

內 容 提 要

本書系統地闡述紅外線發射、傳播、接收和放大的物理技術問題，介紹一些紅外線儀器，並提供一系列的參考資料。本書還專章講解紅外線儀器在軍事上的運用，並着重地研究某些現象的物理性質。

本書對象是具有中等文化程度的廣大讀者。

(苏联 И.А.Марголин, Н.П.Румянцев 著“Основы инфракрасной техники” военное издательство министерства обороны Союза ССР 1957年第二版)

*

國防工業出版社

北京市書刊出版業營業許可證出字第 074 号
機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

850×1168 $1/32$ 印張 $9\frac{5}{8}$ · 244 千字

1959年2月第一版

1959年2月第一次印刷

印數 1—2,700 册 定價: (11)2.00 元

NO. 2550

序

紅外線在近廿年来日益广泛地运用于科学、技术和軍事上的各个部門，因此迫切需要使广大讀者熟悉紅外線技术原理及其現代成就。

本書系統地闡述紅外線的發射、傳播、接收和放大的物理技术问题，介紹一些紅外線仪器，并提供了一系列的參考資料。

全書共 13 章，前两章介紹与輻射能量有关的基本概念和定义，以及綜合表征电磁輻射的能量、物理量和照明工程物理量。其他各章分別陈述：热輻射原理，紅外線輻射源及其特性，記錄輻射能的物理技术原理，光电流和温差电动势的放大方法，紅外線滤波器，应用于紅外線的主要光学系統，紅外線在大气中傳播的問題，各种类型紅外線仪器的工作原理和应用範圍。

作者未敢僭望本書能將涉及紅外線技术的所有問題都敘述得完善詳盡，仅力求将近年来在國內外所發表的許多关于紅外線技术的某些單獨問題的零散材料加以系統地綜述。

由于在系統化方面尚有很多困难，本書难免存在一系列的缺点。在本書改版时，採納了对本書評述的意見，作了必要的修改和补充，增添了一些新的章节，以及第一版所沒有的“軍用紅外線仪器”一章。

本書的引言，第一章到第七章，第八章的 §88~90，第十二章和第十三章由 И. А. 馬尔果林执笔；第八章的 §84~87 和 §91，第九章到十一章由 И. П. 魯勉采夫 执笔。

作者預先向对本書提出批評和意見的讀者致謝，并請將批評和意見寄莫斯科軍事出版社編輯部。

И. А. 馬尔果林

目 录

序.....	7	§14 葛利岑-維恩位移定律.....	40
引言.....	9	§15 普朗克辐射的量子定律.....	42
第一章 辐射能基本概念和定义.....	11	§16 绝对黑体的辐射效率.....	40
§1 辐射能.....	11	§17 非黑体辐射.....	48
§2 表示振动过程的量.....	11	第四章 红外线辐射源.....	50
§3 电磁波谱.....	13	§18 红外线辐射源的分类.....	56
第二章 能量物理量和照明工程物理量.....	18	§19 白炽灯.....	59
§4 能量物理量.....	18	§20 白炽灯的基本参数.....	59
§5 人眼的某些特性。辐射能的目视测量法.....	22	§21 白炽探照灯泡的构造特点.....	61
§6 照明工程的物理量.....	24	§22 赫尔恩斯特瓷土条灯.....	62
§7 能量单位与照明工程单位的换算.....	29	§23 硅化物辐射器.....	65
§8 辐射能的反射、吸收和透射.....	31	§24 欧爱尔气焰灯.....	65
第三章 热辐射及其基本定律.....	33	§25 电萤光辐射器.....	66
§9 固体的结构.....	33	§26 气体放电的种类.....	68
§10 热辐射。绝对黑体.....	36	§27 辉光放电.....	68
§11 物体的辐射和吸收本领。基尔霍夫定律.....	37	§28 氖灯.....	70
§12 绝对黑体的积分辐射本领。斯志藩-波尔兹曼定律.....	38	§29 铍谐振灯.....	71
§13 绝对黑体的光谱能量分布。米海里逊, 维恩和莱列亚-治恩斯方程.....	39	§30 铅弧光灯.....	72
		§31 水银灯.....	73
		§32 超高压氙氙灯.....	75
		§33 脉冲气体放电灯.....	75
		§34 超高电压水银灯.....	81
		§35 弧光放电理论的基本概念.....	81
		§36 简单电弧.....	82
		§37 强力电弧.....	86
		§38 钨电极点电弧弧光灯.....	88
		§39 长波红外线电磁辐射器.....	91

