

綜 合 評 述

气体光激射器的工作物质

〔日〕 鳥津 备爱

自从贾文(Javan)等人使用氦-氖混合气体成功地获得第一个气体光激射器的振荡以来,已过了四年左右,这个研究领域的范围正在扩大。从基础方面来看,在广阔的波长范围内获得了大量的光激射器振荡线;从应用方面来考虑,也有重要意义。关于后者,本文就不叙述了。

我们注意到,在扩展气体光激射器振荡波长范围的研究方面,人们作了很大的努力,所以气体光激射器的工作物质也必然是多种多样的。最初,主要使用惰性气体以及它的各种混合气体,后来不只是使用特殊气体,而且氧气、氮气、甚至水蒸气、空气等等都使用上了。

在气体光激射器的激励方面,是使用高频放电、热阴极直流放电、高电压大电流脉冲放电以及其他方法。对于所使用的同一种光激射器工作物质,当改变激励方式和改变压力以及其他条件时,发生振荡的状态也必定不同,一般讲,对于不同的机构,产生振荡的必要条件是发生集居数分布的反转。另一方面,在具有相同振荡机构的不同工作物质之间,却有很多共同的特点。

本文的中心内容是对气体光激射器的工作物质进行分类,主要根据光激射器发生振荡的机构进行分类,并对文中所列举的大量工作物质加以讨论。

1. 由于原子-原子碰撞引起能量转移的气体光激射器^[1]

用 X 表示某种原子的基态,用 Y 表示另一种原子的基态,在这些符号上面附以 * 号,表示它们的激发态。 X^* 、 Y^* 两激发态的能量差为 ΔE 。用下式表示碰撞过程:



从理论上知道, ΔE 愈接近于零, X 、 Y 的激发态能量越接近相等,碰撞截面就越大。如果在适当种类的原子之间,有满足上述关系的能级的话,由于 X^* 和 Y 的碰撞,就要有所选择地把 Y 原子激发到特定能级 Y^* 。

这时如果 Y 原子的激光跃迁的下能级,是寿命短的能级,就有可能发生激光振荡。

原子的种类很多,巧妙地满足上述条件从而得到激光作用的也应该有许多,但是实际上成功的只有 He-Ne 光激射器。另外,由于上述的发生振荡条件是临界的,对于使用同样放

表 1 He-Ne 光激射器的振荡谱线

| 波 长 (微米) | 跃 迁 (帕邢符号) | 最佳压力 (毫米汞柱) | 增 益 (%/米) | 输出功率 (毫瓦) |
|-------------|----------------------------------|----------------------|--------------|--------------|
| 1.0798 | 2S ₃ -2P ₇ | He 1~2 Ne 0.1~0.2 | | |
| 1.0845 | 2S ₂ -2P ₆ | | | |
| 1.1143 | 2S ₄ -2P ₈ | | | |
| 1.1177 | 2S ₆ -2P ₉ | | | |
| 1.1390 | 2S ₅ -2P ₈ | | | |
| 1.1409 | 2S ₂ -2P ₅ | He 1, Ne 0.1 | 12 / | 20 |
| 1.1523 | 2S ₂ -2P ₄ | | | |
| 1.1601 | 2S ₂ -2P ₃ | He 1~2 Ne 0.1~0.2 | 2 | 1 |
| 1.1614 | 2S ₃ -2P ₅ | | | |
| 1.1767 | 2S ₂ -2P ₂ | | | |
| 1.1985 | 2S ₃ -2P ₂ | | | |
| 1.2066 | 2S ₅ -2P ₆ | | | |
| 1.5231 | 2S ₂ -2P ₁ | He 0.4, Ne 0.1 | 6 | 3 |
| 0.5939 | 3S ₂ -2P ₈ | | | |
| 0.6046 | 3S ₂ -2P ₇ | He 0.4, Ne 0.1 | | 0.4 |
| 0.6118 | 3S ₂ -2P ₆ | | | |
| 0.6293 | 3S ₂ -2P ₅ | He 0.4, Ne 0.1 | | 0.5 |
| 0.6328 | 3S ₂ -2P ₄ | | | |
| 0.6351 | 3S ₂ -2P ₃ | He 0.5, Ne 0.1 | | 3.0 |
| 0.6401 | 3S ₂ -2P ₂ | | | |
| 0.6401 | 3S ₂ -2P ₂ | He 0.5, Ne 0.1 | | 0.3 |
| 0.7305 | 3S ₂ -2P ₁ | | | |
| 3.3913 | 3S ₂ -2P ₄ | He 0.5, Ne 0.1 | | ~100 |
| | | | | 0.3 |
| | | | | 1.0 |
| | | | | 0.6 |

