

# РЕЗОНАНСНО-ІОНІЗАЦІЙНА ЛАЗЕРНА СПЕКТРОСКОПІЯ ПАРНИХ ЗВ'ЯЗАНИХ СТАНІВ АТОМА САМАРІЮ

**О.І. Гомонай, О.І. Плекан**

Інститут електронної фізики НАН України, 88017 Ужгород, вул. Університетська, 21

e-mail: [vkell@mail.uzhgorod.ua](mailto:vkell@mail.uzhgorod.ua)

Методом трифотонної резонансно-іонізаційної спектроскопії досліджено спектр високолежащих парних зв'язаних станів атома самарію. Визначено енергії та повні моменти 307 парних зв'язаних станів атома самарію, розташованих в області енергій  $33036.0-40526.7\text{см}^{-1}$ .

## Вступ

Надзвичайно складний спектр електронних станів атома самарію ( $\text{Sm}$ ), зумовлений наявністю незаповненої  $4f^6$  – підоболонки, на сьогодні є недостатньо вивченим. Достатньо повні дані, наявні в літературі, стосуються тільки низьколежащих рівнів атома самарію, які розташовані в області енергій до  $30000\text{см}^{-1}$  [1]. Для них відомі енергії, повні моменти, електронні конфігурації й терми, а у випадку непарних станів ще й часи життя, сили осциляторів, тензорні поляризованості та абсолютні значення ймовірностей відповідних електронних переходів [2-6].

Щодо більш високолежащих зв'язаних станів атома самарію (парних і непарних), то для них, здебільшого, відомі лише значення енергій і повних моментів [7-11]. Переважна більшість даних про такі стани отримана методом багатоступінчастої спектроскопії [7-11], при якому кількість спостережуваних рівнів суттєво залежить від конкретної схеми збудження. Тому для отримання більш повної інформації про парні високолежачі стани атома  $\text{Sm}$  інтерес становить проведення спектроскопічних досліджень з використанням різноманітних схем їх збудження.

У даній роботі методом трифотонної резонансно-іонізаційної спектроскопії досліджено спектр високолежащих парних зв'язаних станів атома самарію, розташованих в області енергій  $E > 33000\text{см}^{-1}$ .

## Експеримент

Загальна схема постановки експерименту зображена на рис. 1. Випромінювання імпульсного перестроюваного барвникового лазера фокусувалося за допомогою лінзи з фокусною відстанню 16 см у вакуумну камеру, де перетиналося під прямим кутом із пучком атомів самарію. Іонізація атомів  $\text{Sm}$  відбувалася внаслідок поглинання трьох фотонів. Іони, що утворювалися в області взаємодії атомного й лазерного пучків, витягувалися постійним електричним полем ( $\sim 100\text{В/см}$ ) за допомогою іонно-оптичної системи, розділялися за масою та зарядом у часопротітному мас-спектрометрі і детектувалися мікроканальним детектором типу ВЗУ-7. Усі вимірювані в ході експерименту сигнали надходили на вхід системи реєстрації, де відбувалося їх перетворення в цифровий код, який в подальшому зчитувався ЕОМ.

Джерелом випромінювання служив перестроюваний барвниковий лазер FL-2001 (Lambda Physik) з накачкою другою гармонікою твердотілого  $\text{Nd:YAG}$  лазера. В якості активного середовища використовувалися барвники родамін 6G та родамін незаміщений. Частота повторення імпульсів лазера – 2 Гц, максимальна вихідна енергія – 1 мДж, ширина лінії випромінювання  $\leq 0.2\text{см}^{-1}$ , тривалість імпульсу  $\sim 12\text{нс}$ , напруженість світлового поля в області перетинання пучків  $\leq 10^6\text{В/см}$ .

