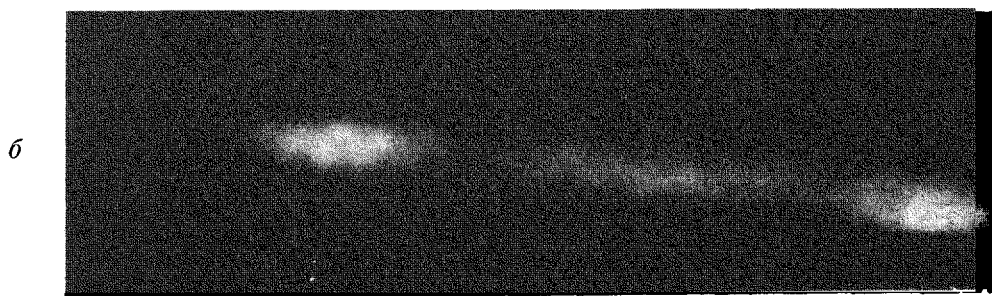
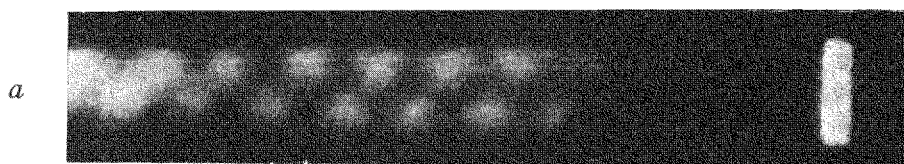


Вклейка к статье А. А. Мака и др. (стр. 313)



Фрагменты развертки во времени картины ближнего поля лазера
a — апертура $8 \times 2,5$ мм, длина резонатора 200 см, *б* — апертура
 $15 \times 2,5$ мм, длина резонатора 40 см

Письма в ЖЭТФ, том 10, стр. 313 - 316

5 октября 1969 г.

НАБЛЮДЕНИЕ САМОСИНХРОНИЗАЦИИ ПОПЕРЕЧНЫХ МОД В ТВЕРДОТЕЛЬНОМ ЛАЗЕРЕ

А.А.Мах, В.А.Фромзель

До настоящего времени наблюдалась и исследовалась синхронизация аксиальных мод в лазерах (например, [1-2]). В недавно появившейся работе [3] рассмотрена возможность синхронизации поперечных мод, причем автор высказал сомнение в возможности спонтанной синхронизации.

В работе [4] предпринята попытка обнаружения эффекта принудительной синхронизации поперечных мод. Нами при исследовании кинетики пространственного развития свободной генерации в твердотельных лазерах с большим поперечным сечением активного элемента был обнаружен эффект самосинхронизации поперечных мод.

Активный элемент из стекла с 2% Nd_2O_3 представлял собой параллелепипед сечением 120×15 мм (по осям X и Y, соответственно), длиной 150 мм (ось Z). Четыре импульсные лампы накачки располагались сверху и снизу активного элемента вдоль оси X. При этом в направлении оси X в активном элементе создавалось равномерное распределение инверсии по поперечному сечению. Энергия накачки варьировалась от 3,5 до 6 кдж, длительность импульса накачки составляла ~ 700 мксек. Резонатор-плоский, коэффициенты пропускания зеркал $r = 0,5\%$ и 24% . Длина резонатора варьировалась от 25 до 200 см. Изменение размеров апертуры осуществлялось введением в резонатор диафрагмы, размер которой по оси X варьировался от 5 до 95 мм, а по оси Y составлял 2,5 мм. С помощью скоростной камеры СФР-2М производилась одновременная развертка во времени картины ближнего и дальнего поля лазера (развертка осуществлялась в направлении оси Y).

Генерация носила пиковый характер, причем в отдельных пиках генерации наблюдались периодические колебания генерирующей зоны по зеркалу перпендикулярно к направлению развертки. На рисунке (см. вклейку) приведены некоторые характерные картины разверток во времени ближнего поля излучения генератора.

