

电子工业技术词典

红外技术

国防工业出版社

1

7

电子工业技术词典

红 外 技 术

《电子工业技术词典》编辑委员会 编



国防工业出版社

内 容 简 介

《电子工业技术词典》是在一九六四年出版的《无线电工业技术词典》(试用本)的基础上作了较大修改和增补而编写的。本《词典》是一本为广大工农兵和干部提供的深入浅出、简明实用的工具书。它也可供从事某个具体专业的科技人员在了解电子工业整个领域的全貌、扩大知识面时参考。

本《词典》共有三十四章。正文中各词汇后附有英文对照,书末附有英文索引,合订本中还附有汉字笔画索引。在出版合订本之前,将先分册出版。各分册所包括的章节内容和出版先后次序,将视具体情况而定。

本分册是《词典》第二十七章红外技术的内容,它包括:红外简介,红外辐射特性,红外光学材料与系统,红外探测器件,应用等五节。

电子工业技术词典

红 外 技 术

《电子工业技术词典》编辑委员会 编

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第 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

*

787×1092¹/₁₆ 印张 4¹/₈ 82 千字

1976年8月第一版 1976年8月第一次印刷 印数:00,001—27,000册

统一书号:17034·29-6 定价:0.46元

前 言

《电子工业技术词典》是在无产阶级文化大革命伟大胜利的鼓舞下，在学习无产阶级专政理论的热潮中，在电子工业发展的新形势下出版的。它是在一九六四年出版的《无线电工业技术词典》（试用本）的基础上编写的。

原《词典》自发行以来，曾受到广大读者的欢迎，为宣传、普及、推广电子技术知识起了一定的作用。十多年来，在毛主席革命路线的指引下，我国电子工业已有很大的发展，生产规模不断扩大，技术水平迅速提高，技术队伍日益壮大，电子技术的推广应用已引起国民经济各部门的重视，并在社会主义革命和社会主义建设中发挥出作用。目前，电子工业已成为国民经济的一个组成部分，电子工业战线的广大职工正在为实现第四届全国人民代表大会提出的宏伟目标而努力奋斗。为适应这一大好形势，更好地为无产阶级政治服务，为工农兵服务，为社会主义服务，我们对原《词典》进行了一次较大的修改和增补。内容力求反映七十年代电子技术的水平，释文尽量做到简明、通俗。目的是为了向要求对电子工业技术有一般常识的广大工农兵和干部提供一本实用的工具书；同时也可供从事某个具体专业的科技人员在了解电子工业整个领域的全貌和扩大知识面时参考。

本《词典》共分三十四章。其目录如下：

- | | |
|-----------------|-------------|
| 一、电工基础； | 二、基本电子线路； |
| 三、网络分析与综合； | 四、电波传播与天线； |
| 五、信息论； | 六、电阻、电容与电感； |
| 七、厚薄膜电路； | 八、磁性材料与器件； |
| 九、电子陶瓷与压电、铁电晶体； | 十、机电组件； |
| 十一、电线与电缆； | 十二、电子管； |
| 十三、半导体； | 十四、电源； |
| 十五、其它元器件； | 十六、通信； |

- | | |
|----------------|------------------|
| 十七、广播与电视； | 十八、雷达； |
| 十九、导航； | 二十、自动控制与遥控、遥测； |
| 二十一、电子对抗； | 二十二、电子计算机； |
| 二十三、系统工程； | 二十四、电子技术的其它应用； |
| 二十五、微波技术； | 二十六、显示技术； |
| 二十七、红外技术； | 二十八、激光技术； |
| 二十九、电声； | 三十、超声； |
| 三十一、声纳； | 三十二、专用工艺设备与净化技术； |
| 三十三、电子测量技术与设备； | 三十四、可靠性。 |

各章互有联系，并尽量避免章节间词汇的重复，故每章只有一定的系统性。正文前有章节和词汇目录，正文中各词汇后附有英文对照，最后附有汉字笔画索引与英文索引。本《词典》将先分册出版，各分册所包含的章节内容和出版先后次序将视具体情况而定。各分册无汉字笔画索引。

本《词典》的编写工作，自始至终是在毛主席革命路线的指引下，在党的领导下进行的。贯彻了“独立自主，自力更生”的伟大方针，坚持了群众路线，实行了工人、干部、科技人员和生产、科研、教学三个结合，以及理论联系实际的原则。《电子工业技术词典》本身就是广大群众集体智慧的结晶。它的编写过程也反映了无产阶级文化大革命后我国出版战线上的新气象。

