

УДК 535.34 : 546.661 (2063)

СПЕКТР ПОГЛОЩЕНИЯ ПАРОВ ЕВРОПИЯ
В ОБЛАСТИ 2200–1300 Å

М. Г. Козлов и С. А. Коточигова

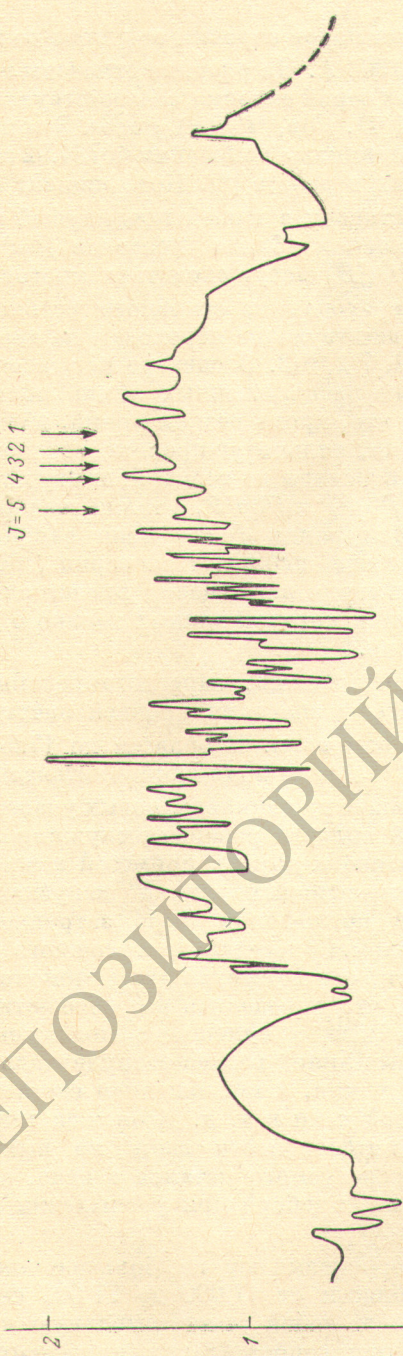
Получен спектр поглощения паров европия в области 2200–1300 Å на приборе для абсорбционных исследований в ВУФ области. Определены длины волн более 200 линий поглощения, большая часть которых ранее не наблюдалась. Приводится полный список линий и энергий термов, комбинирующих с основным $f^76s^2S_{7/2}$ -состоянием атома европия. Уточнены значения энергий термов, найденные ранее и сходящиеся к пределам, соответствующим состояниям f^75d^2D (2D), f^76p^2P (2P), f^65d6s , f^65d^2 иона EuII .

Спектр поглощения паров европия исследован с высокой точностью в области от 7200 до 2200 Å [1]. Наблюдалось около 350 линий, длины волн которых измерены с точностью до 0.05 Å. По величине зеемановского расщепления определены значения полного момента и факторы Ланде для более чем 200 возбужденных состояний. Это позволило идентифицировать большинство наблюдаемых линий. В работе [2] измерены длины волн линий поглощения европия в области 2200–2110 Å. В указанной области располагаются высшие члены серий f^76snp , сходящиеся к пределам f^76s и 9S_4 и $f^76s^2S_3$. В области короче 2200 Å исследован фотоионизационный спектр европия, образующийся при ионизации ВУФ излучением [3]. Зарегистрировано несколько максимумов, которые отнесены к возбуждению автоионизационных состояний f^75dnp . В фотоионизационном спектре в области короче 1750 Å спектральных линий EuI не наблюдалось, что дало основание авторам утверждать, что в этом случае имеет место только прямая фотоионизация без участия автоионизационных состояний.

В нашей предыдущей работе [4] на основе анализа спектра поглощения EuI в области 6300–1700 Å были классифицированы уровни f^76snp (nf), f^75dnp , сходящиеся к пределам f^76s и f^75d EuII . Выделение водородоподобных серий проводилось по постоянному квантовому дефекту. В таблицы работы [4] не вошли линии поглощения, не укладывающиеся в серии. Кроме того, сопоставление результатов работ [1, 4] показало, что длины волн некоторых линий в работе [4] определены неточно вследствие отсутствия реперных линий в спектре источника света. Это привело к неточностям в энергиях возбужденных состояний в интервале $42140 \div 45455 \text{ см}^{-1}$. В настоящее время представилась возможность использовать в качестве реперов данные работы [1]. Поскольку серии, сходящиеся к различным пределам, могут испытывать взаимные возмущения, водородоподобность какой-либо группы линий не является определяющим фактором при идентификации уровней энергии. Большую помощь в этом могут оказать полуэмпирические расчеты, для использования которых необходимы полные сведения об уровнях энергии. В настоящей работе приводится полный список наблюдаемых в области 2200–1300 Å линий поглощения в спектре паров европия.

$f^7 5d^2 D Eu II$

$J=5 \quad 4 \quad 3 \quad 2 \quad 1$



1550.

