

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДА $3d^8-3d^74p$ В СПЕКТРЕ Ge VII

Л. И. Подобедова, А. А. Рамонас и А. Н. Рябцев

На вакуумном спектрографе скользящего падения с решеткой радиуса 3 м (3600 штр/мм) изучен спектр Ge VII в области 160—210 Å. С помощью полумпирического метода расчета энергий уровней идентифицировано около 220 спектральных линий перехода $3d^8-3d^74p$. Найдены все уровни энергии нижней конфигурации и 85 из 110 уровней конфигурации $3d^74p$.

В изоэлектронной последовательности Fe I последним достаточно хорошо изученным ионом является Cu IV [1]. Спектры ионов Zn V и Ga VI находятся в стадии изучения, для них известны лишь предварительные значения уровней энергии термина $3d^8\ ^3F$ [2]. О спектре Ge VII в литературе не имеется никаких данных. В нашей работе выполнены экспериментальные и теоретические исследования резонансного перехода в Ge VII, приведшие к нахождению всех уровней основной конфигурации $3d^8$ и большей части уровней конфигурации $3d^74p$.

Спектр Ge VII изучался по тем же спектрограммам, которые были получены в процессе работы над спектром Ge VI [3]. Вкратце экспериментальная методика состояла в следующем. Спектр исследовался с помощью спектрографа скользящего падения ДФС-26 (угол падения излучения 85°), оснащенного решеткой радиуса 3 м, 3600 штр/мм. Спектрограф обеспечивал в первом порядке обратную линейную дисперсию 0.34 Å/мм в области ~180 Å. Для возбуждения спектра использовалась трехэлектродная вакуумная искра. Разделение линий по кратности ионизации осуществлялось вариацией параметров разрядного контура искры в следующих пределах: $C=10 \div 150$ мкф, $L=500 \div 1000$ см, $U=1 \div 10$ кВ. Для съемки спектра использовались фотопластинки ORWO-UV-2. Измерение спектрограмм проводилось с помощью полуавтоматического компаратора-микрофотометра [4]. Обработка информации после компаратора осуществлялась на ЭВМ «Наири-С».

Результаты обработки спектрограмм и отождествления переходов приведены в табл. 1. При расчете длин волн в качестве стандартов служили линии титана различной кратности ионизации [5], спектр которого накладывался на спектр германия. Точность определения длин волн одиночных и не слишком слабых линий лимитировалась ошибками длин волн линий титана. Случайная ошибка (здесь и далее речь будет идти о среднеквадратичном отклонении) в длинах волн германия, оцениваемая из разброса реперных линий и усреднения по различным пластинкам, составляет 0.002 Å. Систематическая ошибка, связанная с неточностью абсолютного значения длин волн реперов, может достигать 0.004 Å. Интенсивности линий в табл. 1 имеют оценочный характер. Они представляют собой обработку микрофотометрических измерений почернений линий с помощью характеристической кривой фотослоя без учета изменения с длиной волны эффективности прибора. Наиболее яркой линии дана интенсивность 1000. Идентификация линий указана в третьей колонке табл. 1. Для обозначения уровней, руководствуясь соображениями экономии места и облегчения печати, приняты обозна-