第五章 外光电效应光电

管.....95

§40 光电效应和辐射能光电

子指示器的主要种类... 95

§41 外光电效应.....95

§42 外光电效应的基本定律.....96

§43 长波边界和脱出功101

§44 接触电位差102

§45 全光电子放射102

§46 复杂光电阴极的外光电效应103

§47 外光电效应光电管的类型104

§48 外光电效应光电管的基本特性104

§49 光电管的积分灵敏度... 105

§50 光电管的光谱特性107

§51 气体放大107

§52 光电管的光特性109

§53 光电管的电压电流特性111

§54 光电管的频率特性和惯性113

§55 光电管的“光电疲乏” ...114

§56 光电管的灵敏阈115

§57 电压灵敏度117

§58 电流灵敏度118

§59 外光电效应光电管的构造119

§60 电子倍增器120

§61 电子-光学变换器... 126

第六章 内光电效应光电

管(光敏电阻).....133

§62 半导体理论中的基本概念133

§63 半导体的内光电效应135

§64 内光电效应电流136

§65 内光电效应光电管的特性139

§66 光敏电阻的类型140

§67 硒光敏电阻140

§68 硫化铈光敏电阻146

§69 硒碲光敏电阻150

§70 硅光敏电阻150

§71 硫化铋光敏电阻152

§72 硫化铅光敏电阻154

§73 硒化铅光敏电阻155

§74 碲化铅光敏电阻156

第七章 障层光电管.....157

§75 障层光电效应157

§76 障层光电管的等效电路158

§77 障层光电管的构造159

§78 里层光电效应的氧化亚铜光电管160

§79 硫化银光电管162

§80 硫化铈光电管163

§81 硫化铅光电管166

§82 锗光电管167

§83 各种对红外綫敏感的光电管参数比較171

第八章 无选择性的红外綫指示器.....174

§84 无选择性指示器的种类174

§85 温差电学的基本定律174

§86 温差电池的特性	179
§87 温差电池	180
§88 电阻辐射计	184
§89 热敏电阻	192
§90 蒸发照象	196
§91 其他类型的无选择性红 外线指示器	197

第九章 光电流和温差电

动势的放大

§92 放大器的功用和分类	201
§93 放大的限度	202
§94 放大器的特性	203
§95 电阻耦合低频放大器	206
§96 扼流圈耦合低频放大 器	207
§97 变压器耦合的低频放大 器	207
§98 低频推挽放大器	209
§99 直流放大	210
§100 直流直接放大电路	210
§101 变直流为交流的直流 放大电路	212
§102 光电光学放大器	213
§103 测量微量电流的电 子管	215
§104 光电流放大器	217

第十章 红外线滤光器

§105 滤光器的功用	222
§106 滤光器的构造原理和 分类	222
§107 滤光器对辐射能的吸 收	224
§108 固体滤光器的种类和	

特性	223
----------	-----

§109 无吸收性滤光器	231
--------------------	-----

第十一章 光学系统

§110 光学系统的功用和分 类	236
§111 光学的基本概念和基 本定律	239
§112 透镜系统(折射系 统)	245
§113 光学系统中的光损失 和光学零件的透光处 理	249
§114 反射镜系统(反射系 统)	251
§115 光学系统中物象的失 真	257
§116 复式反射镜系统和反 射镜透镜系统	261

第十二章 红外线通过大

气的情形

§117 大气的成分	266
§118 各种气体和水蒸气对 红外线的吸收	266
§119 散射引起的红外线通 量的减弱	269
§120 红外线通过雾的情 形	271
§121 大气对于红外线的透 明度	271

第十三章 各种军用红外

线仪器

§122 红外线仪器的工作特 点	280
---------------------------	-----

§123 紅外線光学电话	280
§124 紅外線光学閉鎖仪	283
§125 紅外線导航器材	284
§126 紅外線照相	285
§127 热定向仪	291
§128 热自动瞄准装置 和 光 学信管	295

