

ШИРИНА ЛИНИИ ИНДУЦИРОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ АТОМАРНОГО ИОДА НА ПЕРЕХОДЕ ${}^2P_{1/2} - {}^2P_{3/2}$

И. М. Белоусова, В. М. Киселев и В. Н. Курзенков

В работе показано, что в фотодиссоционном лазере имеет место одномодовый режим генерации, причем ширина линии излучения не превышает 0.002 Å (35 Мгц).

Как известно, в фотодиссоционном квантовом генераторе на перфторалкилиодидах получен чрезвычайно высокий коэффициент усиления [1], поэтому можно было ожидать, что в генерации будет участвовать весь спонтанный переход ${}^2P_{1/2} - {}^2P_{3/2}$ атома иода, т. е. будут работать одновременно все шесть компонент сверхтонкой структуры (СТС) [2] или хотя бы наиболее интенсивные из них, но опять же одновременно. По той же причине можно было бы ожидать, что пороговая инверсия для отдельных типов колебаний будет обеспечиваться на всей ширине спонтанного контура каждой отдельной компоненты СТС, участвующей в генерации. При этом появилась бы возможность по ширине линии генерации оценить ширину спонтанного контура отдельной компоненты, а следовательно, получить сведения о характере его уширения, что позволило бы изучить такие процессы, как тепловой разогрев активной среды из-за пиролиза в случае доплеровского уширения, или влияние добавок инертных газов в случае ударного уширения.

Однако, как показано в работе [3], одновременная генерация сразу на нескольких компонентах СТС не реализуется, а имеет место «переключение» с одной компоненты на другую лишь с частичным переналожением их во времени. Генерация на двух компонентах СТС наблюдалась также в работе [4], но там регистрировался лишь суммарный спектр за все время импульса генерации, а развитие процесса во времени не рассматривалось. Поэтому и из этой работы вывода об одновременной генерации на различных компонентах СТС сделать нельзя.

Что же касается вопроса о модовой структуре излучения фотодиссоционных лазеров, то в работах [3, 4] он не рассматривался, а к тому же и не мог быть решен ввиду недостаточного разрешения регистрирующей системы. В данной работе приводятся результаты измерения ширины линии генерации и ее модовой структуры.

Схема экспериментальной установки, на которой проводились измерения, представлена на рис. 1. При этом на одной и той же измерительной системе исследовался спектр излучения от двух различных генераторов с существенно разными усилениями в них, с тем, чтобы изучить влияние коэффициента усиления на заполнение спонтанного контура участвующими в генерации типами колебаний. Первый лазер представлял собой кварцевую кювету с брюстеровскими окнами (диаметр 20 мм и длина 160 мм), помещенную в двухламповый эллиптический отражатель длиной 160 мм.

Второй лазер был более мощный. Его кювета (также с брюстеровскими окнами) имела длину 640 мм и внутренний диаметр 16 мм. Она помещалась в четырехламповый отражатель. Лампы прямые с внутренним диаметром

16 мм и с расстоянием между электродами 600 мм. Электрическая энергия накачки в первом лазере составляла 1.2 кдж, во втором — 15 кдж. Глухое зеркало M_1 с диэлектрическим покрытием ($R_1=99.5\%$) и выходное зеркало M_2 составляли резонатор лазера. В качестве выходного использовались зеркала с $R=8$ и 95% . Расстояние между зеркалами в первом генераторе варьировалось от 48 до 200 см, а во втором — от 100 до 200 см. К лазерной трубке был приспособлен смеситель для быстрого получения однородных смесей активного вещества с добавочными инертными газами. Перемешивание осуществлялось за несколько секунд при протекании смеси газов по замкнутому кругу. Излучение квантового генератора проходило через телескопическую систему (O_1 и O_2) для увеличения угла расхождения излучения с тем, чтобы подсветить необходимое число колец интерференционной картины на эталоне Фабри—Перо, интерференционная картина с которого объективом O_3 проектировалась на фотокатод электронно-оптического преобразователя (ЭОП). ЭОП позволял регистрировать изображение интерференционной картины как в статическом режиме, так и в режиме с временной разверткой. При работе с временной разверткой на фотокатод ЭОПа ставилась вертикальная щель шириной 0.5 мм и на экране ЭОПа разворачивался участок интерференционной

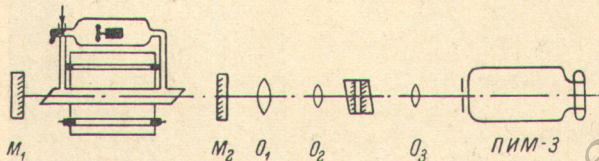


Рис. 1.

картины, вырезаемый этой щелью. Временная развертка — покадровая. Использовался ЭОП с кислородно-цезиевым фотокатодом, специально подобранным для данной длины волны. В эталоне Фабри—Перо использовались зеркала с диэлектрическим покрытием и $R=96\%$. Толщина базы эталона варьировалась.

Измерения ширины линии генерации проводились при «нулевом» магнитном поле (магнитное поле от лампы накачки устранено) и при наличии магнитного поля порядка 700 э.

