

目 录

第一篇 红外物理学概论和辐射度量	1
第一章 红外物理学的研究对象	2
§ 1.1 红外线的基本知识	2
§ 1.2 红外物理学的研究对象和理论方法	3
第二章 红外辐射度学基础	5
§ 2.1 引言	5
§ 2.2 基本辐射量和光谱辐射量	6
2.2.1 基本辐射量	7
2.2.2 光谱辐射量和光子辐射量	10
§ 2.3 朗伯余弦定律和漫辐射源的辐射特性	11
2.3.1 朗伯余弦定律	12
2.3.2 漫辐射源的辐射特性	12
§ 2.4 辐射量计算举例	14
§ 2.5 辐射在传输媒质中的衰减	16
2.5.1 反射比、吸收比和透射比	17
2.5.2 容易混淆的几个概念 吸收系数	18
2.5.3 散射系数和衰减系数	20
2.5.4 衰减媒质的透射	21
2.5.5 考虑媒质衰减时的辐射计算	22
第三章 红外辐射测量原理	23
§ 3.1 红外辐射计	23
3.1.1 红外辐射计的基本组件和功能	24
3.1.2 红外辐射计的选择和设计考虑	25
§ 3.2 红外辐射计的定标原理	26
3.2.1 响应度定标	26
3.2.2 实际瞬时视场	33
3.2.3 频率响应	34
3.2.4 光谱响应	35
3.2.5 噪声水平	35
§ 3.3 测量及其结果的处理	36
3.3.1 峰值标准化	37
3.3.2 峰值标准化举例	39
3.3.3 其它标准化方法	41
§ 3.4 测量结果的描述	42
3.4.1 背景辐射的非统计描述	43
3.4.2 背景辐射的统计描述	45
第二篇 红外辐射的发射与吸收	50
第四章 红外热辐射与连续谱红外源	51
§ 4.1 辐射起源的经典物理模型	51
4.1.1 自由电子模型	51
4.1.2 谐振子模型	52

4.1.3	阻尼振子模型	52
4.1.4	振子耦合与辐射连续区的形成	54
§ 4.2	黑体热辐射的基本规律	55
4.2.1	基尔霍夫定律和黑体模型	56
4.2.2	黑体辐射的量子模型和普朗克辐射定律	57
4.2.3	维恩位移定律	61
4.2.4	斯蒂芬-玻耳兹曼定律	62
§ 4.3	黑体辐射的简易计算方法	62
4.3.1	黑体辐射函数表	62
4.3.2	近似公式计算法	63
4.3.3	其它简易计算法	64
§ 4.4	黑体辐射定律的推论	68
4.4.1	辐射的光谱效率和工程最佳值	69
4.4.2	辐射对比度	69
§ 4.5	发射率和实际物体的热辐射	71
4.5.1	发射率的定义和实际物体的热辐射	71
4.5.2	影响发射比的因素	73
4.5.3	半透明体的热辐射性质	76
4.5.4	发射比与材料光学及电学参数的关系	80
4.5.5	非均匀涂层的辐射特性	83
§ 4.6	辐射热传递的基本原理	88
4.6.1	两个物体间的直接辐射传递	88
4.6.2	亥姆霍茨互易性定理	90
4.6.3	辐射热传递的一般分析	91
§ 4.7	典型热辐射红外源	91
4.7.1	腔型黑体辐射源	92
4.7.2	目标和背景的辐射	99
第五章	不连续谱红外辐射	105
§ 5.1	分子结构和内部运动	105
5.1.1	分子的结构键合	105
5.1.2	分子的内部运动及其能量	106
§ 5.2	分子光谱的形成	107
5.2.1	分子的能级和带状谱的形成	107
5.2.2	分子的红外光谱及其产生条件	108
§ 5.3	双原子分子的红外光谱	110
5.3.1	双原子分子的转动光谱	110
5.3.2	双原子分子的振动光谱	112
5.3.3	双原子分子的振动-转动光谱	114
5.3.4	吸收带的外形和强度分布	117
§ 5.4	多原子分子的红外光谱	118
5.4.1	多原子分子的转动光谱	118
5.4.2	多原子分子的振动光谱	120
5.4.3	多原子分子的振动-转动光谱	123
§ 5.5	光谱线的展宽和线型	127
5.5.1	谱线的自然宽度	127
5.5.2	压力展宽	130
5.5.3	多普勒展宽	132
5.5.4	两种线型展宽的比较	134