§129 紅外線光学定位器	296
§130 夜視仪器	298
§131 高压供电装置	304
§132 对紅外線敏感的微光 物質	305
§133 發現紅外綫的仪器	307

內 容 提 要

本書系統地闡述紅外線發射、傳播、接收和放大的物理技術問題，介紹一些紅外線儀器，並提供一系列的參考資料。本書還專章講解紅外線儀器在軍事上的運用，並着重地研究某些現象的物理性質。

本書對象是具有中等文化程度的廣大讀者。

(苏联 И.А.Марголин, Н.П.Румянцев 著“Основы инфракрасной техники” военное издательство министерства обороны Союза ССР 1957年第二版)

*

國防工業出版社

北京市書刊出版業營業許可證出字第 074 号
機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 $9\frac{5}{8}$ ·244 千字

1959年2月第一版

1959年2月第一次印刷

印數 1—2,700 册 定價: (11)2.00 元

NO. 2550

目 录

序.....	7	§14 葛利岑-維恩位移定律.....	40
引言.....	9	§15 普朗克辐射的量子定律.....	42
第一章 辐射能基本概念和定义.....	11	§16 绝对黑体的辐射效率.....	40
§1 辐射能.....	11	§17 非黑体辐射.....	48
§2 表示振动过程的量.....	11	第四章 紅外線辐射源.....	50
§3 电磁波谱.....	13	§18 紅外線辐射源的分类.....	56
第二章 能量物理量和照明工程物理量.....	18	§19 白炽灯.....	59
§4 能量物理量.....	18	§20 白炽灯的基本参数.....	59
§5 人眼的某些特性。辐射能的目視測量法.....	22	§21 白炽探照灯泡的构造特点.....	61
§6 照明工程的物理量.....	24	§22 聶尔恩斯特瓷土条灯.....	62
§7 能量单位与照明工程单位的换算.....	29	§23 硅化物辐射器.....	65
§8 辐射能的反射、吸收和透射.....	31	§24 欧爱尔气焰灯.....	65
第三章 热辐射及其基本定律.....	33	§25 电萤光辐射器.....	66
§9 固体的结构.....	33	§26 气体放电的种类.....	68
§10 热辐射。绝对黑体.....	36	§27 辉光放电.....	68
§11 物体的辐射和吸收本领。基尔霍夫定律.....	37	§28 氖灯.....	70
§12 绝对黑体的积分辐射本领。斯志藩-波尔茲曼定律.....	38	§29 鈹諧振灯.....	71
§13 绝对黑体的光谱能量分布。米海里逊, 維恩和萊列亞-治恩斯方程.....	39	§30 鎢弧光灯.....	72
		§31 水銀灯.....	73
		§32 超高压氙氙灯.....	75
		§33 脉冲气体放电灯.....	75
		§34 超高电压水銀灯.....	77
		§35 弧光放电理論的基本概念.....	77
		§36 簡單电弧.....	77
		§37 强力电弧.....	77
		§38 鎢电极点电弧弧光灯.....	77
		§39 長波紅外線电磁辐射器.....	77