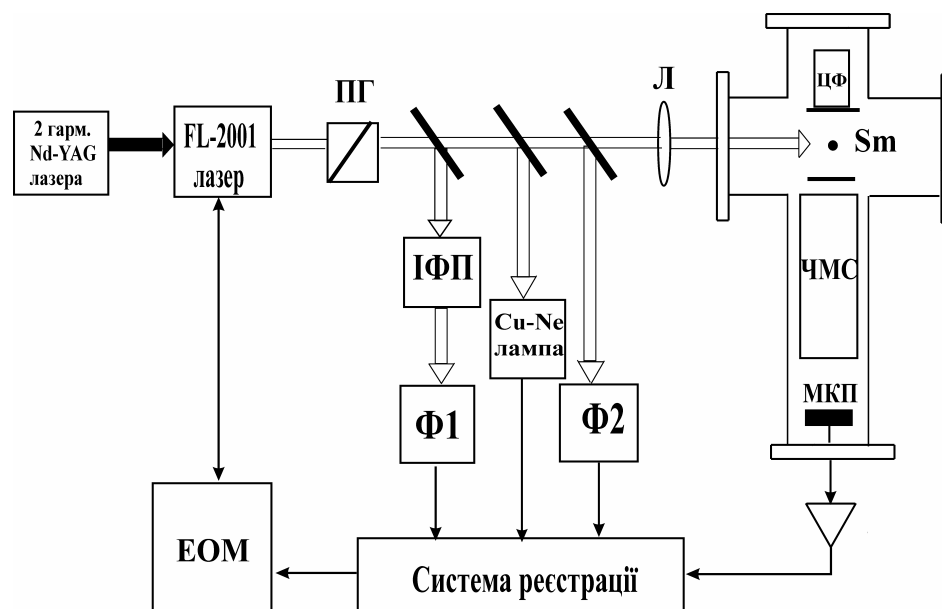


Рис 1. Схема експериментальної установки: ЧМС – часопролітний мас-спектрометр, ПГ – поляризатор, Ф1, Ф2 – фотодіоди, ІФП – інтерферометр Фабрі-Перо, Л – фокусуєча лінза, МКП – мікροканальний детектор, ЦФ – циліндр Фарадея, ЕОМ – комп'ютер.

Абсолютне калібрування частоти лазерного випромінювання з точністю не гірше  $\pm 0.2 \text{ см}^{-1}$  здійснювалося за реперним оптигальванічним спектром Cu-Ne лампи з порожнистим катодом та спектром пропускання інтерферометра Фабрі-Перо, які вимірювалися одночасно з досліджуваним спектром трифотонної іонізації атома Sm. Вимірювання проводилися при лінійній поляризації випромінювання. Концентрація атомів Sm в області взаємодії становила  $\sim 10^{10} \text{ см}^{-3}$ , при цьому залишковий тиск у вакуумній камері становив  $10^{-5} \text{ Па}$ .

У ході експерименту вимірювалися залежності ефективності утворення однозарядних іонів самарію від частоти лазерного випромінювання  $A^+(\omega)$ . При цьому величина напруженості світлового поля в області взаємодії підтримувалася незмінною. Для прикладу, на рис. 2 наведено залежність ефективності трифотонної іонізації атома самарію  $A^+(\omega)$  в діапазоні частот  $\omega = 17200\text{--}17350 \text{ см}^{-1}$ , виміряну при двох значеннях напруженості світлового поля в області взаємодії  $\varepsilon_1 = 4.7 \times 10^5 \text{ В/см}$  (верхня крива) і  $\varepsilon_2 = 1.7 \times 10^5 \text{ В/см}$  (нижня крива). З рис. 2 добре видно, що процес утворення іонів  $\text{Sm}^+$  має яскраво виражений резонансний характер, про що свід-

чить велика кількість максимумів різної амплітуди і форми. Загалом у роботі спостерігалось понад 700 максимумів. Така насичена резонансна структура зумовлена своєрідністю спектра електронних станів досліджуваного елемента: мультиплетною структурою основного і збуджених термів, надзвичайно високою густиною збуджених станів та можливістю переходів із різних рівнів основного терму  ${}^7F_{0-6}$ . Зазначимо, що переважна кількість максимумів, що спостерігалася в залежності  $A^+(\omega)$  пов'язана з двофотонним збудженням високолежачих парних зв'язаних рівнів атома самарію.

### Ідентифікація резонансної структури

Специфікою спектра електронних станів атома самарію є те, що його основний терм септет  $4f^6 6s^2 {}^7F_{J_0}$  ( $J_0 = 0\text{--}6$ ) [12], усі сім рівнів якого заселяються навіть при відносно невисоких температурах. Саме тому резонансна структура спектрів трифотонної іонізації самарію являє собою сукупність максимумів, зумовлених переходами з усіх семи рівнів основного терму. При температурі атомного джерела  $\sim 973 \text{ }^\circ\text{K}$  заселеність рівнів основного терму була наступною: 18% ( ${}^7F_0$ ), 35% ( ${}^7F_1$ ), 26% ( ${}^7F_2$ ), 13% ( ${}^7F_3$ ), 5% ( ${}^7F_4$ ), 2% ( ${}^7F_5$ ), 0,5% ( ${}^7F_6$ ).

