

где $c = (\gamma d^2/D_M) N^3$ (или $c = (\beta d^2/D_M) N N_{\text{пр.}}$), γ и β — коэффициенты трехтельных тушений и ионизации Пеннинга, $N_{\text{пр.}}$ — плотность атомов примеси.

Для ступенчатой ионизации или ударов второго рода с электронами получим

$$y = \frac{\sqrt{\gamma} I_{1/3} \left(\frac{2}{3} \sqrt{D} \gamma^{3/2} \right)}{I_{1/3} \left(\frac{2}{3} \sqrt{D} \right)},$$

где $D = (\xi d^2/D_M) N n_0$ (или $D = (\psi d^2/D_M) N n_0$), ξ и ψ — коэффициенты ступенчатой ионизации и ударов второго рода, I — функция Бесселя мнимого аргумента.

Решение для ионизации при столкновении двух возбужденных атомов аналогично полученному в работе [3].

Представленные решения могут быть использованы при анализе неоднородных областей разряда типа страт или при создании специальных условий для измерения сечений. В этих случаях для быстрой оценки относительной роли различных процессов можно воспользоваться параметром $\delta_m = (y - \eta)_m$, т. е. максимальным отклонением распределения при действии каждого процесса от основной моды диффузии. Нетрудно найти, что

$$\delta_{A_m} \simeq 0.0642A, \quad \delta_{B_m} \simeq 0.0394B,$$

$$\delta_{C_m} = \frac{1}{\text{sh } \sqrt{c}} \sqrt{\left(\frac{\text{sh } \sqrt{c}}{\sqrt{c}} \right)^2 - 1} - \frac{1}{\sqrt{c}} \text{arch } \frac{\text{sh } \sqrt{c}}{\sqrt{c}}.$$

Зависимость $\delta_{D_m}(D)$ приведена на рисунке.

При сравнимом действии двух и более процессов их можно разделять, пользуясь, например, различными зависимостями коэффициентов A , B , C и D от плотностей.

Литература

- [1] Ю. М. Каган, Р. И. Лягушенко. Опт. и спектр., 17, 168, 1964.
- [2] A. V. Phelps. Phys. Rev., 114, 1041, 1959.
- [3] А. Е. Айзензон. ЖТФ, 41, 2564, 1971.

Поступило в Редакцию 21 июня 1972 г.

УДК 535.34 : 539.26

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОГЛОЩЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУППЫ ЛАНТАНА В ОБЛАСТИ УЛЬТРАМЯГКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

С. А. Грибовский и Т. М. Зимкина

В изученных ранее [1-3] спектральных зависимостях коэффициентов поглощения тонких пленок редкоземельных элементов группы лантана РЗЭ в области энергий от 50 до 500 эВ была обнаружена сложная тонкая структура. В настоящее время появились теоретические работы [6-10], посвященные количественной интерпретации этих спектров. Сопоставление экспериментальных и теоретических данных позволило объяснить все наблюдаемые особенности в спектрах поглощения атомными переходами между уровнями конфигураций $4d^{10}4f^n$ и $4d^9 4f^{n+1}$ (n — число f -электронов в основном состоянии атома РЗЭ), а также переходами $4d$ -электронов в состоянии f -симметрии сплошного спектра $4d^{10}4f^n \rightarrow 4d^9 4f^n \epsilon f$. Для всех РЗЭ, кроме Nd, Sm, Tb и Dy, выполнены расчеты энергетической структуры конечных $4d^9 4f^{n+1}$ -конфигураций в трехзарядных ионах и рассчитаны силы линий переходов $4d^{10}4f^n \rightarrow 4d^9 4f^{n+1}$. Объясняется различие наблюдаемых линий поглощения по интенсивности и ширине, а также исчезновение сильных линий по мере заполнения $4f$ -оболочки электронами с увеличением атомного номера. Существенно отметить, что расчет ширины линий и абсолютных значений поперечного сечения фотоионизационного поглощения проведен пока лишь для лантана [10].

Для количественной интерпретации спектров РЗЭ необходимо было получить абсолютные значения коэффициентов поглощения, что не было сделано в предыдущих работах [1-3]. В работе [5] значения коэффициентов поглощения даны в сравнительно небольшом энергетическом интервале от 100 до 180 эв для Ce, Pr, Nd и Sm. В данной работе измерены абсолютные значения коэффициентов поглощения для 12 РЗЭ в области спектра от 23.6 до 190.3 Å. Частично результаты измерения коэффициентов поглощений РЗЭ были опубликованы в работе [4].

