

и в неустойчивом резонаторах составляла соответственно  $20 \div 25$  и  $8 \div 10$  мДж, распределение интенсивности излучения лазера на торце в обоих случаях было близким к равномерному.

Когерентность излучения лазера исследовалась с помощью голографического метода, аналогично [2, 7].

На рисунке представлены графики нормированной функции пространственной когерентности (ФПК) излучения лазера с неустойчивым (сплошные кривые) и плоским (штриховые кривые) резонаторами. Сопоставление этих кривых показывает, что переход от плоского резонатора к неустойчивому, действительно, сопровождается заметным повышением СПК излучения лазера. В случае плоского резонатора высокие значения СПК  $|\gamma| \geq 0.7$  сохранялись на расстоянии  $1 \div 1.5$  мм от рассматриваемой точки. В неустойчивом резонаторе СПК излучения превосходила 0.7 даже для точек, расположенных на краю торца лазера. Таким образом, в данном эксперименте была достигнута пространственная когерентность излучения, близкая к единице по всему сечению торца лазера на красителе с ламповой накачкой.

Перспективы увеличения энергии пространственно когерентного излучения ЛРК с ламповой накачкой представляются благоприятными в связи с возможностью эффективного использования неустойчивого резонатора при больших концентрациях красителя и объемах активной среды лазера [8, 9], а также ввиду малости оптических искажений в водных растворах красителей в широком диапазоне концентраций. Последнее обстоятельство, кроме того, позволяет рассчитывать на существенное увеличение мощности излучения с помощью оптических усилителей без ухудшения его пространственной когерентности.

#### Литература

- [1] Т. И. Смольская, Ф. Пинтер, Л. Визе, Л. Гати. Acta Phys. Chem. Szeged, 20, 305, 1974.
- [2] Д. И. Стаселько, В. Л. Стригун. Опт. и спектр., 39, 170, 1975.
- [3] Е. А. Гавронская, А. В. Грозный, Д. И. Стаселько, В. Л. Стригун. Опт. и спектр., 42 381, 1977.
- [4] W. Schmidt, A. F. Fercher. Opt. Comm., 3, 363, 1971.
- [5] W. Schmidt, A. Vogel, D. Preußler. Appl. Phys., 1, 103, 1973.
- [6] А. В. Аристов, Д. А. Козловский, Д. И. Стаселько, В. Л. Стригун. Матер. I Всесоюз. конф. «Оптика лазеров», Л., 1977.
- [7] А. В. Аристов, Д. А. Козловский, Д. И. Стаселько, В. Л. Стригун, А. С. Черкасов. Опт. и спектр., 41, 674, 1976.
- [8] Ю. А. Ананьев. Усп. физ. наук, 103, 705, 1971.
- [9] T. F. Ewanizky. Appl. Phys. Lett., 25, 295, 1974.

Поступило в Редакцию 19 февраля 1977 г.

УДК 539.186.2 : 546.668

### ВОЗБУЖДЕНИЕ АТОМОВ ИТТЕРБИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ УДАРОМ В ВУФ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

В. Л. Голдовский, Л. Л. Шимон и А. М. Соломон

Выполненные нами исследования по электронному возбуждению самария, европия и тулия в ВУФ области спектра [1] показали, что в случае европия ( $\text{Eu}5p^64f^76s^2$ ), имеющего наполовину заполненную устойчивую 4f-оболочку, в значительной мере экранирующую 5p-оболочку от ядра, наблюдаются группы спектральных линий, обусловленные процессом 5p-ионизации. Для самария ( $\text{Sm}5p^64f^86s^2$ ) и тулия ( $\text{Tm}5p^64f^{13}6s^2$ ), имеющих менее устойчивую незаполненную 4f-оболочку, группы спектральных линий, обязанные подобному процессу, обнаружить не удалось. Это обусловлено, по видимому, малой эффективностью 5p-ионизации для атомов самария и тулия вследствие недостаточной экранировки 5p-электронов 4f-оболочкой. В связи с этим значительный интерес представляет атом иттербия ( $\text{Yb}5p^64f^{14}6s^2$ ), имеющий полностью заполненную устойчивую 4f-оболочку, которая, как и в случае европия, должна способствовать 5p-ионизации.

