

О СООТНОШЕНИИ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ ГОЛОВНОГО ЧЛЕНА ДИФFUЗНОЙ СЕРИИ ТАЛЛИЯ

Л. Л. Шимон, Э. И. Непийнов и И. П. Запесочный

Получены зависимости интенсивностей составляющих головного члена диффузной серии таллия от давления паров. Дана интерпретация обнаруженным явлениям.

Как показывают наши опыты по возбуждению атомов таллия электронным ударом, соотношения интенсивностей линий 2768 Å ($6^2P_{1/2} - 6^2D_{3/2}$), 3529 Å ($6^2P_{3/2} - 6^2D_{3/2}$), 3519 Å ($6^2P_{3/2} - 6^2D_{3/2}$) значительно зависят от условий эксперимента. При отсутствии же искажающего влияния условий эксперимента соотношения интенсивностей указанных линий обусловлены энергией возбуждающих электронов.

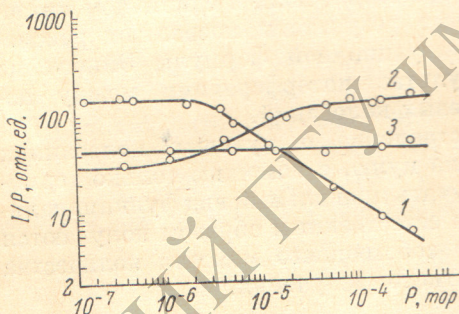


Рис. 1. Зависимость приведенных к единице давления интенсивностей спектральных линий от давления таллия. λ , Å: 1 — 2768, 2 — 3529, 3 — 3519.

Возбуждение атомов таллия осуществлялось в паронаполненной ячейке с помощью управляемого по энергиям электронного пучка, а измерения выполнены по описанной уже ранее методике [1, 2]. На рис. 1 показаны зависимости интенсивностей составляющих головного члена диффузной серии (приведенные к единице давления паров) от величины давления паров таллия в логарифмическом масштабе. Как видно, только интенсивность линии 3519 Å пропорциональна давлению. Резонансная линия 2768 Å уже при относительно низких давлениях паров и сравнительно небольшой толщине поглощающего слоя (3 мм) испытывает значительное поглощение. Наоборот, интенсивность линии 3529 Å с увеличением давления усиливается. Это происходит вследствие пленения резонансного излучения 2768 Å и трансформации его в излучение линии 3529 Å.

Качественно процесс усиления линии 3529 Å можно объяснить следующим образом. Как показывают наши оценки по данным о силах осцилляторов [3] и сечений линиях главной серии, заселение резонансного $6^2D_{3/2}$ уровня за счет каскадных переходов с $n^2P_{1/2, 3/2}$ -уровней пренебрежимо мало. Вряд ли может конкурировать заселение резонансного уровня за счет каскадных переходов с $n^2F_{3/2, 7/2}$ -уровней по сравнению с возбуждением из нормального состояния. Поскольку в наших опытах отсутствовали вторичные процессы (ступенчатого возбуждения, ударов второго рода), уравнение заселения уровня $6^2D_{3/2}$ имеет вид $dN_i/dt = Q_i N_0 n_e v - N_i A$, где Q_i — сечение возбуждения исходного уровня $6^2D_{3/2}$, N_0 — концентрация атомов в нормальном состоянии, n_e и v — концентрация и скорость

электронов, N_i — концентрация атомов в возбужденном состоянии на уровне $6^2D_{3/2}$, A — полная вероятность перехода на метастабильный ($6^2P_{3/2}$) и нормальный ($6^2P_{1/2}$) уровни. Последнюю величину можно записать следующим образом [4]: $A = A_{2768}F + A_{3529}$, где A_{2768} и A_{3529} — вероятности переходов, а $F = F(N_0, r)$ — множитель, учитывающий пленение резонансного излучения, зависящий от концентрации атомов в основном состоянии и размеров области занимаемой паром. Эта величина изменяется от единицы (при отсутствии пленения) до нуля (при полном заперении резонансного излучения). При стационарных условиях $dN_i/dt = 0$, поэтому

$$N_i = \frac{Q_i N_0 n_e \nu}{A_{2768}F + A_{3529}}, \quad (1)$$

а интенсивность линии $\lambda 3529 \text{ \AA}$

$$I_{3529} \sim N_i A_{3529} = Q_i N_0 n_e \nu \times \frac{A_{3529}}{A_{2768}F + A_{3529}}. \quad (2)$$

