

类 Be 等电子数序列离子 ($Z=14\sim 17, 19, 20$) 与软 X 射线激光研究有关的能级和振子强度

王永昌

(西安交通大学物理系, 710049)

袁 萍

(西北师范大学物理系, 730070)

范品忠

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 201800)

摘要: 用多组态 HXR 自洽场方法和优化 Slater 径向积分方法相结合计算了类 Be 离子 ($Z=14\sim 17, 19, 20$) 与软 X 射线激光研究有关的偶宇称组态 $2s3d, 2s4d, 2s5d$ 和奇宇称组态 $2s3p, 2s4f, 2s5f$ 的能级值以及这些能级之间的跃迁波长和振子强度。

关键词: 类 Be 离子, 软 X 射线, 振子强度

Energy levels and oscillator strengths for Be like ions ($Z = 14\sim 17, 19, 20$) for X-ray laser research

Wang Yongchang

(Department of Physics, Xi'an Jiaotong University, Xi'an)

Yuan Ping

(Department of Physics, Northwest Normal University, Lanzhou)

Fan Pinzhong

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai)

Abstract: Energy levels and weighted oscillator strengths for Be-like ions ($Z=14\sim 17, 19, 20$) for soft X-ray laser research are reported. The transitions between the $2s3d, 2s4d, 2s5d$ even configuration and the $2s3p, 2s4f, 2s5f$ odd configurations are considered and multi-configuration HXR method involving optimization of radial integrals are used in the computations.

Key words: Be-like ions, soft X-ray, oscillator strengths

一、引 言

自从实验上证实激光等离子体具有软 X 射线高自发发射放大特性以来^[1], 国内外几个实验室均在致力于寻找不同的激光等离子体工作物质和探索等离子体的最佳泵浦状态, 以便获

得更短波长和更高效率的软 X 射线激光作用。在实现更短波长的软 X 射线激光放大方面, 高离化态离子的复合泵浦机制比电子碰撞激发泵浦机制所要求的输入能量较低, 因而引起人们特别的关注和兴趣。目前已观测到类锂离子的 $4f-3d$ 、 $5f-3d$ 、 $5d-3p$ 、 $6f-3d$ 和 $6d-3p$ 等跃迁和类氦离子 $3d-2p$ 等跃迁的粒子数反转和激光增益^[2~5]。最近文献[6]报道了用一个低功率驱动的能量为 6J 的脉冲激光装置首次观测到类 Be 离子 Al^{19+} 的 $5d-3p$ 跃迁(波长为 12.35 nm)和 $4f-3d$ 跃迁(波长为 17.78 nm)的软 X 射线激光作用, 其增益系数分别为 $3.4 \pm 0.5 \text{ cm}^{-1}$ 和 $3.5 \pm 0.5 \text{ cm}^{-1}$ 。本文考虑到目前无论在理论上还是在实验上尚缺乏 $Z \geq 14$ 类 Be 离子 $n=3-4$ 和 $n=3-5$ 跃迁的原子数据, 所以我们用多组态 HXR(Hartree plus Statistical Exchange and Relativistic Corrections)方法和最小二乘法优化 Slater 径向积分相结合, 计算了类 Be 离子 Si^{10+} 、 P^{11+} 、 S^{12+} 、 Cl^{13+} 、 K^{15+} 和 Ca^{16+} 与软 X 射线激光研究有关的偶宇称组态 $2s3d$ 、 $2s4d$ 、 $2s5d$ 和奇宇称组态 $2s3p$ 、 $2s4f$ 、 $2s5f$ 的能级值以及这些能级之间的跃迁波长和振子强度。高离化态原子的数据不仅对理论上计算激发能级粒子数反转比率和激光增益系数是必不可少的, 而且对天体物理和实验室高温等离子体以及与离子源有关的实验研究也是很有价值的。

二、理论概述

本文计算使用了 Cowan^[7] 的多组态 HXR 程序包, 同时还联用了最小二乘法拟合实验数据优化径向积分的程序。关于 HXR 自洽场方法的理论可参见文献[8], 这里仅叙述与输入数据有关的内容。

