

氦氖激光器的特性及应用

(译 文 集)

(Ⅱ)

中国计量科学研究院

一 九 七 七

编 者 按

本译文集为《氦氖激光器的特性及应用》(译文集)的续编。主要收集了1975—1976年间美、苏、英、日、法、加、澳、西德等国有关氦氖激光器的设计、工艺、频率稳定、稳频激光理论、波长频率测量和光速以及环形激光的稳定等方面的文章,也包括部分 CO_2 及染料激光的频率稳定文章,1975年前较有价值的文章也收入此集。除上述等方面47篇译文外,还选译了1973年国际计量局未定义咨询委员会第五次会议的重要资料20余篇,译文共计四十余万字。

毛主席教导我们:“一切外国的东西,如同我们对于食物一样,必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动,送进唾液肠液,把它分解为精华和糟粕两部分,然后排泄其糟粕,吸收其精华,才能对我们身体有益,决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。”本译文集仅供工农兵和科技人员结合自己的工作需要,批判地吸收。

由于我们水平所限,译文中如有错误,希广大读者批评指正。

中国计量科学研究院 氦氖激光编译组
一九七六年十一月

目 录

I. 激光器设计及元件材料性能

1. He—Ne 激光器运转五年 W. P. Kolb (美) (1)
2. 气体激光器 U. Hochuli, P. R. Haldemann (美) (3)
3. 冷阴极放电的气体激光器 H. Westermeyer (美) (7)
4. 东芝气体激光器 松井英树 (日) (10)
5. 632.8 毫微米 He—Ne 激光器布氏窗的材料
B. S. Patel, S. Charan (美) (15)
6. 气体激光器布氏窗中的光学损耗和热畸变
D. C. Sinclair (美) (20)
7. 叠式压电陶瓷的伸长特性 櫻井慧雄 (日) (26)
8. 用圆形压电陶瓷弯板的激光调谐器 J. H. McElroy 等 (美) ... (32)

II. 频率稳定性

1. 用在 633 毫微米的饱和吸收现象观察碘超精细结构
G. R. Hanes, C. E. Dahlstrom (加) (39)
2. 氦氖激光的频率稳定 (摘译1—5章) 田中敬一 (日) (42)
 - 第一章 绪论 (42)
 - 第二章 应用碘饱和吸收的稳定方法 (46)
 - 第三章 激光装置和吸收线的检测 (50)
 - 第四章 自由运转状态的 He—Ne 激光器的频率脉动的测定 ... (70)
 - 第五章 采用自动控制后的频率稳定性 (77)
3. 用 $^{127}\text{I}_2$ 稳定的633毫微米激光的复现性 A. J. Wallard (英) ... (93)
4. 稳定在碘上的氦氖激光器: 设计和性能 W. Tuma等 (南非) ... (98)
5. 具有三个内镜的碘稳定激光器 J. B. Cole, C. F. Bruce (澳) ... (100)
6. 关于 He—Ne 激光的振荡机制和输出特性的研究
(摘译 2, 6, 7, 8, 9 章) 大井みさほ (日) (110)
 - 第二章 He—Ne 激光的激励机制 (110)
 - 第六章 气体激光的功率调谐曲线的理论 (113)
 - 第七章 3.39微米的振荡特性 (118)
 - 第八章 3.39微米谱线的频率位移 (127)
 - 第九章 以甲烷吸收线为基准的3.39微米激光的波长稳定性 ... (135)
 - 附 录: 冷阴极直流放电型 He—Ne 激光管的试制 (141)
7. 饱和吸收线形 J. L. Hall (美) (145)
8. 影响甲烷稳定氦氖激光的复现性和稳定性的一些实验因素
B. W. Jolliffe 等 (英) (155)

9. 饱和吸收氦氖激光的频率稳定 A. Brillet (法) (159)
10. 具有甲烷吸收室的 He—Ne 激光的频率复现性
C. H. Baraev 等 (苏) (164)
11. 甲烷 $\lambda = 3.39$ 微米的兰姆凹陷的温度位移
C. H. Baraev 等 (苏) (166)
12. 西德联邦技术物理所(PTB)激光稳频概况
J. Helmcke 等 (西德) (168)
13. 稳定激光和类似应用的一台电子伺服控制关系
K. C. Shotton, W. R. C. Rowley (英) (180)
14. 由调利畸变所引起的稳定激光器的频率偏置
D. P. Blair* (澳) (199)
15. 测量激光拍频的双向计数器 W. R. C. Rowley (英) (202)
16. 连续染料激光器的快速频率稳定 R. L. Barger 等 (美) (207)
17. 频率稳定激光器中的光耦合效应
W. R. C. Rowley, D. C. Wilson (英) (210)

III. 稳频激光器理论

1. 单模气体激光的理论 H. Greenstoin (美) (213)
2. 具有内吸收室的气体激光器的理论 H. Greenstein (美) (233)
3. 利用气体中非线性饱和吸收谐振进行激光频率稳定的问题
V. S. Letokhov (苏) (262)
4. 在吸收气体中由强光场产生的窄谐振 V. S. Letokhov (苏) ... (272)
5. 在可见光区域内用原子吸收谱线和连续染料激光建立量子频标
的方法 V. S. Letokhov 等 (苏) (280)

IV. 激光波长和频率测量及光速

1. 用高分辨干涉仪比对激光波长 H. P. Layer 等 (美) (289)
2. 用法布里-珀罗干涉仪测量真空波长
A. Sacconi, S. Fontana (意) (302)
3. 利用激光输出调谐曲线的一种新的波长测量计数方法
Y. Ohwada 等 (日) (308)
4. 6328 埃氦氖激光辐射的气压-波长关系
E. J. G. Engelhard (西德) (313)
5. 精密干涉波长比较 N. A. Kurnit (美) (316)
6. 用激光辐射伺服锁定干涉仪的波长比较
W. R. C. Rowley 等 (英) (322)
7. 用红外光混频干涉测定 CO_2 激光辐射波长——导出光速值
B. W. Jolliffe 等 (英) (327)
8. 在激光稳定中所用的分子跃迁的准确频率: CH_4 的 3.39 微米跃
迁及 CO_2 的 9.33 和 10.18 微米跃迁
K. M. Evenson 等 (美) (333)
9. 30 埃赫范围内新的频率测量和技术 B. G. Whitford 等 (加) ... (339)