Так как $A_{2768} = 1.27 \cdot 10^8 \text{ сек.}^{-1}$ и $A_{3529} = 0.18 \cdot 10^8 \text{ сек.}^{-1}$ [5], т. е. $A_{2768} \gg A_{3529}$, то при полном заперении резонансного излучения должно произойти восьмикратное усиление I_{3529} . В условиях нашей экспериментальной установки при изменении давления паров от $2 \cdot 10^{-6}$ до $4 \cdot 10^{-4}$ тор

интенсивность резонансной линии 2768 \AA уменьшилась в 25 раз, что послужило усилению линии 3529 \AA в 4 раза. При низких давлениях паров таллия, когда поглощение резонансной линии 2768 \AA и усиление линии 3529 \AA незначительны (рис. 1), соотношение интенсивностей этих линий с исходным $6^2D_{3/2}$ уровнем хорошо согласуется с данными о силах осцилляторов [3, 5]. Для линий 3519 и 3529 \AA в работе [6] в условиях разряда в парах таллия получено значение $I_{3519}/I_{3529} = 0.45$. Это значение не соответствует данным о силах осцилляторов и правилу интенсивностей, согласно которому оно должно быть равным девяти. Однако, как показали наши измерения (рис. 2), функции возбуждения указанных линий имеют совершенно различный вид. Поэтому при электронном возбуждении о соотношении их интенсивностей имеет смысл говорить только при определенной энергии электронов.

Различный вид функций возбуждения и отступление от правила интенсивностей для линий 3519 и 3529 \AA следует объяснить различным механизмом возбуждения уровней $6^2D_{3/2}$ и $6^2D_{5/2}$. Возбуждение $6^2D_{5/2}$ -уровня с основного $6^2P_{1/2}$ -состояния связано с переориентацией направления спинового момента валентного электрона в атоме, т. е. возбуждение происходит в результате обмена налетающего и валентного электрона атома. Возбуждение же $6^2D_{3/2}$ -уровня протекает без процесса обмена. Возбуждение с обменом менее вероятно, чем без обмена [7] и, как видно (рис. 2), эффективно протекает только в области пороговых энергий.

Литература

- [1] Л. Л. Шимон, Э. И. Непйпов, Н. А. Гацюк, И. П. Запесочный. Опт. и спектр., 32, 1040, 1972.
- [2] Э. И. Непйпов, Л. Л. Шимон. УФЖ, 1972.
- [3] Э. И. Андерсон, В. Ф. Трусов. Опт. и спектр., 22, 861, 1967.
- [4] А. А. Исаев, В. М. Каслин, Г. Г. Петраш. Препринт. ФИАН, № 81, 1970.
- [5] Н. П. Пенкин, Л. Н. Шабанова. Опт. и спектр., 14, 167, 1963.
- [6] И. П. Богданова. Вестн. ЛГУ, 22, 42, 1956.
- [7] С. Э. Фриш. Оптические спектры атомов. ГИФМЛ, М., 1963.

Поступило в Редакцию 21 июля 1972 г.

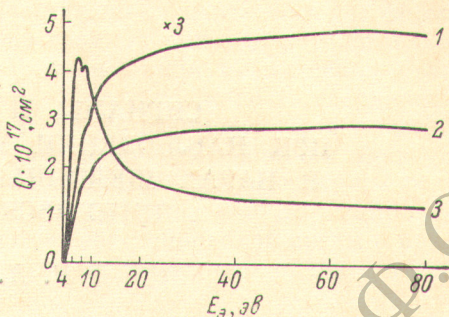


Рис. 2. Абсолютные функции возбуждения спектральных линий.

1 — $\lambda 2768 \text{ \AA}$ ($6^2P_{1/2} - 6^2D_{3/2}$), 2 — $\lambda 3529 \text{ \AA}$ ($6^2P_{3/2} - 6^2D_{3/2}$), 3 — $\lambda 3519 \text{ \AA}$ ($6^2P_{3/2} - 6^2D_{5/2}$).