1600

1650

1700

$f^6 5d 6s Eu II$

$f^7 6p^3 Eu II$

$f^7 6p^3 Eu II$

1450

1500

1550

1600

1700

$J=3$

4

5

$J=4 \quad 3 \quad 2$

1

2

3

4

5

1300 Å

1350

1400

1450

1500

Коэффициент поглощения паров европия в области 1725-1300 Å. Отмечены возможные пределы сходности спектральных серий, являющиеся возбужденными состояниями иона $Eu II$.

РЕПОЗИТОРИЙ ИТУ имени Ф.Скорины

Спектр получен на установке, описанной в работе [5]. Установка представляет собой высокотемпературную вакуумную печь типа печи Кинга с узлами вакуумного спектрографа, размещенными внутри объема печи. Просвечивающим источником служил СВЧ разряд в инертных газах в кварцевом капилляре без окна. Спектры зарегистрированы с континуумами ксенона, криптона, аргона и гелия. Линии поглощения наблюдались до 1300 \AA . В более коротковолновой области имело место сплошное поглощение, на фоне которого линий не наблюдалось. Установка позволяла работать при температурах не более 1300 K и, возможно, что в области короче 1300 \AA для наблюдения линий этих температур было недостаточно.

Зависимость коэффициента поглощения паров европия от длины волны показана на рисунке для области $1725 \div 1300 \text{ \AA}$. На рисунке отмечены возможные пределы сходимости спектральных серий европия, соответствующие образованию иона EuII в состояниях f^75d^7D , f^76p , 9P , (7P), f^65d6s . Эти пределы найдены добавлением к первому потенциалу ионизации 45734.92 cm^{-1} энергии уровней иона EuII , приведенных в работе [8]. Коэффициент поглощения в области $2200 \div 1725 \text{ \AA}$ представлен в нашей предыдущей работе [4], где наблюдались линии поглощения вблизи пределов $f^76s^9S_4$, $f^76s^7S_3$ и $f^75d^9D_{2,3,4,5,6}$. К пределам f^75d^9D (7D) могут сходитьсь многочисленные серии типа f^75dnp (nf). При переходах из основного состояния $f^76s^{28}S_{7/2}$ будут наблюдаться линии, соответствующие переходам на термы 6,8,10P , 6,8,10D , 6,8,10F с моментами $J=5/2, 7/2, 9/2$. В спектре поглощения это соответствует большому числу близко расположенных линий вблизи указанных пределов. Из рисунка видно, что, кроме резких линий, вблизи пределов наблюдаются линии поглощения, сильно уширенные автоионизацией. Выше предела f^75d^7D возможны переходы на термы конфигураций f^76pns (nd), сходящиеся к пределам EuII f^76p^9P и f^76p^7P , а также на термы $f^65d6snd$, сходящиеся к пределам конфигурации f^65d6s иона европия. Так как в этой же области спектра должны наблюдаться серии $f^76s^2 - f^66s^2nd$ и $f^76s^2 - f^65d^2ns$, классификация спектра поглощения представляет собой весьма сложную задачу, для решения которой данных только о характере спектра поглощения недостаточно.

Полный список длин волн линий поглощения, зарегистрированных нами, дан в таблице, где также приведены значения уровней энергии, найденные как величины, обратные длинам волн. В области до 1725 \AA реперами служили известные из работы [1] длины волн линий поглощения европия до области 2200 \AA , присутствовавшие на длинноволновых участках спектрограмм. В более коротковолновой области реперами служили линии испускания азота, кислорода, криптона и других примесей в источнике света. Соответственно вблизи интенсивных линий испускания в спектре источника измерение линий поглощения было затруднено. Эти участки отмечены на рисунке штрихом. Относительно сплошного поглощения во всей исследованной области, соответствующего фотоионизационному континууму, следует сказать, что определить его абсолютную величину, а также отношения коэффициентов сплошного поглощения к поглощению в максимумах спектральных линий весьма затруднительно. Это связано с наличием рассеяния излучения, с поглощением света молекулярными образованиями в вакуумной печи и т. д. Возможен также и обратный эффект, т. е. увеличение интенсивности света на выходе спектрального прибора при введении исследуемого металла в печь, связанный с улучшением качества вакуума в приборе при распылении металла.

Результаты, приведенные в таблице, указывают на большое число уровней различных конфигураций в области от $47\,000$ до $77\,000 \text{ cm}^{-1}$. Классификация этих уровней представляет собой самостоятельную проблему, разрешение которой возможно при сопоставлении приведенных данных с расчетными, а также с результатами других экспериментов.