由于我们水平有限，加上时间仓促，虽然作了很大努力，但《词典》中还可能存在不少错误和不妥之处，恳请广大读者及时批评指正。

《电子工业技术词典》编辑委员会

一九七五年十月一日

目 录

一、红 外 简 介

红外辐射	27-1	红外物理	27-1
红外辐射源	27-1	红外技术	27-2

二、红外辐射特性

黑体	27-3	朗伯余弦定律	27-4
黑体式辐射源	27-3	朗伯面	27-4
灰体	27-3	目标和背景	27-4
选择性辐射体	27-3	红外辐射的大气窗	27-5
发射率	27-3	消光	27-5
有效发射率	27-3	消光系数	27-5
热辐射定律	27-4	大气散射效应	27-5
基尔霍夫定律	27-4	散射系数	27-5
斯蒂芬-波耳兹曼定律	27-4	气体的红外吸收	27-6
普朗克公式	27-4	吸收系数	27-6
维恩定律	27-4	大气闪烁	27-6

三、红外光学材料与系统

红外窗口材料	27-7	金属栅滤光片	27-10
红外光学玻璃	27-7	带通滤光片	27-10
红外光学晶体	27-7	长波通滤光片	27-10
红外光学多晶材料	27-7	短波通滤光片	27-10
红外光学塑料	27-7	视场	27-10
纤维光学	27-7	相对孔径	27-11
光学膜层	27-8	f /数	27-11
保护膜层	27-8	弥散圆	27-11
增透膜层	27-8	二次光学系统	27-11
反射膜层	27-9	浸没透镜	27-11
多层介质膜	27-9	折反射物镜	27-11
红外滤光片	27-9	球面反射镜	27-11
干涉滤光片	27-9	非球面反射镜	27-11
吸收滤光片	27-9	可塑复制反射镜	27-11
反射滤光片	27-10	场镜	27-12

卡塞格伦望远镜	27-12	漫反射器	27-13
牛顿望远镜	27-12	光锥	27-13
镜面反射器	27-12	准直仪	27-13

四、红外探测器件

光谱响应	27-14	扫出效应	27-19
峰值波长	27-14	磷锡镉单晶	27-19
截止波长	27-14	碲锡铅单晶	27-19
频率响应	27-14	热电材料	27-20
时间常数	27-14	光子探测器	27-20
暗电阻	27-14	光电探测器	27-20
动态阻抗	27-14	本征探测器	27-20
响应率	27-15	非本征探测器	27-20
量子效率	27-15	背景限探测器	27-20
噪声	27-15	光浸没式探测器	27-21
热噪声	27-15	光伏探测器	27-21
散粒噪声	27-15	P-N结探测器	27-21
产生-复合噪声	27-15	光电导探测器	27-21
过量噪声	27-15	光磁电探测器	27-21
温度噪声	27-16	光牵探测器	27-22
辐射噪声	27-16	微波偏压光电导探测器	27-22
噪声因数	27-16	砷化镓探测器	27-22
噪声等效功率	27-16	磷锡镉探测器	27-22
噪声等效输入	27-16	砷化铟探测器	27-22
噪声等效辐照度	27-16	硫化铅探测器	27-23
噪声等效温度	27-17	硒化铅探测器	27-23
噪声等效带宽	27-17	碲化铅探测器	27-23
信噪比	27-17	铋化铟探测器	27-23
探测率 D	27-17	锗掺杂探测器	27-24
归一化探测率 D^*	27-17	碲镉汞探测器	27-24
归一化探测率 D^{**}	27-18	碲锡铅探测器	27-24
热电系数	27-18	势垒型探测器	27-25
光磁电效应	27-18	金属-氧化物-半导体探测器	27-25
光牵效应	27-18	金属-氧化物-金属探测器	27-25
热电效应	27-18	P-I-N结探测器	27-25
热磁效应	27-18	异质结红外探测器	27-25
能斯脱效应	27-18	点接触探测器	27-26
约瑟夫逊效应	27-19	热探测器	27-26