10. 绝对频率测量扩展到148埃赫 2 微米和3.5微米氩激光的频率
D. A. Jennings 等 (美) (345)
11. 由 HeII 的 $n=3-4$ (496毫微米) 谱线测量里德伯常数
E. G. Kessler, Jr. (美) (347)
12. 激光波长测量和光速的评论 W. R. C. Rowley 等 (英) (358)

V. 环形激光器

1. 具有氙吸收室的氦氖环形激光 M. V. Danileiko 等 (苏) (371)
2. 激光陀螺 K. Ardring (美) (373)
3. 输出定值拍频的环形激光陀螺 (美) (378)
4. 关于电磁波传播方向的改进 (英) (383)
5. 在偏模工作的环形激光器的方法和装置
H. B. Greenstein (美) (385)

VI. 国际计量局米定义咨询委员会第五次会议资料选择

1. 第五次米定义咨询委员会会议, 建议 M1, M2, M3(1973)..... (387)
2. 附录: 碘吸收谱线间的间隔..... (389)
3. 附件 M3—超精细结构对甲烷谱线伺服激光的影响
J. L. Hall, C. Bordé (美, 法) (391)
4. 附件 M4—美国标准局的建议..... (392)
5. 附件 M5— $^{127}\text{I}_2$ 饱和吸收稳定的氦氖激光的性能的研究
W. R. C. Rowley, A. J. Wallard (英NPL)..... (395)
6. 附件 M8—测量 ^{86}Kr 不对称性的不确定度
W. R. C. Rowley(英NPL)..... (396)
7. 附件 M9— ^{86}Kr 的不对称性的测量
W. R. C. Rowley(英NPL) (398)
8. 附件M11—用 $^{127}\text{I}_2$ 的饱和吸收锁定的 He—Ne 激光的研究
K. Tanaka 等 (日)..... (399)
9. 附件M12—锁定在饱和吸收线上的 He—Ne(0.633微米和3.39
微米) 激光波长的测量T. Msui 等 (日) (402)
10. 附件M13—用线性吸收法锁定于甲烷的 He—Ne 激光器
Y. Akimoto 等 (日) (403)
11. 附件M14—NSK 锁定于碘的激光器
J. B. Cole (澳NSL) (406)
12. 附件M15—氩 86 灯内多普勒效应的径向分布
F. Bayer—Helms (西德)..... (409)
13. 附件M16—干涉测量中氦基准辐射的谱线轮廓的不对称性和它的
表观波数 P. Giacomo(BIPM)..... (410)
14. 附件M17—国际计量局的建议..... (413)
15. 附件M18—光速 J. Terriern (415)
16. 附件M19—关于选定光速的值
J. Terrien (417)

17. 附件M22—关于用«距离»单位代替长度单位的可能性
G. M. R. Winkler (美) (419)
18. 附: 第十五届国际计量大会有关激光作为长度和时间基准问题的
决议和情况和报导..... (421)

He-Ne 激光器运转五年

W. P. Kolb

一台正运转的金属陶瓷 He—Ne 激光器，寿命已超过五年 (>47000 小时)。在此期间内，无论其输出功率或电压—电流特性，均无显著变化。这些结果说明具有极长寿命的 He—Ne 激光器的可能性。

有些作者〔1〕—〔5〕已讨论了 He—Ne 激光器的一些可能限制寿命的机制。本文报导了连续运转超过五年 (>47000 小时)的冷阴极金属—陶瓷 He—Ne 激光器的结构。在此期间，这台激光器的运转特性基本上保持不变，寿命试验仍在继续之中。

背景

作寿命试验的激光器是基于 Bridges 和 Kolb 在以前文章〔6〕—〔8〕中所介绍的基本设计。装置建于1969年六月，同年九月进行寿命试验。

激光器的结构详情示于图1。激光器外壳为长13.5吋直径2.5吋的圆柱体（不包括输出窗）。密封的等离子体管是用不锈钢、可伐 (Kovar) 和铝陶瓷制的。铝陶瓷孔长8.5吋，内径1.5毫米。曲率为2米的输出镜和全反射平镜，用铝制的外圆柱体支持。冷阴极是用2024铝合金制造的，在不锈钢镜子（或窗）的支架上的管口作为阳极。气体体积为350厘米³。在熔融硅基片上镀介质膜的镜子，封在真空内部。透过输出光束的是 Corning7056 玻璃窗，它用 P. R. Mallory 的静电密封技术封接在真空外套上。在真空管的任何地方都未用有机物质。

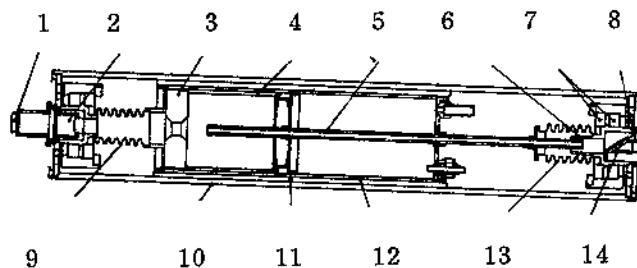


图1 激光器详细结构剖面图

1. Corning7056玻璃输出窗；2. 输出镜；3. 溅射屏蔽；4. 铝冷阴极；5. Al_2O_3 孔腔；6. 不锈钢阳极；7. Al_2O_3 阳极绝缘体；8. 平面高反射镜；9. 13μ 波纹管；10. 铝镜支架（圆柱体）；11. 陶瓷材料；12. 不锈钢真空外套；14. 内布氏窗。