В начале развертки (рисунок а) показан вид торца за весь импульс генерации. Наблюдающееся сканирование генерирующей зоны характерно для синхронизации нескольких поперечных мод. Частота колебаний зоны генерации была обычно на 10–20% меньше частоты биений $\Delta \nu_{12}$ соседних низших поперечных мод пустого резонатора. Это связано, по-видимому, с затягиванием частот мод [5]. Согласно [6], $\Delta \nu_{12} = 1,2/d^2 \text{ МГц}$, где $d(\text{см})$ – размер излучающей области. Если наблюдаются колебания генерирующей зоны, то d определяется размерами того участка зеркала, в пределах которого совершаются колебания. Размер сканирующего пятна генерации составлял обычно $(0,3 + 0,5) d$.

Следует отметить, что при диафрагмах больших 10 мм размер излучающей области d в каждом пике в среднем не превосходил $5 + 10$ мм, что связано, очевидно, с абберациями в резонаторе (см., например, [7]). Из рисунка, а видно, что сканирование генерирующей зоны по зеркалу

совершается неравномерно — у краев медленнее, чем в центре. Общее угловое расхождение излучения при этом составляет $3 + 3,5 \lambda/d$ по уровню 0,5 от максимальной интенсивности, что указывает на синхронизацию $3 + 4$ поперечных мод. Иногда наблюдаются более сложные перемещения зоны генерации по зеркалу. В дальнем поле также имеет место сканирование луча лазера подобное сканированию для ближнего поля. Равномерное перемещение зоны генерации по зеркалу (рисунок, б) вероятнее всего обусловлено биением двух соседних поперечных мод, так как угловое расхождение излучения в этом случае составляет $2,2 + 2,4 \lambda/d$ (по уровню 0,5 от максимальной интенсивности).

Если генерация происходит только на одной поперечной моде, то сканирования зоны генерации по зеркалу нет. Положение активного элемента относительно зеркал резонатора не влияет на сканирование, в то время как при небольшой разъюстировке зеркал резонатора ($\sim 2 + 3$) или при наклоне активного элемента относительно оси резонатора на углы $\alpha \gtrsim 10''$ оно не наблюдалось. При неравномерном распределении инверсии по поперечному сечению, как показали эксперименты, сканирование не наблюдается.

Самосинхронизация поперечных мод в нашем случае может возникать из-за модуляции инверсной населенности частотой биения соседних поперечных мод [8]. Для синхронизации частоты мод должны быть эквидистантны. Для поперечных мод "пустого" плоского резонатора это не выполняется. Однако, если учесть наличие частот комбинационных тонов, индуцируемых в активной среде, и то, что ширина резонансных кривых нашего резонатора [$\sim 10^7$ и 4] больше разности частот соседних поперечных мод, вполне очевидно, что $3 + 4$ моды могут быть возбуждены эквидистантно. Для аксиальных мод в газовом лазере перекрытие резонансных кривых, достигаемое увеличением длины резонатора приводило к самосинхронизации мод [9]. Заметим, что в сферическом резонаторе синхронизация мод нами не наблюдалась, что связано с тем, что в каждой пичке возбуждалось (с заметной интенсивностью) не более одной поперечной моды.

Таким образом, в твердотельных лазерах с равномерным распределением инверсии по поперечному сечению в отдельных пичках генерации могут создаваться условия для синхронизации нескольких поперечных мод. В результате наблюдается сканирование зоны генерации по зеркалу и в дальнем поле.

Поступила в редакцию
22 августа 1969 г.

Литература

- [1] A.I.De Maria, C.M.Forrer, C.E.Danielson, Appl. Phys.Lett., 8, 22, 1966
 - [2] A.Iariv. J. Appl. Phys., 36, 388, 1965
 - [3] D.H.Auston. IEEE, IQE-4, 420, 1968.
 - [4] P.W.Smith. Appl. Phys. Lett., 13, 235, 1968
 - [5] А.Ф.Сучков, Труды ФИАН, 43, 161, 1968 .
 - [6] Л.А.Вайнштейн. ЖЭТФ, 44, 1050, 1963 .
 - [7] Н.Г.Басов. Э.М.Беленов, В.С.Летохов. ЖТФ, 35, 1996, 1965
 - [8] H.Statz, C.L.Tang. J.Appl. Phys., 36, 3923, 1965
 - [9] R.E.McClure. Appl. Phys. Lett., 7, 148, 1965
-