

САМОСИНХРОНИЗАЦИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ТИПОВ КОЛЕБАНИЙ
В ИНЖЕКЦИОННОМ ЛАЗЕРЕ

С.С.Вышлов, Л.П.Иванов, А.С.Логинков, К.Я.Сенаторов

Самосинхронизация типов колебаний в оптическом квантовом генераторе может быть следствием их нелинейного взаимодействия в активном объеме резонатора [1]. В случае самосинхронизации продольных типов колебаний излучение ОКГ, как известно, представляет собой периодическую последовательность сверхкоротких импульсов света. Эффект самосинхронизации аксиальных типов колебаний наблюдался в инжекционном ПКГ с неоднородным возбуждением, работающим с внешним резонатором [2], и в ПКГ с электронным возбуждением [3].

При самосинхронизации поперечных типов колебаний должно происходить периодическое перемещение области генерации по зеркалу резонатора и качание диаграммы направленности излучения. Частота такого перемещения равна разности частот соседних типов поперечных колебаний [4]. Самосинхронизация поперечных типов колебаний наблюдалась в твердотельном ОКГ на неодимовом стекле [5] и в газовом ОКГ на CO_2 [6].

В настоящей работе приводятся результаты исследования эффекта самосинхронизации поперечных типов колебаний в инжекционном ПКГ.

Были исследованы образцы лазерных диодов из Ca As , полученные эпитаксиальным и диффузионным методами, работающие в импульсном режиме при температуре 300°K . Длина резонаторов лазерных диодов составляла $300 + 400\text{ мк}$. Длительность импульса тока накачки регулировали в пределах $30 - 100\text{ нсек}$; величины пороговых токов исследуемых образцов обычно составляли $20 + 60\text{ а}$.

Исследование динамики излучения лазерных диодов в ближней и дальней зонах было проведено методом электронно-оптической хронографии [7]. Временное разрешение разработанной аппаратуры было равно $\sim 10^{-11}\text{ сек}$.

На рис. 1, а (см. вклейку) представлена фотография развертки светящегося $p-n$ -перехода лазерного диода во времени. Превышение тока накачки над порогом генерации равно 1,5%. Из рис. 1, а видно, что область генерации периодически перемещается по зеркалу резонатора вдоль $p-n$ -перехода.

Рис. 1, б представляет развертку во времени дальней зоны излучения лазерного диода. Для получения фотোগрафии рис. 1, б перед фотокатодом электронно-оптического преобразователя была помещена цилиндрическая линза, "сжимающая" диаграмму направленности излучения в плоскости, перпендикулярной плоскости $p-n$ -перехода.

Для представленного образца максимальное перемещение области генерации по зеркалу резонатора было 50 мк , а протяженность области генерации вдоль $p-n$ -перехода равна $\sim 15\text{ мк}$. Максимальный угол качания диаграммы направленности излучения был равен $\sim 5^\circ$.

Частота перемещения области генерации по зеркалу резонатора и качания диаграммы направленности равна $\sim 6,7\text{ ГГц}$, что при длине волны излучения 9100 Å соответствует спектральному интервалу $\sim 0,18\text{ Å}$.

Периодический характер перемещения области генерации по $p-n$ -переходу практически не меняется от импульса к импульсу тока накачки. Излучение лазерного диода, работавшего в режиме самосинхронизации, было линейно поляризовано. Явление самосинхронизации наблюдалось в течение всего импуль-

са накачки длительностью 60 нсек. При увеличении длительности импульса до 100 нсек генерация срывалась из-за разогревания диода.

На фотографии рис. 2, а (см. вклейку) представлено спектрально-пространственное распределение спонтанного излучения светящейся области исследуемого образца. По таким фотографам можно количественно определить неоднородность показателя преломления $n(y)$, где y — координата вдоль p - n -перехода, и рассчитать спектр поперечных типов колебаний [8]. Из рис. 2, а видно, что показатель преломления $n(y)$ имеет гладкий максимум. В работах [8, 9] показано, что для подобного резонатора без учета дисперсии показателя преломления частоты не только продольных, но и поперечных колебаний должны располагаться эквидистантно.

В реальном инжекционном ПКГ при небольшом превышении порога генерации благодаря нелинейности активной среды также следует ожидать появления эквидистантного спектра частот поперечных типов колебаний даже в среде, обладающей большой дисперсией.

Спектр когерентного излучения исследуемого образца, полученный при тех же токах накачки, что и для рис. 1, представлен на рис. 2, б. На фотографии видны шесть спектральных групп, соответствующих продольным типам колебаний. Каждая группа состоит из линий, соответствующих поперечным типам колебаний. Спектральный интервал между соседними поперечными типами колебаний находится на пределе разрешения спектрографа и равен $\sim 0,2 \text{ \AA}$.

Эксперименты, проведенные на ряде образцов, показывают, что самосинхронизация поперечных типов колебаний в инжекционных ПКГ наблюдается только в тех областях p - n -перехода, где $n(y)$ имеет гладкий максимум.

Для такого случая был проведен расчет зависимости интенсивности излучения в ближней и дальней зонах от координаты y и времени в предположении суперпозиции четырех эквидистантных по частоте поперечных типов колебаний низших порядков ($m = 0, 1, 2, 3$). Количественное совпадение результатов расчета с экспериментальными данными укладывается в точность проведенных измерений. Расчет показал, что характерные "провалы" интенсивности излучения вдоль координаты y , наблюдаемые на рис. 1, связаны с синхронизацией небольшого числа поперечных типов колебаний.

Эффект самосинхронизации поперечных типов колебаний наиболее устойчиво наблюдается в инжекционных ПКГ, изготовленных эпитаксиально-диффузионным методом, при определенной степени сжатия кристалла в держателе.

Авторы благодарны М.А.Амбарцумян и В.Г.Карнаухову за постоянный интерес к работе.

Физический факультет

Московского

государственного университета

им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию

22 декабря 1970 г.

Литература

- [1] H. Statz. J. Appl. Phys., 38, 4648, 1967.
- [2] В.Н.Морозов, В.Б.Никитин, А.А.Шеронов. Письма в ЖЭТФ, 7, 327, 1968.
- [3] О.В.Богданкевич, А.Н.Мествиришвили, А.Н.Печенов, А.С.Сучков. Письма в ЖЭТФ, 12, 184, 1970.

- [4] D.H.Auston. IEEE J. of Quantum Electronics, QE – 4, 420, 1968.
 - [5] А.А.Мак, В.А.Фромзель. Письма в ЖЭТФ, 10, 313, 1969.
 - [6] В.С.Аракелян, Н.В.Карлов, А.М.Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 10, 279, 1969.
 - [7] М.М.Бутслов. Успехи научной фотографии, 6, 76, 1959.
 - [8] В.В.Курылев, К.Я.Сенаторов. Вестник МГУ, сер. физики, астрономии, №6, 118, 1969.
 - [9] T.H.Zachos, J.E.Ripper. IEEE J. of Quantum Electronics, 5, 29, 1969.
-