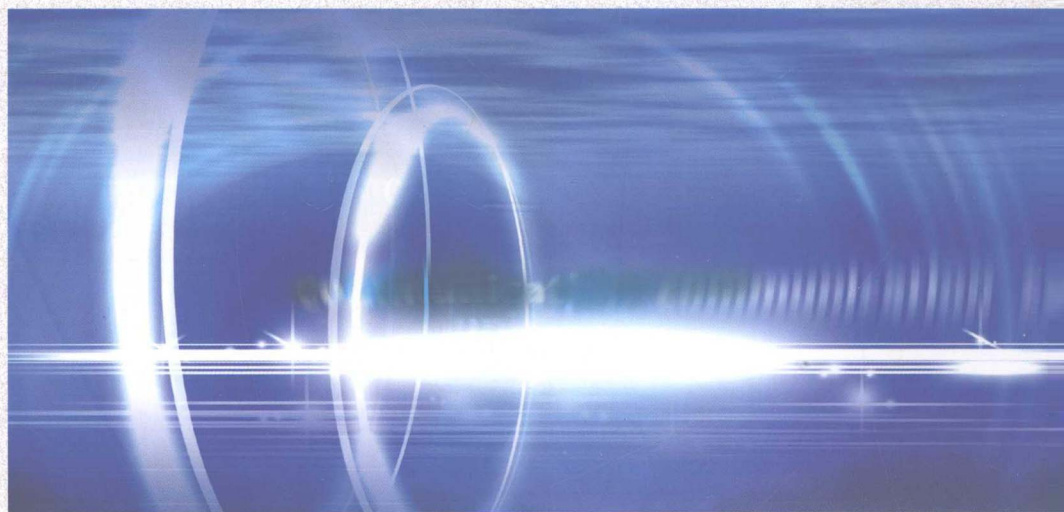


NANMIGUANG

TONGXIN
JISHU YU YINGYONG

纳米光通信 技术与应用

王廷尧 编著



本书特色：

1. 介绍了进入新世纪以来光通信领域引入的各类新技术；
2. 融入了国内外关于纳米光通信和测量技术相关的最新技术成就及最新标准规范；
3. 描述了应用纳米光通信（NOC）技术建设通信网络工程的设计与施工验收等技术程序。



国防工业出版社

National Defense Industry Press

纳米光通信技术与应用

王廷尧 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书扼要地介绍了在浩瀚宇宙中通信与物质密不可分的关系,包括在地球范围内或遥远的太空中的所有通信都是物质的通信,其涉及到极其广阔的内涵,从而揭示出光通信所处的地位与意义;阐述了进入21世纪以来光通信发展中遇到的挑战和困惑,无线光接入,特别是光计算、神经网络和纳米技术等先进技术。同时书中用主要篇幅介绍了21世纪纳米光通信技术与应用,描述了纳米光通信的基本概念、传输介质、元器件和网元设备及关键技术、测量技术和纠错码在纳米光通信中的应用等;论述了纳米光通信系统的优越性及其局限性,并给出了中微子通信的发展前景。

本书可作为大专院校相关专业师生和从事纳米技术、网络工程、纳米光通信工程技术人员的学习参考书,也可作为有关院所工程技术人员从事工程设计、测量的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

纳米光通信技术与应用 / 王廷尧编著. —北京:
国防工业出版社, 2011. 9
ISBN 978-7-118-07636-3

I. ①纳... II. ①王... III. ①纳米技术-应用-光
通信 IV. ①TN929. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 179702 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 24½ 字数 603 千字

2011 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 55.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

本书首先扼要地介绍了在浩瀚的宇宙中通信与物质密不可分的关系,包括在地球范围内或遥远的太空中的所有通信都是物质的通信,其涉及到极其广阔的内涵,从而揭示出光通信所处的地位与意义;接着阐述了进入 21 世纪以来光通信发展中遇到的挑战和困惑,已成为光通信发展的障碍,这其中包括光纤传光性能和光电子器件的局限性及通信制式遇到的挑战等。新技术的引入,特别是无线光接入、光计算、神经网络和纳米技术等先进技术的引入为 21 世纪光通信领域的发展注入了新的活力,为光通信的发展展示了令人鼓舞的美好前景。

纳米光通信是纳米技术与纳米材料,甚至于智慧纳米机器人在光通信领域的应用。纳米光通信技术的开发不仅可将地球范围内的各类通信网络融为一体,而且为在浩瀚的宇宙空间的星际通信创造了条件,成为 21 世纪人类关注的焦点。