放电管安装采用高温铜焊和电弧焊接 (heli-arc welding) 技术，在 325°C 作正常真空烘烤达20小时。阴极则在3千氧气下用约50毫安放电电流氧化，管内充以6:1的 He—Ne 混合气体2千。

激光放电管装在铝镜支架圆柱体内。在最后安装方式时的最大功率达2.25毫瓦。

寿命试验

1969年9月2日开始寿命试验。除了取数据时稍许关闭外，自那时以来，激光器一直在7.5毫安的放电电流下连续运转。图2示出了最初取的和在试验期间相继时刻下得到的电压—电流特性图。还示出了五年后的输出功率与放电电流关系图。虽然，没有在各种电流下的最初功率数据，最初气压是选择使得在7—8毫安区域内达最佳功率。

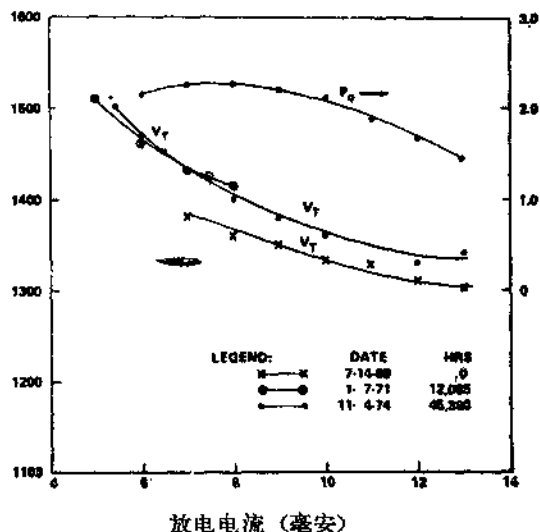


图2 试验期间不同时间放电管的电压—电流特性。在运转45360小时后的输出功率—电流特性

图注: LEGEND: 图例; DATE: 日期; HRS: 小时; 纵座标: 左—放电管电压(伏); 右—输出功率(毫瓦)。

结 论

至今所得的结果表明,可能制造寿命超过五年的 He—Ne 激光器。金属陶瓷放电管独特结构的许多特性的重要性,还不完全了解。然而,大气体体积、低阴极电流密度,阴极几何形状、大面积阴极设计、对溅射高阻抗的陶瓷孔腔、静电屏蔽镜子、超净结构,高温烘烤、捕获不活泼(尤其对氧),都很重要。这些设计考虑重要性的先后次序,要求有相当的研究。但不妨说,寿命试验的这个结果证明,在考虑了所有这些上述的因素后,可以制造出寿命超过五年的 He—Ne 激光器。

参 考 文 献

- [1] R. Turner, K. M. Baird, M. J. Taylor, and C. J. Van der Hoeven "Lifetime of He-Ne laser", Rev. Sci. Instrum., vol. 35, pp. 996—1001, Aug. 1964.
- [2] U. Hochuli and P. Haldemann, "Cold cathodes for possible use in 6328A Single mode He-Ne gas Lasers", Rev. Sci. Instrum., vol. 36, pp. 1493—1494, Oct. 1965
- [3] U. Hochuli, P. Haldemann, and D. Hardwick, "Cold cathodes for He-Ne gas Lasers", IEEE J. Quantum Electron. (1967 Conference on Laser Engineering and Applications), vol. QE-3, pp. 612—614, Nov. 1967.
- [4] U. Hochuli and P. Haldemann, "Gas Lasers" U. S. Patents 614642.
- [5] W. P. Kolb, "Cold cathode gas laser discharge tube", U. S. Patent RE 27282.
- [6] W. B. Bridges and W. P. Kolb, "First space-qualified laser", Laser Focus, vol. 5, pp. 39—42, Oct. 1969.
- [7] W. B. Bridge, "Design of a space qualified laser", NASA Contractor Rep., NASA CR-1663, Oct. 1970.
- [8] W. B. Kolb, "Research directed toward perfecting a design for a space qualified He-Ne laser", NASA Contractor Rep., NASA CR-1664, Sept. 1970.

沈乃激译自 «IEEE J. Quantum Electronics» Vol. QE11, 374—375 (1975).

气 体 激 光 器

U. HOCHULI and P. R. HALDEMANN

冷阴极气体激光器中的阴极，在加工时以蒸馏水冷却，在氧化之前不作任何化学处理，选择激光管的气压、体积、以及阴极电流密度，足以使这样制备的阴极寿命达到10000小时以上。

本系统涉及冷阴极激光器，He—Ne 气体激光器中的阴极，以及这种阴极和激光器的运转和制作方法。

我们已经发现，如果用铝或铍作阴极。并严格地制备阴极表面，在正常的阴极位降下，只要阴极上任何一点的最大阴极电流密度低于0.6毫安/厘米²，就能得到大于10000小时的寿命。也包括这些金属的合金，因为我们使用的商品级铝不是一种纯金属。类似地，用镁作阴极，在0.17毫安/厘米²的电流密度下，当气压为3 托或更低，体积为50 厘米³时也能得到长寿命。

用5 : 1到15 : 1的 He, Ne 混合气体，在3 托或稍低一些的总气压下可以使单频 He—Ne 气体激光器运转。在直流激励时，直径1 毫米，长5—7 厘米的激光放电毛细管上的电位降在放电电流为5 毫安时约为500—700伏。阴极位降为100伏的冷阴极在5 毫安的放电电流下仅需要0.5瓦。对于直径为11.5毫米或更大的阴极，根据本发明所提供的空心圆筒铝阴极能得到大于11000小时的寿命。对于直径7 毫米的阴极，寿命降低到几百小时，这样的寿命是当体积为50厘米³时根据过去的工艺在正常情况下所预期的阴极寿命。这表明寿命严格地与阴极电流密度有关。

