

气动激光技术

国防工业出版社

73.7716
751

气动激光技术

谈 洪 朱宗厚 著

3400/17



内 容 简 介

本书第一章介绍气动激光技术与气动、电激励、化学等三种高功率气体激光器。第二章介绍高功率激光的应用和应用的物理基础。第三、四、五章讨论高功率气体激光器的光学谐振腔、超声膨胀喷管和参数测量技术。

本书可供从事激光技术工作的工人、科技人员，以及高等院校有关专业的工农兵学员和教师参考。

气动激光技术

谈 洪 朱宗厚 著

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张 12⁷/₈ 327 千字

1977年8月第一版 1977年8月第一次印刷 印数：0,001—8,300 册

统一书号：15034·1558 定价：1.60元

前 言

气动激光技术是七十年代发展起来的新技术。由于在激光技术中气动技术的引进,使气体激光器功率和效率水平获得大幅度提高,为实现高功率激光的应用开辟了广阔前景。

当前,高功率激光在我国各工业部门和国防建设中得到日益广泛的应用,高功率激光器件的品种不断创新,功率和效率迅速提高。为了适应我国社会主义革命和社会主义建设的需要,我们根据公开报导的一些资料,以气动技术和高功率激光的关系为主题编写本书,力求全面介绍这门新技术的主要内容,以供有关读者参考。

本书共分五章。第一章介绍气动激光器的工作原理、分类和发展状况,第二章叙述了高功率激光的物理效应和它在死光武器等方面的应用。前两章以文字叙述为主,可作为中等科普性阅读资料。第三、四两章对高功率激光器的光学谐振腔和气动激光器的喷管分别进行详细的讨论,并列举供实际设计需要的数据和图表。第五章对气体激光器诸参数测定的各种手段作了扼要的介绍。后三章可供有关专业人员查阅。

遵照伟大领袖毛主席“洋为中用”的教导,我们有选择地引用一些国外资料,以便了解这门新技术在国外的动态,希望读者在借鉴时注意分析和批判。

在编写本书过程中,得到有关领导和同志们的鼓励、帮助和审阅,特别是谈镐生教授对本书进行了全面仔细的审阅和指导,朱如曾等同志对本书提出了不少宝贵意见。在此谨向他们表示感谢。

由于我们思想和业务水平有限,本书定会存在缺点和错误,请读者批评指正。

33059

目 录

第一章 气动激光技术与高功率激光器	9
§ 1 气动激光技术的发展及其意义	9
§ 1.1 气动激光技术与高功率激光器	9
§ 1.2 发展高功率激光器的意义	12
§ 2 气动激光原理	13
§ 2.1 概述	13
§ 2.2 二氧化碳-氮的分子光谱	15
§ 2.3 弛豫过程	21
§ 3 气动激光器	30
§ 3.1 燃烧式气动激光器	30
§ 3.2 电弧加热式气动激光器	38
§ 3.3 循环式气动激光器	43
§ 4 电激励气体激光器	46
§ 4.1 二氧化碳电激励激光器	46
§ 4.2 一氧化碳电激励激光器	52
§ 4.3 其他气体电激励激光器	56
§ 5 化学激光器	57
§ 5.1 化学激光器发展概况	57
§ 5.2 化学激光器基本原理	61
§ 5.3 氟化氢化学激光器	72
§ 5.4 转移化学激光器	92
§ 5.5 一氧化碳化学激光器	101
第二章 高功率激光的应用	106
§ 1 高功率激光应用的物理基础	106
§ 1.1 激光对材料的加热效应	106
§ 1.2 激光对材料的熔化效应	114