Методика измерения коэффициентов поглощения на монохроматических рентгеновских линиях описана в работе [11]. В данной работе для каждого исследуемого элемента измерялись значения μx (μ — линейный коэффициент поглощения, x — толщина образца) для 5-7 образцов различной толщины на 3-4 характеристических линиях и строилась зависимость μx от x .

Тонкие слои РЗЭ готовились вакуумным испарением на подложки из нитроцеллюлозы в объеме спектрометра при вакууме $(2-3) \cdot 10^{-5}$ тор. Одновременно с приготовлением исследуемого образца производилось напыление слоя и на стеклянную подложку для последующего определения толщины слоя по методу Толанского [12]. На этот образец сразу же наносился вакуумным испарением слой Al толщиной $(1-2) \times 10^3$ Å. После окончания процесса измерений в спектрометре толщина исследуемого слоя РЗЭ измерялась на воздухе. Значения μ определялись из наклона прямой $\mu x(x)$ для данной длины волны характеристической линии. Затем, используя уже известную спектральную зависимость $\mu x(E)$, где E — энергия падающих фотонов, были вычислены коэффициенты поглощения РЗЭ во всем изучаемом спектральном интервале. Погрешность определения μ оценивается нами в 15%.

Значения массовых коэффициентов поглощения $(\mu/\rho) \cdot 10^{-4}$ [см²/г]
редкоземельных элементов группы лантана в зависимости от энергии

E, эв	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
70	4.5	1.9	2.7	2.5	2.6	2.9	2.6	3.5	2.5	3.7	3.4	3.5
80	3.7	1.5	2.3	2.1	2.2	2.6	2.2	3.0	2.3	3.1	3.1	3.1
90	3.0	1.4	1.4	1.7	2.1	2.4	2.0	2.6	2.1	2.6	2.8	2.9
100	—	1.4	0.9	1.5	1.9	2.2	1.8	2.3	2.1	2.2	2.6	2.7
110	5.4	—	—	1.1	1.5	1.9	1.7	2.0	2.0	1.9	2.3	2.6
120	17.3	10.5	3.3	—	1.4	1.6	1.6	1.8	1.9	1.8	2.1	2.5
130	9.1	10.2	10.8	7.3	—	1.3	1.3	1.6	1.9	1.8	2.0	2.4
140	5.6	6.4	5.7	7.0	10.8	—	0.9	1.4	1.7	1.7	1.9	2.4
150	2.8	3.9	3.8	5.0	7.7	11.8	4.5	—	1.2	1.6	1.8	2.3
160	1.7	2.6	2.7	3.3	4.5	4.1	4.7	5.6	2.1	1.2	1.6	2.2
170	0.9	1.9	1.6	2.2	4.0	3.0	2.8	3.1	4.9	3.0	1.5	2.2
180	0.6	1.4	1.2	1.6	2.5	2.4	2.7	2.3	2.7	2.6	3.5	2.5
190	0.4	1.2	0.9	1.2	2.2	2.3	2.3	2.0	2.4	1.9	2.2	2.2
200	0.5	1.0	0.7	1.0	1.8	2.2	2.0	1.9	2.2	1.7	2.0	2.1
250	0.7	0.9	0.5	0.6	1.1	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5	1.7	1.9
300	1.0	1.2	0.8	0.8	0.9	1.2	1.2	1.2	1.4	1.4	1.4	1.6
350	1.1	1.3	0.8	0.9	0.9	1.1	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.4
400	1.0	1.1	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.1	1.2
450	0.8	1.0	0.5	0.6	0.7	0.8	0.7	0.7	0.9	0.9	1.0	1.1
500	0.7	0.9	0.4	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	0.8	0.9	1.1

В таблице приводятся значения массовых коэффициентов поглощения μ/ρ [см²/г] для ряда энергий в интервале от 70 до 500 эв.

Литература

- [1] Т. М. Зимкина, В. А. Фомичев, С. А. Грибовский, И. И. Жукова. Изв. АН СССР, сер. физ., 31, 874, 1967.
- [2] Т. М. Зимкина, В. А. Фомичев, С. А. Грибовский, И. И. Жукова. ФТТ, 9, 1447, 1967.
- [3] В. А. Фомичев, Т. М. Зимкина, С. А. Грибовский, И. И. Жукова. ФТТ, 9, 1490, 1967.
- [4] Т. М. Zimkina, S. A. Gribovski. J. de Phys., 32, C4-282, 1971.
- [5] R. Haensel, P. Rabe, B. Sonntag. Solid State Commun., 8, 1845, 1970.
- [6] И. И. Глембоцкий, А. В. Каросене, А. А. Киселев, А. Ю. Савукина, С. Д. Шаджовене, А. П. Юцис. Лит. физич. сб., 12, 35, 1972.
- [7] J. L. Dehmer, A. F. Starace, U. Fano, J. Sugar, J. W. Cooper. Phys. Rev. Lett., 26, 1521, 1971.