原子全部 g 个亚壳层电子占有数组 (W_1, W_2, \dots, W_g) 构成原子组态, 其电子总数为 $\sum_{i=1}^g W_i = N$ 。原子的总哈密顿算符矩阵元由组态平均能量 E_{av} , 径向积分 F^k 、 G^k , 组态相互作用积分 R^k 和自旋-轨道积分 ζ 乘以相应的角度系数组成, 角度系数可通过计算机程序得到。径向积分的从头计算值由 HXR 自洽场方法得到, HXR 自洽场方法的特点是对 H-F 方程中的势能交换项用统计近似势能函数表示, 并在非相对论性方法的框架下, 考虑最主要的相对论效应(质量-速度和 Darwin 两项修正)的贡献。对每一亚壳层, HXR 的径向波函数方程为^[8] (能量单位为 Rydberg)

$$-\left\{ \frac{d^2}{dr^2} - \frac{l_i(l_i+1)}{r^2} - v^i(r) + \frac{\alpha^2}{4} [\varepsilon_i - v^i(r)]^2 \right. \\ \left. + \delta_{i0} \frac{\alpha^2}{4} \left[1 + \frac{\alpha}{4} (\varepsilon_i - v^i(r)) \right]^{-1} \frac{dv^i}{dr} \left(\frac{dP_i/dr}{P_i} - \frac{1}{r} \right) \right\} P_i(r) = \varepsilon_i P_i(r) \quad (1)$$

式中 α 为精细结构常数, $v^i(r)$ 为 HX 势能函数,

$$v^i(r) = -\frac{2Z}{r} + \sum_{j=1}^g (W_j - \delta_{ij}) \int_0^\infty \frac{2}{r_>} P_j^2(r_2) dr_2 \\ - 0.65 \left[\frac{\rho'}{\rho' + 0.5/(n_i - l_i)} \right] \left(\frac{\rho'}{\rho} \right) \left(\frac{24\rho}{\pi} \right)^{1/3} \quad (2)$$

其中 $r_>$ 是 r 和 r_2 中较大者,

$$\rho'(r) = \rho(r) - [\min(2, W_i)] \rho_i(r) \quad (3)$$

式中 $\rho_i(r)$ 为 i 亚壳层中电子的球面平均的几率密度, $\rho(r)$ 为原子总的球面平均电子数密度:

$$\rho(r) = \sum_{i=1}^q W_i \rho_i(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \sum_{i=1}^q W_i P_i^2(r) \quad (4)$$

整个计算分两步进行, 首先用上述多组态 HXR 方法计算出径向积分参量, 在实际计算中我们考虑了最重要的组态相互作用, 对偶宇称组态 $2s3d$ 、 $2s4d$ 和 $2s5d$, 我们混合了 $2s^2$ 、 $2p^2$ 、 $2p3p$ 、 $2p4p$ 、 $2p5p$ 、 $1s2s^23d$ 、 $1s2s^24d$ 和 $1s2s^25d$ 组态; 对奇宇称组态 $2s3p$ 、 $2s4f$ 、 $2s5f$ 混合了 $2p3s$ 、 $2p3d$ 、 $2p4d$ 、 $2p5d$ 、 $1s2s^24f$ 和 $1s2s^25f$ 组态。由于计算中混合的组态数目有限和理论模型本身固有的近似性, 能级的计算值与观测值之间还有一定偏差, 为了减少这一偏差, 有必要对 Slater 径向积分参量进行调整, 我们将上述 HXR 自洽场方法计算程序与非线性最小二乘法优化径向积分程序联用, 将 E_{av} 、 F^k 、 G^k 、 R^k 和 ζ 等参量作为可调整参量, 拟合已有的实验能级值使能级计算值与观测值之间标准偏差最小, 得到优化的 Slater 参量, 然后将它们作为输入计算出能级值、跃迁波长及相应的加权电偶极跃迁振子强度。