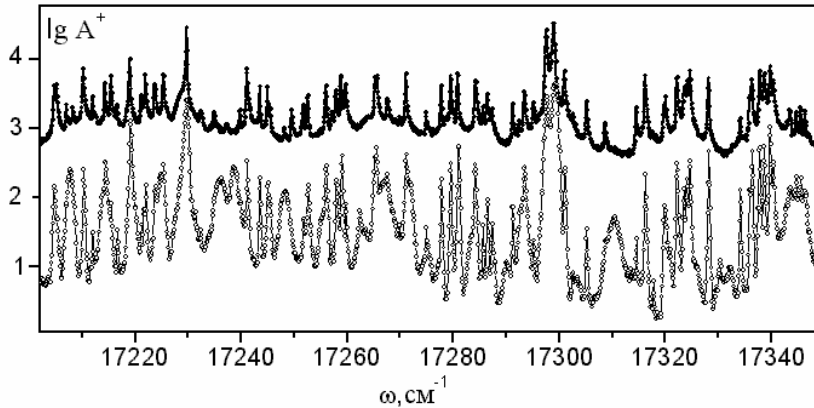


Рис. 2. Залежності ефективності трифотонної іонізації атома самарію від частоти лазерного випромінювання в діапазоні  $\omega = 17200\text{--}17350\text{ см}^{-1}$ , виміряні при двох значеннях напруженості світлового поля:  $\varepsilon_1 = 4.7 \times 10^5$  В/см (верхня крива) та  $\varepsilon_2 = 1.7 \times 10^5$  В/см (нижня крива).

Ідентифікація резонансних максимумів відповідними двофотонними переходами  ${}^7F_{J_o} \rightarrow E(J)$ , визначення енергій  $E$  і повних моментів  $J$  збуджених парних рівнів здійснювалася на підставі спостереження груп максимумів, які відповідали переходам з різних початкових рівнів  ${}^7F_{J_o}$  на той самий збуджений  $E(J)$  (див. рис. 3). При цьому кількість можливих максимумів у групі залежала від повного моменту  $J$  збуджуваного стану, кількості фотонів, необхідної для його збудження, а також діапазону зміни частоти лазерного випромінювання. При цьому можливі переходи визначалися наступними правилами відбору [13]:

$$\begin{aligned} J_o=0, 2 \rightarrow J=0; J_o=1-5 \rightarrow J=3; J_o=4-6 \rightarrow J=6; \\ J_o=1-3 \rightarrow J=1; J_o=2-6 \rightarrow J=4; J_o=5,6 \rightarrow J=7; \\ J_o=0-4 \rightarrow J=2; J_o=3-6 \rightarrow J=5; J_o=6 \rightarrow J=8, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $J_o$  – повний момент початкового рівня основного терму  ${}^7F$ ,  $J$  – повний момент збуджуваного рівня.

Енергія збудженого стану  $E(J)$  визначалася за формулою:

$$E(J) = \frac{\sum_i (E(J_o) + 2\omega_i)}{i}, \quad (2)$$

де  $E(J_o)$  – енергія відповідного початкового рівня [1],  $\omega_i$  – частота, на якій спостерігається максимум, що відповідає двофотонному переходу  $E(J_o) \rightarrow E(J)$ ,  $i$  –

кількість максимумів у групі (див. рис. 3). Повний момент  $J$  визначався згідно належності до відповідної групи у відповідності з (1).

Визначені нами енергії та моменти парних зв'язаних станів атома самарію приведені у табл. 1. Порівняння наших даних з даними інших авторів [7-11] добре (в межах  $\pm 1.0\text{ см}^{-1}$ ) узгоджуються між собою.