Возбуждение спектральных линий осуществлялось методом пересекающихся атомного и электронного пучков на экспериментальной установке, представляющей собой модернизированный вариант установки, описанной в [1, 2]. Измерения проводились в условиях однократности столкновений электронов с атомами при концентрации атомов в области пересечения пучков  $\sim 10^{11}$  ат/см<sup>3</sup> и плотности электронного тока  $10^{-3} \div 10^{-2}$  А/см<sup>2</sup>. Неоднородность электронов по энергиям составляла  $\sim 1.5$  эВ для 90% электронов пучка. Запись спектров осуществлялась на монохроматоре, построенном по схеме Сейя-Намиока ( $d\lambda/dl=1.6$  нм) при одинаковой ширине входной и выходной



щелей, равной 0.1 мм. Давление остаточных газов во всей установке не превышало  $2 \cdot 10^{-6}$  тор, при котором влиянием фонового излучения на изучаемые спектры возбуждения можно пренебречь.

Изучение эмиссионного спектра Yb при различных энергиях возбуждающих электронов в области  $40 \div 120$  нм показало, что наибольшей интенсивностью в условиях

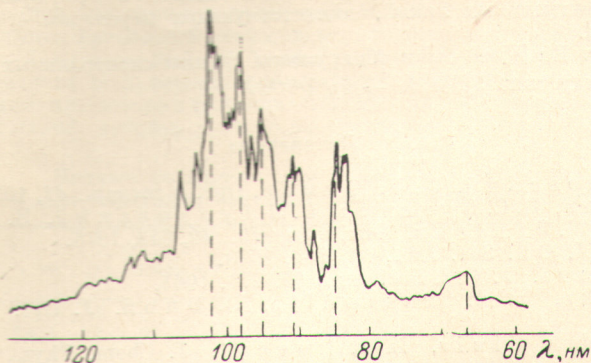


Рис. 1. Спектр излучения иттербия при энергии возбуждающих электронов  $E=150$  эВ.

нашего эксперимента обладают шесть групп линий с максимумами интенсивности при 66.3, 84.2, 90.4, 95, 98 и 101.8 нм (рис. 1).

Оптические функции возбуждения этих групп линий представлены на рис. 2. Для удобства сравнения значения интенсивностей в максимуме возбуждения нормированы к одной величине. Как видно из рис. 2, пороги возбуждения этих групп линий

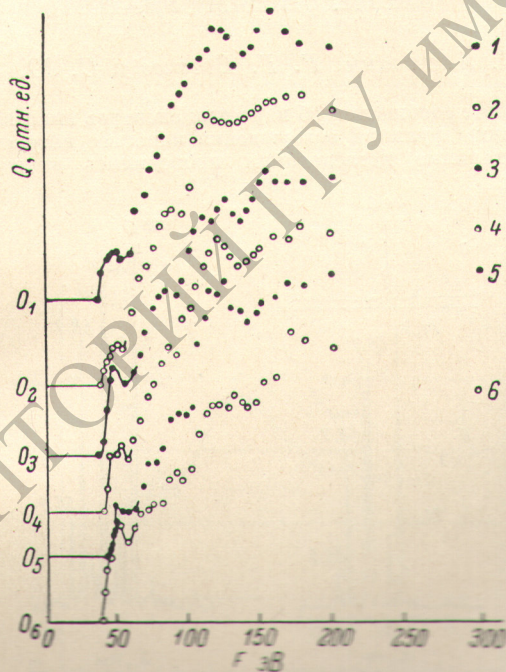


Рис. 2. Функции возбуждения групп центральных линий иттербия.

1 — 84.2, 2 — 101.8, 3 — 95, 4 — 98, 5 — 90.4, 6 — 66.3 нм.