对于离子 Si^{10+} 和 P^{11+} , 已知的实验能级较多, 可以用最小二乘法得到优化的 Slater 参量, 而对于离子 S^{12+} 、 Cl^{13+} 、 K^{15+} 和 Ca^{16+} , 由于观测到的能级数目较少, 参数的调整主要是通过合理的定标因子来实现, 这些因子的选取是根据对类 Be 离子 $O^{4+}-P^{11+}$ Slater 参量拟合的数据外推得出的, F^k 、 G^k 设置在 HXR 方法从头计算值的 95% 处, 即定标因子为 0.95, R^k 的定标因子为 0.90, 根据实际计算中得到的经验, 自旋-轨道积分 ζ 固定在 HXR 方法从头计算值。

三、计算结果与讨论

在表 1 中列出了用上述理论方法和计算机程序得到的类 Be 离子 ($Z=14-17, 19, 20$) 奇宇称组态 $2s3p$ 、 $2s4f$ 、 $2s5f$ 和偶宇称组态 $2s3d$ 、 $2s4d$ 、 $2s5d$ 的能级值。为了检验本文最小二乘法拟合的精度, 在表 2 中对离子 P^{11+} 的能级计算值与实验观测值^[9] 进行了比较, 两者最大误差 490 cm^{-1} , 相对误差小于 0.02%, 说明本文能级拟合精度是相当高的。

表 3 列出了上述组态 $n=3-4$ 和 $n=4-5$ 之间的跃迁波长和加权电偶极振子强度 (gf), 由表可知, gf 值随等电子数序列单调变化, 只有个别例外情况, 不过它们偏离单调变化的值极小, 可能是由于被拟合的实验能级值的误差造成的。Fawcett^[10] 和 Edlén^[11] 曾给出了类 Be 等电子数序列离子 $n=2-2$ 跃迁的波长和振子强度, Fawcett^[12] 还将多组态 HFR 计算程序和最小二乘法拟合程序联用计算了类 Be 离子 ($Z=12-28$) 的 $2s3s$ 、 $2s3d$ 、 $2p3p$ 和 $2s3p$ 、 $2p3s$ 、 $2p3d$ 的能级值和 $n=2-3$ 跃迁的波长与振子强度。为了比较, 我们用本文的计算程序得出了 Ca^{16+} 的 $2p^2-2p3d$ 各能级之间跃迁的振子强度, 其数据与文献[12]的计算值基本符合, 例如对跃迁 $^3P_2-^3D_3$ 、 $^3P_2-^3P_2$ 、 $^1D_2-^1F_3$ 和 $^1S_0-^1P_1$, 文献[12]的 gf 值分别为 3.80、1.65、5.44 和 1.30, 本文计算值分别为 3.81、1.59、5.25 和 1.25, 差别不超过 4%, 因此本文得到的类 Be 离子的能级值及振子强度对激光等离子体中激发能级粒子数反转比率与激光增益系数的计算是很有用的。

Table 1 The calculated energy levels of the Be-like ions ($Z=14-17, 19, 20$) for even-parity configurations $2s3d, 2s4d, 2s5d$ and odd-parity configurations $2s3p, 2s4f, 2s5f$ (unit: cm^{-1})

Config.	Term.	SiXI	PXII	SXIII	ClXIV	KXVI	CaXVII
$2s3d$	3D_1	2331907	2728254	3156699	3616334	4633688	5185877
	3D_2	2332195	2728650	3157242	3617055	4634905	5187019
	3D_3	2332629	2729246	3158060	3618146	4636905	5189509
	1D_2	2361287	2761494	3192716	3655340	4678972	5235999
$2s4d$	3D_1	2998309	3521139	4087004	4693096	6035779	6767225
	3D_2	2998406	3521275	4087190	4693343	6036191	6767743
	3D_3	2998555	3521486	4087480	4693732	6036856	6768593
	1D_2	3007769	3531210	4098831	4705867	6050564	6782984
$2s5d$	3D_1	3304285	3885607	4512655	5186202	6678697	7492509
	3D_2	3304335	3885677	4512750	5186328	6678907	7492773
	3D_3	3304412	3885786	4512399	5186529	6679250	7493211
	1D_2	3308260	3890810	4518136	5192106	6685513	7490762
$2s3p$	1P_1	2285038	2677937	3101053	3556160	4563989	5112999
	3P_0	2286724	2679579	3103179	3558332	4566202	5114957
	3P_1	2287758	2681409	3105305	3561333	4571794	5122547
	3P_2	2288794	2682848	3107085	3563515	4574850	5125885
$2s4f$	3F_2	3009662	3533299	4098893	4707017	6054079	6789059
	3F_3	3009713	3533369	4098989	4707142	6054285	6789316
	3F_4	3009784	3533468	4099124	4707324	6054593	6789717
	1F_3	3011955	3535997	4101780	4710160	6057782	6793050
$2s5f$	3F_2	3310165	3891012	4518459	5193458	6689098	7505795
	3F_3	3310190	3891047	4518506	5193521	6689202	7505926
	3F_4	3310224	3891096	4518574	5193613	6689360	7506123
	1F_3	3311452	3892443	4520041	5195196	6691169	7508038