Зазначимо, що багатофотонна спектроскопія має ряд переваг над багатоступінчастою. По-перше, можливість використання тільки одного лазерного джерела, що в технічному плані є набагато простішим. По-друге, можливість отримання інформації про рівні, які не спостерігаються при застосуванні схем багатоступінчастого збудження. Зокрема, нами були виявлені парні зв'язані стани атома самарію, дані про які в роботах [7-11] відсутні. У табл. 1 вони відзначені символом “#” і знаходяться в області енергій  $E = 35768.9\text{--}38855.7\text{ см}^{-1}$ . Зауважимо, що всі ці стани, у відповідності до правил відбору за  $J$ , могли збуджуватися в роботі [11], а найбільш низьколежачі з них – у роботах [7-9], однак їх збудження там не спостерігалось. Можливою причиною цього є мала ймовірність двоступінчастого збудження цих станів.

Табл. 1. Парні стани атома самарію.

№	Енергія (см <sup>-1</sup> )	<i>J</i>	№	Енергія (см <sup>-1</sup> )	<i>J</i>	№	Енергія (см <sup>-1</sup> )	<i>J</i>
1.	33036.1 <sup>ac</sup>	2	56.	34812.0 <sup>acd</sup>	3	111.	35821.3 <sup>e</sup>	2
2.	33117.2	1	57.	34865.6 <sup>ac</sup>	2	112.	35839.1 <sup>e</sup>	2
3.	33278.8 <sup>ac</sup>	2	58.	34921.6 <sup>acde</sup>	2	113.	35846.2 <sup>e</sup>	3
4.	33306.6 <sup>ac</sup>	2	59.	34932.7 <sup>acd</sup>	1	114.	35874.3 <sup>e</sup>	3
5.	33378.0 <sup>ac</sup>	2	60.	34969.8 <sup>acde</sup>	3	115.	35879.8 <sup>e</sup>	4
6.	33585.7 <sup>ac</sup>	2	61.	35020.2 <sup>c</sup>	3	116.	35906.0 <sup>c</sup>	5
7.	33607.7 <sup>ac</sup>	1,3	62.	35045.6 <sup>ace</sup>	3	117.	35920.6 <sup>e</sup>	4
8.	33627.5 <sup>ac</sup>	2	63.	35047.2 <sup>acde</sup>	1	118.	35931.9 <sup>e</sup>	2
9.	33631.0 <sup>c</sup>	2	64.	35069.9 <sup>acde</sup>	1	119.	35959.3 <sup>e</sup>	1,2
10.	33646.0 <sup>ac</sup>	1	65.	35072.8 <sup>a</sup>	2	120.	36003.8 <sup>ce</sup>	4
11.	33703.2 <sup>c</sup>	1	66.	35089.5 <sup>acde</sup>	3	121.	36007.5 <sup>e</sup>	3
12.	33736.9 <sup>c</sup>	1	67.	35101.0 <sup>ac</sup>	3	122.	36024.5 <sup>e</sup>	1
13.	33748.0 <sup>ac</sup>	2	68.	35135.6 <sup>ac</sup>	1	123.	36031.8 <sup>e</sup>	3
14.	33834.0 <sup>ac</sup>	2	69.	35138.1 <sup>ace</sup>	2	124.	36057.8 <sup>e</sup>	2
15.	33850.0 <sup>ac</sup>	2	70.	35155.1 <sup>ace</sup>	2	125.	36084.8 <sup>e</sup>	3
16.	33894.1 <sup>ac</sup>	2	71.	35163.9 <sup>acde</sup>	1	126.	36087.5 <sup>e</sup>	3
17.	33956.1 <sup>ac</sup>	2	72.	35169.5 <sup>ace</sup>	3	127.	36095.6 <sup>e</sup>	4
18.	33957.9 <sup>ac</sup>	2	73.	35222.2 <sup>ae</sup>	2	128.	36134.0 <sup>e</sup>	3
19.	33975.5 <sup>c</sup>	1,3	74.	35226.0 <sup>ac</sup>	1,3	129.	36138.8 <sup>e</sup>	4
20.	33998.5 <sup>ac</sup>	2	75.	35235.9 <sup>c</sup>	4	130.	36145.9 <sup>#</sup>	1
21.	34041.8 <sup>ac</sup>	1,3	76.	35237.2 <sup>ade</sup>	3	131.	36162.3 <sup>e</sup>	3
