

УДК 539.184

ПАРАМЕТРЫ ДВУХФОТОННЫХ ПЕРЕХОДОВ АТОМОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Искандеров Н. А., Костерин В. Е., Кудряшов В. А.

Приводятся численные значения составного матричного элемента и линейных поляризуемостей уровней для оптических переходов $ns-ms$, $ns-md$ атомов щелочных металлов. Рассмотрены три схемы возбуждения двухфотонного перехода: излучением вырожденной по частоте накачки, излучением с длиной волны 1.064 мкм и дополнительной до двухфотонного резонанса накачки, излучением с длиной волны 0.532 мкм и дополнительной до двухфотонного резонанса накачки.

Среди разнообразных направлений резонансной нелинейной оптики особое место занимает исследование нелинейных оптических явлений в парах щелочных металлов. Это обусловлено прежде всего тем, что пары щелочных металлов по сравнению с другими нелинейными средами обладают целым рядом достоинств: имеют относительно высокие значения нелинейных восприимчивостей, позволяют плавно менять концентрацию частиц, ширины спектральных линий, апертуру и длину среды [1, 2].

Таблица 1

Составные матричные элементы двухфотонных переходов и линейные поляризуемости атомов лития

Переход	Накачка, мкм	Дополнительная накачка, мкм	$r \cdot 10^{-3}$ ед. СГСЭ	$\chi_1 \cdot 10^{23}$ ед. СГСЭ	$\chi_2 \cdot 10^{23}$ ед. СГСЭ
2s—3s	0.7351	0.7351	-95.85	14.32	1.888
	0.5320	1.1892	4.904	3.513	9.969
	1.0640	0.5616	8.632	-5.579	8.233
2s—4s	0.5712	0.5712	11.76	-6.285	-2.481
	0.5320	0.6167	15.86	-13.00	-43.60
	1.0640	0.3904	-1.989	-1.207	-13.69
2s—5s	0.5222	0.5222	3.732	-3.662	-1.894
	0.5320	0.5128	3.760	-3.345	-24.25
	1.0640	0.3460	-0.636	-0.832	-10.64
2s—3d	0.6392	0.6392	221.9	-23.55	-22.92
	0.5320	0.8009	-11.21	8.023	-4.623
	1.0640	0.4569	-1.370	-2.056	2.648
2s—4d	0.5461	0.5461	17.45	-4.679	0.862
	0.5320	0.5609	17.82	-5.536	1.048
	1.0640	0.3673	-3.346	-1.001	1.088
2s—5d	0.5116	0.5116	6.974	-3.308	73.84
	0.5320	0.4927	7.183	-2.785	75.95
	1.0640	0.3367	-1.255	-0.755	138.2
2s—6d	0.4946	0.4946	6.305	-2.833	0.253
	0.5320	0.4621	6.679	-2.145	0.150
	1.0640	0.3222	-13.74	-1.138	0.196

Таблица 2

Составные матричные элементы двухфотонных переходов и линейные поляризуемости атомов натрия

Переход	Накачка, мкм	Дополнительная накачка, мкм	$r \cdot 10^{-3}$ ед. СГСЭ	$x_1 \cdot 10^{23}$ ед. СГСЭ	$x_2 \cdot 10^{23}$ ед. СГСЭ
3s—4s	0.7770	0.7770	-44.71	5.704	-3.71 0
	0.5320	1.4403	46.15	2.915	-48.79
	1.0640	0.6119	-164.8	33.36	-2.473
3s—5s	0.6024	0.6024	-112.5	56.44	-0.186
	0.5320	0.6943	1.655	8.663	-4.012
	1.0640	0.4201	-2.094	-2.461	-1.180
3s—6s	0.5499	0.5499	16.11	-16.21	-5.530
	0.5320	0.5690	21.87	-33.07	-5.842
	1.0640	0.3707	-2.530	-1.519	-2.388
3s—3d	0.6856	0.6856	96.29	9.272	10.74
	0.5320	0.9637	-48.70	3.873	-19.33
	1.0640	0.5057	-28.78	-6.719	2.603
3s—4d	0.5789	0.5789	-215.9	-66.18	-6.188
	0.5320	0.6349	10.70	17.50	0.807
	1.0640	0.3976	3.171	-1.975	1.066
3s—5d	0.5400	0.5400	-21.40	-12.61	-2.166
	0.5320	0.5483	-22.15	-15.50	-2.151
	1.0640	0.3618	3.530	-1.385	-0.718
3s—6d	0.5210	0.5210	-8.248	-8.615	1.384
	0.5320	0.5105	-8.579	-7.229	1.294
	1.0640	0.3450	5.159	-1.110	0.686