$\lambda, \text{Å}$	E, cm^{-1}	$\lambda, \text{Å}$	E, cm^{-1}
2107.0	47461	1891.7	52863
2105.5	47495	1889.2	52932
2102.9	47553	1887.3	52986
2099.9	47621	1879.7	53200
2095.7	47717	1876.5	53291
2089.6	47856	1873.1	53387
2087.4	47906	1870.6	53459
2083.8	47989	1866.3	53582
2081.8	48035	1863.3	53668
2074.5	48204	1857.5	53836
2072.4	48253	1854.3	53929
2069.2	48328	1847.0	54142
2066.9	48382	1842.3	54280
2065.3	48419	1839.8	54354
2060.7	48527	1837.1	54434
2056.6	48624	1835.6	54478
2052.7	48716	1832.8	54561
2051.0	48757	1831.1	54612
2049.9	48783	1829.6	54657
2047.9	48831	1827.0	54735
2045.7	48883	1824.1	54822
2041.7	48979	1819.1	54972
2040.9	48998	1817.3	55027
2038.4	49058	1813.5	55142
2036.6	49101	1812.1	55185
2035.9	49118	1810.0	55249
2030.4	49251	1809.1	55276
2022.9	49434	1807.8	55316
2021.9	49458	1804.1	55429
2021.1	49478	1803.1	55460
2017.0	49579	1801.0	55525
2014.9	49630	1799.2	55580
2011.0	49727	1796.7	55658
2006.4	49841	1794.5	55726
2004.6	49885	1793.6	55754
2003.1	49923	1790.9	55838
1999.4	50015	1789.0	55897
1998.1	50048	1787.2	55953
1997.1	50073	1784.3	56044
1991.0	50226	1782.8	56092
1984.4	50893	1780.5	56164
1958.4	51062	1777.6	56256
1956.6	51109	1774.4	56357
1950.1	51279	1772.9	56405
1949.1	51306	1771.1	56462
1945.8	51393	1769.4	56516
1943.7	51448	1768.6	56542
1942.1	51491	1717.0	58241
1939.3	51565	1690.8	59144
1936.3	51645	1674.2	59730
1932.9	51736	1672.7	59784
1932.0	51760	1670.6	59859
1929.5	51827	1667.7	59963
1925.5	51935	1663.6	60111
1920.7	53064	1661.2	60197
1917.5	52151	1659.4	60268
1916.0	52192	1657.4	60335
1913.1	52271	1651.5	60551
1912.0	52301	1649.9	60610
1907.1	52436	1648.1	60676
1904.7	52502	1646.6	60731
1901.2	52598	1645.4	60775
1900.1	62629	1643.1	60861
1897.5	52701	1641.2	60931
1896.4	52731	1638.3	61039
1895.6	52754	1636.6	61102
1893.9	52801	1634.9	61166

λ , Å	E , см ⁻¹	λ , Å	E , см ⁻¹
1633.6	61214	1429.7	69945
1630.5	61331	1428.5	70004
1628.8	61395	1425.3	70161
1625.9	61504	1424.9	70180
1623.4	61599	1423.1	70269
1622.1	61648	1421.4	70353
1619.2	61759	1418.1	70517
1617.8	61812	1416.1	70616
1616.1	61877	1414.8	70681
1614.7	61931	1413.8	70731
1612.5	62016	1412.6	70791
1611.7	62046	1410.5	70897
1610.1	62108	1409.4	70952
1607.8	62197	1407.5	71048
1606.7	62239	1405.0	71174
1605.3	62294	1404.0	71225
1603.3	62371	1402.5	71301
1600.5	62480	1400.6	71398
1598.4	62563	1399.8	71439
1595.2	62688	1399.0	71480
1572.3	63601	1397.3	71567
1563.2	63973	1391.9	71844
1545.5	64703	1389.8	71953
1536.2	65097	1388.4	72025
1533.7	65202	1387.4	72077
1501.3	66609	1384.3	72239
1488.4	67186	1382.2	72348
1485.1	67336	1379.2	72506
1483.5	67408	1377.3	72606
1481.4	67504	1374.6	72748
1479.1	67609	1365.6	73228
1475.6	67769	1361.8	73432
1462.4	68381	1358.3	73621
1460.3	68479	1356.7	73708
1458.5	68564	1354.6	73823
1456.7	68648	1351.1	74014
1455.4	68710	1349.0	74129
1453.4	68804	1347.6	74206
1451.3	68904	1346.2	74283
1450.1	68961	1344.2	74394
1449.2	69004	1339.6	74649
1446.5	69132	1337.8	74750
1445.5	69180	1336.7	74811
1443.8	69262	1334.2	74951
1441.8	69358	1327.2	75347
1441.2	69387	1325.5	75443
1439.5	69469	1320.1	75752
1437.2	69580	1319.1	75809
1436.5	69614	1316.8	75942
1435.3	69672	1315.4	76023
1433.9	69740	1312.9	76167
1431.8	69842	1311.0	76278
1433.0	69784	1310.1	76330
1430.5	69906	1298.6	77006

Литература

- [1] G. Smith, F. S. Tomkins. *Philosoph. Trans. Roy. Soc. (London)*, 283, 345, 1976.
 [2] G. Smith, F. S. Tomkins. *Proc. Roy. Soc. L.*, 342, 149, 1975.
 [3] A. C. Parr. *J. Chem. Phys.*, 54, 3161, 1971.
 [4] М. Г. Козлов, С. А. Коточигова. *Опт. и спектр.*, 41, 360, 1976.
 [5] М. Г. Козлов, Б. Е. Крылов, В. Н. Николаев. *Ж. прикл. спектр.*, 19, 1136, 1973.
 [6] H. N. Russel, W. Alberton, D. N. Davis. *Phys. Rev.*, 60, 641, 1941.

Поступило в Редакцию 1 июня 1978 г.