第五章 外光电效应光电

管.....95

§40 光电效应和辐射能光电

子指示器的主要种类... 95

§41 外光电效应.....95

§42 外光电效应的基本定律.....96

§43 长波边界和脱出功101

§44 接触电位差102

§45 全光电子放射102

§46 复杂光电阴极的外光电效应103

§47 外光电效应光电管的类型104

§48 外光电效应光电管的基本特性104

§49 光电管的积分灵敏度... 105

§50 光电管的光谱特性107

§51 气体放大107

§52 光电管的光特性109

§53 光电管的电压电流特性111

§54 光电管的频率特性和惯性113

§55 光电管的“光电疲乏” ...114

§56 光电管的灵敏阈115

§57 电压灵敏度117

§58 电流灵敏度118

§59 外光电效应光电管的构造119

§60 电子倍增器120

§61 电子-光学变换器... 126

第六章 内光电效应光电

管(光敏电阻).....133

§62 半导体理论中的基本概念133

§63 半导体的内光电效应 - 135

§64 内光电效应电流136

§65 内光电效应光电管的特性139

§66 光敏电阻的类型140

§67 硒光敏电阻140

§68 硫化铈光敏电阻146

§69 硒碲光敏电阻150

§70 硅光敏电阻150

§71 硫化铋光敏电阻152

§72 硫化铅光敏电阻154

§73 硒化铅光敏电阻155

§74 碲化铅光敏电阻156

第七章 障层光电管.....157

§75 障层光电效应157

§76 障层光电管的等效电路158

§77 障层光电管的构造159

§78 里层光电效应的氧化亚铜光电管160

§79 硫化银光电管162

§80 硫化铈光电管163

§81 硫化铅光电管166

§82 锗光电管167

§83 各种对红外綫敏感的光电管参数比較171

第八章 无选择性的红外綫指示器.....174

§84 无选择性指示器的种类 174

§85 温差电学的基本定律 ...174

§86 温差电池的特性179

§87 温差电池180

§88 电阻辐射计184

§89 热敏电阻192

§90 蒸发照象196

§91 其他类型的无选择性紅
外綫指示器197

第九章 光电流和温差电
动势的放大201

§92 放大器的功用和分类201

§93 放大的限度202

§94 放大器的特性203

§95 电阻耦合低頻放大器206

§96 扼流圈耦合低頻放大
器207

§97 变压器耦合的低頻放大
器207

§98 低頻推挽放大器209

§99 直流放大210

§100 直流直接放大电路210

§101 变直流为交流的直流
放大电路212

§102 光电光学放大器213

§103 测量微量电流的电
子管215

§104 光电流放大器217

第十章 紅外綫滤光器222

§105 滤光器的功用222

§106 滤光器的构造原理和
分类222

§107 滤光器对辐射能的吸
收224

§108 固体滤光器的种类和

特性229

§109 无吸收性滤光器231

第十一章 光学系统236

§110 光学系统的功用和分
类236

§111 光学的基本概念和基
本定律239

§112 透鏡系統 (折射系
統)245

§113 光学系统中的光损失
和光学零件的透光处
理249

§114 反射鏡系統 (反射系
統)251

§115 光学系统中物象的失
眞257

§116 复式反射鏡系統和反
射鏡透鏡系統261

第十二章 紅外綫通过大
气的情形266

§117 大气的成分266

§118 各种气体和水蒸气对
紅外綫的吸收266

§119 散射引起的紅外綫通
量的减弱269

§120 紅外綫通过雾的情
形271

§121 大气对于紅外綫的透
明度271

第十三章 各种軍用紅外
綫仪器280

§122 紅外綫仪器的工作特
点280

- §123 紅外線光学电话280
- §124 紅外線光学閉鎖仪283
- §125 紅外線导航器材.....284
- §126 紅外線照相.....285
- §127 热定向仪.....291
- §128 热自动瞄准装置 和 光
学信管.....295
- §129 紅外線光学定位器.....296
- §130 夜視仪器.....298
- §131 高压供电装置.....304
- §132 对紅外線敏感的微光
物質.....305
- §133 發現紅外綫的仪器.....307

序

紅外線在近廿年来日益广泛地运用于科学、技术和軍事上的各个部門，因此迫切需要使广大讀者熟悉紅外線技术原理及其現代成就。

本書系統地闡述紅外線的發射、傳播、接收和放大的物理技术问题，介紹一些紅外線仪器，并提供了一系列的參考資料。

全書共 13 章，前两章介紹与輻射能量有关的基本概念和定义，以及綜合表征电磁輻射的能量、物理量和照明工程物理量。其他各章分別陈述：热輻射原理，紅外線輻射源及其特性，記錄輻射能的物理技术原理，光电流和温差电动势的放大方法，紅外線滤波器，应用于紅外線的主要光学系統，紅外線在大气中傳播的問題，各种类型紅外線仪器的工作原理和应用範圍。

作者未敢僭望本書能將涉及紅外線技术的所有問題都敘述得完善詳盡，仅力求将近年来在國內外所發表的許多关于紅外線技术的某些單獨問題的零散材料加以系統地綜述。

由于在系統化方面尚有很多困难，本書难免存在一系列的缺点。在本書改版时，採納了对本書評述的意見，作了必要的修改和补充，增添了一些新的章节，以及第一版所沒有的“軍用紅外線仪器”一章。