表 2 He-Ne 光激射器在远红外的振荡(文献[23])

| 波 长 (微米) | 跃 迁 (雷卡符号) | 最佳压力 (毫米汞柱) |
|-------------|---|------------------|
| 35.602 | 7P [1/2] ₀ -6d [3/2] ₁ ⁰ | Ne=0.5, He=0.1 |
| 37.231 | 7P' [1/2] ₀ -6'd [3/2] ₁ ⁰ | Ne=0.05 |
| 53.486 | 7P [3/2] ₂ -6d [5/2] ₃ ⁰ | Ne=0.06, He=0.12 |
| 54.019 | 7P [3/2] ₁ -6d [5/2] ₂ ⁰ | Ne=0.05, He=0.1 |
| 54.117 | 7P [5/2] ₂ -6d [7/2] ₃ ⁰ | Ne=0.05, He=0.1 |
| 57.355 | 7P [5/2] ₃ -6d [7/2] ₄ ⁰ | Ne=0.03, He=0.07 |

2. 使用分子离解的气体光激射器^[1]

这种光激射器最初是用 Ar-O₂ 混合气体和 Ne-O₂ 混合气体制成的^{[3][11]}。从那以后,发表了表 3 所示的工作物质和在所示的各种相应条件下发生振荡的报告^[4]。美国贝耳电话实验室一直进行这方面的研究。

表 3 使用分子离解的气体光激光器(文献[4])

| 气体的种类 | 波長 (埃) | 躍 迁 (上能級) (下能級) | 最佳压力 (毫米汞柱) | 增 益 (%/米) | 輸出功率 (毫瓦) |
|--------------------------|-----------|--|-------------------------------------|--------------|--------------|
| CO 或 CO ₂ -He | 10,689 | Cl3P ³ D ₃ — 3S ³ P ₂ ⁰ | {CO 或 CO ₂ 0.01 He 2 | 3 | 2 |
| CO 或 CO ₂ -Ne | | | | | |
| NO 或 N ₂ O-He | 13,583 | NI3P ³ S _{1/2} ⁰ — 3S ³ P _{3/2} | {NO 或 N ₂ O 0.03 He 2 | / | |
| NO 或 N ₂ O-Ne | 14,544 | NI4S ⁴ P _{3/2} — 3P ² D _{3/2} ⁰ | {NO 或 N ₂ O 0.03 Ne 1 | | |
| O ₂ -Ne | 8,446 | OI3P ³ P ₂ — 3s ³ S ₁ ⁰ | {Ne 0.35 O ₂ 0.014 | 3 | 1 |
| O ₂ -Ar | | | {Ar 1.3 O ₂ 0.036 | | |
| CO 或 CO ₂ -He | | | {CO 或 CO ₂ 0.01 He 2 | 3 | 1 |
| CO 或 CO ₂ -Ne | | | {CO 或 CO ₂ 0.01 Ne 1 | | |
| NO 或 N ₂ O-He | | | {NO 或 N ₂ O 0.03 He 2 | | |
| NO 或 N ₂ O-Ne | | | {NO 或 N ₂ O 0.03 Ne 1 | | |
| SF ₆ | 10,455 | SI4p ³ P ₂ — 4s ³ S ₁ ⁰ | SF ₆ 0.03 | | |
| SF ₆ -He | 10,628 | SI4p ⁴ F ₃ — 4s ⁴ D ₂ ⁰ | {SF ₆ 0.03 He 2 | | |
| Br-Ar | 8 446.28 | Br | {Br 0.09 Ar 1.8* | | 0.740 |
| | 8,446.38 | | | | 0.060 |
| | 8,446.70 | | | | 0.120 |
| | 8,446.79 | | | | 0.300 |