§ 5.6	固体中的结构键合与能态	135
5.6.1	固体的结构键合	135
5.6.2	固体中电子的能带和运动	135
5.6.3	固体中电子的能量分布	136
5.6.4	晶格振动和能量交换	137
§ 5.7	固体红外光谱的一般特征	137
5.7.1	从气态到固态时的光谱变化	137
5.7.2	固体光谱的其它特征	138
§ 5.8	固体中的本征吸收带和晶格振动吸收带	139
§ 5.9	局部态间跃迁产生的红外光谱	140
5.9.1	晶场光谱	141
5.9.2	激子光谱	142
5.9.3	色心吸收	143
§ 5.10	半导体的复合辐射与吸收光谱	144
5.10.1	带际跃迁吸收	144
5.10.2	复合辐射	148
5.10.3	杂质参与的吸收和发射	149
5.10.4	自由载流子吸收	151
第六章	强相干红外辐射的产生与远红外谱的开拓	152
§ 6.1	引言	152
§ 6.2	光学混频产生的红外辐射	154
6.2.1	非线性光学效应的基本原理	154
6.2.2	差频混频产生的红外辐射	155
6.2.3	相位匹配问题	158
6.2.4	非线性晶体和激光源的选择	162
§ 6.3	红外参量振荡器	162
6.3.1	参量增益和阈值泵浦条件	163
6.3.2	参量转换效率	167
6.3.3	参量振荡器的输出和光谱性质	168
§ 6.4	通过拉曼过程产生的红外辐射	170
6.4.1	自发拉曼散射和斯托克斯光发射	170
6.4.2	受激拉曼散射产生的红外辐射	171
6.4.3	通过拉曼过程的四波混频产生的红外辐射	174
6.4.4	通过自旋反转拉曼混频产生的红外辐射	177
§ 6.5	光泵气体激光器	179
6.5.1	光泵气体激光器的一般原理	179
6.5.2	基于电子跃迁的光泵气体激光器	181
6.5.3	基于振动-转动跃迁的光泵激光器	182
6.5.4	基于纯转动跃迁或反演跃迁的光泵激光器	184
6.5.5	光泵远红外激光器性能的理论分析	185
第七章	材料基本辐射参数的测量	188
§ 7.1	红外光谱测量的基本设备	188
7.1.1	单色仪	188
7.1.2	色散型红外分光光度计	189
7.1.3	傅里叶变换红外光谱仪	190
§ 7.2	红外发射比测量	192
7.2.1	测量红外发射比的意义和注意事项	192
7.2.2	半球全发射比测量	194

7.2.3	法向全发射比测量	197
7.2.4	法向光谱发射比测量	199
7.2.5	宽带发射比测量	204
7.2.6	地物发射比的野外测量	206
§ 7.3	红外反射比测量	208
7.3.1	反射度学的基本概念	208
7.3.2	积分球反射计	211
7.3.3	热腔反射计	215
7.3.4	半球镜反射计	216
7.3.5	椭球镜和抛物镜反射计	218
7.3.6	镜向反射比测量	221
7.3.7	地物反射比的野外测量	222
§ 7.4	红外吸收和透射测量	223
第三篇 红外辐射的传输		225
第八章 红外辐射在大气中的传输		226
§ 8.1	大气效应及其对辐射传输的影响	226
§ 8.2	地球大气层的结构和性质	229
8.2.1	大气组成及其分布	229
8.2.2	大气的温度和压强分布	235
8.2.3	模型大气	237
8.2.4	大气的辐射透射特性	239
§ 8.3	大气的吸收衰减	239
8.3.1	大气组分红外吸收光谱及其特征	239
8.3.2	分子吸收的逐线计算法	241
8.3.3	分子吸收的带模型计算法	245
8.3.4	大气窗口区的连续吸收和气溶胶吸收	251
§ 8.4	大气的散射衰减	257
8.4.1	散射系数	258
8.4.2	大气散射系数的经验计算法	261
8.4.3	云雾雨雪的散射与衰减	262
§ 8.5	大气传输的实验测量方法	264
8.5.1	野外测量	264
8.5.2	实验室模拟测量	266
§ 8.6	辐射在湍流大气中的传输	267
8.6.1	大气闪烁及其对红外系统性能的影响	268
8.6.2	湍流引起的光束方向、相位和偏振抖动	269
§ 8.7	激光辐射在大气中的传输	271
8.7.1	线性传输效应	271
8.7.2	非线性传输效应——热晕	279
第九章 红外辐射在凝聚态媒质中的传输		281
§ 9.1	红外光学材料的性能要求	281
9.1.1	红外光学材料性能的一般要求	281
9.1.2	典型红外透射材料性能	283
9.1.3	专用红外材料的选择	289
§ 9.2	均匀媒质中辐射传输的普遍电磁理论	290
9.2.1	辐射在自由空间和均匀电介质中的传播	291
9.2.2	辐射在无限均匀导电媒质中的传播	293
§ 9.3	不连续媒质界面上的辐射传输理论	296