在地球范围内的光通信包括空中、海底光纤通信与无线光通信,其纳米技术与纳米材料,甚至于智慧纳米机器人在光通信领域的应用,使之发生惊人地变化。

纳米光纤通信使用的最先进纳米光纤,可传输的光信号几乎可涵盖整个光波段,其传输损耗趋近于零;使用的纳米光纤激光器发射光束的能量密度呈量级增大,因而在网络中间不再需要中继放大装置;其网络的高可靠性能使之不再需要转换设备;由于智慧纳米机器人用于网络管理与维护,使网络“永远”处于最佳工作状态;网络的可靠性与工作寿命呈量级增大等。

纳米无线光通信更可为人类创造出极其理想的通信世界来。纳米无线光通信有着巨大优越性,其中至少可包括下述几点:在大气层中的纳米无线光通信,使用纳米激光器发射光束的能量密度可呈量级增大;其使用的纳米光学透镜组可使发射进入传输空间的光束更加精细,其光能量密度非常高,从而大幅度提高了网络的传输距离。在海底的纳米海底光缆通信系统,可方便地采用其能量很少被海水吸收的蓝绿光(其波长约为 400nm ~ 600nm)作为传输信息的载体,从而实现长距离的海底无线光通信;强大的纳米激光束可从海底的军事潜艇直接发送到空中的卫星上,再也不需要为发射信号要求深水潜艇浮出水面了。

银河系至少存在 300 亿个以上的星体,这其中至少有 5 亿个星体有类似于地球的环境(可能供人类居住)。在广阔的宇宙空间中,类似于银河系的星系还至少有 1000 个以上。这表明,在极为广阔的宇宙中存在着“数不清”的适合于人类居住的星体。

要实现地球上人类与其他有人类存在的星体的通信联络,就目前地球上人类所掌握的通信手段仅有以暗物质中的中微子作为信息载体的中微子通信和以光作为信息载体的纳米光通信。前者的开发与应用还是相当遥远的事情,很自然星际之间通信的重担目前就只能依靠纳米光通信技术了。

综上所述,纳米光通信技术不但可将地球范围内各类通信融为一体,而且还可应用到宇宙

通信之中,实现地球与各星体之间的通信。可见,研究纳米光通信技术有多么深刻的意义。

将纳米技术引入光通信领域,构成纳米光通信在21世纪里具有划时代的深刻意义。许多人宣称,21世纪通信领域将从半导体技术时代进入到纳米技术时代,在光通信领域必将引起极其深刻的变革。

实现纳米光通信技术,需要充分地掌握纳米技术与纳米材料,甚至于智慧纳米机器人的理论基础和实际应用手段。因此,在本书中首先运用一定篇幅对纳米技术与纳米材料进行了阐述,并介绍了神经网络与其武装起来的智慧纳米机器人的运用。

在进入21世纪以来,在国内外关于光通信领域引入的新技术,特别是纳米光通信技术的进展和应用方面的文章种类繁多,但是由于篇幅所限,都只能从某个侧面作介绍,而不可能系统地、全面地进行描述。在国内,还没有发现21世纪以来关于纳米光通信技术领域方面的专著。为此,编著了本书,向读者系统、全面地介绍纳米光通信技术,借以为我国21世纪纳米光通信技术的发展提供支持,尽管其作用可能是微不足道的。本书是在作者长期从事光通信技术、设备和系统工程的研究、试制与生产,特别是在已编著出版多部关于光通信专著的基础上,又翻阅了大量国内外最新科技资料,进行翻译、整理,从中吸取精华编写而成。这其中还有作者创造性的科学实践,值得欣慰的是其中部分技术已应用于国防工程设备中,并为祖国安全发挥了作用。能把这部分内容写入书中,不仅可为读者提供从实践得来的珍贵知识,并且对于作者本人也是一种安慰。

本书反映了人类进入21世纪以来在纳米光通信技术领域取得的新进展,书中首先扼要说明了进入21世纪以来光通信发展中遇到的挑战和困惑,指出无线光接入,特别是光计算、神经网络和纳米技术等先进技术的引入为新世纪光通信领域的发展注入了新的活力。接着本书用主要篇幅介绍了21世纪纳米光通信技术的进展与应用,描述了纳米光通信的基本概念、采用的传输介质、元器件和网元设备及关键技术、测量技术和纠错码在纳米光通信技术中的应用等。最后,论述了纳米光通信系统的优越性及其局限性,并给出了中微子(通信发展的美好前景。