作者等^{[5][6]}曾经预言中性氮原子 NI 及中性碳原子 CI 的原子光谱线在 8,000~10,000 埃波长范围发生振荡的可能性,同时发表了在惰性气体和氮的混合气体中的 NI 所产生的振荡。为了把这些问题弄清楚,用惰性气体-氮混合气体和惰性气体-二氧化碳混合气体作了实验,发现了新的激光振荡线,如表 4 所示。我们以对这种光激光器有代表性的 Ar-O₂、Ne-O₂ 光激光器为例,说明发生集居数分布反转的机构。

* 原文誤为¹Mr——譯校者注

表 4 惰性气体-氮、惰性气体-二氧化碳混合气体的振荡线(文献[5,6])

| 气体的种类 | 波 長 (埃) | 跃 迁 (上能级 下能级) | 最佳压力 (毫米汞柱) | 增 益 (%/米) | 功 率 (毫瓦) |
|---------------------|------------|---|---------------------------------|--------------|-------------|
| N ₂ -He | 8,629.24 | NI3p ² P _{3/2} ⁰ — 3s ² P _{3/2} | {N ₂ 0.05 He 1.3 | 1 | 約 0.5 |
| N ₂ -Ne | | | | | |
| 空气-He | 9,392.80 | NI3p ² D _{5/2} ⁰ — 3s ² P _{3/2} | {空气 0.03 He 1.0 | | |
| 空气-Ne | | | | | |
| CO ₂ -He | 9,061.2 | CI{3p ³ P ₂ — 3s ³ P ₁ ⁰ 3p ³ P ₁ — 3s ³ P ₁ ⁰ | {CO ₂ 0.01 He 0.7 | 1 | 約 0.5 |
| | 9,061.1 | | | | |
| CO ₂ -Ne | 9,088.4 | CI3p ³ P ₀ — 3s ³ P ₁ ⁰ | {CO ₂ 0.01 He 0.7 | | |
| | 9,094.7 | CI3p ³ P ₂ — 3s ³ P ₂ ⁰ | {CO ₂ 0.01 Ne 0.7 | | |
| | 9,405.3 | CI3p ¹ D ₂ — 3s ¹ P ₁ ⁰ | | | |

图 2 表示出氧分子的势能曲线的一部分。在核间距离(横轴)很大时的分子各个电子状态上,表示出了分子离解时的离解生成物。另外,在同一图上的左侧,表示出了 Ne 及 Ar 的介稳状态 Ne* 及 Ar* 的能量。对于所举的例子来说,在 Ne-O₂ 混合气体放电时发生 Ne*, 它与处于基态 X³Σ_g⁻ 的 O₂ 分子碰撞,假定弗兰克-康登原理^[7]适用,则在图上垂直的虚线表示的核间距离范围内,发生激励。如果有用虚线曲线代表的排斥的势能曲线所表示的状态,则沿着这种曲线发生离解,离解的生成物是 O(基态) + O(激发态 3³P), OI(3³P) 被选择的激励,这是 8,446 埃振荡线的上能级。对于 Ar-O₂ 混合气体,因为 Ar* 的能量小,不能直接激励到 OI(3³P), 一旦发生介稳的氧原子 O*(2¹S) 和 O*(2¹D), 考虑到它们与电子碰撞,就可以知道光受激发射上的上能级被激励。从 O(3³S) 状态发出强的真空紫外线(波长 1,300 埃),从而回到基态。这样就发生 OI 8,446 埃的振荡。