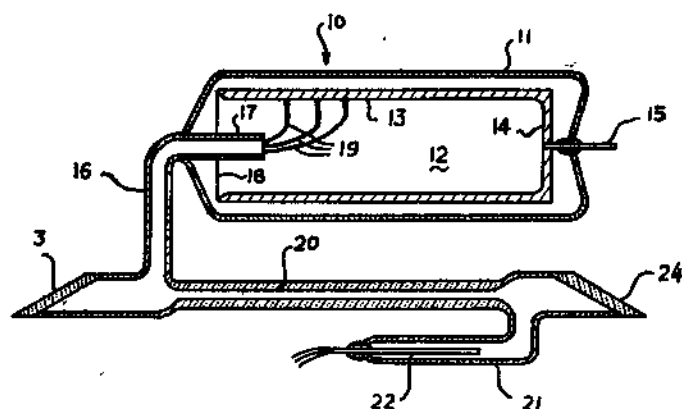
当铝阴极有一氧化层时能得到最好的效果。试验表明，铍和镁也是有效的，对于镁未必具有0.6毫安/厘米²这么大的阴极电流密度。通常考虑用来作为激光器阴极的其他金属，如 BaO、Mo、Nb、Zr、Ni、Cu，都没有得到长寿命。

重要的是阴极表面要严格地制作，表面的化学处理使表面中毒，或至少说，已经使用过的各种化学处理都会使表面中毒。本发明可简短地叙述为：加工阴极表面时用蒸馏水作润滑剂，然后用蒸馏水漂洗，如果必须要除去油脂所产生的有害的影响，可用丙酮清洗。

本发明仅仅成功地在 He—N 激光器上作了试验，但原则上并不限定气体。例如，能制造一种 CO₂ 激光器，其阴极在对 He—Ne 激光器所规定的电流密度下工作。我们的研究使我们相信，所发明的阴极将能在 CO₂ 激光器内工作，并且提供较长的阴极寿命，只要它能在对 He—Ne 激光器作的规定条件下运转。至今在各种激光器中还采用了许多其他的气体组合，相信他们也能使用这种阴极，只要其电流密度不大于对 He—Ne 激光器所规定的值。

激光器的寿命与气体体积成正比，所规定的50厘米³是从除寿命以外的其他因素来考虑的所需的最小体积。因此本系统也能应用于最小的气体体积，也就是尺寸最小的激光器。

因此，本发明能对冷阴极气体激光器提供一种处理长寿命阴极表面的方法，和这种激光器的运转方法。这种激光器可仅使用50厘米³的气体并在3 托的气压下工作，而同时寿命至少可长达10000小时。同时，本发明还对这种在低气压和小气体体积下具有长寿命的He—Ne 激光器提供一种规定。



附图

本发明的一个特点是排除了激光器中的回旋加速 (Cyclotron) 或其他的等离子体振荡, 因为它们能破坏激光器的运转。如果气压是2.8千或更低, 则在 He—Ne 激光器中的这种振荡将是忽略的。这压力范围与本发明是一致的。

附图给出了使用这种阴极的一个气体激光器的正视图。

图中, 10是包括阴极部份11的石英或玻璃外壳。阴极部份11内放置一空心圆筒冷阴极12, 阴极是金属的, 其表面具有一氧化层, 材料可以选用铝、铍、或镁。阴极圆筒12的内表面构成了阴极表面。阴极圆筒12的一端14是封闭的, 另一端是开放的。封闭端14与阴极引线15相连, 后者通过适当的封接伸到阴极部份11之外。

较细的玻璃管16, 由阴极部份11中延伸出来, 它是外壳10的一部份。管子16的开端17足以伸到阴极12的开端18之内, 以便当电压加到管子上时, 放电将不从阴极边缘或其附近产生, 因此就避免了由于边缘效应而引起的高电流密度。典型的放电路径如19。

管子16一直延伸到毛细管20的一端, 毛细管的另一端有阳极部份21, 阳极就在21之内。光束就通过毛细管以及透明窗口23和24, 窗口对于光束倾斜成布氏角。

外壳10之内的总气体体积约是50厘米³, 它大体上是所需要的最小体积。这不仅是从阴极寿命方面来考虑, 例如, 机械上的考虑, 所希望的光程长度, 以及所需的阴极尺寸等等。气压可以是3千或稍低一些, 降低气压会减小寿命, 因此不主张使用远低于3千的压力。但为保证可以忽略等离子体振荡, 满意的数值必须低于3千, 例如2.8千。

外壳10的体积是50厘米³, 阴极12的内径是22毫米, 提供的电流密度是0.14毫安/厘米²。在这些条件下观察到的阴极寿命大于10000小时。

铝阴极激光器的详细排气方法如下: 用前级泵将气压抽到2千, 然后起动放电管, 将电流密度调整到每平方厘米的有效阴极面积约5毫安。为了避免电极的蒸发, 这必须十分仔细地进行。在放电时用前级泵保持空气压力为2—3千。放电3—5分钟后熄灭放电管, 用前级泵抽空, 重新充以2千的空气或氧气, 并再次放电。

重复上述过程4—5次, 最后应使在不用前级泵的情况下管内有稳定的气压。此后将管子至少抽空到10⁻⁸千, 在这过程中用软火焰进一步去气。

此后管内充以 He—Ne 混合气体, 用大电流点燃放电管。一旦放电出现蓝色立即停止放电, 抽空并再次充气。重复几次直至放电管发出橙色的 He—Ne 颜色为止。在最后充气及

