

激光应用

JIGUANG
YINGYONG

49

內蒙古人民出版社

TN249
10

激 光 应 用

杨性愉 傅大威 冯 璐 编译

冯 启 元 校

内蒙古人民出版社

1986·呼和浩特



428999

激 光 应 用

杨性伦 傅火城 冯 璐 编译

冯 启 元 校

内 蒙 古 人 民 出 版 社 出 版

(呼和浩特市新城西街82号)

内蒙古日报社印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 5.125 字数: 102 千

1986年7月第一版 1986年12月第1次印刷

印数: 1—1000 册

统一书号: 13089·82

每册: 0.83 元

序 言

自从1960年红宝石激光器和 $\text{He}-\text{Ne}$ 激光器问世以来，激光器的种类越来越多，激光的输出功率、效率、稳定性和寿命等性能大为提高，激光技术日益趋于成熟。在激光发明之初被认为是幻想的各种激光应用目前大都已成了现实的科学技术。

激光是现代物理学研究的有力工具，它打开了非线性光学的大门，使全息照相进入了实用阶段，诞生了激光光谱学，为超短过程的研究提供了独一无二的光源。激光技术渗透到医学、生物学、化学等各个领域，激光在手术、治疗、诊断等方面的重要应用促进了医学的发展，利用激光进行生物学研究必将对生物学领域产生深远的影响。激光在工业方面的应用十分广泛，显示出了强大的生命力。激光通讯和信息处理使电子学获得了新的飞跃。激光武器不再是神话，它已经取得了巨大的成功和进展。激光以其独特的性能自立于现代科学技术之林，它虽不能代替其它科学技术，但却能广泛渗透、带动和促进许多科学技术的发展。一门崭新的科学技术，在它问世仅仅二十五年多，就显示出了如此广阔的应用前景和生命力，这在科学技术发展史上是不多见的。

为了推广激光技术的应用和发展，我们从最近几年的国外期刊文献上，以激光在工业、医学、计测、军事、农业、

天气预报、大气污染监测、全息、通讯、化学以及许多其它方面的应用为课题，翻译了一百多篇能反映国外激光最新应用的文章，编成这本小册子，以供我国从事激光方面工作的大、中、专院校光学专业的教师、高年级学生以及工矿企业的技术人员、医务工作者参考，了解国外激光应用的动态，以期推动激光在我国各行各业中的应用。

本书内容涉猎较广，编译、校者水平有限，加之脱稿仓促，译文中错误和不妥之处在所难免，我们诚恳地希望读者给以批评和指正。

编译校者

1986年1月28日

目 录

序言	(1)
一、激光技术发展动态	(1)
1. 气体激光器	(1)
2. 固体激光器	(2)
3. 染料激光器	(3)
4. 激光技术的研究方向和应用动态	(3)
二、激光在工业方面的应用	(5)
1. 激光加工	(5)
2. 用Nd:YAG激光打孔和切割	(8)
3. CO ₂ 激光器在机械工业中的应用	(9)
4. 用CO ₂ 激光切削锯片	(11)
5. 激光导向自动焊接器	(12)
6. 激光铜焊	(13)
7. 用高重复率脉冲激光加工金属	(14)
8. 准分子激光器在工业和科研上的应用	(15)
9. 准分子激光在半导体加工中的应用	(18)
10. 激光淬火	(20)
11. 超快速激光退火	(22)
12. 用CO ₂ 激光保护钢和铸铁	(23)
13. 激光表面处理的前景	(23)
14. 金的激光喷镀	(24)

15. 医疗器械的激光加工.....	(25)
16. 激光用于产品标记.....	(26)
17. 用CO ₂ 激光加工玻璃.....	(28)
18. 用激光在钻石和宝石上书写.....	(28)
19. 利用激光进行高速雕刻和微型加工.....	(29)
20. 用激光雕刻木制工艺美术品.....	(30)
21. 激光在印刷工业中的应用.....	(31)
22. 印刷厂用CO ₂ 激光干燥油墨.....	(32)
23. 激光用于印刷电路板的焊接.....	(32)
24. 激光技术用于印刷电路的制造.....	(33)
25. 用激光制造集成电路.....	(34)
26. 激光淀积.....	(35)
27. 激光技术促进单晶尖的生长.....	(35)
28. 用激光制造太阳能电池.....	(36)
29. 用激光制造太阳能电池的非晶态膜.....	(37)
30. 用CO ₂ 激光制造陶瓷粉末.....	(38)
31. 用激光制造乙炔.....	(39)
32. 利用激光生产臭氧.....	(40)
33. 激光器用于香烟生产.....	(41)