Таблица 1
Длины волн перехода $3d^8 - 3d^7 4p$ в Ge VII

I	$\lambda, \text{Å}$	Переход	I	$\lambda, \text{Å}$	Переход
1	2	3	1	2	3
3	164.914?	1D2—(2D1)3D3	2	181.862	3P2—(2F) 3G3
5	165.241?	1D2—(2D1)1D2	300	181.907	3F4—(2G) 3G3
2	165.791?	1D2—(2D1) 3D1			
20	166.609?	3P2—(2D1) 3D3	380	181.929	{ 3F3—(2D) 3D2
6	167.318?	3P2—(2D1) 3D2			{ 3F4—(2G) 1H5
4	167.425?	3P1—(2D1) 3D2	120	182.011	3F4—(2G) 3G4
4	167.610?	3P1—(2D1) 3D1	280	182.124	3F2—(2P) 3D2
2	167.767?	3P0—(2D1) 3D1	500	182.162	3F3—(4P) 3D2
1	168.999	3P2—(2D1) 1P1	60	182.227	3F3—(2P) 3D3
8	169.174	1G4—(2D1) 3D3	310	182.283	3F2—(4P) 3P1
8	170.016?	1D2—(2D1) 3P1			
40	170.292?	1D2—(2D1) 3P2	910	182.312	{ 3P2—(2F) 1D2
20	171.135	3F4—(2F) 3G5			{ 3F4—(4P) 3D3
5	171.199	3F4—(2F) 3F4			
540	171.382	1G4—(2D1) 1F3	950	182.409	{ 3F4—(2H) 3G5?
50	171.536	3F4—(2F) 3F3			{ 3F2—(2H) 3G3
80	171.566	3P1—(2D1) 3P0	1000	182.540	3F2—(2H) 3G4?
50	171.816	3P2—(2D1) 3P1	300	182.559	3F3—(2D) 3D3
30	171.929?	3P1—(2D1) 3P1	110	182.703	3F4—(2G) 3G5
			400	182.732	3F2—(2D) 3D2
330	172.098	{ 3P2—(2D1) 3P2	380	182.776	3F4—(2G) 1F3
		{ 3P0—(2D1) 3P1	110	182.888	3F3—(4P) 3P2
50	172.190	3F4—(2F) 3D3	540	182.939	1G4—(2F) 1G4
120	172.212	3P1—(2D1) 3P2	30	183.033?	3F2—(2P) 3D3
10	172.395	3F3—(2F) 3F4	720	183.093	3F4—(2G) 1G4
50	172.539	3F3—(2F) 3D2	170	183.146	3F4—(4P) 5P3?
30	172.549	3F4—(2F) 3G4	60	183.181	1D2—(2D) 3P1
15	172.867?	3F3—(2F) 3F2	110	183.258	3F3—(2G) 3G3
50	173.218	3F2—(2F) 3D1			
1	173.260	3F2—(2F) 3D2	140	183.366	{ 3F3—(2G) 3G4
6	173.401	3F3—(2F) 3D3			{ 3F2—(2D) 2D3
2	173.460	3F2—(2F) 3F3	70	183.462	3F2—(2G) 3F2