Как уже было сказано выше, расстояние между зеркалами резонатора в условиях эксперимента изменялось. При этом для исследования модовой структуры использовался резонатор длиной 200 см. Расстояние между продольными типами колебаний оказывается при этом равным 75 Мгц (0.0043 \AA). Допплеровская полуширина спонтанного контура исследуемого перехода составляет 240 Мгц (0.014 \AA) при комнатной температуре и на ней, таким образом, укладывается три типа колебаний. Если учесть еще уширение за счет теплового разогрева при пиролизе, а также столкновительное уширение, то типов колебаний должно укладываться еще больше. Однако измерения показали, что в генерации постоянно реализуется всего один продольный тип колебаний, причем независимо от усиления активной среды. Усиление варьировалось в широких пределах изменением энергии накачки, давления рабочего вещества в диапазоне от 20 до 150 тор и, кроме того, были использованы два сильно отличающихся по коэффициенту усиления генератора. Не удалось также реализовать одновременно несколько типов колебаний при наличии изменяющегося магнитного поля, которое приводит к уширению спонтанного контура.

Исследовалось также влияние добавок инертного газа вплоть до давления в 1 атм. Во всех случаях тем не менее генерация носила одномодовый характер. На рис. 2 приведена интерферограмма генерационного спектра, иллюстрирующая сказанное выше. На покадровой развертке интерференционной картины наблюдаются одинарные кольца без какой-либо модовой структуры. Предел разрешения системы составлял при

этом 0.002 \AA (база эталона — 90 см), что позволяло легко наблюдать продольные типы колебаний ($\Delta\nu=75 \text{ Мгц}$ или $\Delta\lambda=0.0043 \text{ \AA}$), но было недостаточно для разрешения угловых.

Одномодовый режим генерации говорит о том, что в рассматриваемом генераторе имеет место сильная конкуренция продольных мод, что особенно характерно для случая однородного уширения контура спонтанного перехода. Из этого факта, по-видимому, можно сделать вывод, что основной вклад в уширение линии в таких условиях вносит столкновения между атомами.

При измерении ширины генерирующего типа колебаний использовался более короткий резонатор ($\Delta\nu=300 \text{ Мгц}$), чтобы по возможности избежать появления других мод. Измерения показали, что ширина линии

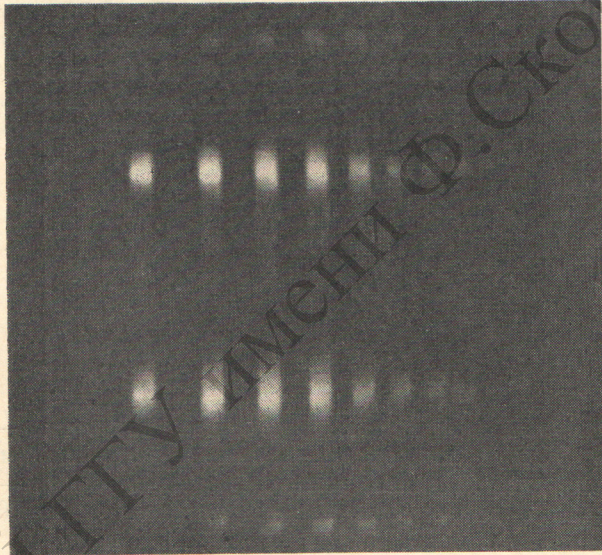


Рис. 2. Временная развертка — покадровая, экспозиции каждого кадра — 10 мксек., $p=40 \text{ тор}$, $t_{\text{базы}}=90 \text{ см}$.

излучения не превышает 0.002 \AA (35 Мгц) и не меняется за время импульса генерации. Приводимая здесь величина является верхней границей измерявшейся величины, поскольку даже при использовании базы интерферометра Фабри—Перо в 90 см (аппаратная ширина интерферометра — $1.6 \cdot 10^{-4} \text{ \AA}$), аппаратная ширина всей регистрирующей системы составляла как раз 0.002 \AA . Ограничение разрешающей способности системы обусловлено главным образом относительно невысоким разрешением фотокатода ЭОПа. Как уже говорилось выше, в процессе измерений изменялся коэффициент усиления среды и использовались добавки инертных газов. Влияние этих факторов на ширину линии генерации не приводит к каким-либо изменениям ее за пределы аппаратной функции системы (0.002 \AA).

При наличии магнитного поля (в нашем случае — поле от ламп накачки) линия спонтанного излучения испытывает зеемановское расщепление, зависящее от величины поля и приводящее к уширению спонтанного контура. Однако вследствие того что в генераторе работает только один тип колебаний, на ширину линии генерации магнитное поле, как ожидалось, влиять не должно, что мы и наблюдали в эксперименте.

Таким образом, в результате исследования спектра генерации фотодиссоционного лазера можно сделать следующие заключения.

1. В рассматриваемом генераторе из многих возможных продольных типов колебаний реализуется только один, независимо от величины коэффициента усиления, наличия магнитного поля и других упоминавшихся факторов.

2. Ширина линии генерации составляет величину, меньшую 0.002 \AA (35 Мгц).

3. Ширина линии генерации не превышает 0.002 \AA при добавках к рабочему веществу инертного газа в широком диапазоне давлений и при изменении коэффициента усиления среды.

Литература

- [1] J. V. V. Kasper, G. C. Pimental. Appl. Phys. Lett., 5, 231, 1964.
- [2] I. Verges. Spectrochim. Acta, 24B, 177, 1969.
- [3] И. М. Белоусова, В. М. Киселев, В. Н. Курзевков. Опт. и спектр., 33, 203, 1972.
- [4] В. Н. Волков, И. Г. Зубарев. «Краткие сообщения по физике», № 10, 1970.

Поступило в Редакцию 28 июля 1971 г.