Таблица 3

Составные матричные элементы двухфотонных переходов и линейные поляризуемости уровней атомов калия

Переход	Накачка, мкм	Дополнительная накачка, мкм	$r \cdot 10^{-3}$ ед. СГСЭ	$x_1 \cdot 10^{23}$ ед. СГСЭ	$x_2 \cdot 10^{23}$ ед. СГСЭ
4s—5s	0.9512	0.9512	-93.235	12.59	-3.923
	0.5320	4.4847	15.71	4.529	118.2
4s—6s	1.0640	0.8600	-117.1	21.60	-3.985
	0.7286	0.7286	78.02	-39.51	-5.683
4s—7s	0.5320	1.1556	-4.467	7.859	-9.821
	1.0640	0.5540	-4.764	-4.706	-1.947
	0.6606	0.6606	12.43	-12.44	-2.977
4s—3d	0.5320	0.8713	-8.690	19.62	-4.873
	1.0640	0.4790	-4.460	-2.720	-1.403
	0.9287	0.9287	-143.4	13.85	14.34
4s—4d	0.5320	3.6518	15.19	4.599	65.95
	1.0640	0.8239	-228.0	33.29	7.977
	0.7300	0.7300	10.01	-41.11	3.110
4s—5d	0.5320	1.1627	-5.735	7.783	8.772
	1.0640	0.5556	-5.378	-4.766	1.799
	0.6626	0.6626	-7.017	-12.73	2.859
4s—6d	0.5320	0.8781	-0.076	18.62	5.090
	1.0640	0.4811	-1.952	-2.760	1.521
	0.6310	0.6310	-6.571	-9.069	6.243
4s—6d	0.5320	0.7753	42.11	228.4	9.453
	1.0640	0.4485	-2.103	-2.163	3.174

Таблица 4

Составные матричные элементы двухфотонных переходов и линейные поляризуемости уровней атомов рубидия

Переход	Накачка, мкм	Дополнительная накачка, мкм	$r \cdot 10^{-3}$, ед. СГСЭ	$x_1 \cdot 10^{23}$, ед. СГСЭ	$x_2 \cdot 10^{23}$, ед. СГСЭ
5s—6s	0.9934	0.9934	-96.38	12.78	-5.470
	1.0640	0.9315	-103.2	16.54	-4.970
5s—7s	0.7601	0.7601	144.1	-71.791	-7.622
	0.5320	1.3308	-5.216	7.374	-13.17
5s—8s	1.0640	0.5913	-5.030	-6.196	-2.227
	0.6885	0.6885	15.81	-15.89	-3.121
5s—4d	0.5320	0.9756	-6.463	13.61	-5.763
	1.0640	0.5090	-5.493	-3.357	-1.495
	1.0333	1.0333	-104.1	11.35	8.307
5s—5d	0.5320	1.7918	16.11	4.828	-5.256
	1.0640	1.0044	-105.0	12.33	7.594
	0.7781	0.7781	-445.9	-269.5	-5.055
5s—6d	0.5320	1.4482	-8.757	6.811	10.41
	1.0640	0.6136	-6.301	-7.425	2.081
	0.6971	0.6971	-28.16	-17.79	2.619
5s—7d	0.5320	1.0110	1.112	12.09	6.273
	1.0640	0.5184	0.250	-3.595	1.840
	0.6605	0.6605	-15.79	-11.26	5.549
	0.5320	0.8708	6.793	25.58	9.883
	1.0640	0.4789	-0.246	-2.684	3.090

Таблица 5

Составные матричные элементы двухфотонных переходов и линейные поляризуемости уровней атомов цезия