温差电堆	27-26	像位传感器	27-33
温差电偶	27-26	热电复制法	27-33
高莱探测器(气动探测器)	27-27	微波偏压技术	27-33
量热探测器	27-27	微波偏压腔	27-34
热电探测器	27-27	质子轰击	27-34
硫酸三甘肽探测器	27-28	红外变像管	27-34
铈酸铋探测器	27-28	变像管	27-34
热磁探测器	27-28	像增强器	27-34
远红外探测器	27-28	微通道像增强器	27-35
能斯脱探测器	27-29	固体像增强器	27-35
测辐射热器	27-29	深冷区	27-35
室温测辐射热器	27-29	干冰温度	27-35
金属薄膜测辐射热器	27-29	液氮温度	27-36
电容式测辐射热器	27-29	固态致冷剂	27-36
超导测辐射热器	27-30	低温致冷剂	27-36
热敏电阻测辐射热器	27-30	杜瓦瓶	27-36
锗测辐射热器	27-30	微型致冷器	27-36
碳测辐射热器	27-30	温差电致冷器	27-36
宽带铋化镉探测器	27-30	开式致冷器	27-36
窄带可调谐铋化镉探测器	27-31	闭合式致冷器	27-36
约瑟夫逊效应探测器	27-31	焦耳-汤姆逊致冷器	27-36
电荷耦合成像器件	27-31	输液式致冷器	27-36
液晶红外器件	27-32	焦耳-汤姆逊闭合循环致冷器	27-37
平面镶嵌阵列	27-32	固体致冷器	27-37
二维探测器阵列	27-32	辐射致冷器	27-37
多谱探测器阵列	27-32	斯特林致冷机	27-37
多元探测器阵列	27-32	维留米尔循环致冷机	27-37
多色探测器	27-32	克劳特致冷机	27-38
成像探测器	27-32	吉福特-麦克马洪循环气体致冷机	27-38
点探测器	27-33	空间冷却系统	27-38

五、应 用

背景鉴别技术	27-39	调制盘的制作技术	27-41
空间鉴别	27-39	角误差信号	27-41
光谱滤波	27-39	红外系统的前置放大器	27-41
空间滤波	27-39	红外系统的信号处理	27-41
调制盘	27-40	多通道系统的信号处理	27-41
双色调制盘	27-40	红外系统的显示技术	27-41

- 红外辐射的目视显示27-41
 红外测温27-41
 热测绘技术27-42
 红外遥感技术27-42
 红外辐射育种27-42
 红外鉴别植物27-42
 红外测定地下水27-42
 光能利用测量27-43
 红外探测作物病虫害27-43
 红外测雹27-43
 地温地热的红外勘测27-43
 红外加热和干燥27-44
 晴空大气湍流的红外探测27-44
 飓风探测27-44
 火灾红外探测器27-44
 红外接近指示器27-44
 红外照相机27-44
 彩色红外照相27-45
 红外胶卷27-45
 红外显微镜27-45
 红外飞点望远镜27-45
 大气污染的红外检测27-45
 红外吸收光谱分析27-46
 红外气体分析仪27-46
 红外分光光度计27-46
 红外辐射计27-46
 红外光谱辐射计27-47
 医用热成像27-47
 红外热轴探测27-47
 红外森林探火27-47
 红外反潜技术27-47
 多谱扫描器27-48
 红外搜索系统27-48
 红外跟踪系统27-48
 跟踪灵敏度27-48
 跟踪精度27-48
 红外雷达27-48
 脉位调制光学跟踪仪27-49
 机载红外行扫描装置27-49
 红外鉴别伪装27-49
 红外夜视系统27-49
 红外前视系统27-49
 红外侦察27-49
 电视兼容式红外前视系统27-50
 红外电视系统27-50
 红外电视跟踪器27-50
 红外通信系统27-50
 光外差探测27-50
 红外图像寻的器27-51
 战术导弹红外指令制导27-51
 导弹的红外寻的器27-51
 红外引信27-51
 红外预警27-51
 红外火控系统27-51
 红外对抗技术27-51
 飞机的反红外技术27-52
 导弹的红外抗干扰技术27-52
 红外导航27-52
 红外地平仪27-52
 微光夜视仪27-52
 固体像传感器27-53
 红外摄像管27-53
 红外探照灯27-53

一、红 外 简 介

红外辐射

infrared radiation

红外辐射即红外线,也叫热辐射,实际上就是波长约在 0.75 微米到 1000 微米的电磁波。它在可见光谱红色端以外,红外辐射即由此得名。它是人眼看不见的光线。红外线发现将近两个世纪了,但由于测量上的困难,发现后半世纪才对它的性质有了初步的了解。本世纪初,在具备了应用条件的情况下,才引起了对红外线的更大兴趣。

红外线也是由物质内部运动的变化(如分子、离子、原子等的振动、转动、电子跃迁等)而辐射的电磁波。描述红外辐射的(电磁波)参数有辐射强度、波长等等。一般都把红外线分成近、中、远,如近红外(0.75~3.0微米),中红外(3.0~20微米),远红外(20~1000微米)。

