

## СВЕТОИНДУЦИРОВАННАЯ ДИФфуЗИЯ ПАРОВ НАТРИЯ<sup>1)</sup>

*В.Д.Анцыгин, С.Н.Атутов, Ф.Х.Гельмуханов,  
Г.Г.Телегин, А.М.Шалагин*

Приведены результаты эксперимента по наблюдению нового явления – светоиндуцированной диффузии газов. Экспериментально установлено, что пары натрия, резонансно взаимодействующего с излучением, вследствие столкновений с буферным газом, могут перемещаться вдоль или против направления светового потока.

В работе [1] предсказано новое явление – светоиндуцированная диффузия газов, сущность которого состоит в следующем. Пусть частота  $\omega$  монохроматического излучения близка к частоте  $\omega_{m n}$  перехода  $m - n$  между основным ( $n$ ) и возбужденным ( $m$ ) состояниями атома. Вследствие эффекта Допплера наиболее эффективно взаимодействуют с полем те атомы, скорости которых  $v$  удовлетворяют условию:  $\Omega \equiv \omega - \omega_{m n} = kv$ . При неоднородном уширении ( $\Gamma \ll kv$ , где  $\Gamma$  – полуширина линии люминесценции одиночного атома,  $\bar{v}$  – среднетепловая

---

<sup>1)</sup> Работа доложена на VI Вавиловской конференции (Новосибирск, 19.–23 июня 1979 г.)

скорость) распределения по скоростям возбужденных ( $\rho_{mm}(v)$ ) и невозбужденных ( $\rho_{nn}(v)$ ) атомов содержат так называемые провалы и пики Беннета (рис. 1, а). При однородном уширении ( $\Gamma > k\bar{v}$ ) каждое из распределений можно представить в виде суммы равновесной (максвелловской) и антисимметричной частей (рис. 1, б). Характерно, что в том и другом случаях распределения по скоростям  $\rho_{mm}(v)$  и  $\rho_{nn}(v)$  асимметричны и знак асимметрии определяется знаком  $\Omega$ . Следовательно, для каждого из состояний атома существует направленное движение, или поток:  $j_m = \int v \rho_{mm}(v) dv$ ,  $j_n = \int v \rho_{nn}(v) dv$ . Очевидно, что потоки  $j_m$  и  $j_n$  направлены навстречу друг другу. Если газ поглощающих атомов находится в смеси с буферным газом, то наличие указанных парциальных потоков приводит к движению поглощающего газа как целого. Действительно, размеры атома в основном и возбужденном состояниях различны, поэтому парциальные потоки встречают различное сопротивление со стороны буферного газа (рис. 2). Так как в поле излучения происходит относительно быстрая смена состояний атома (на рис. 2 показано изогнутыми стрелками), атомы в целом испытывают давление со стороны буферного газа и в случае рис. 2 начинают двигаться в сторону  $j_n$  (в зависимости от знака  $\Omega$  поток  $j_n$  направлен вдоль или против волнового вектора  $k$ ).

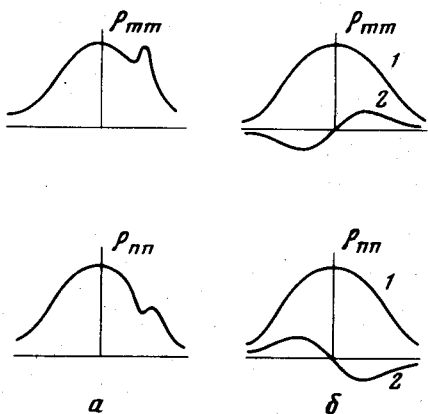


Рис. 1. Зависимость  $\rho_{mm}$  и  $\rho_{nn}$  от скорости (от  $kv$ ): а -  $\Gamma \ll kv$ , б -  $\Gamma > kv$ ; 1 - максвелловские части, 2 - антисимметричные добавки

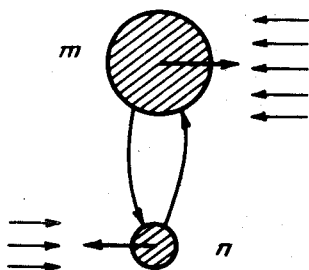


Рис. 2. Иллюстрация к эффекту светоиндуцированной диффузии

Оценки, приведенные в [1], показывают, что скорость направленного движения поглощающего газа может достигать  $0,1\bar{v}$ . Если же поглощающая ячейка имеет вид капилляра, закрытого с обеих сторон, то поглощающий газ будет двигаться до тех пор, пока не возникнет градиент плотности, компенсирующий силу давления со стороны буфер-

ного газа. В реальных условиях поглощающий газ может собираться в слой толщиной  $\sim 0,1$  мм.