Table 2 The comparisons between the calculated and observed energy levels for the Be-like ion PXII (unit: cm^{-1})

Config.	Term.	Energy levels		Config.	Term.	Energy levels	
		Cal.	Obs. ^[9]			Cal.	Obs. ^[9]
$2s3d$	3D_1	2728254	2728100	$2s3p$	1P_1	2677937	2677800
	3D_2	2728650	2728600		3P_0	2679579	
	3D_3	2729246	2729500		3P_1	2681409	2681900
	1D_2	2761494	2761500		3P_2	2682848	
$2s4d$	3D_1	3521139	3521100	$2s4f$	3F_2	3533299	
	3D_2	3521275	3521300		3F_3	3533369	
	3D_3	3521486	3521500		3F_4	3533468	3533300
	1D_2	3531210	3531200		1F_3	3535997	3536000
$2s5d$	3D_1	3885607		$2s5f$	3F_2	3891012	
	3D_2	3885677	3885400		3F_3	3891047	
	3D_3	3885786			3F_4	3891096	
	1D_2	3890810			1F_3	3892443	

Table 3 The calculated transition wavelengths (\AA) and oscillators strengths for the Be-like ions ($Z=14-17, 19, 20$) for soft X-ray laser research

Transition		SiXI	PXII	SXIII	ClXIV	KXVI	CaXVII
<i>2s4f-2s5d</i>							
$^1F_3-^3D_2$	λ	342.021	285.976	243.327	210.009	160.997	142.912
	<i>gf</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
$^1F_3-^3D_3$	λ	341.931	285.887	243.239	209.920	160.908	142.823
	<i>gf</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
$^3F_3-^3D_2$	λ	339.419	283.843	241.685	208.687	160.096	142.155
	<i>gf</i>	0.075	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068
$^3F_2-^3D_1$	λ	339.416	283.842	241.685	208.687	160.097	142.156
	<i>gf</i>	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046
$^3F_4-^3D_3$	λ	339.412	283.835	241.677	208.679	160.089	142.147
	<i>gf</i>	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.098
$^3F_2-^3D_2$	λ	339.359	283.786	241.630	208.632	160.044	142.103
	<i>gf</i>	0.0094	0.0092	0.0090	0.0089	0.0086	0.0085
$^3F_3-^3D_3$	λ	339.330	283.756	241.598	208.599	160.009	142.066
	<i>gf</i>	0.0094	0.0092	0.0090	0.0089	0.0086	0.0084
$^3F_2-^3D_3$	λ	339.271	283.699	241.543	208.545	159.956	142.014
	<i>gf</i>	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002
$^1F_3-^1D_0$	λ	337.490	281.839	240.179	207.491	159.303	141.499
	<i>gf</i>	0.081	0.080	0.078	0.077	0.075	0.075
$^3F_3-^1D_2$	λ	334.956	279.767	238.580	206.201	158.421	140.756
	<i>gf</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
$^3F_2-^1D_2$	λ	334.898	279.712	238.526	206.147	158.369	140.705
	<i>gf</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>2s4d-2s5f</i>							
$^1D_2-^3F_2$	λ	330.693	277.923	238.306	205.090	156.609	138.349
	<i>gf</i>	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0006	0.0009
$^1D_2-^3F_3$	λ	330.666	277.896	238.280	205.064	156.583	138.324
	<i>gf</i>	0.0005	0.0008	0.0014	0.0021	0.0043	0.0059
$^1D_2-^1F_3$	λ	329.291	276.822	237.411	204.362	156.103	137.921
	<i>gf</i>	4.48	4.48	4.45	4.45	4.46	4.46
$^3D_3-^3F_2$	λ	320.915	270.617	232.030	200.110	153.318	135.643
	<i>gf</i>	0.013	0.013	0.013	0.013	0.014	0.014
$^3D_3-^3F_3$	λ	320.889	270.592	232.004	200.084	153.293	135.624
	<i>gf</i>	0.46	0.46	0.46	0.47	0.47	0.47
$^3D_3-^3F_4$	λ	320.853	270.556	231.968	200.048	153.256	135.587
	<i>gf</i>	5.36	5.38	5.38	5.41	5.45	5.48
$^3D_2-^3F_2$	λ	320.761	270.463	231.874	199.954	153.161	135.493
	<i>gf</i>	0.46	0.46	0.46	0.47	0.47	0.47
$^3D_2-^3F_3$	λ	320.735	270.437	231.848	199.929	153.137	135.468
	<i>gf</i>	3.71	3.72	3.72	3.74	3.77	3.79
$^3D_1-^3F_2$	λ	320.661	270.363	231.744	199.855	153.065	135.397
	<i>gf</i>	2.50	2.51	2.51	2.53	2.55	2.56
$^3D_3-^1F_3$	λ	319.594	269.573	231.181	199.416	152.832	135.237
	<i>gf</i>	0.0002	0.0004	0.0006	0.0009	0.0020	0.0023
$^3D_2-^1F_3$	λ	319.442	269.420	231.026	199.262	152.677	135.082