描述热辐射特性的基本定律有:基尔霍夫定律、斯蒂芬-玻耳兹曼定律、维恩定律、普朗克公式等。

红外线在白天、黑夜都可利用,因此能被被动接收,并根据目标、背景不同,可识别军事目标,特别是可发现伪装及探测到目标细节。红外线分辨率比微波高,所以比可见光更适应天气影响,在大气中散射较小。由于红外线本身的这些特性,再加上实践的需要,所以对红外辐射的研究与应用正在不断深入,已形成了一门新的科学领域。

红外辐射源

source of infrared radiation

产生红外辐射的物体就是红外辐射源。由于产生红外辐射的机理所决定,凡是温度高于 0°K (-273°C) 的物体都能产生红外

辐射,因而自然界的所有物体都可看成是红外辐射源,只是波长、强度、发射率等不同。物体的温度越低,其辐射波长越长(即远红外成分多一些),如几十度(°K)的物体辐射波长约为上百微米。黑体温度与其峰值辐射波长的关系可用 $T\lambda = 2897$ 表示(一般物体的热辐射也常用此式估计)。公式中 T 表示绝对温度(°K), λ 表示峰值波长(微米)。

除了自然界的红外辐射源,如太阳(可见光区辐射最强,但它也是很强的红外辐射源)、恒星、行星、天空、地球表面、山川、树木、大气、云雾、热气体、各种金属以及人体外,还有目标辐射源,如涡轮喷气发动机、火箭、地面车辆等等。为满足生产与科研的需要,还制作很多总辐射率及分谱辐射率都很强的人工辐射源,如黑体型辐射源、发光硅碳棒、能斯脱灯、碳弧、汞气灯、钨灯、氙灯、红外激光器及红外探照灯等等。

在实际应用与计算中又把辐射源分成点源或扩展源,这也是相对的,同一个源有时可看成是点源,有时又可看成是扩展源。

一个好的吸收体也是好的辐射体。

黑体辐射的总能量与它的绝对温度的四次方成正比。

研制辐射源对红外技术的发展及应用都有一定的意义。

红外物理

infrared physics

是应用物理学的方法系统地研究红外辐射的各种特殊问题(物理现象)的学科。红外物理正式形成是 1960 年前后的事,但萌芽期应追溯到十九世纪末。

主要是研究与分析红外辐射的产生、物

体红外辐射特性规律、红外辐射与物质的相互作用、红外辐射的传输及探测等有关的一些现象的机理、特性。

红外物理和其它学科一样，其发展动力也是实践的需要，是千百万劳动群众长期对自然的探讨及创造性劳动的结晶，因而它便成了红外工程技术的基础。所以，系统地掌握红外物理反过来就能顺利地进行深入研究并了解、提高、改进工程技术。

红外技术

infrared technique

这是概括性的术语，大体是指：根据不同目标、不同红外辐射（或吸收）特性设计制造可供实用的红外系统。也可以说，在研究的基础上根据具体的需要把红外辐射的特性用在军事、工农业生产、医学、科研等各

方面的综合应用工程技术。这是比较新的科学技术，本世纪前半叶形成的，六十年代初又有所发展（出现空间应用、基础研究深入了，学科独立性强了）。

一般都把红外技术分成四个方面：（1）红外辐射的研究与利用；（2）围绕着探测红外辐射的一些有关技术，如各种光学材料、部件（主要是探测器，也包括辐射源）；（3）完整的红外整机系统（包括光学系统、电子学系统、致冷系统）；（4）在国民经济、科学技术及军事等各方面的具体应用。

目前，根据三大革命实践的需要已出现了很多具体的应用，例如跟踪、制导、引信、夜视、成象侦察、遥测遥感、测温、医用热成象及各种科研仪器、天文观测等等。

二、红外辐射特性

黑体

blackbody

若物体对（电磁）辐射的吸收率与投射于其上的辐射波长和表面温度无关，并恒等于 1，则此物体称为黑体。在一定温度下，对所有波长来说，黑体与其他物体相比具有最大的辐射功率。因此，黑体是研究热辐射规律的理想辐射体。

黑体式辐射源

blackbody-type source

理想的黑体辐射源在实际上并不存在，但是可以根据需要经过各种加工制成非常接近于理想黑体的辐射源，此类辐射源即为黑体式辐射源。黑体式辐射源一般都是带有一个小孔的腔体（球、柱、锥等形状），最常见的是圆锥形的腔，用电阻丝加热，用热电偶测量温度及控制温度，作为不同温度的标准辐射源。