3	173.769?	3F3—(2F) 3G4	370	183.578	1D2—(2D) 1P1
2	174.024	3F3—(2F) 3G3	80	183.600	3F4—(2G) 3F3
0	174.130	3F2—(2F) 3D3	430	183.960	1D2—(2D) 1F3
6	174.758	3F2—(2F) 3G3	1	184.073	3F2—(2G) 3G3
10	175.273?	3F2—(2F) 1D2	560	184.144	3F3—(2G) 1F3
9	175.454	1D2—(2F) 1F3	50	184.218	1G4—(2F) 3D3
1	176.603	3F4—(2D) 1F3	680	184.280	3F2—(2G) 3F2
60	177.374	3P2—(2F) 1F3	8	184.305	3F3—(2P) 1D2
20	177.873	3F3—(2D) 1F3	130	184.377	3F4—(2G) 3H4?
2	177.907	3F2—(2D) 3P1	100	184.386	3F2—(2D) 3D1
0	178.215	1D2—(2F) 3D1	20	184.463	3F3—(2G) 1G4
30	178.472	1D2—(2F) 3F3	30	184.578	1D2—(2D) 3P2
100	178.610	1D2—(2F) 3F2	40	184.633	1G4—(2F) 3G4
1	178.966	3F4—(2D) 3F3	70	184.661	3F3—(4P) 5P2
160	179.180	1D2—(2F) 3D3	0	184.921	1G4—(2F) 3G3
290	179.351	3F4—(2D) 3F4	200	184.966	3F2—(2G) 1F3
10	179.721	3F3—(2D) 1D2	670	184.980	3F3—(2G) 3F3
5	179.845	1D2—(2F) 3G3	830	185.117	3F4—(2G) 3F4
30	179.928	3F3—(2D) 3F2			
160	180.240	3P2—(2F) 3D2	330	185.131	{ 3F4—(2G) 3H5
790	180.280	1G4—(2F) 1F3			{ 3F2—(2P) 1D2
110	180.319	3P1—(2F) 3D1	120	185.308	3P1—(2D) 3P0
470	180.366	3P1—(2F) 3D2	100	185.406	3P1—(2D) 3P1
180	180.389	1D2—(2F) 1D2	1	185.489	3F2—(4P) 5P2
220	180.458	3P2—(2F) 3F3	60	185.598	3P0—(2D) 3P1
180	180.500?	3P0—(2F) 3D1	330	185.683	3P2—(2D) 1P1
30	180.665	3F3—(2D) 3F4	210	185.798	1D2—(2P) 1P1
60	180.715	3F2—(2D) 3F2	270	185.809	3F2—(2G) 3F3
70	180.721	3P1—(2F) 3F2	580	185.936	1D2—(2D) 1D2
15	180.892	3F4—(2P) 3D3	2	186.006	3P0—(2D) 1P1
400	181.182	3P2—(2F) 3D3	70	186.070	3P2—(2D) 1F3
810	181.219	3F4—(2D) 3D3	280	186.122	1D2—(2P) 3S1
310	181.327	3F3—(2P) 3D2	50	186.159	1D2—(2D) 3F2