9.3.1	反射、折射和斯涅耳定律	296
9.3.2	两种电介质界面上的反射和菲涅耳定律	297
9.3.3	空气-导电媒质界面上的反射	299
§ 9.4	高反射膜的物理基础	301
9.4.1	金属高反射膜	309
9.4.2	介质-金属高反射膜	301
9.4.3	多层全介质高反射膜	302
§ 9.5	增透膜的物理基础	303
9.5.1	单层增透膜	303
9.5.2	双层和多层增透膜	305
§ 9.6	分色滤光片的物理基础	309
§ 9.7	红外辐射在透射材料中的衰减	311
9.7.1	固态红外透射材料中的吸收衰减	312
9.7.2	红外透射区中的散射衰减	316
§ 9.8	色散理论	318
9.8.1	电介质的色散理论	318
9.8.2	自由载流子引起的色散	321
9.8.3	克喇末-克朗尼格关系和光学参数的内在联系	323
第四篇	红外探测的物理基础	327
第十章	红外探测器概论	328
§ 10.1	红外探测器的分类和基本原理	328
10.1.1	热探测器	328
10.1.2	光子探测器	329
10.1.3	成像探测器	332
§ 10.2	探测器参数和性能指标	335
10.2.1	测量与使用条件参数	335
10.2.2	探测器的性能指标	340
§ 10.3	探测器参数测量	344
10.3.1	响应特性的测量	344
10.3.2	噪声特性的测量	347
10.3.3	时间常数测量	348
§ 10.4	特定条件下的响应度和 D^* 计算	349
第十一章	理想光子探测器	351
§ 11.1	载流子在偏置电场和磁场中的运动	351
11.1.1	平衡状态下的载流子浓度分布	351
11.1.2	非平衡载流子的产生与复合	354
11.1.3	载流子在外加电场和磁场中的运动	357
§ 11.2	光电导效应和光电导探测器	360
11.2.1	本征光电导	360
11.2.2	杂质光电导	366
§ 11.3	光磁电效应和光磁电探测器	368
§ 11.4	光伏效应和光伏探测器	371
§ 11.5	理想光子探测器的限制性噪声和性能极限	375
11.5.1	光电事件的随机分布和探测噪声	375
11.5.2	背景限光子探测器性能	376
11.5.3	信号噪声限光子探测器性能	379
§ 11.6	理想光子探测器的外差探测性能	379

11.6.1	外差转换和噪声	379
11.6.2	天线定理	381
11.6.3	混频定理	383
第十二章 理想热探测器		386
§ 12.1	电阻测辐射热器	386
§ 12.2	测辐射温差电偶和热电堆	389
§ 12.3	热释电探测器	393
12.3.1	热释电效应和热释电探测器	394
12.3.2	热释电探测器的响应特性	394
§ 12.4	理想热探测器的性能极限	398
12.4.1	热探测器自身温度起伏决定的性能	398
12.4.2	背景辐射决定的热探测器性能极限	399
第十三章 实际红外探测器的噪声和性能限制		405
§ 13.1	实际红外探测器的限制性噪声机构	405
13.1.1	热噪声	405
13.1.2	电流噪声或 $1/f$ 噪声	406
13.1.3	产生-复合 ($g-r$) 噪声	407
13.1.4	散粒噪声	410
13.1.5	温度噪声	412
13.1.6	介质损耗噪声	414
§ 13.2	不同噪声限的探测器性能	416
13.2.1	光电导探测器性能	416
13.2.2	光伏探测器性能	418
13.2.3	测辐射热敏电阻性能	420
13.2.4	热释电探测器性能	421
§ 13.3	放大器噪声及其对探测器性能的影响	425
§ 13.4	噪声与探测的统计学	427
13.4.1	噪声的统计学	427
13.4.2	探测的统计学	429
主要参考文献		432