三、激光在医学方面的应用..... (42)

1. 医用激光的类型.....	(42)
2. 激光与癌的光化学作用.....	(43)
3. 用氩离子激光治癌.....	(46)
4. 用激光攻克癌症.....	(47)
5. 光敏疗法治癌的进展.....	(49)

6. CO ₂ 激光外科.....	(52)
7. 激光在神经外科中的应用.....	(54)
8. Nd : YAG激光在神经外科中的应用.....	(57)
9. 激光在断肢再植手术中的应用.....	(58)
10. 准分子激光器在医学上的应用.....	(59)
11. 用激光治疗痣.....	(60)
12. 激光能消除外科手术的疼痛.....	(61)
13. 激光止痛.....	(63)
14. 激光刺激诱发神经冲动.....	(63)
15. 膀胱溃疡的激光治疗.....	(64)
16. 用激光治疗月经病.....	(65)
17. 用激光治疗血管阻塞.....	(65)
18. 用氩离子激光治疗色素性皮肤病.....	(66)
19. 激光美容.....	(67)
20. 用激光检查眼底疾病.....	(68)
21. 用氩离子激光和磁场诊断血液病.....	(68)
22. 用激光测定血液流量.....	(69)
23. 自由电子激光器——医学上兴起的新星.....	(70)
24. 新兴的医用激光领域.....	(71)
25. 激光损伤.....	(73)
26. 激光与眼损伤.....	(76)
27. 激光用于细胞分类.....	(79)

四、激光在检测、计量方面的应用..... (80)

1. 激光检测技术.....	(80)
2. He—Ne激光器在测量中的应用.....	(81)

3. 用He—Ne激光测量流场密度.....	(84)
4. 用激光检测微粒.....	(85)
5. 用激光分析煤的气化流.....	(83)
6. 激光计测在线材工业中的应用.....	(87)
7. 用激光检查表面缺陷.....	(89)
8. 用激光检查焊头缺陷.....	(90)
9. 激光散斑测量技术.....	(91)
10. 用激光进行快速过程的质量监控.....	(92)
11. 用激光检验生产线上的玻璃瓶子.....	(94)
12. 激光检验用于玻璃生产线.....	(94)
13. 用激光研究古镜.....	(95)
14. 用激光发现木材裂纹.....	(96)
15. 用激光衍射图样鉴定钻石.....	(97)
16. 用激光测量表面振动.....	(98)
17. 用He—Cd激光器检查涡轮机叶片.....	(98)
18. 用激光测试金属疲劳.....	(99)
19. 用激光监测涂层厚度.....	(100)
20. 用激光进行路面测试.....	(101)
21. 用激光散射法品尝饮料.....	(101)
22. 铀的精密激光探测.....	(102)
23. 用激光进行海岸水域的测量.....	(103)
24. 激光扫描显微镜.....	(104)
25. 用激光显微镜检验内部结构.....	(105)
26. 用于炼钢炉的激光监测装置.....	(106)
27. 用脉冲激光测定钢温.....	(106)
28. 用激光光谱技术改进钢的分析.....	(107)

五、激光在军事方面的应用..... (109)

1. 低能激光在军事上的应用 (109)
2. 美国研制的激光武器 (110)
3. 化学激光在军事上的应用 (111)
4. CO_2 激光雷达 (112)
5. 为直升飞机报警的激光障碍探测器 (113)
6. 激光瞄准武器 (114)
7. 完美的激光瞄准 (115)

六、激光在农业、气象、污染监测、全息、通讯等方

面的应用 (116)

1. 激光用于稻田平整 (116)
2. 用激光监测农作物生长情况 (117)
3. 用激光将异种遗传基因植入细胞 (117)
4. 用激光雨量计预报天气 (118)
5. 用激光雷达进行全球性测风 (119)
6. 用于污染监测的 $\text{He}-\text{Ne}$ 激光器 (120)
7. 二极管激光器用于大气污染监测 (120)
8. 使用全息卡打电话 (121)
9. 全息照相的进展 (122)
10. 用全息照相探测古代珍贵油画的裂纹 (123)
11. 用全息照相检测电弧焊接 (124)
12. 激光全息太阳能会聚器 (125)
13. 光纤通讯的进展 (126)
14. 太空激光通讯 (128)