§ 1.3 激光对材料的汽化效应	118
§ 1.4 等离子体羽和冲击波	122
§ 1.5 气体击穿和大气透镜效应	124
§ 2 死光武器	129
§ 2.1 什么是死光武器	129
§ 2.2 死光武器的特点	129
§ 2.3 死光武器的性能	131
§ 3 高能激光用于受控热核聚变	137
§ 4 无线动力传输	144
§ 5 高功率激光的工业应用	146
第三章 高功率激光器的光学谐振腔	152
§ 1 引论	152
§ 2 阈值条件	155
§ 2.1 介质增益	155
§ 2.2 光学谐振	160
§ 2.3 阈值条件	162
§ 3 谐振腔的物理光学分析法	164
§ 3.1 克希荷夫-费涅尔积分方程	164
§ 3.2 光学谐振腔的模	168
§ 3.3 积分方程的解及其结果	170
§ 4 谐振腔的几何光学分析法	180
§ 4.1 谐振腔的光线分析法及腔的稳定性	180
§ 4.2 高斯光束的基本特性	186
§ 4.3 稳定谐振腔的高斯束分析法	190
§ 5 不稳定谐振腔	193
§ 5.1 不稳定腔的特点	193
§ 5.2 不稳定腔的虚拟球心分析法	194
§ 5.3 不稳定腔数值解的计算结果	200
§ 6 输出功率和最佳耦合度	206
§ 6.1 增益饱和现象	206
§ 6.2 激光振荡器的最佳耦合度	209

§ 6.3 二氧化碳激光器输出功率的计算	214
§ 7 激光辐射的聚焦性质	217
§ 7.1 衍射极限和远场分布	217
§ 7.2 焦平面上的强度分布	219
§ 7.3 激光束的功率密度	226
§ 8 气动型激光器的光腔	228
§ 8.1 高功率激光器光腔的设计考虑	228
§ 8.2 高功率激光器的稳定腔	229
§ 8.3 高功率激光器的不稳定腔	231
§ 8.4 主控振荡功率放大器	236
§ 8.5 气流品质对光腔性能的影响	237
§ 9 高功率激光器的气动窗口	246
§ 9.1 概述	246
§ 9.2 气动窗口的原理和结构	246
§ 9.3 气动窗口对光束质量的影响	252
§ 10 高功率激光器的金属镜面	254
§ 10.1 镜面材料的选择	254
§ 10.2 金属镜面工艺	256
第四章 激光器喷管及其超声膨胀非平衡流动	259
§ 1 激光器喷管的特点	259
§ 2 气体动力学基本知识	261
§ 2.1 概述	261
§ 2.2 气体动力学基本方程组	262
§ 2.3 一维定常流动	265
§ 2.4 平面亚声速流动	269
§ 2.5 平面超声速流动	271
§ 3 激光器喷管的型线	275
§ 4 收缩段型线设计方法	283
§ 4.1 收缩段型线的选取	283
§ 4.2 速度面法	284
§ 4.3 收缩段型线计算步骤	294

§ 5 扩张段型线设计方法	296
§ 5.1 特征线法	296
§ 5.2 边界层修正	305
§ 5.3 扩张段型线计算步骤	307
§ 6 喷管设计参数的选取及其对激光器性能的影响	313
§ 6.1 概述	313
§ 6.2 激光器喷管的型式	313
§ 6.3 喉道高度和面积比	314
§ 6.4 $p_0 h^*$ 参数	319
§ 6.5 尖角喉道和圆角喉道	322
§ 6.6 比热比	326
§ 7 激光器喷管工艺	328
§ 8 非平衡流动分析	332
§ 8.1 概述	332
§ 8.2 基本方程组	333
§ 8.3 $N_2-CO_2-H_2O$ 二振动模式模型	335
§ 8.4 结果与讨论	337
第五章 激光器参数测量技术	342
§ 1 激光功率与能量的测量	342
§ 1.1 激光功率与能量测量的特点	342
§ 1.2 激光功率与能量测量的原理和方法	343
§ 1.3 热平衡法测量功率与能量——锥形水冷卡计	350
§ 1.4 瞬时导热法测量功率与能量——膜片卡计	352
§ 2 小信号增益测量	356
§ 2.1 原理和方法	356
§ 2.2 衰减法	357
§ 2.3 放大法	361
§ 3 镜面反射系数的测量	364
§ 3.1 概述	364
§ 3.2 楔形法	365
§ 4 压力测量	368
§ 4.1 静压和总压	368

§ 4.2 压力转换器.....	371
§ 4.3 标定技术和设备.....	378
§ 5 气体流速测量	379
§ 5.1 概述.....	379
§ 5.2 多普勒现象.....	380
§ 5.3 激光多普勒速度计.....	383
§ 6 流场显示技术	390
§ 6.1 概述.....	390
§ 6.2 纹影法和阴影法.....	391
§ 6.3 全息干涉法原理.....	395
§ 6.4 全息干涉法的实验装置.....	406