本书全面、系统、扼要地介绍了进入21世纪以来光通信领域引入的各类新技术,特别是用主要篇幅介绍了纳米光通信技术的基础理论与应用及相关的测量技术;本书融入了国内外关于纳米光通信和测量技术相关的最新尖端技术成就及最新标准规范,例如,空间无线光通信与光量子通信新技术、海底无线蓝绿激光通信技术,神经网络与纳米技术在光通信网中的应用等;本书介绍了应用纳米光通信技术建设通信网络工程的设计与施工验收等技术程序;本书最后还扼要地描述了光通信的局限性并阐述了以暗物质中微子作为信息载体的中微子通信实现宇宙星际之间通信的美好前景,同时也表明其开发与应用还是相当遥远的事情。

本书在编写过程中得到南开大学博士生导师董孝义教授和天津大学博士生导师李世忱教授及天津光电集团总工程师李续和杨晓波高级工程师等的热情关怀与支持。此外,还得到天津光电捷联通信技术有限公司张同友总经理、天津欧迈通信技术有限公司冯建春总经理、天津津泰电子有限公司籍生才董事长与潘文柱总经理、天津恒光科技有限公司总经理马克城高级工程师等人的全力支持,在此一并致谢。最后要特别感谢国防工业出版社王京涛同志及有关编辑人员的热情支持及悉心指导,为本书的顺利出版提供了条件。

本书作为通信领域的光通信高科技读物,其主要读者对象是大专院校相关专业的广大师

生和从事纳米技术、网络工程领域的光通信工程技术人员；也可作为工程设计院、通信研究所和通信工程公司有关技术人员一部理论结合实际纳米光通信网络测量技术、进行设计和施工的参考书。

参加本书编写工作的还有许书云、王燊、柏媪、王奕、李丽津、周剑波、胡范春、王艳芬、顾丽云、张同友与胡乃和等同志。

由于时间仓促和编者水平有限，书中难免有不当甚至疏漏之处，敬请专家、学者和广大读者批评指正。

编著者

2011年5月于天津光电集团有限公司

目 录

| | |
|-----------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 通信与相关物质的基本概念 | 1 |
| 1.2 正物质及其相应的通信形式 | 2 |
| 1.3 反物质及其相应的通信形式 | 2 |
| 1.4 暗物质及其相应的通信形式 | 2 |
| 1.5 暗能量的基本概念 | 6 |
| 第 2 章 现行光纤通信发展中遇到的难题与新制式的崛起 | 7 |
| 2.1 现行光纤通信发展中遇到的难题和困惑 | 7 |
| 2.1.1 光纤传光性能的限制 | 7 |
| 2.1.2 光电子器件的局限性 | 7 |
| 2.1.3 现行光纤通信制式遇到的挑战 | 7 |
| 2.2 光纤通信新制式的崛起 | 8 |
| 2.2.1 新型复用光纤通信进入实用化 | 8 |
| 2.2.2 相干光通信和光孤子通信的飞速发展 | 9 |
| 2.2.3 从经典光通信到量子光通信的过渡 | 9 |
| 第 3 章 21 世纪光通信采用的几种新技术 | 12 |
| 3.1 神经网络及在光通信领域的应用 | 13 |
| 3.1.1 神经网络的基本概念 | 14 |
| 3.1.2 神经网络的分类 | 15 |
| 3.1.3 神经网络在通信网中应用的实例 | 18 |
| 3.1.4 结束语 | 22 |
| 3.2 纳米技术及其在光通信领域的应用 | 23 |
| 3.2.1 纳米技术的基本概念 | 23 |
| 3.2.2 纳米技术的分类 | 24 |
| 3.2.3 纳米技术的发展简史 | 25 |
| 3.2.4 纳米技术的应用领域 | 26 |
| 3.2.5 运用纳米技术的风险评估 | 27 |
| 3.3 纳米机器人 | 28 |
| 3.3.1 机器人的基本概念 | 28 |
| 3.3.2 纳米机器人 | 31 |