封离之前，管子应在二倍的工作电流下点燃1—2天。这些铝，镁或铍电极本身就起吸气剂的作用，没有用任何附加的吸气剂。

在阴极制作过程中，最主要的特点是不作任何化学处理，为作到这一点，阴极加工时采用蒸馏水。可用丙酮来清洁表面，但是表面不能用任何方法作化学处理。无疑，我们所研究的各种处理方法都将使阴极中毒，但是可能的化学处理方法很多，我们不可能全部都试验过。

所用的铝的型号是：1100；6061；2011；7075；2024；已经知道，这些型号中任何一种容易加工的铝都是满意的，但他们与2024铝所需的欧姆电流密度不一样。三种金属在空气中都很容易氧化，而形成一十分薄而坚固的氧化层。这种氧化层的存在是成功的。阴极表面可能的化学中毒妨碍了形成合适的氧化层，或当激光器工作时由于轰击而去掉了所存在的表面时，它也会妨碍氧化表面的复活更新。

我们推测，所规定的电流密度将能使由子放电而轰击掉的氧化层得到补充，其补充的速度和他消失的速度一样快，或者它能阻碍放电对氧化层的破坏。阴极的化学处理也许妨碍了这种补充或者妨碍了不容易去除的氧化层的形成。

使用上述阴极不仅能使激光器长寿命，而且也能使激光器优良地工作。只要He—Ne激光器中的气压稍低于3托，例如2.8托，就不产生等离子体振荡。这种振荡会破坏激光器的工作。然而，当压力降低时，由于溅射的增加而引起的气体清除将使管子寿命变短。

本发明的重要特点是它允许制造一个气体体积为50厘米³或更小的He—Ne激光器，为了消除等离子体振荡，它有能力在远低于3托的气压下运转，并且具有大于10000小时的长寿命，只要阴极上的任何一部份的电流密度都不大于0.6毫安/厘米²。

化学分析表明，2024铝包含下列杂质，其百分比为：

Si	0.23
Mn	0.58
Cr	0.015
Fe	0.29
Ti	0.035
Ni	无
Cu	4.55
Mg	1.78
Zn	0.07

因此，显然不必要使用纯金属。商品级金属也是可以使用的。在He—Ne气体混合物中用简单的轰击方法成功地实现了铍的去气而使阴极寿命超过一万小时，因此金属的去气并不是十分难的。

对于激光器来说，“长寿命”这一名词意指将不发生不满意的气压变化。

圆筒阴极的总的轴向长度等于辉光长度，这样将产生正常的阴极位降，即对于正常的位降来说，阴极面积至少要等于辉光面积一样大。即长度减少到超过这一点时，阴极位降将增加，这是有害的。而将长度增加到超过这一点时是无效的，但也是无害的。

我们已经介绍和说明了一个使用本发明的具体的激光器。显然，上述激光器的详细结构是可以变化的，只要他不偏离本发明的真正精神和所规定的范围。

我们的要求是:

1. 冷阴极气体激光器的阴极选用铍、铝、或镁。在阴极的表面上有氧化层,它是在清洁的,去掉了化学不纯物的未经化学处理的金属表面上形成的。

2. 冷阴极气体激光器的运转方法,是在正常的阴极位降时阴极上任何一点的最大电流密度应低于 0.6 毫安/厘米²。阴极可以从铝、铍,和镁这一类金属中选择,在其化学清洁的表面上有一氧化层。

3. 对于气体激光器来说,制造圆筒冷阴极的方法包括机械加工圆筒内表面时用蒸馏水作润滑剂,并且也用蒸馏水清洗表面,以提供一个未经化学处理的放电表面。

4. 气体激光器包括

一个内部的空心圆筒冷阴极;

一个阳极;

一个外壳以容纳冷阴极和阳极,气压大致是 3 托。所述外壳有一毛细管以使阴极和阳极相通。阴极的内表面为阴极的表面,阴极是用金属制造的,其表面上有一氧化层。金属从铍、铝和镁中选用。

沿着所述的毛细管通道,提供了一确定的光程。

所述的光程被位于光程两端的透明窗所限定。

外壳的总气体体积约是 50 厘米³,所述电极的物理参数,外壳,以及应用于电极上的电压应使阴极电流不大于 0.6 毫安/厘米²。

5. 按照要求 4 的一个激光器,其气压约是 2.8 托,以保证其等离子体振荡可以忽略。

6. 按照要求 4 的一个激光器,若用镁作电极,则阴极电流密度应低于 0.2 毫安/厘米²。

7. 按照要求 4 的一个激光器,气压大体上是 2.8 托,电流密度约是 0.14 毫安/厘米²。

8. 气体激光器的制造方法,所述的气体激光器由一个延伸出来的空心圆筒冷阴极,一个阳极以及阳极外壳所组成,阴极内表面的加工过程中用蒸馏水作润滑剂,用机械泵使管内氧气压力保持在约为 $2-3$ 托的情况下,在阴极和阳极间反复进行气体放电,直到管内有稳定的气压。此后将泡壳去气至 10^{-6} 托,并在所述泡壳中充以激光气体。

9. 按照要求 8 的一个气体激光器,其激光气体是 He—Ne,气压大致是 3 托。

10. 气体激光器包括

一个延伸出来的空心圆筒冷阴极;一个阳极;一个外壳以容纳冷阴极和阳极,气压大致是 3 托。所述外壳有一毛细管以使冷阴极和阳极相通。阴极的内表面为阴极的表面,阴极是用金属制造的,其表面有一氧化层。金属从铍、铝、镁中选用。

沿着所述的毛细管通道,提供了确定的光程。

所述光程被位于光程两端的透明窗所限定。

所述外壳的总气体体积至少是 50 厘米³。电极的物理参数,外壳,以及加到电极上的电压应使阴极电流密度不大于 0.6 毫安/厘米²。

倪育才译自《美国专利3614642》

冷阴极放电的气体激光器

H. Westermeier

一个利用同轴冷阴极放电管的气体激光器，其阴极是一大表面的圆筒冷阴极。阴极在放电泡壳内并置于毛细管较细一端的外部。毛细管与放电泡壳内部相通，并且其另一端伸到泡壳之外。为能放置阳极，此端稍予放大。毛细管的内端用一元件封闭，封闭元件最好采用其内表面为反射表面的类似平板的元件。用一弹簧将封闭元件压在毛细管的邻近端并使它们相互啮合。可先将弹簧安装在毛细管上，然后再插入放电泡壳。

