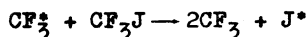


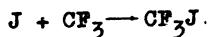
О ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ
ВОЗБУЖДЕННЫХ АТОМОВ ЙОДА В ФОТОДИССОЦИАЦИОННОМ ЛАЗЕРЕ

В. Н. Волков, И. Г. Зубарев

В работе /1/ впервые была высказана гипотеза о существовании в активной среде фотодиссоциационного лазера химической реакции, в результате действия которой образуется йод в ${}^2P_{1/2}$ -состоянии



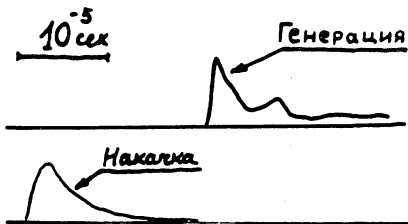
В работах /1,2/ приведены экспериментальные результаты, свидетельствующие в пользу вышеупомянутого предположения. Так, например, по данным /2/, квантовый выход фотодиссоциационного лазера на 13% больше, чем теоретическое значение, которое получается, если предположить, что атом йода в состоянии ${}^2P_{1/2}$ может образовываться только в результате фотодиссоциации. Однако в условиях работы лазера квантовый выход может быть больше указанного выше теоретического значения на 33% вследствие возможной быстрой химической реакции рекомбинации атома йода в состоянии ${}^2P_{3/2}$



Поэтому, чтобы с уверенностью сказать об образовании йода в состоянии ${}^2P_{1/2}$ в результате химических реакций по величине квантового выхода, последний должен быть по крайней мере на 1/3 больше теоретического.

Однако, если процесс образования йода в состоянии ${}^2P_{1/2}$ в результате химических реакций действительно имеет место, то можно попытаться реализовать такие условия, когда в результате действия света накачки создается инверсия населенности, близкая к пороговой, а недостающая до порогового условия часть создается в результате действия химической реакции.

В этом случае генерация возникает (если инверсная среда помещена в резонатор) только по истечении некоторого времени после окончания действия света накачки, то есть должна произойти задержка во времени генерации относительно импульса накачки.

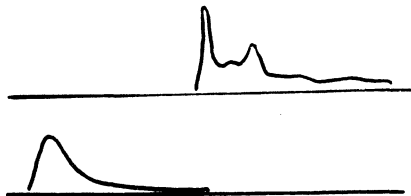


Р и с. I. Осциллограммы импульсов накачки (нижняя осциллограмма) и генерации для случая, когда давление рабочего газа C_3F_7J составляло 1,5 тор.

Следует отметить, что пока генерация не началась, атомов йода в состоянии $^2P_{3/2}$ нет вследствие большого времени радиационного распада состояния $^2P_{1/2}$ /3/ и вследствие того известного обстоятельства, что в результате фотодиссоциации образуются атомы йода только в состоянии $^2P_{1/2}$ /4/. Поэтому задержка генерации не может быть вызвана в данном случае быстрой релаксацией атомов йода в состоянии $^2P_{3/2}$.

На рис. I представлены осциллограммы импульсов накачки (верхняя осциллограмма) и генерации фотодиссоциационного лазера, резонатором которого служили два плоских зеркала с коэффициентом отражения соответственно $r_1 \sim 85\%$ и $r_2 \sim 99\%$. Рабочей средой фотодиссоциационного лазера служил газ C_3F_7J (давление 1,5 тор), который напускался в кварцевую кивету длиной ~ 25 см и диаметром ϕ 30 мм. Лазерная кивета облучалась светом лампы типа ИФЛ-5000 в сетке обратных продольных симметричных проводов /5/. Магнитное поле, сопровождающее импульсный разряд в лампе-вспышке, не превышало 10 э и не могло влиять сколь-нибудь заметным образом на коэффициент усиления лазерной среды /6/. Из рис. I видно, что генерация начинается в тот момент времени, когда мощность накачки падает до ее нулевого уровня. Однако, указанная задержка генерации относительно импульса на-

качки могла быть обусловлена тем обстоятельством, что пороговое условие выполняется в данном случае в результате действия всего импульса накачки, т.е. если бы, например, энергия накачки была бы меньше имеющейся на несколько процентов, то генерация не могла бы вообще возникнуть. С целью проверки, имеет ли место подобная ситуация на самом деле, в лазерную кивету напускался



Р и с. 2. Осциллограммы импульсов накачки и генерации. Давление C_2F_7J 1,7 тор.

C_2F_7J давлением 1,7 тор (см. рис. 2), т.е. на 13% больше, чем для случая, представленного на рис. 1. Соответственно число атомов йода, образованных в результате фотодиссоциации, в состоянии $^2P_{1/2}$ для случая, соответствующего рис. 2, будет на 13% больше, чем для случая, соответствующего рис. 1, если принять, что энергия накачки в обоих случаях одинакова. Обработка осциллограмм импульса накачки показала, что энергия накачки от момента, когда ее уровень равен одной десятой от максимума, до конца свечения не превышает 4% от всей энергии накачки. Кроме того энергия импульса накачки для обоих случаев (на рис. 1 и на рис. 2) одинакова с точностью 4%. Энергия генерации для случая рис. 2 на 30% больше энергии для случая рис. 1, но задержка генерации для обоих случаев одинакова, и этот факт свидетельствует о несостоятельности принятого нами как возможного того обстоятельства, что задержка обусловлена выполнением порогового условия в результате действия всего импульса накачки.