Таблица 1 (продолжение)

<i>I</i>	$\lambda, \text{Å}$	Переход	<i>I</i>	$\lambda, \text{Å}$	Переход
1	2	3	1	2	3
100	186.517	3F3—(2G) 3F4	180	192.310	3F3—(4F) 3G4
110	186.528	1D2—(2D) 3F3	5	192.343	3P1—(2G) 3F2
500	186.706	3P2—(2D) 3P2	0	192.423	3P2—(4P) 3D3
90	186.837	3P1—(2D) 3P2			
5	186.894	3F2—(4P) 5D1	850	192.570	{ 3F3—(4F) 3F2
240	187.145	1S0—(2D1) 1P1			{ 3F3—(4F) 3F3
5	187.828	1D2—(4P) 3P1	130	192.685	3P2—(4P) 5P1?
740	187.858	1G4—(2H) 1H5	10	192.722	1D2—(4P) 5D1
90	187.949	3P2—(2P) 1P1	5	192.781	3F2—(4F) 3D3
20	188.088	3P1—(2P) 1P1	60	192.860	3F2—(4P) 5S2?
2	188.173	3F2—(4P) 3S1	130	192.943	3P2—(2G) 1F3
160	188.282	3P2—(2P) 3S1	30	193.122	3P2—(2P) 1D2
190	188.302	1D2—(2D) 3D2	70	193.473	3F2—(4F) 3F3
100	188.148	3P1—(2P) 3S1	40	193.513	1G4—(2H) 3G3
20	188.457	3P1—(2D) 3F2			
30	188.552	1D2—(4P) 3D2	120	193.589	{ 3P2—(2P) 3P1
10	188.620	1D2—(2P) 3D3			{ 3F3—(4F) 3F4
300	188.699	3P2—(2D) 3F3	1	193.655	3P1—(4P) 3P2
80	188.978	1D2—(2D) 3D3	230	193.732	3P1—(2P) 3P1
30	189.047	3P1—(4P) 3P0?	20	193.754	3P2—(2P) 3P2
250	189.274	1G4—(2D) 1F3	1	193.864	3P2—(2G) 3F3
120	189.724	1D2—(2G) 3G3	110	193.900	3P1—(2P) 3P2
870	189.881	1G4—(2H) 1G4	20	194.084	1D2—(4P) 3S1
10	189.990?	3P1—(2P) 3D2	20	194.146	3P1—(2P) 3P0?
120	190.026	3P2—(4P) 3P1	10	195.044	3P2—(4P) 5D1
40	190.062	1D2—(2P) 3D1	10	195.383	1G4—(2G) 3G3
20	190.285	1G4—(2H) 3H4?	170	195.411	1G4—(2G) 1H5
730	190.406	3F4—(4F) 3D3	20	195.507?	1G4—(2G) 3G4
2	190.512	3P2—2D 3D2	10	195.676	3P1—(4P) 5D0?
2	190.606	1S0—(2D1) 3P1	3	195.755	3P2—(4P) 5D3?
90	190.652	3P1—(2D) 3D2	10	196.067	3P1—(4P) 5D2?
270	190.673	1D2—(2G) 1F3	10	196.155	3F2—(4F) 5D3?
100	190.724	1G4—(2H) 3H5?	30	196.304?	1G4—(2G) 3G5
20	190.767	3P2—(4P) 3D2	20	196.391	1G4—(2G) 1F3
50	190.821	3F4—(4F) 3G4	30	196.439	3P2—(4P) 3S1
20	180.851	1D2—(2P) 1D2	1	196.584	3P1—(4P) 3S1
3	190.906?	3P1—(4P) 3D2	0	196.798	3P0—(4P) 3S1
70	191.081	3F4—(4F) 3F3	130	197.344?	1G4—(2G) 3F3
580	191.163	3F3—(4F) 3D2	10	198.214	1D2—(4F) 3D2
20	191.204	3P2—(2D) 3D3	2	198.761	1D2—(4F) 3F2
10	191.230	1D2—(4P) 5P2	170	198.992	1D2—(4F) 3D3
40	191.306	1D2—(2P) 3P1	10	199.111?	1G4—(4F) 3H5
10	191.339	4F3—(4F) 3G3	30	199.730	1D2—(4F) 3F3
10	191.439	3P0—(4P) 3D1?	60	200.227	3P1—(4F) 3D1
10	191.466	1D2—(2P) 3P2	100	200.450	3P0—(4F) 3D1
230	191.505	3F2—(4F) 3D1	20	200.668	3F2—(4F) 3D2
30	191.570	3P2—(4P) 3P2	220	200.820	3P1—(4F) 3D2
30	191.578	1D2—(2G) 3F3	20	201.382	3P1—(4F) 3F2
30	191.847	3P1—(2P) 1S0	270	201.465	3P2—(4F) 3D3
60	191.887	3F3—(4F) 3D3	60	202.220	3P2—(4F) 3F3
100	191.994	1G4—(2D) 3F3	10	207.312	1S0—(2D) 3P1
730	191.081	3F4—(4F) 3F4	20	207.824	1S0—(2D) 1P1
380	192.223	{ 3F4—(4F) 3G5			
		{ 3F2—(4F) 3G3			

чения без индексов, аналогичные введенным в работе [1] для Cu VI . Здесь ($M'L^v$) MLJ в общепринятых обозначениях соответствует ($M'L^v$) $^M L_J$, где M — мультиплетность термина, v — квантовое число старшинства, штрихи относятся к терму атомного остатка, а остальные обозначения — обычные. При этом вследствие того, что $v=3$ для подавляющего числа термов атомного остатка $3d^7$, это число в табл. 1 не указано, за исключением одного из термов 2D , для которого $v=1$. В табл. 1 включен ряд линий, удовлетворяющих комбинационному принципу Ритца, но обнаруживающих при вариации разрядных условий изменения ин-

тенсивности, несколько отличные от линий, принадлежность которых к Ge VII не вызывает сомнений. Такие линии отмечены знаком вопроса возле длины волны. Знаком вопроса, поставленным возле обозначения перехода, отмечены также линии, однозначность идентификации которых не подтверждена принципом Ритца.