22.	34106.3 <sup>a</sup>	2	77.	35242.9 <sup>ae</sup>	2	132.	36188.9 <sup>e</sup>	2
23.	34116.0 <sup>a</sup>	2	78.	35259.5 <sup>a</sup>	2	133.	36193.9 <sup>e</sup>	1
24.	34138.0 <sup>a</sup>	1,3	79.	35262.5 <sup>c</sup>	4	134.	36201.3 <sup>e</sup>	2
25.	34150.4 <sup>ac</sup>	2	80.	35311.0 <sup>ce</sup>	4	135.	36217.2 <sup>e</sup>	3
26.	34186.0 <sup>ac</sup>	3	81.	35327.9 <sup>c</sup>	4	136.	36223.6 <sup>e</sup>	3
27.	34206.6 <sup>ac</sup>	2	82.	35342.5 <sup>a</sup>	1,3	137.	36238.9 <sup>e</sup>	3
28.	34212.3 <sup>ac</sup>	2	83.	35348.7 <sup>a</sup>	1,3	138.	36248.3 <sup>e</sup>	2
29.	34222.9 <sup>a</sup>	1,3	84.	35371.0 <sup>ae</sup>	1	139.	36257.7 <sup>be</sup>	3
30.	34298.7 <sup>ac</sup>	2	85.	35414.0 <sup>ae</sup>	3	140.	36269.8 <sup>e</sup>	4
31.	34312.1 <sup>ac</sup>	1,3	86.	35444.4 <sup>ae</sup>	1	141.	36290.4 <sup>e</sup>	4
32.	34346.2 <sup>c</sup>	2	87.	35461.2 <sup>ae</sup>	2	142.	36302.7 <sup>e</sup>	3
33.	34395.3 <sup>a</sup>	1,3	88.	35487.4 <sup>ae</sup>	2	143.	36308.2 <sup>e</sup>	1
34.	34399.1 <sup>ac</sup>	1	89.	35491.4 <sup>ae</sup>	3	144.	36324.6 <sup>e</sup>	4
35.	34420.5 <sup>ac</sup>	2	90.	35512.9 <sup>e</sup>	4	145.	36340.9 <sup>e</sup>	4
36.	34438.2 <sup>ac</sup>	2	91.	35544.9 <sup>ae</sup>	1	146.	36362.3 <sup>e</sup>	2
37.	34517.3 <sup>a</sup>	1,3	92.	35547.6 <sup>ae</sup>	2	147.	36364.1 <sup>e</sup>	3
38.	34522.4 <sup>ac</sup>	3	93.	35569.4 <sup>ae</sup>	2	148.	36377.2 <sup>e</sup>	1
39.	34531.3 <sup>ac</sup>	2	94.	35580.0 <sup>c</sup>	4	149.	36391.4 <sup>e</sup>	2
40.	34561.9 <sup>a</sup>	2	95.	35582.0 <sup>e</sup>	3	150.	36395.7 <sup>e</sup>	4
41.	34571.0 <sup>c</sup>	2	96.	35589.2 <sup>c</sup>	4	151.	36404.0 <sup>e</sup>	1
42.	34590.4 <sup>acd</sup>	2	97.	35594.1 <sup>ae</sup>	2	152.	36409.3 <sup>e</sup>	3
43.	34630.8 <sup>cd</sup>	1	98.	35605.3 <sup>ae</sup>	3	153.	36457.1 <sup>e</sup>	4
44.	34657.5 <sup>acd</sup>	1	99.	35612.7 <sup>e</sup>	4	154.	36463.3 <sup>e</sup>	4
45.	34642.8 <sup>c</sup>	2	100.	35652.0 <sup>ae</sup>	1	155.	36474.6 <sup>e</sup>	2
46.	34660.1 <sup>acd</sup>	3	101.	35679.7 <sup>ae</sup>	3	156.	36483.1 <sup>e</sup>	4
47.	34662.8 <sup>c</sup>	4	102.	35700.0 <sup>e</sup>	1	157.	36515.4 <sup>e</sup>	2
48.	34670.0 <sup>c</sup>	3	103.	35730.7 <sup>ae</sup>	3	158.	36535.3 <sup>e</sup>	3
49.	34699.3 <sup>ac</sup>	2	104.	35742.2 <sup>e</sup>	1	159.	36536.7 <sup>#</sup>	1,3
50.	34713.1 <sup>acd</sup>	1	105.	35747.0 <sup>ae</sup>	2			
51.	34723.4 <sup>ac</sup>	2	106.	35748.8 <sup>ae</sup>	3			
52.	34736.5 <sup>acd</sup>	3	107.	35768.9 <sup>#</sup>	2			
53.	34774.8 <sup>acd</sup>	3	108.	35776.6 <sup>c</sup>	4			
54.	34789.7 <sup>c</sup>	4	109.	35779.3 <sup>abe</sup>	3			
55.	34796.0 <sup>acd</sup>	2	110.	35785.7 <sup>e</sup>	1			

Табл. 1. Продовження.