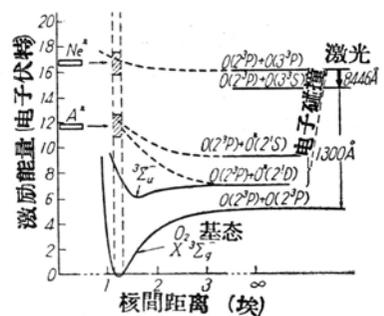


图 2

3. 使用光泵激励的气体光激光器^[1]

在低压时,气体的共振线的吸收线宽,主要取决于多普勒效应,它比固体的吸收线宽窄得多。用光泵使气体发生集居数分布反转,要求光源发出的光谱线的波长必须与气体的锐吸收线一致。这实际上增加了一个不利的条件。又由于气体的共振线一般位于真空紫外范围,为了对这种波长范围进行光泵激励,很难得到行之有效的气体容器和所使用的其他材料,所

以有很多困难。

实际上，成功地用光泵激励的气体光激光器只有铯(Cs)光激光器。

铯光激光器^{[1][8]}

利用 Cs 的共振线 3,888 埃 ($6^2S_{1/2} \sim 8^2P_{1/2}$) 与 He 的强线 3^3P-2^3S 在波长上几乎一致的这个偶然现象，用 He 放电管发出的光进行光泵激励。

Cs 的 $8^2P_{1/2}$ 状态被选择的激励。图 3 表示这种激励的结果，在 $8^2P_{1/2}$ 和 $8^2S_{1/2}$ 以及 $8^2P_{1/2}$ 和 $6^2D_{3/2}$ 之间发生了集居数分布的反转，7.18 微米的红外光发生了振荡。图 4 是实验所使用的装置略图。

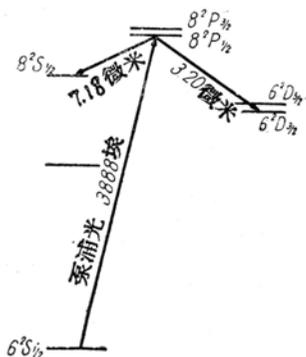


图 3 铯光激光器说明图

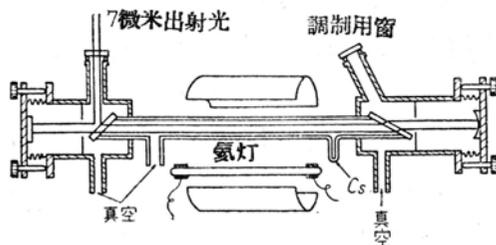


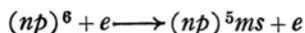
图 4 用光泵激励的铯气体光激光器

4. 利用电子碰撞

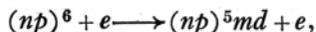
纯惰性气体光激光器^[1]

对于利用在气体中的放电发生集居数分布反转的机构，我们先来研究惰性气体的原子与电子之间的碰撞。一般而言，根据惰性气体原子中电子排列的特点，使得种种惰性气体有在广阔的波长范围内产生受激发射的可能性。

Ne、Ar、Kr、Xe 等原子的电子排列是类似的，基态的电子排列都是 $(np)^6$ ，此处对于 Ne : $n=2$, Ar : $n=3$, Kr : $n=4$, Xe : $n=5$ 。根据电子碰撞理论，从基态 $(np)^6$ 进行电子碰撞时，发生下列过程的激励^[1]：