| | | |
|------------|---------------------|-----------|
| 3.3.3 | 智慧纳米机器人 | 32 |
| 3.3.4 | 纳米机器人的应用 | 32 |
| 3.3.5 | 运用纳米机器人带来的危险 | 34 |
| 3.3.6 | 世界各国机器人的发展概况 | 34 |
| 3.3.7 | 我国机器人的发展概况 | 35 |
| 3.3.8 | 应用机器人的美好前景 | 36 |
| 第4章 | 纳米光通信的基本概念 | 37 |
| 4.1 | 纳米光通信概述 | 37 |
| 4.1.1 | 光通信采用的信息载体 | 37 |
| 4.1.2 | 纳米光通信 | 39 |
| 4.2 | 纳米光通信的发展简史 | 40 |
| 4.3 | 纳米光通信的分类 | 41 |
| 4.3.1 | 按光存在的形式分类 | 41 |
| 4.3.2 | 按网络的配置位置分类 | 43 |
| 4.3.3 | 按使用的传输介质分类 | 44 |
| 4.4 | 纳米光通信采用的复用体制 | 45 |
| 4.5 | 纳米光通信传输系统组成 | 45 |
| 4.5.1 | 光传输设备 | 45 |
| 4.5.2 | 传输介质 | 46 |
| 4.5.3 | 系统主要性能指标 | 46 |
| 4.6 | 纳米光通信采用的调制解调技术 | 46 |
| 4.6.1 | 一般的调制方式 | 46 |
| 4.6.2 | 现行的光纤网络采用的调制方式 | 47 |
| 4.6.3 | 将相干光通信系统技术引入纳米光纤通信网 | 49 |
| 4.7 | 纳米光通信系统的主要性能 | 50 |
| 4.7.1 | 接入介质 | 50 |
| 4.7.2 | 多址接入技术 | 50 |
| 4.7.3 | 信息压缩技术 | 54 |
| 4.7.4 | 光电器件与集成技术 | 54 |
| 4.8 | 纳米光通信网络的拓扑结构 | 55 |
| 4.8.1 | 总线(母线)型拓扑 | 55 |
| 4.8.2 | 环路形拓扑 | 56 |
| 4.8.3 | 星形拓扑 | 57 |
| 4.8.4 | 各种拓扑结构的比较 | 59 |
| 第5章 | 纳米光通信使用的纳米材料 | 61 |
| 5.1 | 纳米材料概述 | 61 |
| 5.1.1 | 纳米材料的基本概念 | 61 |
| 5.1.2 | 纳米材料的分类 | 62 |

| | | |
|------------|-----------------------|-----------|
| 5.1.3 | 纳米材料的发展简况 | 63 |
| 5.1.4 | 纳米材料的重要性 | 64 |
| 5.2 | 纳米材料的特性 | 64 |
| 5.2.1 | 纳米材料的性能 | 65 |
| 5.2.2 | 纳米材料的特殊性质 | 65 |
| 5.2.3 | 纳米材料的四大效应 | 66 |
| 5.3 | 纳米材料的热点领域 | 67 |
| 5.4 | 纳米微细材料制造的工艺 | 69 |
| 5.5 | 目前世界纳米材料发展综述 | 69 |
| 5.6 | 我国纳米材料发展综述 | 71 |
| 5.7 | 纳米材料的应用 | 72 |
| 5.8 | 纳米材料在光通信领域的应用 | 76 |
| 第6章 | 纳米光通信采用的传输介质 | 80 |
| 6.1 | 现行光通信采用的传输介质 | 80 |
| 6.1.1 | 一般光纤通信系统采用的光纤光缆 | 80 |
| 6.1.2 | 海底光纤通信系统采用的光纤光缆 | 85 |
| 6.1.3 | 无线光传输系统采用的大气传输介质 | 86 |
| 6.1.4 | 海底无线光通信传输系统采用的海水传输介质 | 92 |
| 6.2 | 纳米光通信采用的纳米光纤传输介质 | 93 |
| 6.3 | 纳米无线光传输系统的传输介质 | 97 |
| 第7章 | 一般光通信所采用的光电子器件 | 99 |
| 7.1 | 电子学与光电子学的基本概念 | 99 |
| 7.2 | 现行光通信使用的光电子器件的分类 | 100 |
| 7.3 | 现行光通信中采用的几类主要光无源器件 | 100 |
| 7.4 | 现行光通信采用的光有源器件 | 103 |
| 7.4.1 | 现行光通信系统采用的光源器件 | 103 |
| 7.4.2 | 现行光通信系统采用的半导体发光二极管 | 104 |
| 7.4.3 | 现行光通信系统采用的半导体激光二极管 | 107 |
| 7.5 | 现行光通信采用的光检测器件 | 113 |
| 7.6 | 现行光通信采用的光调制器 | 115 |
| 7.6.1 | 关于调制的基本概念 | 115 |
| 7.6.2 | 光通信中采用的调制方式 | 116 |
| 7.6.3 | 光通信中的光调制器件 | 119 |
| 7.6.4 | 国内外光通信调制器技术的进展 | 121 |
| 7.7 | 现行光通信系统采用的光放大器 | 121 |
| 7.7.1 | 概述 | 121 |
| 7.7.2 | 掺铒光纤放大器 | 124 |
| 7.7.3 | 光纤喇曼放大器 | 127 |