发明背景

本发明涉及采用同轴冷阴极放电管的气体激光器，放电管具有大表面的圆筒冷阴极，它放在放电泡壳内并置于激光毛细管较细端的外部。毛细管与放电腔相通，其另一端伸到泡壳之外。为能放置阴极，此端稍予放大。

在过去的使用冷阴极放电的同轴设计的激光器工艺中，激光毛细管的自由端是开放的，并终止于放电泡壳之中。此开端允许由冷阴极发射的电子流进入毛细管，由于电子向阳极移动，使气体放电得以维持。放电泡壳在激光毛细管的开端附近伸出一连接管，它与激光毛细管同轴，并用玻璃或石英的布氏窗密封。

在这类装置的安装中，冷阴极在一开始就插入放电室，其电极引线通过泡壳壁上的开口引出，此后封闭开口。接着，毛细管从另一端插入放电泡壳并且接到泡壳的内表面上。毛细管的每一端面，或者说是其连接管的端面被磨成平面，布氏窗就贴在毛细管的阳极端，实际上在阴极端的玻璃连接管上也贴了同样的布氏窗。这样的研磨将引起放电泡壳以及冷阴极的污染。众所周知，只有使冷阴极保持十分清洁，才能使它完美而有效地运转。由于放电泡壳和冷阴极必须在研磨以后仍十分清洁，这就引起了工艺上的困难。由于只能通过激光毛细管或玻璃连接管清洗，并且这也是要受到限制的，因此这就是影响了清洗，由于这一原因而使困难更大了。

将激光毛细管的阴极端伸出放电泡壳来避免这一困难是不可能的。首先，将毛细管烧到泡壳上时将会产生变形；其次，在运转时毛细管总是比泡壳更热，因此由于热膨胀的不同泡壳将会炸裂。

针对这一问题，本发明提供了一个利用冷阴极的气体激光器，它能避免在安装器件时所引起的冷阴极污染。根据这一发明，将激光毛细管伸到放电泡壳内，在管端用一具有反射表面的封闭元件，或称为激光谐振腔的反射镜。封闭元件可由带有反射表面的，最好是全反射表面的类似平板的元件所构成。其后表面将不是一个均匀的表面，因为透过它的任何辐射都是不需要的。如果毛细管的阴极端有一磨平的端面，并且用弹簧，例如线圈弹簧将带有反射表面的封闭元件压上，这样封闭元件的安装就能十分简单地完成。该线圈弹簧可以先绕在毛细管上然后再插入泡壳。

发明的详细描述：

附图表示一个使用本发明的，通常类型的气体激光器结构纵截面图。

图中, 1是管状的玻璃, 它与端面部份2一起组成放电管。管中放置一大表面圆筒空心阴极3, 后者由一元件支撑在泡壳1中, 该元件由阴极向外突出而填充了阴极与泡壳之间隙, 因而使阴极与泡壳侧壁相吻合。或者, 如果该结构具有足够的机械刚性, 则也可以用阴极引线4支撑, 4通过端部2引出并在那里被密封。

毛细管5置于泡壳1内, 并由1的另一端牢固地支撑。毛细管的开端自由地放在泡壳内, 将其端面磨平而使其精确地与毛细管5的轴线相垂直。

毛细管5的端面6用一类似平板的元件8封闭。元件8靠近6的内表面为一反射表面, 即镜子7。元件8用一弹簧元件9压在毛细管的磨光端面6上, 并使它处于运转时的位置。图中表明, 当采用线圈弹簧形式时, 线圈可以绕在毛细管的延长部份上。最好, 其横截面外径或者封闭元件8的直径大体上等于毛细管5邻近端的直径, 这样线圈弹簧可以用其弹簧的自由端绕在封闭元件上, 弹簧具有通常的径向延伸部份10, 它紧压在封闭元件8的外表面上, 而使8牢固地压在毛细管的端部6。在毛细管的外表面可以加工一玻璃螺纹11, 其倾角等于弹簧9的螺距, 就用它来将弹簧固定。如果希望, 也可使用一些等效的固定方法, 两个相对的棒销, 由毛细管表面径向地伸出, 并在轴向补偿弹簧9的半个螺距, 或者如果毛细管的厚度允许, 可以在它的邻近端外表面研磨或用其他方法加工一合适的螺旋状沟槽。

毛细管5具有一横向的或者说径向的开口13, 它最好就在放大部份12的前面, 12被带有反射表面的元件8所封闭。由冷阴极3发射的电子通过开口进入毛细管内, 并向阳极14移动。激光谐振腔的第二个反射表面或镜子可直接放在由放电腔向外伸出的激光毛细管的左端15。然而, 最好是用类似平板的元件16作为布氏窗封在毛细管端15, 就像图中所画出的一样。同时用一外部反射镜22, 最好是凹面镜, 并允许其反射面可调。将毛细管烧接或密封上, 其中间的延伸部份或包括阳极14的附加部份17, 和反射面7到端部18都成为放电泡壳的一部份, 其接近端部18的一端有一合适的消气剂20, 如图所示, 它可直接用棒固定到端壁19, 或用元件21延伸到端壁19外, 棒就是消气剂的支架。

在制造或安装图中所述的结构时, 放电泡壳1起初被分成两部份制造, 也就是部件2和部件18, 部件18带有支撑毛细管5的端壁19。于是, 这结构最初可分成两部份, 或起初可沿锁线23独立地组装。