73.7716
751

气动激光技术

谈 洪 朱宗厚 著

3400/17



内 容 简 介

本书第一章介绍气动激光技术与气动、电激励、化学等三种高功率气体激光器。第二章介绍高功率激光的应用和应用的物理基础。第三、四、五章讨论高功率气体激光器的光学谐振腔、超声膨胀喷管和参数测量技术。

本书可供从事激光技术工作的工人、科技人员，以及高等院校有关专业的工农兵学员和教师参考。

气动激光技术

谈 洪 朱宗厚 著

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张 12⁷/₈ 327 千字

1977年8月第一版 1977年8月第一次印刷 印数：0,001—8,300册

统一书号：15034·1558 定价：1.60元

前 言

气动激光技术是七十年代发展起来的新技术。由于在激光技术中气动技术的引进,使气体激光器功率和效率水平获得大幅度提高,为实现高功率激光的应用开辟了广阔前景。

当前,高功率激光在我国各工业部门和国防建设中得到日益广泛的应用,高功率激光器件的品种不断创新,功率和效率迅速提高。为了适应我国社会主义革命和社会主义建设的需要,我们根据公开报导的一些资料,以气动技术和高功率激光的关系为主题编写本书,力求全面介绍这门新技术的主要内容,以供有关读者参考。

本书共分五章。第一章介绍气动激光器的工作原理、分类和发展状况,第二章叙述了高功率激光的物理效应和它在死光武器等方面的应用。前两章以文字叙述为主,可作为中等科普性阅读资料。第三、四两章对高功率激光器的光学谐振腔和气动激光器的喷管分别进行详细的讨论,并列举供实际设计需要的数据和图表。第五章对气体激光器诸参数测定的各种手段作了扼要的介绍。后三章可供有关专业人员查阅。

遵照伟大领袖毛主席“洋为中用”的教导,我们有选择地引用一些国外资料,以便了解这门新技术在国外的动态,希望读者在借鉴时注意分析和批判。

在编写本书过程中,得到有关领导和同志们的鼓励、帮助和审阅,特别是谈镐生教授对本书进行了全面仔细的审阅和指导,朱如曾等同志对本书提出了不少宝贵意见。在此谨向他们表示感谢。

由于我们思想和业务水平有限,本书定会存在缺点和错误,请读者批评指正。

33059

目 录

第一章 气动激光技术与高功率激光器	9
§ 1 气动激光技术的发展及其意义	9
§ 1.1 气动激光技术与高功率激光器	9
§ 1.2 发展高功率激光器的意义	12
§ 2 气动激光原理	13
§ 2.1 概述	13
§ 2.2 二氧化碳-氮的分子光谱	15
§ 2.3 弛豫过程	21
§ 3 气动激光器	30
§ 3.1 燃烧式气动激光器	30
§ 3.2 电弧加热式气动激光器	38
§ 3.3 循环式气动激光器	43
§ 4 电激励气体激光器	46
§ 4.1 二氧化碳电激励激光器	46
§ 4.2 一氧化碳电激励激光器	52
§ 4.3 其他气体电激励激光器	56
§ 5 化学激光器	57
§ 5.1 化学激光器发展概况	57
§ 5.2 化学激光器基本原理	61
§ 5.3 氟化氢化学激光器	72
§ 5.4 转移化学激光器	92
§ 5.5 一氧化碳化学激光器	101
第二章 高功率激光的应用	106
§ 1 高功率激光应用的物理基础	106
§ 1.1 激光对材料的加热效应	106
§ 1.2 激光对材料的熔化效应	114