Уровни энергии, полученные на основании идентификации длин волн, приведены в табл. 2. Ошибка определения энергий в конфигурации $3d^8$, а также относительного расположения уровней внутри конфигурации $3d^7 4p$ оценивается в 5 см^{-1} . Для общего сдвига возбужденной конфигурации относительно основной погрешность может достигать 12 см^{-1} . Идентификация спектра выполнялась на основании полуэмпирических расчетов. В первую очередь расчет уровней энергии обеих конфигураций был проведен с масштабированными хартри-фоковскими интегралами, т. е. интегралы Слэтера, полученные с помощью функций Хартри—Фока [6], умножались на соответствующие коэффициенты, известные из других полуэмпирических исследований таких конфигураций. После идентификации некоторого числа переходов $3d^8 - 3d^7 4p$ было найдено достаточное число уровней энергии для проведения оптимизации интегралов Слэтера методом наименьших квадратов. Полученные уточненные теоретические значения уровней энергии использовались для идентификации новых спектральных линий данного перехода и нахождения новых экспериментальных значений уровней энергии, которые включались в новый полуэмпирический расчет и т. д. В конечном счете все 9 уровней энергии конфигурации $3d^8$ были описаны при помощи 5 параметров эффективного гамильтониана со среднеквадратичной погрешностью [3] $\sigma = 140 \text{ см}^{-1}$. Для описания 79 из 110 возможных уровней энергии конфигурации $3d^7 4p$ использовано 11 параметров и получено $\sigma = 168 \text{ см}^{-1}$. Некоторые известные уровни энергии конфигурации $3d^7 4p$ не были включены в полуэмпирический расчет. К ним относятся, во-первых, такие, у которых разность между экспериментальными значениями двух уровней с одинаковым J примерно такая же, как их разности с теоретическими значениями. Во-вторых, исключены уровни, собственные векторы которых так перемешаны между собой, что даже маленькие изменения параметров приводят к их переименованию. Значения параметров эффективного гамильтониана и их отношения к хартри-фоковским интегралам приведены в табл. 3. В качестве дополнительных параметров, эффективно учитывающих наложение конфигураций, использованы параметры, аналогичные применявшимся в работе [1] при анализе спектра Cu IV. В табл. 3 не дано только значение параметра $a(dp)$, включение которого в расчет конфигурации $3d^7 4p$ приводит лишь к незначительному изменению остальных параметров, но не уменьшает среднеквадратичной погрешности.

Необходимо отметить, что обозначение уровней в табл. 2 в терминах LS -связи в большинстве случаев носит лишь формальный характер, что видно из пятой колонки, где приведен состав волновых функций на основании полуэмпирических расчетов (указаны только те компоненты собственного вектора, квадрат коэффициента у которых больше ~ 0.1). Обозначение уровней дано по наибольшему компоненту собственного вектора. Если такое название уже занято, тогда для обозначения выбирался следующий наибольший компонент и т. д. Наиболее характерным примером такого рода является уровень с энергией $546\ 631 \text{ см}^{-1}$, название которому дано по компоненту с весом 36%.

В итоге в Ge VII найдены все уровни основной конфигурации и 85 из 110 уровней конфигурации $3d^7 4p$. Для неизвестных уровней этой конфигурации в табл. 2 приведены в скобках значения, полученные из полуэмпирических расчетов. Полное изучение конфигурации $3d^7 4p$ возможно только из анализа перехода $3d^7 4s - 3d^7 4p$, расположенного в области $\sim 700 \text{ \AA}$.

В заключение авторы выражают благодарность С. С. Чурилову за помощь на отдельных этапах эксперимента.