Transition		SiXI	PXII	SXIII	CIXIV	KXVI	CaXVII
	<i>gf</i>	0.0002	0.0003	0.0007	0.0011	0.0022	0.0031
<i>2s3d-2s4f</i>							
$^1D_2-^3F_2$	λ	154.232	129.566	110.354	95.086	72.722	64.389
	<i>gf</i>	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0003
$^1D_2-^3F_3$	λ	154.220	129.555	110.342	95.075	72.711	64.378
	<i>gf</i>	0.0012	0.0018	0.0032	0.0050	0.0116	0.0181
$^1D_2-^1F_3$	λ	153.668	129.115	110.003	94.803	72.527	64.224
	<i>gf</i>	5.22	5.20	5.18	5.17	5.14	5.12
$^3D_3-^3F_2$	λ	147.703	124.370	106.289	91.838	70.555	62.518
	<i>gf</i>	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
$^3D_3-^3F_3$	λ	147.692	124.359	106.278	91.828	70.545	62.508
	<i>gf</i>	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
$^3D_3-^3F_4$	λ	147.677	124.344	106.263	91.812	70.530	62.492
	<i>gf</i>	6.42	6.41	6.41	6.42	6.43	6.45
$^3D_2-^3F_2$	λ	147.609	124.278	106.196	91.746	70.464	62.420
	<i>gf</i>	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.56
$^3D_2-^3F_3$	λ	147.598	124.267	106.186	91.736	70.453	62.410
	<i>gf</i>	4.44	4.43	4.43	4.43	4.43	4.44
$^3D_1-^3F_2$	λ	147.546	124.217	106.135	91.686	70.403	62.376
	<i>gf</i>	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	3.00
$^3D_3-^1F_3$	λ	147.205	123.954	105.964	91.574	70.372	62.362
	<i>gf</i>	0.0002	0.0004	0.0007	0.0011	0.0026	0.0037
$^3D_2-^1F_3$	λ	147.111	123.862	105.872	91.483	70.280	62.265
	<i>gf</i>	0.0007	0.0011	0.0020	0.0032	0.0075	0.0124
<i>2s3p-2s4d</i>							
$^3P_2-^3D_1$	λ	140.941	119.290	102.049	88.523	68.448	69.923
	<i>gf</i>	0.026	0.027	0.027	0.027	0.023	0.023
$^3P_2-^3D_2$	λ	140.922	119.270	102.030	88.508	68.428	69.904
	<i>gf</i>	0.40	0.40	0.40	0.41	0.41	0.41
$^3P_2-^3D_3$	λ	140.892	119.241	102.000	88.478	68.397	69.873
	<i>gf</i>	2.23	2.25	2.28	2.29	2.31	2.32
$^3P_1-^3D_1$	λ	140.736	119.086	101.864	88.355	68.300	69.792
	<i>gf</i>	0.35	0.33	0.33	0.31	0.28	0.25
$^3P_1-^3D_2$	λ	140.717	119.067	101.845	88.336	68.281	69.773
	<i>gf</i>	1.03	0.99	0.96	0.90	0.78	0.70
$^3P_0-^3D_1$	λ	140.531	118.830	101.644	88.123	68.045	69.520
	<i>gf</i>	0.53	0.54	0.54	0.55	0.55	0.56
$^1P_1-^3D_1$	λ	140.119	118.596	101.425	87.950	67.936	69.440
	<i>gf</i>	0.051	0.085	0.090	0.10	0.14	0.16
$^1P_1-^3D_2$	λ	140.180	118.576	101.406	87.931	67.916	69.421
	<i>gf</i>	0.16	0.27	0.28	0.33	0.46	0.55
$^3P_1-^1D_2$	λ	139.087	117.876	100.832	87.538	67.762	69.344
	<i>gf</i>	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0006	0.0008
$^3P_1-^1D_0$	λ	138.887	117.676	100.652	87.369	67.618	69.215
	<i>gf</i>	0.18	0.31	0.32	0.36	0.52	0.61
$^1P_1-^1D_2$	λ	138.364	117.197	100.223	86.973	67.260	59.870
	<i>gf</i>	1.18	1.18	1.11	1.04	0.91	0.82