составляют  $\sim 36$  эВ, что хорошо согласуется с энергией связи 5p-электрона в атоме иттербия [2]. Этот факт дает основание предположить, что, как и в случае Eu, происхождение наблюдаемых групп центральных линий связано, в частности, с 5p-ионизацией атома Yb с последующим образованием образовавшейся вакансии в 5p-оболочке. В связи с этим предположение о принадлежности центральных линий в области  $60 \div 100$  нм только ytterbiumu в атоме иттербия [2-4] (энергия основного состояния



УбIV относительно основного состояния атома  $E=43.4$  эВ [6]) представляется неверным.

Наличие структуры на измеренных нами функциях возбуждения спектральных линий свидетельствует о сложном механизме их возбуждения. В частности, на всех функциях возбуждения наблюдается минимум при энергии  $E \sim 55$  эВ, положение которого соответствует энергии связи  $5s$ -электрона в атоме Yb [3] и, кроме того, порогам возбуждения спектральных линий, соответствующих переходам  $4f^{12}5d \rightarrow 4f^{13}$  в системе YbIV [4, 5].

В отличие от Eu [1] не были обнаружены группы спектральных линий, соответствующие переходу типа  $5p^5 4f^k 6s^2 \rightarrow 5p^6 4f^{k-1} 6s^2$ .

#### Литература

- [1] В. Л. Голдовский, Л. Л. Шимон. Опт. и спектр., 41, 1095, 1976.
- [2] Л. Л. Шимон, В. С. Вукстич, В. Л. Голдовский, И. П. Запесоцкий, Н. М. Эрдеви. Опт. и спектр., 40, 643, 1976.
- [3] W. Lotz. J. Opt. Soc. Am., 60, 206, 1970.
- [4] В. W. Bryant. J. Opt. Soc. Am., 55, 771, 1965.
- [5] G. H. Dieke, Н. М. Crosswhite, В. Dunn. J. Opt. Soc. Am., 51, 820, 1961.
- [6] K. L. Vander Sluis, L. J. Nugent. J. Chem. Phys., 60, 1927, 1974.

Поступило в Редакцию 14 марта 1977 г.

### ОБ ИССЛЕДОВАНИИ СПЕКТРОВ ЭМИССИЙ Ba В ОБЛАСТИ 50 ÷ 90 нм ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ АТОМОВ ЭЛЕКТРОННЫМ УДАРОМ

И. С. Алексахин, Г. Г. Богачев и С. Ю. Угрин

В настоящей работе сообщается об изучении спектров эмиссии бария в вакуумном ультрафиолете, а также функций возбуждения наиболее интенсивных спектральных линий. Экспериментальные исследования проводились методом пересекающихся

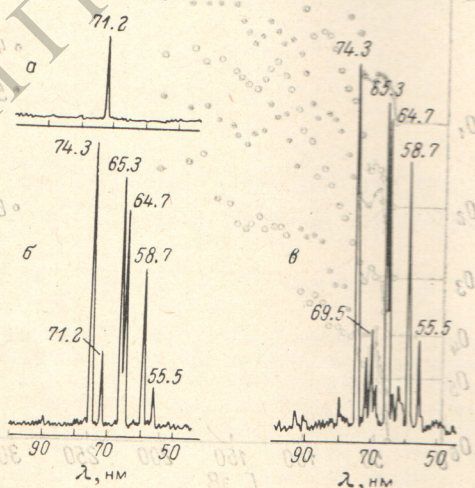


Рис. 1. Спектр излучения бария в области 50 ÷ 90 нм.

а — 26, б — 50, в — 100 эВ.

электронного и атомного пучков с регистрацией излучения методом счета отдельных фотоэлектронов [1]. В качестве спектрального прибора был использован вакуумный монохроматор, построенный по схеме Сейя-Намиока, в котором была установлена дифракционная решетка с  $R=0.5$  м и 1200 штр./мм. Детектором излучения служил фотоэлектронный умножитель открытого типа. Электронный пучок круглого сечения формировался трехэлектродной электронной пушкой. Плотность тока составляла  $10^{-3} \div 10^{-2}$  А/см<sup>2</sup>, при энергетической неод-