Таблица 2

Уровни энергии конфигураций $3d^8$ и $3d^7 4p$ в Ge VII

Обозначение уровня	J	$E, * \text{ см}^{-1}$	$E - E_{II, \text{э.}}, \text{ см}^{-1}$	Состав волновой функции, %
1	2	3	4	5
$3d^8$				
$3F$	4	0	72	100 3F
	3	4055	44	100 3F
	2	6468	22	98 3F
$1D$	2	22658	-148	82 1D, 55 3P
$3P$	2	28827	-175	84 3P, 54 1D
	1	29212	91	100 3P
	0	29769	77	100 3P
$1G$	4	37923	-34	100 1G
$1S$	0	86203	53	100 1S
$3d^7 4p$				
(4F) 5D	4	(506705)		67 (4F) 5D, 65 (4F) 5F
(4F) 5F	5	(507348)		90 (4F) 5F, 36 (4F) 5G
	3	(509448)		78 (4F) 5F, 53 (4F) 5G
	4	(511527)		56 (4F) 5F, 60 (4F) 5D, 50 (4F) 5G
	2	(511587)		86 (4F) 5F, 40 (4F) 5D
	1	(513137)		94 (4F) 5F
(4F) 5G	6	(513744)		99 (4F) 5G
(4F) 5D	3	513858?	-224	64 (4F) 5D, 61 (4F) 5G
(4F) 5G	5	(514255)		78 (4F) 5G, 44 (4F) 3G, 43 (4F) 5F
	4	(515659)		76 (4F) 5G, 47 (4F) 5F
	2	(515749)		79 (4F) 5G, 52 (4F) 5D
	3	(516546)		70 (4F) 5G, 49 (4F) 5F, 41 (4F) 5D
(4F) 5D	2	(517016)		64 (4F) 5D, 52 (4F) 5G, 45 (4F) 5F
	1	(517513)		86 (4F) 5D, 40 (4F) 5D
	0	(517908)		90 (4F) 5D, 43 (2D1) 3P
(4F) 3G	5	520229	74	86 (4F) 3G, 50 (4F) 5G
(4F) 3F	4	520614	-41	91 (4F) 3F
	3	523336	-32	81 (4F) 3F, 45 (4F) 3D
(4F) 3G	4	524050	86	92 (4F) 3G, 35 (4F) 5G
(4P) 5S	2	524979?	-39	96 (4P) 5S
(4F) 3D	3	525193	73	83 (4F) 3D, 45 (4F) 3F
(4F) 3F	2	525778	115	87 (4F) 3F
(4F) 3G	3	526686	94	96 (4F) 3G
(4F) 3D	2	527167	78	86 (4F) 3D
	1	528647	106	92 (4F) 3D
(4P) 3S	1	537898	480	44 (4P) 3S, 52 (2P) 3P, 42 (4P) 5D
(4P) 5D	2	539242?	-108	77 (4P) 5D, 36 (4F) 5D
	3	539670?	-71	81 (4P) 5D, 34 (4P) 3D, 32 (4F) 5G
(2G) 3H	5	540155	-10	76 (2G) 3H, 43 (2G) 1H, 37 (2G) 3G
(2G) 3F	4	540199	-131	73 (2G) 3F, 35 (2G) 3G
(4P) 5D	0	540261?	-308	82 (4P) 5D, 42 (4F) 5D, 38 (2P) 3P
	1	541538	342	73 (4P) 5D, 41 (2P) 3P
	4	(542026)		87 (4P) 5D, 37 (2G) 3H
(2G) 3H	4	542367?	82	82 (2G) 3H, 35 (4P) 5D
	6	(544085)		95 (2G) 3H
(2P) 3P	0	544288?	396	79 (2P) 3P, 38 (2D) 3P, 33 (4P) 5D
(2G) 3F	3	544657	-89	74 (2G) 3F, 52 (2G) 3G
(2P) 3P	2	544945	331	71 (2P) 3P
	1	545385	150	58 (2P) 3P, 51 (4P) 5P, 37 (4P) 3S
(4P) 5P	2	545588	-128	63 (4P) 5P, 45 (2P) 3P, 38 (2P) 1D
	3	546012?	-170	67 (4P) 5P, 44 (4P) 3D, 36 (2P) 3D
(2G) 1G	4	546170	-180	63 (2G) 1G, 52 (2G) 3F, 32 (2G) 3G
(2P) 1D	2	546631	-740	36 (2P) 1D, 55 (4P) 5P, 47 (4P) 3D
(2G) 1F	3	547115	-25	64 (2G) 1F, 37 (2G) 3F
(2G) 3G	5	547336	-146	87 (2G) 3G, 32 (2G) 1H
(4P) 5P	1	547808?	1	67 (4P) 5P, 62 (2P) 3P
(2H) 3G	5	548219?	-57	90 (2H) 3G
(4P) 3D	3	548515	79	70 (4P) 3D, 50 (4P) 5P
(2P) 3D	1	548802	-299	61 (2P) 3D, 60 (4P) 3D
(2G) 3F	2	549124	139	95 (2G) 3F

* В скобках приведены полуэмпирические значения энергии.