和



此处 $m=n+1, n+2, n+3$ 等等。

图 5 表示惰性气体原子的能级略图和可能的激光跃迁。细实线表示光学允许强跃迁，粗实线表示激光光跃迁。

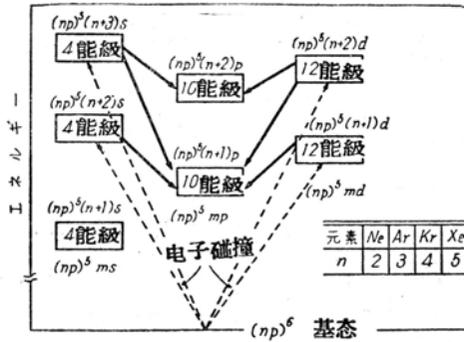


图 5 惰性原子的能级略图和纯惰性气体光激光器的跃迁

在实际上还得到级联式的激光跃迁。由于篇幅有限，不能详细介绍了。现在知道的这种激光有^{[9][10]}。

Ne 的大约从 2 微米到 133 微米范围内的 100 条以上的振荡线；

Ar 的大约从 1.6 微米到 27 微米范围内的 25 条以上的振荡线；

Kr 的大约从 1.6 微米到 7 微米范围内的 25 条以上的振荡线；

Xe 的大约从 2 微米到 18 微米范围内的 26 条以上的振荡线。

特别是，Ne 在远红外区域有很多振荡线，它和下面就要叙述的使用分子的远红外光激光器，都是值得注意的。

5. 利用电子碰撞

分子气体光激光器

这一类也是属于利用气体中放电来引起电子碰撞的，到此为止，所叙述的各种光激光器的振荡线都是原子光谱，而分子气体光激光器，发生振荡的是分子光谱。

目前所知道的都是用高电压、大电流脉冲激励，发生脉冲式的振荡。

以在比较高的压力下的氮、一氧化碳以及水蒸汽的分子气体为例。使用宽 1 微秒、峰值电压 40 千伏、峰值电流 60 安培、重复频率 50~150 周/秒的脉冲放电时，分子光谱(带光谱)所属的光谱线，大多数都要发生振荡。

N_2 气体在适当的条件下，近红外区域的第一正带(First positive band)^[11]和在紫外区域的第二正带^[12]都能发生振荡。

CO 气体是在可见区域的安斯特伦(Angström)带发生振荡的^[13]。对于这类光激光器，引起脉冲放电的气体的击穿，由于具有大能量的电子的碰撞，最后使光受激发射的上能级被激励。研究脉冲重复次数和振荡线强度的关系时，发现脉冲重复太快时发生振荡停止的现象，在脉冲重复的间隔上要适当的选择，当存在某种空载时间时，本质上不能发生连续振荡。因此首次得到的是脉冲振荡。

这类光激光器的最大优点是多数的振荡线有大的增益，所以振荡的峰值功率很大。

其他种类的分子气体光激光器

在利用脉冲放电激励的光激光器方面，还有一个值得注意的问题，这就是英国发展的远红外气体光激光器。使用水蒸汽分子，利用图 6 所示的装置发生振荡，并同时测量波长^[14]。

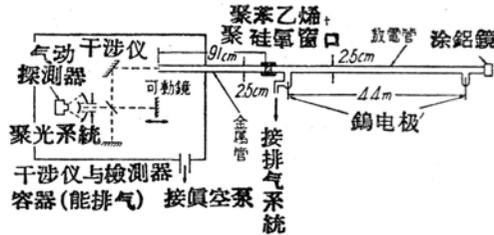


图 6 远红外分子气体光激光器

脉冲振荡器是线型(Line Type)的，使用 5 : 1 的脉冲变压器，脉冲宽度为 1 微秒，峰值电压约 46 千伏，峰值电流约 13 安培，脉冲重复率为 10~20 周/秒。

对远红外区域，在探测方法上存在着技术上的困难，这里是把气动探测器或在锗中注入铟的半导体探测器与迈克尔逊干涉仪或光栅光谱仪组合起来，进行波长的测定。这样观察得到的振荡线如表 5 所示。