这样, 右边的部件开始可以构成, 如前所述, 它包括有冷阴极3, 而对面的部件也能合适地安装, 它包括一个用烧结或其他方法密封到毛细管5邻近端上去的端部18, 正如所述, 毛细管的端部6先经研磨并在其上安装封闭元件8和弹簧9。同样, 消气剂20也可适当地安装于端壁19, 例如用棒21支撑, 而封闭平板16也安装到毛细管的接近端15。要注意到端部18与封闭泡壳的对面部件应有大体相同的横向尺寸, 这样, 当两部件的组装完成后, 就能将毛细管插入而成为密封泡壳, 两部件的边缘将沿线23相遇, 然后将他们适当地密封。

根据本发明, 带有空心阴极3的玻璃管可以作为容易清洗和贮存的部件生产。在边的部件也能很容易地装配, 它包括毛细管5的研磨端6, 用弹簧9固定于其上的封闭元件8, 同样也装配上平板16。在安装完成后这一部件很容易清洗而没有任何困难, 因为实际上他只包括玻璃部份。两个部件间的总装是很容易的, 并且结构的任何部份都没有进一步的污染, 因此这样的总装就可以很容易完成。要特别注意, 两个部件的总装特别是轴的调准是不很精密的, 因为毛细管5的轴线与冷阴极3轴线的同轴或平行是不重要的。

作一比较, 对于早先的结构, 毛细管端6是开口的, 在部件2的端部有一玻璃连接管, 后者用布氏窗密封。毛细管端面的研磨引起了冷阴极的污染, 毛细管的另一端15必须敞开以

允许进行清洗。冷阴极的敏感的发射表面的清洗无论怎样都是极其困难的，而这种清洗只有通过毛细管端15一样的，在连接管上的较小的开口才能完成，这就使得在许多情况下污染的残留物由于不能有效地清洗而停留在冷阴极上。

然而，用具有谐振腔反射表面的封闭元件8将毛细管5的自由端6封闭，用本发明所述的十分简单的方式，就能将这问题解决。

然而，也要强调，本发明并不限于我们所说明的具体类型的激光器，在发明的其他应用中也有希望将第二个谐振腔镜子或反射表面直接安装在毛细管端15，并以不同的方式设计阳极14及其支管17。

对于我的发明，在材料和其他方面的各种各样的变更都是可以的，只要它并不偏离本发明的精神，因此我并不希望把这里所介绍的部份装置和准确的形式理解为对本发明的限制。

我的发明要求。

1. 气体激光放电装置包括一个放电泡壳和一个被延伸的毛细管。毛细管的一端伸出放电泡壳之器壁并牢固地密封于其上，其另一端是开放的并被泡壳包围。阴极置于泡壳中并放在靠近毛细管的内端。毛细管的两端有一对反射镜作为激光谐振腔。毛细管的开放内端有一固定于其上的封闭元件，此元件提供了一反射表面作为激光谐振腔反射器。毛细管在靠近阴极端的侧壁有一开口，它允许由阴极发射的电子进入毛细管。

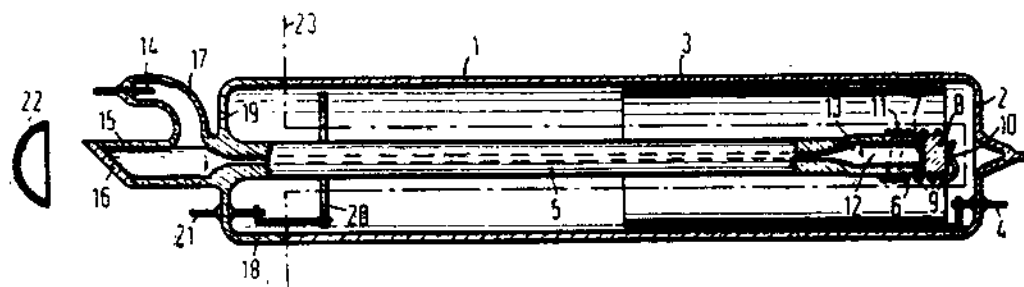
2. 按照要求1的一个气体激光放电装置，其封闭元件是一平板，其内表面是反射表面。

3. 按照要求2的一个气体激光放电装置，其平反射表面是一个全反射表面。

4. 按照要求2的一个气体激光放电装置，其毛细管的阴极端表面是研磨过的，具有反射表面的一个封闭元件置于其上，为了使封闭元件保持在运转位置，弹簧安装在毛细管上。

5. 按照要求4的一个气体激光放电装置，其中所述的弹簧为一线圈弹簧，线圈围绕在毛细管的外表面上，并靠摩擦约束于其上。

6. 按照要求5的一个气体激光放电装置，其所述的封闭元件的横向尺寸应大体上等于毛细管邻近端以及线圈的尺寸，该弹簧线圈围绕并靠摩擦约束封闭元件，用弹簧的自由端压在封闭元件的外表面。



附图

倪育才译自《美国专利3613027》

东芝气体激光管

松井英树*

本文介绍新型东芝气体激光管的特性。具体型式有:

(1) He-Ne 激光管—1 毫瓦的 LG-3024 型, 作为测量或工业测量用的光源; 内腔 LG-3203 型, 用于学校教学和研究室的光轴调整用。

(2) 氩激光管—小型元件 (0.1 瓦和 0.5 瓦), 用于喇曼光谱学、全息实验和物质激励的光源。
[译文中仅译出 (1) —译注]

〔1〕引言

东芝气体激光管的产品, He-Ne 管有 12 个品种, Ar 管有 2 个品种 (表 1, 2)。这些产品是由激光管组合成的, 供大学、研究所和工业部门研究和应用, 也为大学的物理实验广泛使用。