Transition		SiXI	PXII	SXIII	ClXIV	KXVI	CaXVII
<i>2s3d-2s5f</i>							
$^1D_2-^3F_2$	λ	105.388	88.533	75.429	65.014	49.748	44.057
	<i>gf</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
$^1D_2-^3F_3$	λ	105.385	88.531	75.427	65.012	49.746	44.054
	<i>gf</i>	0.0002	0.0003	0.0005	0.0007	0.0015	0.0024
$^1D_2-^1F_3$	λ	105.245	88.421	75.340	64.941	49.697	44.013
	<i>gf</i>	0.85	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82
$^3D_3-^3F_2$	λ	102.298	86.076	73.508	63.480	48.725	43.173
	<i>gf</i>	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026
$^3D_3-^3F_3$	λ	102.295	86.073	73.505	63.477	48.722	43.170
	<i>gf</i>	0.092	0.092	0.091	0.091	0.090	0.090
$^3D_3-^3F_4$	λ	102.292	86.070	73.502	63.473	48.718	43.166
	<i>gf</i>	1.07	1.06	1.06	1.05	1.05	1.05
$^3D_2-^3F_2$	λ	102.253	86.032	73.464	63.436	48.681	43.126
	<i>gf</i>	0.092	0.092	0.091	0.091	0.090	0.090
$^3D_2-^3F_3$	λ	102.250	86.029	73.461	63.433	48.678	43.124
	<i>gf</i>	0.74	0.73	0.73	0.72	0.72	0.72
$^3D_1-^3F_2$	λ	102.222	86.002	73.434	63.406	48.652	43.105
	<i>gf</i>	0.50	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
$^3D_3-^1F_3$	λ	102.164	85.970	73.422	63.409	48.676	43.131
	<i>gf</i>	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0004	0.0005
$^3D_2-^1F_3$	λ	102.118	85.926	73.378	63.366	48.632	43.084
	<i>gf</i>	0.0001	0.0002	0.0003	0.0005	0.0010	0.0016
<i>2s3p-2s5d</i>							
$^3P_2-^3D_1$	λ	98.474	83.142	71.146	61.626	47.531	42.253
	<i>gf</i>	0.0065	0.0065	0.0065	0.0066	0.0066	0.0066
$^3P_2-^3D_2$	λ	98.470	83.137	71.141	61.621	47.526	42.248
	<i>gf</i>	0.097	0.098	0.098	0.098	0.099	0.099
$^3P_2-^3D_3$	λ	98.462	83.130	71.133	61.613	47.519	42.241
	<i>gf</i>	0.54	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
$^3P_1-^3D_1$	λ	98.374	83.043	71.056	61.542	47.460	42.190
	<i>gf</i>	0.085	0.077	0.079	0.075	0.066	0.060
$^3P_1-^3D_2$	λ	98.369	83.038	71.051	61.537	47.455	42.185
	<i>gf</i>	0.25	0.24	0.23	0.22	0.18	0.16
$^3P_0-^3D_1$	λ	98.274	82.918	70.948	61.430	47.337	42.059
	<i>gf</i>	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
$^1P_1-^3D_1$	λ	98.112	82.804	70.842	61.346	47.284	42.020
	<i>gf</i>	0.012	0.021	0.019	0.024	0.033	0.039
$^1P_1-^3D_2$	λ	98.107	82.799	70.837	61.341	47.279	42.015
	<i>gf</i>	0.041	0.062	0.064	0.080	0.11	0.13
$^3P_2-^1D_2$	λ	98.091	82.784	70.869	61.402	47.378	42.124
	<i>gf</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0002
$^3P_1-^1D_2$	λ	97.991	82.686	70.780	61.319	47.307	42.061
	<i>gf</i>	0.050	0.082	0.087	0.096	0.13	0.16
$^1P_1-^1D_2$	λ	97.731	82.449	70.568	621.14	47.132	41.892
	<i>gf</i>	0.32	0.29	0.28	0.27	0.23	0.21