Таблица 2 (продолжение)

Обозначение уровня	J	$E, * \text{ см}^{-1}$	$E - E_{\text{п.з.}}$ см^{-1}	Состав волновой функции, %
1	2	3	4	5
(2G) 3G	4	549415	-171	82 (2G) 3G, 35 (2G) 1G
(2G) 1H	5	549664	78	71 (2G) 1H, 60 (2G) 3H
(2G) 3G	3	549735	-132	70 (2G) 3G, 41 (2G) 3F, 34 (2G) 1F
(2H) 3I	6	(549831)		77 (2H) 3I, 57 (2H) 1I
(2P) 1S	0	550460	404	77 (2P) 1S, 53 (4P) 3P
(4P) 3P	2	550837	-39	64 (4P) 3P, 47 (4P) 3D, 37 (2D) 3P
(2D) 3D	3	551822	0	72 (2D) 3D, 40 (1D) 3D
(2H) 3G	4	551880?	125	90 (2H) 3G
(2H) 3I	5	(552054)		91 (2H) 3I, 33 (2G) 1H
(4P) 3D	1	552128?	-160	51 (4P) 3D, 54 (4P) 3P, 42 (2P) 3D
(2P) 3D	3	552820	-41	67 (2P) 3D, 53 (2D) 3F, 32 (4F) 5G
(4P) 3D	2	553022	172	51 (4P) 3D, 58 (4P) 3P, 36 (2D) 3F
(2H) 3I	7	(553165)		100 (2H) 3I
(2P) 3D	1	(553671)		61 (2D) 3D, 44 (4P) 3P, 40 (2P) 1P
	2	553723	89	59 (2D) 3D, 39 (2P) 3P
(2H) 3G	3	554688	-53	80 (2H) 3G
(4P) 3P	1	555065	123	60 (4P) 3P, 47 (2P) 3D, 43 (4P) 3D
(2P) 3D	2	555545	-142	71 (2P) 3D, 41 (2P) 1D, 40 (2D) 3F
(2D) 3F	4	557566	72	87 (2D) 3F, 44 (2D1) 3F
(2H) 1I	6	(557955)		79 (2H) 1I, 56 (2H) 3I
(4P) 3P	0	558181?	-231	79 (4P) 3P, 59 (2P) 1S
(2D) 3F	3	558770	128	57 (2D) 3F, 41 (2P) 3D, 38 (2G) 1F
	2	559832	-163	51 (2D) 3F, 42 (2D) 3D, 42 (2D) 1D
(2P) 3S	1	559944	-539	78 (2P) 3S, 35 (4P) 3S
(2D) 1D	2	560475	-13	45 (2D) 1D, 56 (2P) 1D, 43 (2P) 3P
(2P) 1P	1	560882	-202	66 (2P) 1P, 33 (2P) 3S
(2H) 3H	6	(561398)		97 (2H) 3H
	5	562241?	73	94 (2H) 3H
	4	563451?	15	96 (2H) 3H
(2D) 3P	2	564436	44	58 (2D) 3P, 43 (2D) 1D, 35 (4D) 3P
(2H) 1G	4	564569	257	79 (2H) 1G, 59 (2G) 1G
(2D) 1F	3	566253	-14	73 (2D) 1F, 38 (2G) 1F, 33 (4F) 5D
(2D) 1P	1	567383	-24	68 (2D) 1P, 40 (2D) 3P, 39 (2P) 1P
(2D) 3P	1	568569	92	58 (2D) 3P, 54 (2D) 1P
	0	558854	94	83 (2D) 3P, 38 (2P) 3P
(2H) 1H	5	570240	-138	95 (2H) 1H
(2F) 1D	2	577013	-79	67 (2F) 1D, 63 (2F) 3F
(2F) 3G	3	578689	113	80 (2F) 3G, 43 (2F) 3F
	4	579535	-35	68 (2F) 3G, 50 (2F) 3F, 42 (2F) 1G
(2F) 3D	3	580755	-96	75 (2F) 3D, 46 (2F) 3F
(2F) 3F	2	582536	27	70 (2F) 3F, 50 (2F) 1D, 41 (2F) 3D
	3	582970	113	72 (2F) 3F, 50 (2F) 3D, 37 (2F) 3G
(2F) 3D	2	583639	-39	80 (2F) 3D, 48 (2F) 3F
	1	583780	135	94 (2F) 3D
(2F) 3F		584117	227	47 (2F) 3F, 55 (2F) 1G, 64 (2F) 3G
(2F) 3G	5	584334	141	96 (2F) 3G
(2F) 1G	4	584553	-155	69 (2F) 1G, 67 (2F) 3F
(2F) 1F	3	592608	-137	96 (2F) 1F
(2D1) 3P	2	609889	-54	87 (2D1) 3P, 44 (2D) 3P
	1	610842	-107	88 (2D1) 3P, 39 (2D) 3P
	0	612078	-60	92 (2D1) 3P, 38 (2D) 3P
(2D1) 3F	2	(612643)		87 (2D1) 3F, 40 (2D) 3F
	3	(614766)		83 (2D1) 3F, 42 (2D) 3F
	4	(618224)		86 (2D1) 3F, 46 (2D) 3F
(2D1) 1P	1	620548	-11	84 (2D1) 1P
(2D1) 1F	3	621415	-38	84 (2D1) 1F, 41 (2D) 1F
(2D1) 3D	1	625831	71	81 (2D1) 3D, 43 (2D) 3D, 35 (2D1) 1P
	2	626486	43	81 (2D1) 3D, 45 (2D) 3D
(2D1) 1D	2	627836	-46	78 (2D1) 1D, 48 (2D) 1D
(2D1) 3D	3	629030	158	82 (2D1) 3D, 49 (2D) 3D