№	Енергія (см <sup>-1</sup> )	<i>J</i>	№	Енергія (см <sup>-1</sup> )	<i>J</i>	№	Енергія (см <sup>-1</sup> )	<i>J</i>
160.	36543.8 <sup>e</sup>	4	211.	37387.2 <sup>e</sup>	1,2	262.	38413.4 <sup>e</sup>	2
161.	36553.4 <sup>e</sup>	4	212.	37416.5 <sup>e</sup>	1	263.	38439.6 <sup>e</sup>	3,4
162.	36565.5 <sup>e</sup>	1	213.	37430.3 <sup>e</sup>	1	264.	38443.6 <sup>e</sup>	3,4
163.	36572.0 <sup>e</sup>	3	214.	37445.6 <sup>e</sup>	4	265.	38528.4 <sup>e</sup>	3,4
164.	36576.9 <sup>e</sup>	4	215.	37449.6 <sup>e</sup>	2	266.	38591.2 <sup>e</sup>	3
165.	36587.4 <sup>e</sup>	3	216.	37477.4 <sup>#</sup>	5	267.	38596.0 <sup>e</sup>	3
166.	36592.8 <sup>e</sup>	2	217.	37494.0 <sup>e</sup>	1	268.	38605.6 <sup>#</sup>	4-6
167.	36618.1 <sup>e</sup>	2	218.	37568.7 <sup>e</sup>	3	269.	38608.9 <sup>e</sup>	2
168.	36625.9 <sup>e</sup>	4	219.	37576.8 <sup>e</sup>	2	270.	38700.6 <sup>e</sup>	2
169.	36628.4 <sup>e</sup>	1	220.	37588.3 <sup>e</sup>	4	271.	38709.0 <sup>e</sup>	4
170.	36637.8 <sup>e</sup>	4	221.	37616.5 <sup>e</sup>	3	272.	38713.5 <sup>#</sup>	4-6
171.	36644.6 <sup>e</sup>	1	222.	37629.9 <sup>e</sup>	2	273.	38720.4 <sup>e</sup>	3
172.	36682.5 <sup>e</sup>	3	223.	37656.2 <sup>e</sup>	3,4	274.	38734.0 <sup>e</sup>	3
173.	36701.8 <sup>e</sup>	2	224.	37678.6 <sup>e</sup>	1	275.	38760.5 <sup>e</sup>	3
174.	36732.4 <sup>e</sup>	4	225.	37707.5 <sup>e</sup>	1	276.	38764.2 <sup>e</sup>	3
175.	36748.3 <sup>e</sup>	4	226.	37712.3 <sup>#</sup>	3-5	277.	38773.5 <sup>e</sup>	3
176.	36760.1 <sup>e</sup>	2	227.	37717.8 <sup>e</sup>	3,4	278.	38793.3 <sup>e</sup>	3
177.	36763.2 <sup>e</sup>	3	228.	37762.5 <sup>e</sup>	3,4	279.	38803.7 <sup>e</sup>	4
178.	36776.5 <sup>e</sup>	3	229.	37812.6 <sup>e</sup>	1	280.	38817.7 <sup>e</sup>	2
179.	36778.2 <sup>e</sup>	2	230.	37814.9 <sup>#</sup>	3-5	281.	38848.2 <sup>e</sup>	2
180.	36812.8 <sup>e</sup>	3	231.	37825.4 <sup>e</sup>	1,2	282.	38855.7 <sup>#</sup>	4-6
181.	36834.9 <sup>e</sup>	1	232.	37878.3 <sup>e</sup>	3,4	283.	38883.3 <sup>e</sup>	3
182.	36841.6 <sup>e</sup>	4	233.	37879.7 <sup>e</sup>	3,4	284.	38891.5 <sup>e</sup>	2
183.	36855.6 <sup>b,e</sup>	3	234.	37904.5 <sup>e</sup>	3,4	285.	38909.9 <sup>e</sup>	2