本書的引言，第一章到第七章，第八章的 §88~90，第十二章和第十三章由 И. А. 馬尔果林执笔；第八章的 §84~87 和 §91，第九章到十一章由 И. П. 魯勉采夫 执笔。

作者預先向对本書提出批評和意見的讀者致謝，并請將批評和意見寄莫斯科軍事出版社編輯部。

И. А. 馬尔果林

引 言

苏联共产党第廿次代表大会关于1956~1960年第六个發展国民經济五年計划的指示中确定，在五年期間將自动裝置的仪器和器材生产增加为3.5倍，其中光学机械仪器为3倍。

在指示中还指出，必須保障生产利用物理学，电子学和无线电技术現代成就的新型器材。

光学机械仪器和某些自动裝置器材中，都用到紅外綫元件。

紅外綫技术是現代物理学中的一个新的部門，包括的問題極為广泛，如：紅外綫的發射、傳播和接收的物理学問題，紅外綫輻射器，指示器（輻射接收器），特殊光学裝置和濾光器的設計和制造技术，这些元件在各种科学研究方面及工业和軍事方面的使用問題等。

紅外綫技术的發展是和苏联卓越的科学家（С. И. 瓦維洛夫，П. Н. 列別捷夫，А. Г. 斯托列托夫）和外国卓越的科学家（格·盖茨，甫·基尔赫果夫，姆·普朗支，阿·爱史捷英）的名字分不开的。

苏联的科学家和工程师М. Л. 維格洛夫，С. А. 維克申斯基，А. А. 格拉哥列娃-阿尔卡捷娃，А. Ф. 約費，Б. П. 科色列夫，Л. А. 庫別茨基，М. А. 列維茨卡婭，П. А. 魯吉爾斯基，Н. Д. 斯米尔諾夫，А. Н. 捷連宁，В. В. 舒連金，И. А. 赫沃斯契科夫，Н. С. 赫連布尼科夫和其他許多人在研究紅外綫技术的某些元件和解决許多复杂的理論問題方面都作了巨大的貢獻。

洛夫斯基，B. M. 楚拉諾夫斯基，И. A. 朔兴，M. A. 尤利耶夫等的主导參予下設計制成的，在一系列参数上都比外国的优越。

在偉大的苏联共产党领导下，苏联科学家、工程师、技术人员和工人——生产革新者们无穷无尽的創造积极性，在科学和技术的所有领域中必然收到卓越的成效。毫无疑问，在最近几年中紅外線技术的发展定将获得新的巨大的成就。

第一章 輻射能基本概念和定义

§1 輻射能

可見和不可見射綫輻射出的能量，称为輻射能。在波譜的可見部分的輻射（可見射綫）称为光。

現代物理学認為輻射能是同时具有波动特性和量子特性的物質微粒流。因而，輻射能的性質与其他电磁輻射一样，具有双重特性：一，波动特性，这种特性能使輻射能在空气中傳播；二，輻射能量子特性，它在輻射和吸收过程中可表現出来。所以輻射能可用波动参数和量子参数表示。波动参数有：振动周期或振动頻率、波長和傳播速度。量子参数就是能量子的物理量。

波动参数与量子参数間的关系是能量子的物理量与振动頻率成正比。

同类輻射能，即以固定頻率或波長来表示的能量，称为單色輻射能。在有各种波長的寬大波譜段上輻射的輻射能，称为非同類輻射能。实际上所有物体均放射非同類輻射能。

如果輻射能被擋在它傳播道路上的物体吸收，那么輻射能就轉变为其他形式的能——热能、电能、化学能，并严格遵守着能量守恒定律。

輻射能用尔格、焦耳和卡作測量單位。这些單位間的关系見表1。

§2 表示振动过程的量

电磁振动也是用与机械振动相同的基本量来表示。

如果有一个点对平衡位置作諧振动，那么在任意时刻，偏离平衡位置的量 y 可以由下式求得：

表 1 能量單位換算表

單 位	尔 格	焦 耳	千焦耳	卡	大 卡
1 尔格	1	10^{-7}	10^{-10}	2.39×10^{-8}	2.39×10^{-11}
1 焦耳	10^7	1	10^{-3}	0.239	2.39×10^{-4}
1 千焦耳	10^{10}	10^3	1	239	0.239
1 卡	4.18×10^7	4.18	4.18×10^{-3}	1	10^{-3}
1 大卡	4.18×10^{10}	4.18×10^3	4.18	10 ³	1