灰体

greybody

若物体对任何辐射波长的吸收率保持不变并恒小于 1，这类物体就称为灰体。灰体辐射的光谱分布相似于同一温度的黑体辐射的光谱分布。

理想的灰体在自然界也是不存在的，不过许多物体的辐射在一定程度上近似于灰体，因此在应用上可作灰体来处理。

选择性辐射体

selective radiator

黑体或灰体的辐射光谱分布是连续的，而选择性辐射体辐射的光谱分布不同于黑体和灰体。选择性辐射体的发射率随波长不同变化很大，在有些波段可较大，甚至接近于

1；而在有的波段则很小，甚至几乎为零。因此其辐射光谱常是一些强弱相差较大的窄带。实际上，自然界存在的物体的辐射特性程度不同地都属于选择性的辐射。不过，一般固体的辐射光谱分布起伏变化较小，即选择性较小，有的甚至可近似作为灰体处理；而气体则具有线状及带状的辐射光谱分布，其选择性则较大。

发射率

emissivity

发射率又名比辐射率。发射率是用以描述所研究的实际辐射体相对于黑体的辐射能力的一个物理量，是一个小于 1 的数。其定义为：实际物体的辐射本领（如辐射强度、辐射功率等）与同温度下黑体辐射之比值，即

$$\epsilon = I/I_b$$

式中 I ——实际物体辐射强度；

I_b ——黑体辐射强度；

ϵ ——实际物体的发射率。

对某一波段 $\lambda \sim \lambda + \Delta\lambda$ 的辐射来说，则为

$$\epsilon_\lambda = I_\lambda/I_{\lambda b}$$

式中 I_λ ——实际物体分谱辐射强度；

$I_{\lambda b}$ ——黑体的分谱辐射强度；

ϵ_λ ——实际物体的分谱发射率。

有效发射率

effective emissivity

有效发射率又名有效比辐射率。它是某一表面发射到半球内的辐射总功率对具有同样温度的黑体发射到半球内辐射总功率之比，它总小于或等于 1。

热辐射定律

thermal radiation law

热辐射定律是描述客观物体热辐射的规律。一般说来,热辐射定律是指基尔霍夫定律、斯蒂芬-玻耳兹曼定律、维恩定律以及普朗克公式,它们之间有着一定的内在联系。

基尔霍夫定律

Kirchhoff's law

是热辐射定律之一。它指出:物体吸收和发射之间是互相有联系的,一个良好的吸收体同时也是一个良好的辐射体,黑体则是辐射本领最强的理想辐射体。

斯蒂芬-玻耳兹曼定律

Stefan-Boltzmann's law

斯蒂芬-玻耳兹曼定律是热辐射定律之一。此定律建立了黑体的辐射能量与绝对温度 T 的关系,说明黑体的积分辐射通量密度与绝对温度四次方成正比。

斯蒂芬-玻耳兹曼定律可由下式示出:

$$W = \int_0^{\infty} W_{\lambda}(T) d\lambda = \sigma T^4 (\text{瓦} \cdot \text{厘米}^{-2})$$

式中 σ ——斯蒂芬-玻耳兹曼常数,为
 $(5.6697 \pm 0.0029) \times 10^{-12}$
 $(\text{瓦} \cdot \text{厘米}^{-2} \cdot \text{度}^{-4})$;

T ——黑体的绝对温度;

$W_{\lambda}(T)$ ——黑体的辐射通量密度;

W ——黑体的积分辐射通量密度。

普朗克公式

Planck's formula

普朗克公式表述了黑体辐射通量密度按波长(或频率)分布的关系。黑体单位表面在单位时间内向外辐射的总能量中,属于波长在 $\lambda \sim \lambda + \Delta\lambda$ 之间的部分等于:

$$E_{\lambda}(T) \Delta\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{\Delta\lambda}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

式中 c ——光速;

K ——玻耳兹曼常数;

T ——黑体的绝对温度;

h ——普朗克常数。

这个公式首先是在实验的基础上总结出来的,在解释和推导过程中所提出的“能量子”假说,奠定了现代量子理论的基础。

维恩定律

Wien's law

黑体在一定温度下辐射的能量中,各种波长的成分都有,然而各波长辐射能量的大小不同,对应于辐射能量最大的波长常被称为辐射的峰值波长,用 $\lambda_{\max}$ 表示。 $\lambda_{\max}$ 和黑体的绝对温度 T 之间存在以下关系:

$$\lambda_{\max} T = c$$

式中 $\lambda_{\max}$ ——辐射的峰值波长;