参 考 文 献

- 1 D. L. Mathews *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **54**, 110(1985)
- 2 G. Jamelet *et al.*, *J. Phys. B*, **18**, 4647(1985)
- 3 P. Jaegle *et al.*, *J. Opt. Soc. Am. B*, **4**, 563(1987)
- 4 徐至展 *et al.*, *中国激光*, **16**, 385(1989)
- 5 徐至展 *et al.*, *中国激光*, **17**, 104(1990)
- 6 T. Hara *et al.*, *Japanese J. Appl. Phys.*, **28**, L1010(1989)
- 7 R. D. Cowan, Atomic Structure Computation Program-Package (Los Alamos National Laboratory, 1984)
- 8 R. D. Cowan. The Theory of Atomic Structure and Spectra, Univ. of California Press. Los Angeles. 1981, 197
- 9 W. C. Martin *et al.*, *J. Phys: Chem. Ref. Data*, **14**, 794(1985)
- 10 B. C. Fawcett, *At. Data. Nucl. Data. Tables*, **16**, 135(1975)
- 11 B. Edlen, *Phys. Script.*, **20**, 129(1979); **22**, 593(1981)
- 12 B. C. Fawcett, *At. Data. Nucl. Data. Tables*, **30**, 2(1984)

中国光学学会激光加工专业委员会成立暨 第二届全国激光加工学术交流会在京召开

中国光学学会激光加工专业委员会自 1988 年 5 月倡议成立以来,经三年的酝酿筹备,1991 年 3 月经中国光学学会常务理事会批准,1992 年 1 月 5 日在京正式宣告成立。专业委员会共有 40 名委员,其中主任委员:邓树森;副主任委员(按姓氏笔划):丘军林、刘永楨、苏宝熔、张魁武、季汉庭。专业委员会挂靠中国大恒公司。

第二届全国激光加工学术交流会由中国光学学会激光加工专业委员会主持,于 1992 年 1 月 6 日~8 日在北京召开。

参加会议的代表有 100 多人,大会共收到论文 80 篇。其中 74 篇被收入论文集。论文无论从数量上还是从质量上均超过了上届会议。从中选出 12 篇作大会交流,54 篇分组交流。论文按内容划分为:激光表面改性的理论和工艺;激光焊接切割;激光打标雕刻;激光加工领域中的新方法;激光加工整机及生产线;激光器及有关单元技术和国内外激光加工综述等。

会议还举办了大型讨论会,就如何推动激光加工技术的应用开发交流了经验,发布了信息。

为沟通信息,促进激光加工技术的开发,会议建立了激光加工信息网。全国九大地区的负责人为:北京——唐家鹏;上海——苏宝熔;天津——朱云路;华中——陶曾毅;东北——于志勤;华南——梁浩明;华东——邓鸿林;西南——邹至荣;西北——周家瑾。

(赵梅村)