184.	36863.3 <sup>e</sup>	4	235.	37933.0 <sup>e</sup>	3,4	286.	38916.6 <sup>e</sup>	3
185.	36873.5 <sup>e</sup>	2	236.	37943.8 <sup>e</sup>	1	287.	38926.6 <sup>e</sup>	4
186.	36890.7 <sup>e</sup>	3	237.	37967.8 <sup>e</sup>	1	288.	38946.3 <sup>e</sup>	3
187.	36912.4 <sup>b,e</sup>	3	238.	37971.3 <sup>e</sup>	2	289.	38966.3 <sup>e</sup>	2
188.	36920.2 <sup>e</sup>	4	239.	38034.1 <sup>e</sup>	3,4	290.	38990.1 <sup>e</sup>	4
189.	36929.4 <sup>e</sup>	2	240.	38035.8 <sup>e</sup>	3,4	291.	39014.0 <sup>e</sup>	4
190.	36953.9 <sup>e</sup>	4	241.	38044.1 <sup>e</sup>	3,4	292.	39066.3 <sup>e</sup>	4
191.	36964.2 <sup>b,e</sup>	2	242.	38083.9 <sup>e</sup>	2	293.	39087.6 <sup>e</sup>	4
192.	36976.2 <sup>e</sup>	2	243.	38089.9 <sup>e</sup>	3,4	294.	39114.2 <sup>e</sup>	4
193.	36996.6 <sup>e</sup>	3	244.	38105.1 <sup>#</sup>	3-5	295.	39154.6 <sup>e</sup>	3
194.	37022.5 <sup>b,e</sup>	3	245.	38109.4 <sup>e</sup>	2	296.	39191.5 <sup>e</sup>	4
195.	37029.9 <sup>e</sup>	1	246.	38115.1 <sup>e</sup>	3,4	297.	39233.1 <sup>e</sup>	4
196.	37054.4 <sup>b,e</sup>	3	247.	38122.4 <sup>e</sup>	3,4	298.	39273.2 <sup>e</sup>	3
197.	37067.0 <sup>#</sup>	2,3	248.	38128.6 <sup>e</sup>	2	299.	39408.3 <sup>e</sup>	4
198.	37070.9 <sup>e</sup>	1	249.	38147.6 <sup>e</sup>	2	300.	39537.1 <sup>e</sup>	3
199.	37077.6 <sup>#</sup>	2,3	250.	38166.6 <sup>e</sup>	3,4	301.	39567.2 <sup>e</sup>	4
200.	37130.1 <sup>#</sup>	2,3	251.	38184.7 <sup>e</sup>	3,4	302.	39609.5 <sup>e</sup>	4
201.	37164.8 <sup>e</sup>	2	252.	38198.1 <sup>e</sup>	2	303.	39723.7 <sup>e</sup>	3
202.	37171.2 <sup>e</sup>	1	253.	38210.4 <sup>e</sup>	3,4	304.	39931.3 <sup>e</sup>	3,4
203.	37175.0 <sup>#</sup>	2	254.	38246.4 <sup>e</sup>	2	305.	39987.2 <sup>e</sup>	3,4
204.	37214.3 <sup>e</sup>	2	255.	38254.7 <sup>#</sup>	3-5	306.	40070.5 <sup>e</sup>	3,4
205.	37244.5 <sup>#</sup>	3	256.	38258.9 <sup>e</sup>	3,4	307.	40526.7 <sup>e</sup>	3,4
206.	37270.4 <sup>e</sup>	1,2	257.	38292.6 <sup>e</sup>	1			
207.	37340.0 <sup>e</sup>	1	258.	38316.7 <sup>e</sup>	2			
208.	37343.1 <sup>e</sup>	3	259.	38360.3 <sup>e</sup>	3,4			
209.	37356.5 <sup>e</sup>	1,2	260.	38381.5 <sup>e</sup>	2			
210.	37357.3 <sup>e</sup>	3	261.	38406.4 <sup>e</sup>	3,4			