He-Ne 激光管最近发展的供半导体和测定器等工业方面应用的是 1 毫瓦的 LG-3204 型。它是全长 27 厘米的小型内腔型, 易于装配组合。用冷阴极的目的是为了能随时工作, 在高等院校教学中的实验教学用的功率 1 毫瓦的 LG-3203 型, 能经受 270g 的冲击力, 能承受移动和振动等试验。

表 1 He-Ne 激光管

型号名称	旧名称	功率		光束 发散角 (毫弧度)	电 压 (伏)	管电压 (伏)	放电电流 (毫安)	备 注
		TEM ₀₀ (毫瓦)	TEM _{mn} (毫瓦)					
LG-3101	M7871C	0.7	—	—	—	1,200	12	内腔 内腔, 冷阴极 内腔, 冷阴极 冷阴极
LG-3201	M7870C	—	4	—	—	1,600	15	
LG-3202	M7883	5.0	—	—	—	2,200	12	
LG-3203	—	1.1	—	0.8	4,500	1,100	10	
LG-3204	—	1.0	—	1.0	5,500	1,200	7	
LG-3205	—	2.5	—	1.0	7,000	1,900	10	
LG-3206	—	5.0	—	—	—	2,400	7	
LG-3301	M7872C	—	10.0	—	—	1,800	30	
LG-3302	M7884	10.0	—	—	—	2,800	20	
LG-3303	M7885	40.0	—	—	—	2,300	40	
LG-3304	—	20.0	—	—	—	2,400	30	冷阴极
LG-3305	—	60.0	—	—	—	3,000	40	冷阴极

〔2〕He-Ne 激光管

He-Ne 激光管带有布儒斯特窗的为外腔型, 谐振腔放在内部的是内腔型。

* 日本光电变换管技术部

外腔型的情况下，决定性的因素是：放电管的直线性、布氏窗的材料，尺寸精度的结构，电极材料和部件材料的处理，以及包括排气过程在内的制造工艺等。尤其是制造工艺对寿命有极大的影响。内腔型具有激光器和镜子的损耗，适当的透过率和曲面镜的组合及与光轴的配合等问题。为了使激光器能有抗震和耐冲击性能，必须考虑外套的大小和材料。

放电毛细管最初采用石英管，由于He气泄漏和加工方面的困难，最近采用派莱克斯玻璃，一般也可采用灯管用的硬质玻璃CP 34等。毛细管的直线性对气体激光管的性能有决定性的影响，为了保证直线性，用高温炉加热成形、必要时可用真空成形等特殊加工。

布氏窗的光学性质必须是优质的，要求材料有低应变和高透过率。常用的材料是BK7。布氏窗两面的平面起伏必须为使用波长的1/10，全表面的平坦度达一个波长左右。而且两面的夹角应在1分以内。

阳极消耗的电能很小，用直径约为0.5~1毫米的钨杆，阴极是用氧化钡或氧化锶涂在镍板上作为傍热式氧化物阴极，或涂在钨杆上的直热式阴极，氧化物冷阴极，铝冷阴极等。东芝气体激光管用热阴极栅极控制放电管

最近制作的管有使用铝冷阴极的倾向。

布氏窗的粘接大多采用环氧系的胶。

输出性能与结构尺寸、有效放电管长度 l 及毛细管内径 d 均有关，在最佳选择的谐振腔情况下的输出功率 P_0 为下述关系

$$P_0 = \omega_0 \cdot \pi d^2 (\sqrt{g_0 \cdot l} - \sqrt{a})^2$$

$g_0 \cdot l$ 为不饱和增益， a 为管内损耗， ω_0 为管内能量。 $g_0 = G/d$ 。在He-Ne激光管中， G 约为0.0004~0.0006， a 约为0.01~0.02。图1示出了本公司He-Ne激光管的长度与输出的关系。LG-3101, 3201, 3301是为了获得在半球谐振腔内TEM₀₀的振荡，输出较低，多模振荡时有较大的输出。光轴的准直调整很容易，适于学生实验。

LG-3203, 3204为内腔型，使用管内径为1.8, 1.5毫米的半球谐振腔。输出较大。其他的激光管为长半径谐振腔，这是考虑到输出的增大。

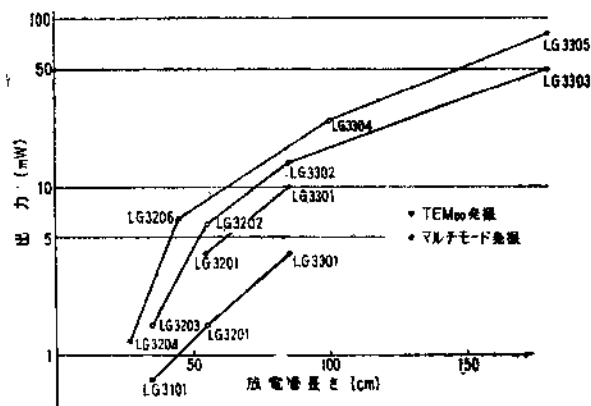


图1 放电管长与输出功率的关系
マルチモード発振：多模振荡。

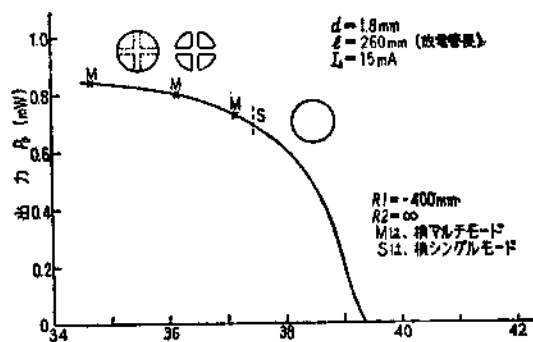


图2 输出功率与腔长的关系

以下按表1所示激光管特征的品种加以介绍。

2.1 LG-3203

为学校教育用目的而制造了廉价的He-Ne激光管。内腔型额定输出在1.1毫瓦以上，平