七、激光在其它方面的应用 (130)

1. 用激光研究化学反应动力学过程 (130)
2. 激光对化学研究的促进 (131)
3. 用激光研究爆炸 (132)
4. 亚毫米波激光器的应用 (132)
5. 用激光清除路面油污 (133)
6. 用激光清除飞机涂漆 (134)
7. 采用激光技术侦破指纹 (135)
8. 指纹的激光探测 (136)
9. 激光动力飞机 (137)
10. 训练火车司机用的激光视频模拟器 (139)
11. 帮助盲人操作轮椅的激光装置 (139)
12. 用于表演娱乐的激光 (140)
13. 新型的激光投影电视 (142)

八、今后三十年的激光应用预测 (144)

参考文献 (148)

一、激光技术发展动态

激光技术的发展日益趋于成熟，主要有三个特点：

(1) 激光器越来越做得更加可靠、长寿命、坚固和便于使用，并实现标准系列化。这是由于试验数据和使用经验的积累，制作工艺的完善以及市场竞争的结果。

(2) 制造厂商对光学元件和光学材料的制作和整机组装方面的质量控制更加注意。由于激光器件逐步从小规模制造发展到大批量生产，使得售价趋于降低。

(3) 供科研和医学用的分析仪器整机日益增多。这些仪器能自动扫描、数据处理以及具备微处理机功能，而且便于操作和维修。

下面介绍常用激光器的进展趋向和应用动态。

1. 气体激光器

(1) He—Ne激光器：这是毫瓦级的基本器件，单位长度的最高功率、最长寿命和最低成本正趋近于最后的极限。

(2) 离子激光器：水冷氩离子激光器正在向第二代过渡，即发展放电管材料、降低噪声和延长寿命。低功率的、小型的、空气冷却的氩离子激光器也正在发展之中。

(3) CO₂激光器：这是最为活跃的激光器之一。对于功率在500瓦以上的CO₂激光器，主要采用快速轴向流动设计。对于射频和直流激励的波导激光器以及封离式器件，需要把功

率提高到30—100瓦功率范围，以便使这些结构简单的激光器能用于中等功率的材料加工和医疗。

(4) 准分子激光器：准分子激光器的出现比CO₂激光器晚，二者工艺发展过程类似。目前已有许多种类，功率、效率和寿命正在逐步提高。为了某些特殊应用，更廉价的耐用的准分子激光器也正在发展之中。

(5) 氦—镉激光器：为了能在印刷方面获得最佳应用，延长激光器寿命和降低噪声的研究工作正在积极进行之中。

(6) 氮分子激光器：正在继续发展氮分子激光器泵浦的染料激光系统，使脉冲宽度更窄、功率更高，以便用于微微秒过程的研究。

(7) 铜蒸气激光器：正在发展功率为几瓦的便携式空气冷却激光器件，完成水冷商用激光器件的标准化。这是一种很有希望的激光器。

(8) 化学激光器：采用新型的管壁材料和化学添加剂，以提高激光器的寿命和功率。

2. 固体激光器

(1) 翠绿宝石激光器：已出现供科研使用的激光器产品。开发研究的目标是继续提高这种激光器的重复频率和破坏阈值，以达到所希求的能量指标和功率指标，并发展成为工业用激光器。

(2) 钕铝石榴石激光器：正在利用锁模技术来产生高稳定性的短脉冲。发展适于眼科使用的激光系统，也发展适

于工业方面的可编程序的高功率脉冲激光器。

(3) 铅盐二极管激光器：正在研究一种新型台式窄条形结构的铅盐二极管激光器，以改进从红外到远红外波长范围的可调谐性，提高功率，改善温度条件。

3. 染料激光器

(1) 连续染料激光器（氩激光泵浦）：民用器件的线宽稳定度已达 1 兆赫左右，预计进一步稳定还可以提高两个数量级，计算机控制的扫描已达到 30 兆赫的范围，预期扫描能力可进一步达到兆兆赫的范围。