| | | |
|-------------|-------------------------------|------------|
| 7.7.4 | 光放大器在光纤通信中的应用 | 129 |
| 7.8 | 光通信系统采用的光存储器件 | 131 |
| 第8章 | 纳米光通信所采用的纳米光电子器件 | 133 |
| 8.1 | 纳米电子学与纳米光电子学的基本概念 | 133 |
| 8.2 | 纳米光通信采用的纳米器件 | 134 |
| 8.3 | 可用于纳米光通信的纳米激光器件 | 135 |
| 8.4 | 用于纳米光通信的光电子器件 | 138 |
| 8.4.1 | 用于纳米光通信的纳米发光二极管 | 138 |
| 8.4.2 | 用于纳米光通信的纳米光检测器件 | 138 |
| 8.4.3 | 用于纳米光通信的纳米共振隧道器件 | 139 |
| 8.4.4 | 用于纳米光通信的纳米光开关 | 139 |
| 8.4.5 | 用于纳米光通信的纳米存储器 | 140 |
| 8.4.6 | 纳米光电子器件制造技术 | 141 |
| 8.4.7 | 用于纳米光通信的纳米显示器 | 142 |
| 8.4.8 | 用于纳米光通信的纳米光电子器件的发展趋势 | 142 |
| 8.5 | 光子晶体器件 | 143 |
| 8.6 | 亚波长光学器件 | 144 |
| 8.7 | 在纳米光通信中使用的其他新型元器件 | 145 |
| 第9章 | 纳米光通信采用的网元设备 | 147 |
| 9.1 | 现行光纤通信网络采用的传统设备 | 147 |
| 9.1.1 | 现行光通信采用的光发射机 | 147 |
| 9.1.2 | 现行光通信采用的光接收机 | 158 |
| 9.1.3 | 现行光通信采用的光中继器 | 164 |
| 9.2 | 现行数据传输网络采用的传统设备 | 170 |
| 9.3 | 纳米光通信中采用的纳米设备 | 172 |
| 9.3.1 | 纳米光通信采用的光发射机 | 172 |
| 9.3.2 | 纳米光通信采用的光接收机 | 173 |
| 9.3.3 | 纳米光通信采用的纳米光中继器 | 173 |
| 9.3.4 | 纳米光通信采用的纳米终端设备与上/下路设备 | 174 |
| 9.4 | 纳米数据传输网络中采用的纳米光通信设备 | 174 |
| 9.5 | 纳米光通信设备的优良性能 | 175 |
| 第10章 | 纳米复用光通信技术的进展 | 176 |
| 10.1 | 复用光通信的基本概念 | 176 |
| 10.2 | 复用光通信技术的分类 | 176 |
| 10.3 | 几种复用技术的比较 | 179 |
| 10.4 | 波分复用技术 | 179 |
| 10.4.1 | 波分复用网络技术的基本概念 | 180 |

| | | |
|---------------|-------------------------|------------|
| 10.4.2 | WDM 网络的主要技术性能 | 193 |
| 10.4.3 | 光监控信道的实现 | 194 |
| 10.4.4 | 国际上 WDM 技术标准规范 | 194 |
| 10.4.5 | WDM 光纤网络的主要特点 | 196 |
| 10.4.6 | 结束语 | 199 |
| 10.5 | 光时分复用技术 | 200 |
| 10.5.1 | 基本概念 | 200 |
| 10.5.2 | OTDM 系统组成 | 200 |
| 10.5.3 | OTDM 系统网元设备 | 202 |
| 10.5.4 | OTDM 复用器技术 | 203 |
| 10.5.5 | OTDM 系统的特点 | 205 |
| 10.6 | 码分复用技术 | 206 |
| 10.6.1 | 码分复用技术的基本概念 | 206 |
| 10.6.2 | 光码分复用技术的基本概念 | 214 |
| 第 11 章 | 纳米光通信网络系统采用的关键技术 | 220 |
| 11.1 | 在光通信中应用的纳米技术与纳米材料 | 220 |
| 11.2 | 在光通信中应用的神经网络与纳米机器人技术 | 221 |
| 11.3 | 在光通信中应用的光复用技术 | 222 |
| 11.4 | 在光通信中应用的光量子技术 | 223 |
| 11.5 | 在光通信中应用的无线光接入技术 | 224 |
| 11.6 | 在光通信中应用的星际通信系统技术 | 225 |
| 第 12 章 | 各类纳米光通信网络 | 227 |
| 12.1 | 现行光通信中经常使用的几类网络 | 227 |
| 12.2 | 纳米光通信网络的分类 | 228 |
| 12.3 | 现行光通信网络的组成 | 229 |
| 12.3.1 | 光纤通信网的组成 | 229 |
| 12.3.2 | 地面上无线光通信系统的基本组成 | 230 |
| 12.3.3 | 海底光缆通信系统的基本组成 | 230 |
| 12.3.4 | 海底无线光通信系统的基本组成 | 235 |
| 12.4 | 现行光通信各类网络主要性能 | 238 |
| 12.4.1 | 光纤通信网的主要性能 | 239 |
| 12.4.2 | 无线光通信网络系统的主要性能 | 241 |
| 12.4.3 | 几种解决移动无线光通信存在问题的措施 | 249 |
| 12.5 | 纳米光通信网络 | 250 |
| 12.5.1 | 纳米光通信网络的分类方法 | 250 |
| 12.5.2 | 纳米光通信网络的组成 | 251 |
| 12.5.3 | 纳米光通信各类网络的主要性能 | 251 |
| 12.5.4 | 纳米光通信网络的主要特点 | 252 |