T ——黑体的绝对温度;

c ——常数,等于 2897 微米·度。

这就是维恩定律。由维恩定律可知,黑体温度越高,则 $\lambda_{\max}$ 越小,即峰值波长较短。

朗伯余弦定律

Lambert's cosine law

朗伯余弦定律是描述黑体表面发射和吸收特性角分布的一个辐射规律。对于黑体,分谱辐射亮度不依赖于方位角而依赖于俯仰角。此时黑体辐射被称为符合朗伯余弦定律。

若以 $E_{n\lambda}$ 表示黑体在法线方向上的分谱辐射亮度, $E_{\lambda}(\theta)$ 表示黑体在俯仰角 θ 方向上的分谱辐射亮度,则它们之间满足以下关系:

$$E_{\lambda}(\theta) = E_{n\lambda} \cos \theta$$

此即朗伯定律的数学表示式。

朗伯面

Lambert's surface

辐射在空间的分布规律满足朗伯余弦定律的辐射表面叫朗伯面。理想漫射表面就是这类面,白色的无光泽表面近似于朗伯面。对这种面的辐射或漫反射,人们无论从哪个方向来看,其亮度都是不变的。

目标和背景

target and background

在视场内,除探测目标之外的空间物体等都可以算是背景。背景和目标是相对的,不是绝对的。所以,一个物体在某些场合被认为是目标,而在另一些情况下又可能是其他目标的背景。一般来说,我们不需要探测的热辐射源则可称是背景。

红外辐射的大气窗

atmospheric window of infrared;infra-red atmospheric window

红外辐射在大气中的吸收具有选择性的特点,即在某些波段范围吸收较强,而在另一些波段范围吸收较弱。因此,可将整个红外辐射按其光谱透射特性分为若干段,其中透明度相对较高的区域称为大气窗口。大气窗口通常是依据主要透明区的边界来划分。近红外与中红外的主要大气窗口为:2~2.5微米;3~5微米;8~14微米。在16~24微米处还存在着一个半透明的大气窗。

消光

extinction

辐射通过大气时,其辐射通量被衰减的过程,通称为消光。消光现象,一般来说,是由于大气对辐射能的吸收和散射引起的。

消光系数

extinction coefficient

消光系数是为表示辐射通量的衰减(消光)而引进的参数。用下列公式表示:

$$\Phi = \Phi_0 e^{-\sigma L}$$

式中 Φ_0 —— $L = 0$ 处的辐射通量;

Φ ——传播至 L 处的辐射通量;

L ——距离;

σ ——消光系数。

消光系数通常包括两部分,即 $\sigma = \alpha + \gamma$ 。其中 α 是吸收系数,用来描述大气中气体分子的吸收大小; γ 是散射系数,用来描述大气中各种微粒对辐射通量的散射。

消光系数随入射辐射的波长而不同,不均匀的大气也会引起消光系数的剧烈变化。

大气散射效应

scattering effect in the atmosphere

大气散射效应是指辐射(能量)在大气中传播时偏离其初始方向发生的散射过程。大气分子的起伏和大气中悬浮的作无规则运动的微小水滴(形成云、雾、雨)及固体微粒(尘埃、烟、冰晶、盐粒子和微生物等)是大气中的散射元。散射的强弱与大气中散射元的浓度及散射元的特性和大小有密切的关系。大气散射效应严重地衰减了传输中的辐射能量,大大缩短了传输光程。

散射主要有:(1)瑞利散射(Rayleigh scattering)——微粒尺寸远小于辐射波长。主要散射元是气体分子。所以也称为分子散射。(2)米氏散射(Mie scattering)——微粒尺寸与波长可相比拟,主要表现为粒子对辐射能的绕射作用,所以也称绕射散射。(3)无选择散射(non-selective scattering)——也称几何散射。粒子尺寸远大于波长,等等。在真空的大气中,实际上存在着各种大小不同的粒子,因此三种散射形式总是同时存在的。

散射系数

scattering coefficient

散射系数用来描述大气中各种散射元对辐射通量散射作用的强弱,其量纲是公里⁻¹或厘米⁻¹。如果辐射能在大气中传输时的衰减仅由散射作用引起,则透射的辐射通量可表示为

$$\Phi = \Phi_0 e^{-\gamma L}$$

式中 Φ_0 —— $L = 0$ 处的辐射通量;

Φ —— L 处的辐射通量;

L ——距离;