(2) 脉冲染料激光器（钕铝石榴石激光或准分子激光泵浦）：正在提高稳定性和功率，同时把波长范围进一步扩大到红外和真空紫外。为了使能量更大，谱线宽度更窄，重复频率更高以及提高在紫外区域的效率，正在研究同轴闪光灯泵浦染料的技术。

4. 激光技术的研究方向和应用动态

在科学研究方面，超短激光脉冲已开创了亚微微秒化学研究和固体物理研究。微微秒光电子学已能描绘时间宽度为 1 微微秒的电瞬变过程，并且首先产生了微微秒电子束和 X 射线。

在核聚变研究中，已进行了 CO_2 激光吸收能量的转换机制研究。

在材料处理和工业激光器方面，YAG 和 CO_2 激光器在低功率和高功率器件中分别占主导地位。最近的趋势是在重工

业系统中高功率激光器的应用迅速发展，多用途和中等功率激光系统遍及整个制造部门。在所有的领域中都显示出激光的可靠性高、生产效率高。

在半导体处理方面，特殊的激光退火，再结晶和表面光化学继续取得进展，但在大容积热处理和退火方面，非激光热源仍占主导地位。

激光外科学是一个重要的新领域。在生物学和医学研究方面，从红外到紫外的激光光疗有很大的发展，但目前还主要集中在可见光范围。

二、激光在工业方面的应用

1. 激光加工

激光加工有很多优点：①激光是一种无磨损的锋利工具；②激光加工过程不施加力，使得工件容易固定，容易对非常薄的材料进行复杂的加工；③光是无重量的，导光系统很轻，可比常规刀具更快速地转动；④可在工件运动状态下，如传送线上完成加工；⑤由于激光的传输特性，无需把激光器靠近工件；⑥通过光学系统可将一台激光光源用于多个加工区；⑦由于激光光斑会聚得很小，加工过程又十分快，因此在工件中不会产生影响工件性能的热效应；⑧切割质量好，无需再加工；⑨是一种非常干净的无污染的加工方法；⑩能进行用其它方法不能实现的特殊加工。

当然激光加工也有其不足之处：①激光器造价高；②电能消耗大；③激光加工过程中会产生一些金属蒸气，对人体健康有害；④用于激光加工的激光多是不可见光，这样安全就是一个很大的问题；⑤许多激光加工设计还停留在实验室阶段，仍需要进一步改进以适于工业应用。

材料的可加工性取决于材料本身对激光吸收能力的大小。多数金属材料对激光的反射能力属于中等或上等水平。有些金属如金、银的反射能力特别强，很难用激光加工。有

些金属如钢的反射率在熔点时下降，因此就比较容易维持已经开始的加工过程。有许多非金属材料，如丙烯、塑料、橡胶、皮革和木材等也极容易进行激光加工。

最常用的激光有两种，一种是波长为1.06微米的YAG固体激光，一种是波长为10.6微米的CO₂气体激光。

YAG激光器一般用于轻小型加工部门，多数用于电子工业的特殊加工。由于它的波长为1.06微米，允许使用普通的平面镜、透镜等光学元件。它能用来焊接0.01—3毫米厚的钢材，能在10毫米厚的材料上打孔。切割、焊接的峰值功率密度控制在每平方厘米500千瓦左右，以使金属表面的温度略高于熔点。加热刚好到熔点时，金属表面的反射率急剧下降，可增加加热转换的效率。由于YAG激光以脉冲方式工作，加热和熔融的整个过程仅发生在2—10毫秒内。通常使用中等功率的激光器。焊点直径一般为0.5—1毫米，材料厚度一般为0.5—2毫米。

因为玻璃对YAG激光是透明的，所以YAG激光特别适合加工那些已经封装在玻璃壳里的电子元件和其它零件。也适用于把电机转子引线焊到接线片上而无需去漆，还适用于把铝线焊到钢接线柱上。YAG激光能够焊接设计图案很复杂的轨迹。能在汽轮机导向叶片上打小孔和在燃烧室部件上打较大的孔。

加工金属材料的CO₂激光器的连续功率一般为500瓦，1000瓦，2000瓦，2500瓦和4500瓦。既可以脉冲方式，也可以连续波方式工作。由于CO₂激光波长为10.6微米，因此不能使用普通光学元件，一般用氯化钠作光学元件材料。由于波