| | | |
|---------------|-------------------------------|-----|
| 第 13 章 | 纳米无线光通信技术在星际通信中的应用 | 254 |
| 13.1 | 概述 | 254 |
| 13.2 | 星际微波通信系统 | 255 |
| 13.2.1 | 甚小口径天线地球站通信卫星系统 | 255 |
| 13.2.2 | “铱”星系统 | 256 |
| 13.2.3 | 全球星系统 | 257 |
| 13.3 | 一个卫星光外差通信系统工作原理的描述 | 259 |
| 13.4 | 星际光通信系统的主要性能指标 | 260 |
| 13.5 | 星际光通信系统实例 | 261 |
| 13.6 | 星际光通信系统的优越性 | 262 |
| 13.7 | 星际光通信系统的关键技术 | 264 |
| 13.8 | 卫星光通信与微波通信之转换方法 | 266 |
| 13.9 | 星际光通信发展现状 | 267 |
| 13.9.1 | 欧洲空间局的星际光通信系统 | 267 |
| 13.9.2 | 美国的卫星与地面站间激光通信系统试验 | 268 |
| 13.9.3 | 日本 | 268 |
| 13.10 | 应用纳米技术为星际光通信展现的美好前景 | 269 |
| 第 14 章 | 纳米光通信中的相关标准 | 270 |
| 14.1 | 现行光通信中采用的相关技术标准 | 270 |
| 14.1.1 | 现行光通信中采用标准的相关技术标准机构 | 270 |
| 14.1.2 | 现行光通信中采用的电信网相关技术标准 (ITU-T) | 270 |
| 14.1.3 | 现行光通信数据网标准中的主要传输性能参数 | 273 |
| 14.1.4 | 现行光通信中数据网采用的相关技术标准 | 274 |
| 14.1.5 | 现行光通信中采用的技术标准 ITU-T 与 IEEE 关系 | 283 |
| 14.2 | 与纳米光通信相关的纳米技术标准 | 287 |
| 14.3 | 我国纳米标准化工作 | 289 |
| 14.4 | 纳米光通信的可靠性和安全保密性措施 | 289 |
| 14.4.1 | 现行光缆通信网络的安全保密措施 | 289 |
| 14.4.2 | 纳米光通信的安全保密措施 | 290 |
| 第 15 章 | 纳米光通信中采用的测量技术 | 291 |
| 15.1 | 现行光缆通信中采用的测量技术 | 291 |
| 15.1.1 | 概述 | 291 |
| 15.1.2 | 现行光缆通信中采用的测量技术 | 291 |
| 15.1.3 | 现行光缆通信中采用的测量仪器仪表 | 292 |
| 15.2 | 一般光通信系统使用的测试仪器 | 301 |
| 15.3 | 现行无线光通信中采用的测量技术 | 301 |
| 15.3.1 | 无线光通信网络产品的测量技术 | 302 |