γ ——散射系数。

散射系数与散射元的大小有密切联系。当散射颗粒远小于入射辐射的波长时,散射系数与入射辐射波长的四次方成反比;而当散射颗粒与入射辐射波长可以相比拟或远大

于入射辐射波长时, 散射系数与波长关系不大。

气体的红外吸收

infrared absorption of gases

红外辐射在大气中传播时受到大气的吸收, 辐射能量会被衰减。这种过程的特征是, 辐射能在大气中的吸收是有选择性的。通常, 引起这种选择性吸收的是多原子极性气体分子, 其中首先是水蒸气 (H_2O)、二氧化碳 (CO_2) 和臭氧 (O_3)。而其他气体分子诸如 CO 、 N_2O 和 CH_4 等只是当红外辐射远距离传输时才表现出稍强的吸收。表中列出了它们的主要吸收带。在波长大于 15 微米的波段里, 除了 16~24 微米尚能部分透过红外以外, 其他的部分则因这些吸收组分的吸收带很多并互相交迭, 红外辐射基本上就是不透明的了。

大气中各吸收组分的红外吸收带

吸收分子	红外吸收带(中心)波长(微米)
H_2O	0.94, 1.14, 1.38, 1.87, 2.7, 3.2, 3.7①, 6.3
CO_2	1.4, 1.6, 2.0, 2.7, 4.3, 4.8, 5.2, 15
O_3	4.8, 9.6, 14
N_2O	4.7, 7.8
CH_4	3.2, 7.8
CO	4.8

① 重水 D_2O 的吸收带。

吸收系数

absorption coefficient

吸收系数用来描述大气中气体分子对辐射能的吸收大小, 其量纲是公里⁻¹或厘米⁻¹。如果只有吸收存在时, 透射的辐射通量为

$$\Phi = \Phi_0 e^{-\alpha L}$$

式中 Φ_0 —— $L = 0$ 处的辐射通量;

Φ —— L 处的辐射通量;

L ——距离;

α ——吸收系数。

吸收系数与下列因素有关: (1) 分子种类——吸收线形、谱线重叠程度; (2) 气象条件——气压、温度、湿度等; (3) 路程上吸收分子总数量。因此, 要根据不同大气条件的实测数据来分析吸收的大小。

大气闪烁

atmospheric scintillation

大气闪烁是指辐射光束在传输中产生强度和方向的不规则变化。造成大气闪烁的主要原因是传输路程中的大气不均匀性, 尤其是在地面附近的大气层。由于空气受热膨胀情况各不相同, 形成许多密度不同、大小不同的大气团, 相应地产生大气折射指数的不规则变化。当辐射光束通过这种不均匀大气时, 就会产生大气闪烁现象。白天观察到的远处目标的抖动以及夜间看到一闪一闪的星光, 都是一些常见的大气闪烁现象。

三、红外光学材料与系统

红外窗口材料

materials of infrared window

在红外系统中,许多元、部件都需要装红外透射窗,在所响应的光谱范围内,窗口材料必须具有较高的透射率,并具备化学稳定性高、便于封接等特点。例如:

1~3 微米 常用的有锗、硅、石英等;

3~5 微米 常用的有白宝石、硅、氟化镁、氟化钙等;

8~14微米 常用的有锗、硅、硫化锌等。

红外光学玻璃

glasses for infrared use

可透射红外光的玻璃材料叫红外光学玻璃,它是无定形结构。红外光学玻璃比晶体材料的光学均匀性好,可作大尺寸的光学零件,且不易解理,所以机械冲击强度较高,表面硬度也较大,另外大多数玻璃在大气中的性能是稳定的。其制备及退火比晶体更简单。

但玻璃材料一般只透近中红外,常用的红外光学玻璃有:石英玻璃,K-8玻璃,N344玻璃等。

红外光学晶体

crystal for infrared use

即透射一定波长红外光的晶体材料。目前,晶体材料还是一种主要的红外光学材料。它的主要优点是可以选择透过任何红外光谱波段的晶体,而玻璃只透过近中红外波段。此外,晶体中折射率和色散的变化比其它材料强得多,晶体的熔点高,热稳定性好。

红外光学晶体材料可以分为介电体材料和半导体材料,其光学性能有显著差别。

常见的红外光学晶体有石英(SiO_2)、萤

石(CaF_2)、氟镁石(MgF_2)、锗、硅等等。

红外光学多晶材料

polycrystalline materials for infrared use

晶体光学材料具有很多优点,如物理化学性能和使用特性的多样性,熔点高,性能稳定等。但是直到目前为止,还没有完全克服在培育大型均匀晶体时遇到的困难,这就限制了从晶体材料中制造大尺寸光学零件的可能性。这些困难可以用压制的多晶材料来克服。这种多晶材料,按其本身的光学特性相当于单晶;但具有高的热机械性能并可以获得大尺寸。