Нами был поставлен эксперимент по наблюдению светоиндуцированной диффузии. В качестве поглощающего газа использовались пары натрия и подбирались условия, близкие к оптимальным с точки зрения проявления эффекта. Источником излучения служил лазер на красителе с узкой линией ( $\sim 300$  МГц), перестраиваемой в окрестности  $D$ -линий натрия. Мощность излучения лазера составляла 20 мВт. Поглощающая ячейка представляла собой стеклянный капилляр с внутренним диаметром 0,5 мм, длиной 8 см с отверстием посередине, в которое поступали пары натрия. Световой пучок частично диафрагмировался входным отверстием капилляра и интенсивность на выходе из него составляла  $\sim 10$  мВт. Таким образом, излучение равномерно заполняло поперечное сечение капилляра. Ячейка находилась в термостате при температуре  $100 \div 150^\circ\text{C}$ . Геометрия всей конструкции была симметричной относительно центрального отверстия капилляра. Скорость поступления паров натрия в капилляр регулировалась печкой с автономным подогревом. Давление паров менялось в интервале  $10^{-5} \div 10^{-6}$  мм рт. ст. В качестве буферного газа использовался гелий и неон при давлении 30 мм рт. ст.

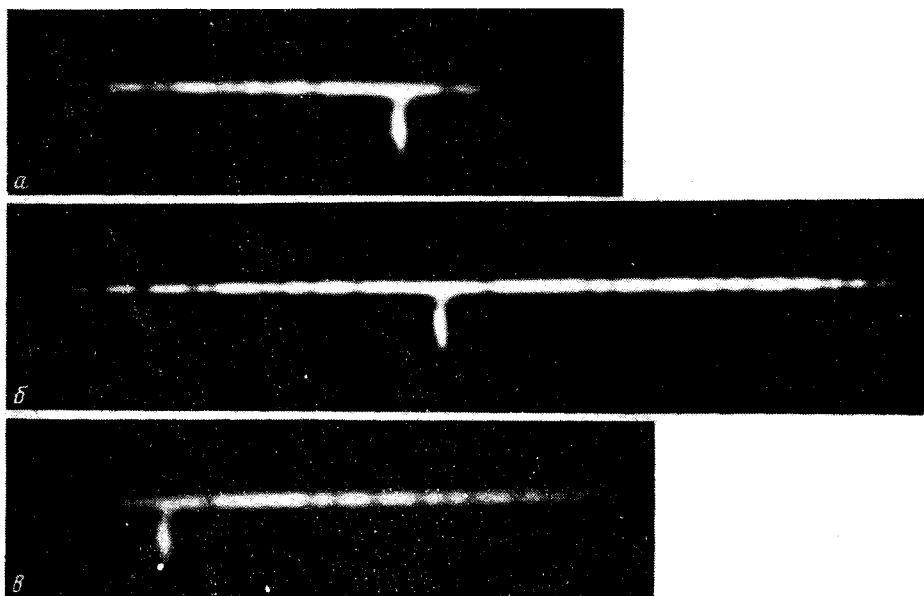


Рис. 3. Результаты эксперимента:  $a - \Omega \approx -10^3$  МГц,  $б - \Omega = 0$ ,  $в - \Omega \approx 10^3$  МГц. Излучение распространяется справа налево

Наблюдение эффекта проводилось визуально по флуоресценции паров натрия. В соответствии с существом явления ожидалось, что в зависимости от знака разности  $\omega - \omega_{mn} = \Omega$  пары натрия, поступаая через центральное отверстие, будут проникать только в одно из плеч капилляра. Реально из-за сильной адсорбции натрия на поверхности его па-

ры проникали только на расстояние  $\sim 3$  см от отверстия, а эффект проявлялся в изменении соотношения длин светящихся областей справа и слева от отверстия.

На рис. 3 представлены фотоснимки характерных картин свечения для случая, когда в качестве буферного газа брался гелий, а излучение возбуждало  $D_2$ -линию натрия. Аналогичные результаты были получены и при возбуждении  $D_1$ -линии, а также с неоном в качестве буферного газа.

Представленные здесь результаты мы рассматриваем как первые, качественные, которые показывают, что эффект светоиндуцированной диффузии может проявляться очень сильно. Количественное сопоставление с теорией на данном этапе исследований представляется нецелесообразным из-за сильного маскирующего влияния адсорбции натрия на стенках капилляра. В частности, с адсорбцией связано то обстоятельство, что стационарное распределение плотности паров натрия устанавливается довольно долго (10 + 15 мин).

Мы благодарим С.Г.Раутиана, за содействие настоящей работе, В.К.Малиновского, И.Ф.Канаева и Г.Ф.Малышева за помощь в проведении эксперимента.

Институт автоматики  
и электротри  
Академии наук СССР  
Сибирское отделение

Поступила в редакцию  
12-июля 1979 г.

### Литература

[1] Ф.Х.Гельмуханов, А.М.Шалагин. Письма в ЖЭТФ, 29, 773, 1979.

---