| | | |
|---------------|---------------------------------|------------|
| 15.3.2 | 无线光通信网络工程的总体调试 | 303 |
| 15.3.3 | 光通信网络的系统测试实例 | 306 |
| 15.4 | 一般光通信系统使用的测试仪器 | 310 |
| 15.5 | 虚拟测量仪器的基本知识 | 311 |
| 15.5.1 | 虚拟仪器测量技术的基本概念 | 311 |
| 15.5.2 | 虚拟测量仪器技术的发展与其虚拟测量仪器的组成 | 312 |
| 15.5.3 | 虚拟测量仪器技术的优越性 | 312 |
| 15.6 | 纳米光通信系统采用的测量技术 | 313 |
| 15.6.1 | 纳米光通信采用的测量测试技术 | 314 |
| 15.6.2 | 纳米光通信测试测量仪器仪表 | 316 |
| 第 16 章 | 纠误码在纳米光通信中的应用 | 321 |
| 16.1 | 概述 | 321 |
| 16.2 | 纠误编码的基本概念 | 322 |
| 16.2.1 | 分组编码 | 322 |
| 16.2.2 | 奇偶监督码与汉明码 | 322 |
| 16.2.3 | 反馈移位寄存器的多项式描写 | 323 |
| 16.2.4 | 循环编码 | 324 |
| 16.2.5 | 交错编码 | 325 |
| 16.3 | 纠误编码在空中纳米无线光通信中的应用实例 | 327 |
| 16.3.1 | 交错延迟十单位自动纠误无线光用户接入网的设计 | 327 |
| 16.3.2 | 交错延迟十单位自动纠误编码技术在无线光网络中的应用 | 332 |
| 16.4 | 结束语 | 333 |
| 第 17 章 | 纳米光通信网络的建设与管理 | 334 |
| 17.1 | 纳米光通信网络的工程设计 | 334 |
| 17.1.1 | 纳米光通信网络的初步工程设计 | 334 |
| 17.1.2 | 光通信网络工程的施工设计文件 | 335 |
| 17.2 | 纳米光通信网络工程的施工与验收 | 338 |
| 17.2.1 | 纳米光通信网络工程的施工 | 338 |
| 17.2.2 | 光通信网络工程中的测量技术 | 339 |
| 17.2.3 | 光通信网络工程的验收 | 342 |
| 17.3 | 光通信网络工程的维护与管理 | 343 |
| 17.3.1 | 网络管理的基本概念 | 343 |
| 17.3.2 | 管理标准接口 | 343 |
| 17.3.3 | 网络管理使用的 SNMP | 344 |
| 17.3.4 | 管理数据库 | 345 |
| 17.3.5 | SNMP 管理与安全性 | 346 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 第 18 章 光通信的局限性和中微子通信发展的美好前景 | 348 |
| 18.1 现行光通信的局限性 | 348 |
| 18.2 纳米光通信的优越性能与局限性 | 348 |
| 18.2.1 纳米光通信的优越性 | 348 |
| 18.2.2 纳米光通信存在的局限性 | 353 |
| 18.3 通信的基本概念 | 355 |
| 18.3.1 通信的定义及发展 | 355 |
| 18.3.2 物质的基本概念 | 355 |
| 18.4 中微子通信技术 | 357 |
| 18.4.1 中微子的基本知识 | 357 |
| 18.4.2 中微子通信 | 358 |
| 18.4.3 中微子(通信)的发展简史 | 358 |
| 18.4.4 中微子通信系统的优越性 | 359 |
| 18.5 中微子通信系统的试验与应用 | 359 |
| 18.5.1 中微子通信系统试验实例 | 359 |
| 18.5.2 中微子通信系统的应用 | 360 |
| 18.5.3 中微子通信系统存在的谜团 | 361 |
| 18.6 几类通信存在的问题 | 361 |
| 附录 英汉缩略语对照 | 362 |
| 参考文献 | 375 |

第1章 绪论

在这一章里,首先扼要地介绍了通信的基本概念,并对于在宇宙中存在的三类物质及其相应的通信类型做扼要的描述,以便对本书所介绍的纳米光通信(NOC, Nano Optical Communication)技术与应用有更深入地认识,明确纳米光通信在地球范围内,甚至于在整个宇宙通信中所处的地位。从中更好地理解纳米光通信的优越性、局限性和在整个宇宙中引入更适合的通信形式的必要性。

1.1 通信与相关物质的基本概念

1. 通信的定义

通常对通信的解释:在世界上,所有通信都是物质世界信息的传送与交换,目的是传输消息;此外,也可将通信定义为按照达成的协议,实现信息在人、地点、进程和机器之间进行的传送。要实现通信必须具备的三要素是要求传输的信息、传输信息的载体和此载体传输的通道。此外,作为通信系统还必须有信息的发送者和接收者。在地球范围内的通信其信息的发送者和接收者(或称收发站点)自然都是在地球范围之内,但是地球范围内与地球范围外的浩瀚宇宙之间的通信在地球范围外必须设有其发送者和接收者(或称收发站点)。

无论是在地球范围之内还是在浩瀚宇宙之间的通信,它们共同的特点是都离不开物质,所有通信都是物质的。因此,在研究各类通信中首先对构成通信系统的物质必须有较清楚地认识。为此,下面就物质的分类、基本概念等首先做扼要的介绍。