Переход	Накачка, мкм	Дополнительная накачка, мкм	$r \cdot 10^{-3}$, ед. СГСЭ	$x_1 \cdot 10^{23}$, ед. СГСЭ	$x_2 \cdot 10^{23}$, ед. СГСЭ
6s—7s	1.0790	1.0790	-124.2	17.09	-91.48
6s—8s	1.0640	1.0945	-124.8	16.27	-157.2
	0.8225	0.8225	107.5	-55.73	-7.465
6s—9s	0.5320	1.8115	-9.362	7.907	-23.35
	1.0640	0.6703	-9.217	-8.968	-2.716
	0.7432	0.7432	16.86	-16.86	-3.757
6s—5d	0.5320	1.2325	-7.049	12.03	-9.354
	1.0640	0.5710	-8.822	-4.534	-1.900
6s—6d	1.3738	1.3738	-68.64	10.11	32.46
	1.0640	1.9382	-91.27	7.624	10.36
6s—7d	0.8844	0.8844	760.1	147.2	49.39
	0.5320	2.6194	-16.84	6.854	2.971
6s—8d	1.0640	0.7567	-20.38	-19.48	5.773
	0.7675	0.7675	-62.58	-22.10	1.191
6s—9d	0.5320	1.3768	4.729	10.08	11.07
	1.0640	0.6062	11.51	-5.490	2.997
	0.7190	0.7190	-25.71	-13.36	3.859
	0.5320	1.1085	7.129	15.61	10.77
	1.0640	0.5429	8.710	-3.768	2.915

Основными параметрами, определяющими эффективность процесса резонансного взаимодействия излучения с веществом, являются ширина частотного спектра накачки, величины составного матричного элемента перехода (g) и линейных поляризуемостей уровней (χ_1, χ_2) [3]. Вместе с тем существующие данные по значениям величин g, χ_1, χ_2 для атомов щелочных металлов носят крайне несистематизированный характер [4-8].

Ниже приведены результаты расчета величин составного матричного элемента двухфотонного перехода и линейных поляризуемостей уровней атомов щелочных металлов для трех различных схем возбуждения перехода: излучением вырожденной по частоте накачки, излучением с длиной волны 1.064 мкм и дополнительной до двухфотонного резонанса накачки, излучением с длиной волны 0.532 мкм и дополнительной до двухфотонного резонанса накачки. Выбор длин волн накачки обусловлен удобством экспериментальной реализации.

В расчетах учитывались четыре s, p, d уровня выше основного. Вклад переходов в непрерывном спектре не учитывался. Исходные данные для расчетов взяты из [9, 10]. Результаты представлены в табл. 1-5.

Приведенные данные могут быть использованы для расчета эффективности большинства нелинейных процессов, наблюдающихся при двухфотонном возбуждении паров щелочных металлов: генерации суммарных и разностных частот, вынужденного электронно-комбинационного рассеяния, резонансного гиперкомбинационного рассеяния, параметрической сверхлюминесценции, самофокусировки и т. д.

Литература

- [1] Попов А. К. Введение в нелинейную спектроскопию. Новосибирск, 1983.
- [2] Бахрамов С. А., Тартаковский Г. Х., Хабибуллаев П. К. Нелинейные резонансные процессы и преобразование частоты в газах. Ташкент, 1981.
- [3] Искандеров Н. А., Кудряшов В. А., Матвеев И. Н., Устинов Н. Д. — Письма в ЖЭТФ, 1981, т. 33, с. 542.
- [4] Аникин В. И., Гора В. Д., Драбович К. Н., Дубовик А. Н. — Квант. электрон., 1976, т. 3, с. 330.
- [5] Grozeva M. G., Metchkov P. I., Miter V. M., Parlov L. I., Stamenov K. V. — Phys. Lett., 1977, v. 64A, p. 41.
- [6] Аникин В. И., Драбович К. Н., Дубовик А. Н. — ЖЭТФ, 1977, т. 72, с. 1727.
- [7] Крочик Г. М. — Квант. электрон., 1979, т. 6, с. 295.
- [8] Искандеров Н. А., Кудряшов В. А., Матвеев И. Н., Туваев Н. Е. — Квант. электрон., 1981, т. 8, с. 2218.
- [9] Moor M. C. Atomic Energy Levels. Washington, NBS, 1958, v. 1-3.
- [10] Miles R. B., Harris S. E. — IEEE J. Quant. Electron., 1973, QE-9, p. 470.

Поступило в Редакцию 22 марта 1985 г.