Таблица 3

Значения (в см⁻¹) параметров эффективного гамильтониана (п.—э.) и их отношения к хартри-фоковским величинам интегралов (х-ф) для конфигураций 3d⁸ и 3d⁷4p в Ge VII

Параметр	3d ⁸		3d ⁷ 4p	
	п.—э.	п.—э./х-ф	п.—э.	п.—э./х-ф
E°	207559	—	711176	—
$F^2(dd)$	131135	0.881	136565	0.884
$F^4(dd)$	82071	0.874	88792	0.909
$F^2(dp)$	—	—	35200	0.978
$G^1(dp)$	—	—	11163	0.933
$G^3(dp)$	—	—	12072	1.056
$\zeta(d)$	1989	1.020	2048	0.988
$\zeta(p)$	—	—	3750	1.131
$a(dd)$	108	—	93	—
β	—	—	-162	—
T	—	—	-2.69	—
σ	140	—	168	—

Литература

- [1] E. Meinders. *Physica*, 84C, 417, 1976.
 [2] K. A. Dick. *J. Opt. Soc. Am.*, 64, 702, 1974.
 [3] А. А. Рамонас, А. Н. Рябцев. *Лит. физ. сб.*, 19, № 4, 1979.
 [4] В. И. Ковалев, Э. Я. Кононов. *ПТЭ*, 3, 244, 1977.
 [5] L. Å. Svensson, J. O. Ekberg. *Ark. Fysik*, 40, 145, 1969.
 [6] П. О. Богданович, И. И. Грудзинская. Программа численного решения уравнений Хартри—Фока. *ГФАЦ*, № П001001, 1974.

Поступило в Редакцию 7 августа 1979 г.