常见的多晶材料有硫化锌(Irtran II),氟化镁(Irtran I),溴化铊-碘化铊(KRS-5),溴化铊-氯化铊(KRS-6),等等。

红外光学塑料

plastics for infrared use

合成塑料可以制造各种光学零件,如窗口、透镜等。但塑料是由链状分子构成的,在许多情况下具有很多特征的振动和转动吸收带,这就显著减少了塑料在红外光谱区域中的透过性。塑料在近红外波段中有很高的透过率。随波长的增加,塑料只能透过没有吸收带的光谱波段。而且塑料根据自身的热机械性能只能在较低温度下应用。

塑料可用来制造光学材料和远红外波段的窗口。尤其是聚乙烯在波长25~450微米具有良好的透过性。对制造塑料新方法的研究将会进一步扩大塑料在光学材料中的应用。

纤维光学

fiber optics

光学纤维是由光滑的透明材料的细丝或

纤维制成的,其长度与直径的比率通常大于1000,其芯料和涂层材料有玻璃和塑料(分别叫玻璃光学纤维和塑料光学纤维)等。若把一些单根的光学纤维按着一定的排列方式做成一个整体形式,就构成了所谓的纤维束,而把研究由光学纤维传递光束和图象的科学称为纤维光学。纤维光学是一门新兴学科,是近代光学领域中的一个重要分支,是国民经济和国防建设中的一项应用很广泛的新技术。

纤维光学之所以能够取得迅速的发展,也就在于它的应用价值。光学纤维能够得以应用基于如下的二条基本原理:通过光学纤维内壁的全反射,能够高效率地传光;在纤维束中,各根纤维的传光作用是独立的。事实上,涂层纤维比无涂层纤维的应用效果要好得多。几米长的涂层纤维仍获得有效光透射;而由涂层纤维构成的纤维束可用来更好地传递图象。

纤维光学元件有几个基本特性指标,如数值孔径、透过率、鉴别率和传递函数等。

至于纤维直径小到接近光波波长时,其传光性能可用波导理论来研究。

光学膜层

optical coating

具有一定光学特性的涂层叫光学膜层,常用的光学膜层材料有金属和介质两种。蒸镀金属膜和多层介质膜可做全反射镜。

除全反射镜外,增透膜在激光、红外技术中广泛采用,它的作用是降低反射损失。其它的光学膜层还有分光膜、短波通滤光片、长波通滤光片和带通滤光片等。

光学膜层一般都是在真空条件下制备的,常用的材料在可见光区的有:硫化锌、硒化锌、二氧化铈、二氧化钛、二氧化锆、氟化镁、一氧化硅、二氧化硅等。红外波段则常用锗、硅、碲、碲化铅和硫化锌等。为了获得高质量的光学膜,必须注意下面几点:

1. 膜层材料的选择;
2. 基体的质量和清洗;
3. 蒸涂参数的选择。

保护膜层

protective coating

大多数金属膜的化学稳定性较差,表面的机械性能也不大坚固,在大气中使用时性能将逐渐变坏,并且易划痕。因此,一般在金属薄膜表面蒸镀一层化学及机械性能良好的膜,防止内部膜层性能变坏,这就是所谓的保护膜层。

常用的金属膜是铝膜,一般用三氧化二铝作保护膜。铝本身也很容易氧化,在表面形成结构紧密的三氧化二铝膜(厚约20~30埃)保护下面的铝膜不再氧化。三氧化二铝也可用真空蒸镀或用电镀技术对铝膜进行阳极氧化。一氧化硅、二氧化硅和氟化镁也常用来作铝的保护膜。

对金和银膜的保护比较困难,因为很难得到与它们相粘附的膜,一般也用一氧化硅,但在波长超过8微米时有强烈的吸收。因此,对更长的波段没有更好的材料可作保护膜。

对于多层介质膜主要是防止膜层生霉,在膜层的表面涂一层单体硅油、氟硅有机材料等可以起到保护作用。

增透膜层

antireflective coating

增透膜层是为了减小玻璃或其它透明物质表面的反射从而提高透过率所涂的膜。这种增透膜层在复杂的光学系统中特别有用。首先是提高光学系统的透过率,其次是消除光学零件各表面的反射光的一部分最后到达仪器的焦平面而产生的幻象和光晕,提高仪器成象的衬度。增透膜一般用于可见光和红外光波段。

增透膜可用单层膜直至二十多层以上的多层膜构成,单层膜使某一波长反射率为零,而多层膜使在一波段范围内有近于零的