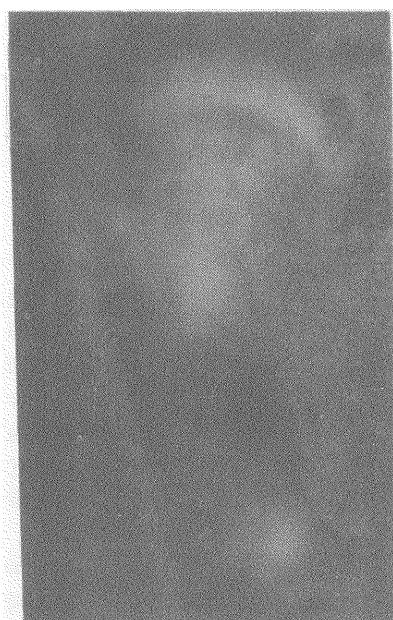


Рис. 3. Дальняя зона: *a* – для обычного резонатора, *b* – для того же кристалла на типе 2/2

В качестве примера на рис. 3 приведены фотографии поля излучения в дальней зоне для обычного и волноводного резонатора типа 2/2. Кристалл граната работал при 100-кратном превышении над порогом и имел размеры $3 \times 6 \times 90 \text{ mm}^3$. Результаты фотометрирования показывают, что в случае волноводного резонатора расходимость сильно уменьшается и близка к дифракционному пределу.

Важным качеством таких резонаторов является также однородное распределение плотности излучения в поперечном сечении, что повышает прочность торцов и обеспечивает узкую диаграмму направленности.

Это позволяет, например, сохранить одномодовый режим для непрерывного ОКГ на гранате при большой накачке и тем самым существенно повысить мощность излучения второй гармоники.

Еще одна особенность "волноводных" резонаторов, позволяющая сузить спектр излучения, т. е. стабилизировать частоту излучения, связана с величиной третьей оптической постоянной W [1], которая в этом случае зависит от параметров резонатора и может быть скомпенсирована для достаточно широкого интервала температур .

Поступила в редакцию
30 мая 1972 г.

Литература

- [1] А.А.Мак, В.М.Митъкин, Л.Н.Сомс, А.И.Степанов, О.С.Щавелев.
"ОМП", №9, 1971, стр. 42.
 - [2] Е.М.Дианов, А.М.Прохоров. ДАН СССР, 192, 531, 1970.
 - [3] Ю.А.Ананьев, Н.И.Гришманова. ЖПС, 12, 668, 1970.
 - [4] А.Л.Микаэлян, А.В.Коровицын, Л.В.Наумова. Письма в ЖЭТФ, 2,
37, 1965.
-