表 5 远红外光激光器的振荡波长(水蒸气)(文献[14])

| 波 长 (微米) | 波 数 (厘米 ⁻¹) | 峰值功率 (瓦) | 波 长 (微米) | 波 数 (厘米 ⁻¹) | 峰值功率 (瓦) |
|-------------|----------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------------|
| 23.3 | 429 | 15 | 47.8 | 209.2 | 1 |
| 27.9 | 358 | 40 | 54.9 | 182.2 | 0.6 |
| 28.2 | 355 | 8 | 78.1 | 128.0 | 0.2 |
| 32.8 | 305 | 3 | 78.8 | 126.9 | 0.2 |
| 47.3 | 211.4 | 2 | | | |

用上述的同样装置，该研究组还发现了波长为 337 微米(0.337 毫米)的振荡线^[15]。这是把 HCN、CN₃CH 及 C₂H₂CN 充入 9.3 米的放电管中，在 1 毫米水银柱高的压力下所发生的，考虑了 CN 分子的跃迁但详细情况不明。这个波长是迄今为止，用光激光器得到的最长波长。

6. 利用电子碰撞

离子光激光器

离子光激光器是最近才开始发展起来的。离子光激光器发生振荡的工作物质有惰性气体的离子，氧、氮、碳原子的离子，水银原子离子以及卤族元素的离子等等。

在适当的压力下，使用高电压、大电流脉冲放电，可以发生振荡。其中，在大电流密度

的直流放电时，可以连续振荡。一般讲，这些离子光激励器的振荡线的特点是：增益大，输出功率大，还有从近红外经可见光直到紫外波段的输出波长。

惰性气体离子光激励器^{[16][17][18]}

在 Ar⁺、Kr⁺、Xe⁺ 等离子光激励器中，引人注目的是 Ar⁺ 光激励器。

表 6 指出了现在观察到的 Ar⁺ 光激励器的十种波长、跃迁以及增益。

关于集居数分布反转的发生机构，贝内特等人认为从中性 Ar 原子的基态出发，Ar⁺ 离子的 4p²S⁰、2P⁰、²D⁰ 各状态的激发截面大；另一方面，从 4s²p 等下能级以很大的跃迁几率发出真空紫外光。结果发生集居数分布的反转。

表 6 指出的 Ar⁺ 离子的谱线，有可能连续振荡^[17]。

表 6 Ar⁺ 离子光激励器的振荡谱线(文献[16])

| 波 长 (埃) | 跃 迁 | 增 益 (%/米) | 强 度 |
|------------|---|--|-----|
| 4,545.08 | 4p ² P _{3/2} ⁰ — 4s ² P _{3/2} | > 15 | 弱 |
| 4,579.39 | 4p ² S _{1/2} ⁰ — 4s ² P _{1/2} | | 普通 |
| 4,657.94 | 4p ² P _{1/2} ⁰ — 4s ² P _{3/2} | | 普通 |
| 4,726.91 | 4p ² D _{3/2} ⁰ — 4s ² P _{3/2} | | 弱 |
| 4,764.89 | 4p ² P _{3/2} ⁰ — 4s ² P _{1/2} | | 普通 |
| 4,879.90 | 4p ⁴ D _{1/2} ⁰ — 4s ² P _{3/2} | > 15 | 强 |
| 4,965.12 | 4p ² D _{3/2} ⁰ — 4s ² P _{1/2} | | 普通 |
| 5,017.16 | 4p ¹² F _{5/2} ⁰ — 3d ² D _{3/2} | | |
| 5,017.63 | | 4p ⁴ D _{3/2} ⁰ — 4s ² P _{3/2} | 弱 |
| 5,145.63 | 4p ⁴ D _{5/2} ⁰ — 4s ² P _{3/2} | > 10 | 强 |
| 5,286.92 | 4p ⁴ D _{3/2} ⁰ — 4s ² P _{1/2} | | 弱 |

Hg⁺ 离子光激励器^[19]