$$y = A \cos\left(-\frac{t}{T}2\pi + \varphi\right); \quad (1)$$

式中 A ——振幅（离开平衡位置的最大值）；

T ——振动周期（全振动一次的时间）；

φ ——初相位（在开始时间 $t = 0$ 时离开平衡位置的量）。

記時間 t 于橫軸，記偏离量 y 于縱軸，就可以得到諧振動曲綫（圖 1）。

宗量 $(2\pi\frac{t}{T} + \varphi)$ 称为在時間 t 时的相位。每經過一个周期，即 t 等于 $T, 2T, 3T, \dots$ 时偏离量 y 的符号和大小都相等，例如在圖中的 t_1 和 t_2 处，亦即振动相位相同。

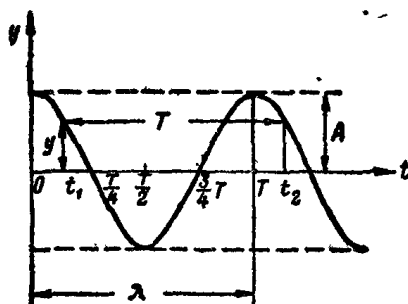


圖 1 諧振動曲綫

單位時間內的全振動次數称为振动頻率 ν 。这个物理量是周期的倒数。振动頻率的單位用赫——每秒全振动一次。

表示振动（波动）在某种介質中傳播情形的物理量有：

波長 λ ：振幅相同而相位相差一周期 T 的最近兩点之間的距离；

波动傳播速度 v ：等于單位時間內傳播的距离：

$$v = \frac{\lambda}{T}. \quad (2)$$

在折射率为 n 的介質中，波动的傳播速度

$$v = \frac{c}{n}, \quad (3)$$

式中 c 是光在折射率 $n = 1$ 的介質中的傳播速度，等于 299792.9 ± 0.8 公里/秒。

波長 λ 、光速 c 、周期 T 和頻率 ν 有以下关系：

$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu} \quad (4)$$

电磁波有非常寬的波段范围，因此除量度无线电波的长度單位（米（ m ）、厘米（ cm ）、毫米（ mm ））外，在波譜的短波范围还使用另外一些單位，如微米（ μ ），毫微米（ $m\mu$ ），埃（ $\text{\AA}$ ），“X”單位（ X ）。这些單位之間的关系見表 2。

表 2 波長單位換算表

單 位	m	cm	mm	μ	$m\mu$	$\text{\AA}$	X
1 m	1	10^2	10^3	10^6	10^9	10^{10}	10^{13}
1 cm	10^{-2}	1	10	10^4	10^7	10^8	10^{11}
1 mm	10^{-3}	10^{-1}	1	10^3	10^6	10^7	10^{10}
1 μ	10^{-6}	10^{-4}	10^{-3}	1	10^3	10^4	10^7
1 $m\mu$	10^{-9}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-3}	1	10	10^4
1 $\text{\AA}$	10^{-10}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-4}	10^{-1}	1	10^3
1 X	10^{-13}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-7}	10^{-4}	10^{-3}	1

§3 电磁波譜

所有电磁波构成波長由 1×10^{-11} 厘米到 3×10^{10} 厘米的电磁波譜。波譜規定分为若干有部分相重叠的單獨波段。

圖 2 是用对数尺表示的电磁波譜。表 3 也列出了分为單獨波段的波譜。

丙种射线是电磁波譜中波長最短的射线，是由放射性元素辐射出来的。

倫琴射线是固体受高速电子撞击时放射出的非常短的电磁波，它有很强的贯穿本领，对人的身体作用强烈。

紫外线波段介于倫琴射线和可見光之間。电弧及石英灯和水银灯，是良好的紫外线辐射源。