§ 1.3 激光对材料的汽化效应	118
§ 1.4 等离子体羽和冲击波	122
§ 1.5 气体击穿和大气透镜效应	124
§ 2 死光武器	129
§ 2.1 什么是死光武器	129
§ 2.2 死光武器的特点	129
§ 2.3 死光武器的性能	131
§ 3 高能激光用于受控热核聚变	137
§ 4 无线动力传输	144
§ 5 高功率激光的工业应用	146
第三章 高功率激光器的光学谐振腔	152
§ 1 引论	152
§ 2 阈值条件	155
§ 2.1 介质增益	155
§ 2.2 光学谐振	160
§ 2.3 阈值条件	162
§ 3 谐振腔的物理光学分析法	164
§ 3.1 克希荷夫-费涅尔积分方程	164
§ 3.2 光学谐振腔的模	168
§ 3.3 积分方程的解及其结果	170
§ 4 谐振腔的几何光学分析法	180
§ 4.1 谐振腔的光线分析法及腔的稳定性	180
§ 4.2 高斯光束的基本特性	186
§ 4.3 稳定谐振腔的高斯束分析法	190
§ 5 不稳定谐振腔	193
§ 5.1 不稳定腔的特点	193
§ 5.2 不稳定腔的虚拟球心分析法	194
§ 5.3 不稳定腔数值解的计算结果	200
§ 6 输出功率和最佳耦合度	206
§ 6.1 增益饱和现象	206
§ 6.2 激光振荡器的最佳耦合度	209

§ 6.3 二氧化碳激光器输出功率的计算	214
§ 7 激光辐射的聚焦性质	217
§ 7.1 衍射极限和远场分布	217
§ 7.2 焦平面上的强度分布	219
§ 7.3 激光束的功率密度	226
§ 8 气动型激光器的光腔	228
§ 8.1 高功率激光器光腔的设计考虑	228
§ 8.2 高功率激光器的稳定腔	229
§ 8.3 高功率激光器的不稳定腔	231
§ 8.4 主控振荡功率放大器	236
§ 8.5 气流品质对光腔性能的影响	237
§ 9 高功率激光器的气动窗口	246
§ 9.1 概述	246
§ 9.2 气动窗口的原理和结构	246
§ 9.3 气动窗口对光束质量的影响	252
§ 10 高功率激光器的金属镜面	254
§ 10.1 镜面材料的选择	254
§ 10.2 金属镜面工艺	256
第四章 激光器喷管及其超声膨胀非平衡流动	259
§ 1 激光器喷管的特点	259
§ 2 气体动力学基本知识	261
§ 2.1 概述	261
§ 2.2 气体动力学基本方程组	262
§ 2.3 一维定常流动	265
§ 2.4 平面亚声速流动	269
§ 2.5 平面超声速流动	271
§ 3 激光器喷管的型线	275
§ 4 收缩段型线设计方法	283
§ 4.1 收缩段型线的选取	283
§ 4.2 速度面法	284
§ 4.3 收缩段型线计算步骤	294

§ 5 扩张段型线设计方法	296
§ 5.1 特征线法	296
§ 5.2 边界层修正	305
§ 5.3 扩张段型线计算步骤	307
§ 6 喷管设计参数的选取及其对激光器性能的影响	313
§ 6.1 概述	313
§ 6.2 激光器喷管的型式	313
§ 6.3 喉道高度和面积比	314
§ 6.4 $p_0 h^*$ 参数	319
§ 6.5 尖角喉道和圆角喉道	322
§ 6.6 比热比	326
§ 7 激光器喷管工艺	328
§ 8 非平衡流动分析	332
§ 8.1 概述	332
§ 8.2 基本方程组	333
§ 8.3 $N_2-CO_2-H_2O$ 二振动模式模型	335
§ 8.4 结果与讨论	337
第五章 激光器参数测量技术	342
§ 1 激光功率与能量的测量	342
§ 1.1 激光功率与能量测量的特点	342
§ 1.2 激光功率与能量测量的原理和方法	343
§ 1.3 热平衡法测量功率与能量——锥形水冷卡计	350
§ 1.4 瞬时导热法测量功率与能量——膜片卡计	352
§ 2 小信号增益测量	356
§ 2.1 原理和方法	356
§ 2.2 衰减法	357
§ 2.3 放大法	361
§ 3 镜面反射系数的测量	364
§ 3.1 概述	364
§ 3.2 楔形法	365
§ 4 压力测量	368
§ 4.1 静压和总压	368

§ 4.2 压力转换器.....	371
§ 4.3 标定技术和设备.....	378
§ 5 气体流速测量	379
§ 5.1 概述.....	379
§ 5.2 多普勒现象.....	380
§ 5.3 激光多普勒速度计.....	383
§ 6 流场显示技术	390
§ 6.1 概述.....	390
§ 6.2 纹影法和阴影法.....	391
§ 6.3 全息干涉法原理.....	395
§ 6.4 全息干涉法的实验装置.....	406