往水银蒸气中加入氦，用脉冲放电使这种混合气体发生振荡时，发出可见光（橙色、绿色）。对于增益非常大的绿色光线，把吸收为 50% 的滤光器加入光激励器的谐振腔中，振荡仍不停止。水银最合适的压力约为 10⁻³ 毫米水银柱高，He 为 0.5 毫米水银柱高，放电管的内径为 15 毫米，长 1~3 米。表 7 指出光振荡的波长和跃迁。

表 7 Hg⁺ 离子光激励器的振荡谱线(文献[19])

| 波 长 (埃) | 跃 迁 |
|---------|---|
| 5,677.2 | 5f ² F _{7/2} — 6d ² D _{5/2} |
| 6,149.5 | 7p ² P _{3/2} — 7s ² S _{1/2} |
| 7,346 | 7d ² D _{5/2} — 7p ² P _{3/2} |
| 10,583 | 8s ² S _{1/2} — 7p ² P _{3/2} |

氧、氮和碳的离子光激光器

把高电压、大电流脉冲加在氧(O₂)、氨(NH₃)、二氧化碳(CO₂)上时,氧、氮和碳原子的一价到三价离子谱线发生振荡^[20]。振荡线的波长和跃迁如表8所示。由表看出,全部是3P→3S跃迁*,对于惰性气体离子光激光器,由于几乎所有的光振荡都有这种P→S的跃迁关系**,使我们想到在离子光激光器的集居数分布反转和发生机理方面,存在确定的选择定则^[20]。

表8 氧、碳和氮离子光激光器的振荡谱线(文献[20])

| 波 长 (埃) | 离子种类 | 跃 迁 |
|------------|-------|---|
| 3,749.49 | O II | 3p ⁴ S _{3/2} ⁰ — 3s ⁴ P _{5/2} |
| 3,754.67 | O III | 3p ³ D ₂ — 3s ³ P ₁ ⁰ |
| 3,758.88 | O III | 3p ³ D ₃ — 3s ³ P ₂ ⁰ |
| 4,347.38 | O II | 3p ² D _{3/2} ⁰ — 3s ² D _{5/2} |
| 4,351.28 | O II | 3p ² D _{5/2} ⁰ — 3s ² D _{5/2} |
| 4,414.88 | O II | 3p ² D _{3/2} ⁰ — 3s ² P _{3/2} |
| 4,416.97 | O II | 3p ² D _{5/2} ⁰ — 3s ² P _{3/2} |
| 5,592.57 | O III | 3p ¹ P ₁ ⁰ — 3s ¹ P ₁ ⁰ |
| 6,721.36 | O II | 3p ² S _{1/2} ⁰ — 3s ² P ₁ |
| 4,647.45 | C III | 3p ² P ₂ ⁰ — 3s ² S ₁ |
| 4,650.16 | C III | 3p ² P ₁ ⁰ — 3s ² S ₁ |
| 3,478.67 | N IV | 3p ³ P ₂ ⁰ — 3s ³ S ₁ |
| 4,097.32 | N III | 3p ² P _{3/2} ⁰ — 3s ² S _{1/2} |
| 4,103.38 | N III | 3p ² P _{1/2} ⁰ — 3s ² S _{1/2} |
| 4,510.88 | N III | 3p ⁴ D _{5/2} — 3s ⁴ P _{3/2} ⁰ |
| 4,514.87 | N III | 3p ⁴ D _{7/2} — 3s ⁴ P _{5/2} ⁰ |
| 4,630.55 | N II | 3p ³ P ₂ — 3s ³ P ₂ ⁰ |