- [8] A. F. Starace. Phys. Rev., B5, 1773, 1972.
 [9] J. Sugar. Phys. Rev., B5, 1785, 1972.
 [10] J. L. Dehmer, A. F. Starace. Phys. Rev., B5, 1793, 1972.
 [11] Т. М. Зимкина, А. П. Лукирский. ФТТ, 7, 1455, 1965.
 [12] S. Tolanski. Multiple-Beam Interferometry. Clarendon Press, Oxford, 1948.

Поступило в Редакцию 7 августа 1972 г.

УДК 621.373 : 535 (206.3)

ОДНОВРЕМЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ НА ПЕРЕХОДАХ РТУТИ И НЕОНА НА КОМБИНИРОВАННОЙ ГАЗОВОЙ СМЕСИ Hg—He—Ne

К. А. Бикмухаметов и В. М. Клементьев

В настоящей работе сообщается о получении одновременной генерации в комбинированной газовой смеси Hg—He—Ne, на переходе $6p^1\ ^3P_2^o - 7s^2\ S_1$ ($\lambda = 1.53$ мкм) ртути и на линии $\lambda = 3.39$ мкм неона. Генерация осуществлялась при следующих давлениях компонентов смеси: $P_{\text{Hg}} \sim 10^{-3}$ тор, $P_{\text{Ne}} \sim 0.05 \div 0.1$ тор, $P_{\text{He}} \sim 0.6 \div 1$ тор. Ток разряда был равен ~ 20 ма при диаметре трубки 4 мм и ее активной длине 38 см. Длина резонатора составляла 48 см. Резонатор был образован плоским и сферическим зеркалами. Плоское зеркало имело коэффициент отражения 96% для $\lambda = 1.53$ мкм и 99.9% для $\lambda = 3.39$ мкм, сферическое зеркало — 99.9% для $\lambda = 1.53$ мкм и 95% для $\lambda = 3.39$ мкм. Исследование на оптимизацию режима одновременной генерации на $\lambda = 1.53$ и 3.39 мкм для комбинированной газовой смеси не проводилось.

Следует отметить, что в лазере с комбинированной газовой смесью, в котором использовалась естественная ртуть, получена генерация на трех частотах, соответствующих двум изотопам ртути [^{1, 2}] Hg^{200} и Hg^{202} (изотопический сдвиг частоты ~ 4340 Мгц) на длине волн 1.53 и 3.39 мкм неона. Здесь же отметим возможные трудности, связанные, например, с затягиванием частоты, с точностью подбора длины резонатора так, чтобы генерируемые частоты соответствовали центрам своих линий. Если частота He—Ne перехода ($\lambda = 3.39$ мкм) равна ν , а частота изотопического сдвига $\Delta\nu$, то можно показать, что условием совпадения центров линий усиления без учета затягивания будет соотношение

$$\frac{\nu}{\Delta\nu} = \frac{N_1 n_2}{N_2 n_1},$$

где n_1 и n_2 — показатели преломления на $\lambda = 3.39$ и 1.53 мкм, N_1 и N_2 — число полуволн, укладывающихся в резонаторе лазера на $\lambda = 3.39$ и 1.53 мкм соответственно. Путем подбора N_1 и N_2 можно достичь, по-видимому, достаточно точного совпадения центров линий усиления. Однако затронутый вопрос достаточно сложен и требует специальных исследований.

Авторы благодарны Г. В. Синицыной за изготовление интерференционных комбинированных зеркал на $\lambda = 3.39$ и 1.53 мкм.

Литература

- [1] И. М. Бетеров, В. М. Клементьев, В. П. Чеботаев. Опт. и спектр., 25, 477, 1968.
 [2] И. М. Бетеров, В. М. Клементьев, В. П. Чеботаев. Опт. и спектр., 27, 388, 1969.

Поступило в Редакцию 7 августа 1972 г.

УДК 535.34 : 548.0

ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОНОКРИСТАЛЛА ФТОРАПАТИТА В ИК ОБЛАСТИ

И. И. Шаганов и В. С. Либов

В работах [^{1, 2}] были исследованы ИК спектры отражения монокристалла фторапатита $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ (ФАП) и найдены [¹] дисперсионные параметры полос, соответствующих валентному (ν_3) и деформационному (ν_4) колебаниям иона PO_4^{3-} . Однако оптические постоянные кристалла n и k в области этих полос не были представлены. Настоящая работа посвящена определению оптических постоянных кристалла ФАП на основании анализа спектров отражения методом Крамерса—Кронига [³].