Еще одна возможная причина задержки, указанная И. И. Сибельманом, заключается в следующем. Ширина доплеровской линии излучения атомарного йода в момент образования его в результате фотодиссоциации может быть в два-три раза больше, чем при

обычной комнатной температуре. Это связано с тем обстоятельством, что в момент образования атом йода может получить дополнительную поступательную кинетическую энергию до 0,5eV.

В следующие за рождением атома йода моменты времени будет происходить процесс термализации, т.е. процесс передачи поступательной энергии от атома йода к молекулам C_3F_7J путём столкновений с характерным временем

$$\tau \sim (N\sigma v)^{-1}, \quad (I)$$

где N - число молекул C_3F_7J в $см^{-3}$, σ - сечение столкновений в $см^2$, v - скорость атомов йода в $см.сек^{-1}$.

Оценим по формуле (I) время, за которое ширина линии уменьшится (а коэффициент усиления возрастет) в e раз для случая, представленного на рис. 1. В этом случае $N = 6 \cdot 10^{16} см^{-3}$, $v = 6 \cdot 10^4 см.сек^{-1}$, что соответствует для атома йода поступательной кинетической энергии $E_k = 0,5 eV$, $\sigma = 2 \cdot 10^{-16} см^2$. После подстановки получаем $\tau \sim 2 \cdot 10^{-6} сек$. Полученная численная величина $\tau \sim 2 \cdot 10^{-6} сек$ показывает, что вследствие термализации могла произойти задержка в несколько микросекунд, подобная представленной на рис. 1.

С целью проверки, является ли термализация причиной задержки генерации, в лазерную кивету напускался C_3F_7J давлением в 3,5 тор, т.е. в 2 раза больше, чем для случая, представленного на рис. 1, но накачка была уменьшена в 2 раза. Таким образом, число атомов йода в $^2P_{1/2}$ -состоянии, образованных в результате фотодиссоциации, для описываемого случая, когда давление C_3F_7J составляло 3,5 тор, совпадало с числом атомов йода для случая, представленного на рис. 2. Если бы задержку определяло изменение во времени величины ширины линии (термализация), то для случая, когда давление C_3F_7J было 3,5 тор (см. рис. 3), генерация началась бы существенно раньше, чем для случая, представленного на рис. 2. Однако этого не наблюдалось, и задержки были одинаковы.

На рис. 4 представлены осциллограммы импульсов накачки и генерации для случая, когда давление C_3F_7J составляло 2,1 тор, а энергия накачки по величине была с точностью 4% такой же, как для случая, представленного на рис. 1. Обработка осциллограмм рисунка 4 показала, что генерация начинается в данном

случае в момент времени, после которого излучается $\sim 20\%$ от полной энергии накачки лампы-вспышки. С учетом этого обстоятельства и считая, что к моменту возникновения генерации атомы



Р и с. 3. Осциллограммы импульсов накачки и генерации. Давление C_3F_7J 3,5 тор. Энергия накачки в два раза меньше, чем для случаев, представленных на рис. 1 и на рис. 2. Усиление на нижнем луче осциллографа сделано вдвое больше с целью удобства обработки площади импульса накачки и сравнения с рис. 1 и рис. 2.



Р и с. 4. Осциллограмма импульсов накачки и генерации. Усиление нижнего луча осциллографа такое же, как и на рис. 1 и на рис. 2. Давление C_3F_7J 2,1 тор.

Йода в $^2P_{1/2}$ -состоянии возникли только в результате фотодиссоциации, найдем, необходимое для возникновения генерации давление C_3F_7J при данной накачке составляет 1,7 тор. Однако, как это видно из рис. 1, генерация возникает уже при давлении в 1,5 тор. Это дает основание заключить о существовании дополнительного процесса образования йода в состоянии $^2P_{1/2}$ кроме процесса фотодиссоциации. Причем эффективность этого процесса по отношению к фотодиссоциации составляет $\approx 15\%$.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность И. И. Собельману за ряд ценных критических замечаний в ходе обсуждения результатов. Мы благодарны также Т. Л. Андреевой и В. Н. Сорокину, чьи любезные и частые консультации способствовали выполнению данной работы.

Поступила в редакцию
17 марта 1972 г.

Л и т е р а т у р а

1. Т. Л. Андреева, В. И. Мальшев, А. И. Маслов, И. И. Собельман, В. Н. Сорокин. Письма в ЖЭТФ, 10, 271 (1969).
2. P. Gensel, K. Hohl, K. L. Kompa. Appl. Phys. Letts., 18, 48 (1971).
3. J. Garstang. J. Res. Nat. Bur. Std., A 68, 61 (1964).
4. R. J. Donovan, D. Husain. Trans. Far. Soc., 62, 11 (1966).
5. В. Н. Волков, И. Г. Зубарев, В. Н. Сорокин. МПС, в печати, (1972).
6. D. W. Gregg, R. E. Kidder, Champe V. Doblér. Appl. Phys. Letts., 13, 9 (1968).