在带有布儒斯特窗的、内径为7毫米,长为1米的放电管里,气体压力为0.02~0.05毫米水银柱高时发生振荡。脉冲宽度约20微秒,每秒重复数次。

其他种类的离子光激光器

报导过氯^[21]、碘^[22]离子的光振荡。装置和前面叙述的相同,也用脉冲放电。表9指出它们的波长和跃迁。

* 原文误为4P→4S跃迁——译校者注

** 原文误为4P→4S的跃迁关系,请参閱文献[20]——译校者注

表 9 氯和碘离子光激光器

| 波 長 (埃) | 离子种类 | 跃 迁 | 文 献 |
|------------|-------|-----------------------|------|
| 5,217.92 | Cl II | $4p^3P_2 - 4s^3S_1^0$ | [21] |
| 5,221.35 | Cl II | $4p^3P_1 - 4s^3S_1^0$ | |
| 5,392.16 | Cl II | $4p^1F_3 - 4s^1D_2^0$ | |
| 5,407.36 | I II | $6s^3D_2^0 - 6p^3D_2$ | [22] |
| 5,678.08 | I II | $6s^3D_2^0 - 6p^3F_2$ | |
| 5,760.72 | I II | $6s^3D_1^0 - 6p^3D_2$ | |
| 6,127.49 | I II | $6s^3D_2^0 - 6p^3D_1$ | |
| 6,585.21 | I II | $6s^3D_1^0 - 6p^3D_1$ | |
| 7,032.99 | I II | $5d^3D_2^0 - 6p^3F_2$ | |

上面, 为了方便, 从光激光器的振荡机构方面, 把与气体光激光器有关的工作物质进行了分类叙述。由于篇幅有限, 很多材料甚至新的情报都没有加以介绍, 在材料的取舍选择上, 难以决定的问题是很多的。

那种冗长而又面面俱到的介绍, 并不需要。如果有非常明确的目的, 作重点的、详细的叙述, 倒是可以尝试的。

参 考 文 献

- [1] W. R. Bennett, Jr.: *Appl. Opt. Suppl.*, 1, Optical Masers (1962) p. 24.
- [2] A. Javan: *Phys. Rev. Lett.*, 6 (1961) 106.
- [3] W. R. Bennett, Jr. 等人: *Phys. Rev. Lett.*, 8 (1962) 470.
- [4] C. K. N. Patel 等人: *Phys. Rev.*, 133 (1964) A 1244.
- [5] M. Shimazu 等人: *Japan, J. Appl. Phys.* 3 (1964) 561.
- [6] 島津备爱等人: 日本物理学会第 19 届年会讲演会, 1964 年 10 月(名古屋)。
- [7] G. Herzberg: *Molecular Spectra and Molecular Structure I. Diatomic Molecules* [Van No-Strand, New York (1950)].
- [8] P. Rabinowitz 等人: *Appl. Opt.*, 1 (1962) 513.
- [9] W. L. Faust 等人: *Phys. Rev.*, 133 (1964) A 1476.
- [10] C. K. N. Patel 等人: *Proc. IEEE*, (1964) 713.
- [11] L. E. S. Mathias 等人: *Appl. Phys. Lett.*, 3 (1963) 16.
- [12] H. G. Heard: *Bull. Am. Phys. Soc. Series II*, 9 (1964) 65.
- [13] L. E. S. Mathias 等人: *Phys. Lett.*, 7 (1963) 194.
- [14] A. Crockey 等人: *Nature*, 201 (1964) 250.
- [15] H. A. Gebbie 等人: *Nature*, 202 (1964) 685.
- [16] W. B. Bridges: *Appl. Phys. Lett.*, 4 (1964) 128.
- [17] W. B. Bridges 等人: *Appl. Phys. Lett.*, 4 (1964) 178.
- [18] W. R. Bennett, Jr. 等人: *Appl. Phys. Lett.*, 4 (1964) 180.
- [19] W. E. Bell: *Appl. Phys. Lett.*, 4 (1964) 34.
- [20] R. A. McFarlane: *Appl. Phys. Lett.*, 5 (1964) 91.
- [21] R. A. McFarlane: *Appl. Opt.*, 3 (1964) 1196.
- [22] G. A. Fowles 等人: *Appl. Opt.*, 3 (1964) 1191.
- [23] C. K. N. Patel 等人: *Appl. Phys. Lett.*, 4 (1964) 18.

原载《电子科学》, 1965, 15, № 1, 29~34 (沈柯译、林青柏校)