*Примітка.* Індексми позначені енергії парних станів яки спостерігалися у роботах: “a”– [8], “b”– [9], “c”– [10], “d”– [11], “e”– [12], “#”– нові стани.

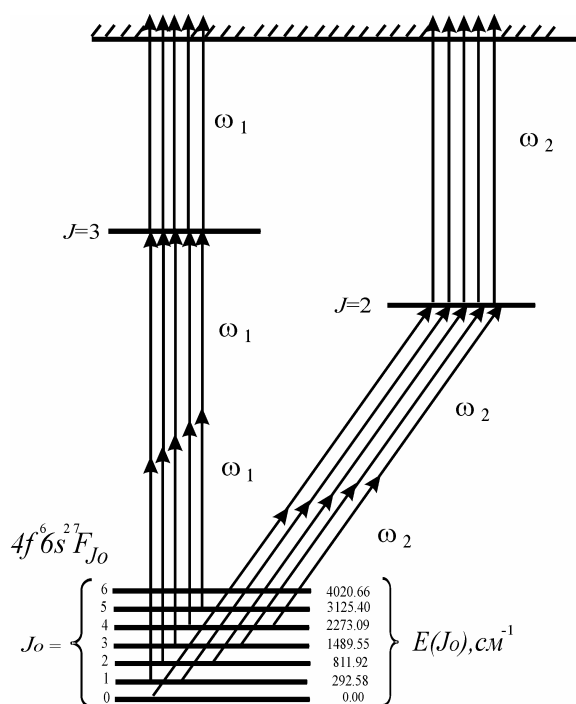


Рис. 3. Схема двофотонного збудження парних станів при трифотонній іонізації. Для прикладу показано збудження станів  $E(J = 3)$  та  $E(J=2)$  з різних початкових рівнів основного терму атома самарію.

### Висновки

Методом трифотонної резонансно-іонізаційної спектроскопії досліджено енергетичний спектр високозбуджених парних зв'язаних станів атома Sm, розташованих в області енергій  $33036.0\text{--}40526.7 \text{ cm}^{-1}$ . Визначено енергії і повні моменти 307 рівнів. Результати засвідчують перспективність використання методу багатофотонної резонансно-іонізаційної спектроскопії для дослідження складних атомних систем, зокрема атома самарію.

Робота виконана за підтримки ДФФД, проект №GP/F11/0098 згідно договору №Ф11/16-2006.

### Література

1. W.C.Martin, R.Zalubas and L.Hagan. Atomic Energy Levels – The Rare-Earth Elements NSRDS-NBS 60 (1978).
2. В.А.Комаровский. Опт. и спектр. 71, 559 (1991).
3. В.А.Комаровский, Ю.М.Смирнов. Опт. и спектр. 80, 357 (1996).
4. Л.М.Барков, М.С.Золоторев, Д.А.Мелик-Пашаев. Опт. и спектр. 62, 243 (1987).
5. S.Rochester, C.J.Bowers, D.Budker, D.DeMille, M.Zolotarev. Phys.Rev. A. 59, 3480 (1999).
6. К.В.Благоев, В.А.Комаровский. Atomic Nuclear Data Tables – Lifetimes of Levels of Neutral and Singly Ionized Lanthanide Atoms. 56 (1994).
7. А.Д.Зюзииков, Препринт, ИСАН–21 (1988).
8. L.Jia, C.Jing, Z.Zhou and F.Lin. J.Opt. Soc. Am. B. 10, 1317 (1993).
9. J.T.Jayasekharan, MAN Razvi and G.L.Bhale. J.Opt. Soc. Am. B. 13, 641 (1996).
10. H.Park, Hyun-chaе Kim, Jong-hoon Yi, Jae-Min Han, L. Jongmin. JKPhS. 30, 453 (1997).
11. J.T.Jayasekharan, MAN Razvi and G.L.Bhale. J.Opt. Soc. Am. B. 17, 1607 (2000).
12. М.А.Ельяшевич. Спектры редких земель (Москва, 1953).
13. И.И.Собельман. Введение в теорию атомных спектров (Москва, 1977).

# **RESONANCE -IONIZATION LASER SPECTROSCOPY OF EVEN-PARITY STATES OF SAMARIUM ATOM**

**A.I. Gomonai, O.I. Plekan**

Institute of Electron Physics, Ukrainian Academy of Sciences

21 Universytetska str., Uzhhorod 88017, Ukraine

e-mail: [vkel@mail.uzhgorod.ua](mailto:vkel@mail.uzhgorod.ua)

Spectrum of even high-lying bound states of samarium atom was studied by three-photon resonance-ionization spectroscopy. Energies and total momenta of 307 even-parity bound states of samarium atom lying in the 33036.0 – 40526.7 cm<sup>-1</sup> energy range were determined.