2. 通信的分类

通信分类的方法有多种,按通信所处的地域、通信所采用的技术、通信所采用的信息载体的存在形式、通信的信息载体所经历的传输介质和通信物质的类型等进行分类。

按通信所处的地域可将其分为地球范围内的通信、地球范围外的通信两大类。地球范围外的通信至少应包括地球与其他星体之间的通信、各星系之间的通信、各类物质之间的通信等,下面将从物质的类型出发给出通信地具体描述。

3. 物质的基本概念

由于通信是物质的通信,要深入地了解通信的基本概念、分类及主要性能与应用,首先应对物质本身有一定的认识。在这里,就在宇宙中物质存在的三类物质及其相应的通信类型做扼要的介绍。

从物质的基本概念出发,这里的所称物质都是不依赖于人类意识的客观存在,是独立于人类的意识之外的客观实在。物质是构成宇宙万物的实物、场等客观事物,也是能量的一种聚集形式。总之,我们周围所有的客观存在都是物质的。物质是各种事物共同具有的客观实在,是各种具体事物共同具有的客观实在性的规定和组成部分。物质也是标志客观实在的哲学范畴,物质唯一属性就是客观实在性。一切物质都具有时间、空间及数量的共同属性(共性)。

我们所接触到的物质通常可分为三类:① 能量类物质,如光、磁场、电场等,这些是最原始

的物质;② 时空类物质,如黑洞(BH, Black Hole)等,这些是由于原始物质运动而产生出来的物质运动现象;③ 形象类物质,如房屋、树木、山水等,人们一般所认识的是指这类物质。在整个宇宙中,物质存在着正物质(PM, Positi-Matter)、反物质(AM, Anti Matter)和暗物质(DM, Dark Matter)三种,对应地存在三类通信形式。

1.2 正物质及其相应的通信形式

正物质即是人们一般所熟识的物质,如石头,树木,水等。正物质的结构组成由分子构成,分子由原子构成,原子由带正电荷的原子核和外层带负电荷的电子构成。正物质可分为具体和抽象物质两类,这些不再重述。在正物质中的通信正是我们所熟悉的几类通信,即是可按传输介质(导线、电缆、光缆、波导、纳米材料等有线通信和微波、短波、移动、卫星、散射等无线通信)、传输信号类型(模拟和数字信号)和通信方式(单工通信、半双工通信及全双工通信三种)等进行分类的通信。量子光通信(QOC, Quantum Optical communication)和本书所介绍的纳米光通信(NOC)都属于这类通信范畴。在纳米光通信中主要涉及到的是电子学通信和光子学通信的有关概念。前者传输信息的载体是电子;而后者传输信息的载体则是光子。两者的共同特点是信息的载体和传输介质(空气、地下管道或海水等)都是实实在在的普通物质,即是我们可以容易感受到的“可见”物质。

1.3 反物质及其相应的通信形式

反物质和正物质的结构基本相似,只是反物质在原子的电荷性上正好相反,原子核带负电荷,外层电子带正电荷。已经证实反物质的存在并可批量生产了,反物质的性质并不是和正物质完全相反的,而是略有不同。两者有完全相反的电荷和基本完全相同的质量,还有一些性质都是对称的。反物质最重要的性质就是湮灭,即其可与等量的正物质湮灭,从而完全变成能量形式(注意,它们都具有正的质量,质量亏损形成能量释放)。

最常采用的生成反物质方法是对撞。维持反物质存在的方法主要是真空回旋,就是在超真空空间里面,利用磁场让带电的反物质粒子回旋起来,防止其撞击到正物质构成的壁上。反物质的原子核也是可裂变的。关于在反物质中的通信,这方面的工作还没有开展。这主要是由于对反物质的研究还处于极为初始的阶段。

1.4 暗物质及其相应的通信形式

由于我们对于暗物质在日常生活、工作中接触的太少,因此一般人对其了解甚少,正因如此,在这里做较详细地介绍。

在21世纪初向人类提出的最大科学挑战是对于暗物质(DM)和暗能量(DE, Dark Energy)的了解与应用。暗物质存在于人类已知的物质之外,在宇宙中,暗物质能量是人类已知物质能量的5倍以上。暗能量可使物质的质量全部消失,而完全转化为能量。宇宙中的暗能量是已知物质能量的14倍以上。

暗物质是从137亿年前开始在庞大的宇宙大爆炸过程中形成。能量冷却后形成普通物质、暗物质和暗能量,目前它们在宇宙中的比例分别是4%、23%和73%。跟普通物质一样,暗

物质具有引力,几十亿颗恒星正是在它们的帮助下聚集到星系里。但是这种物质很难与普通物质(正物质)发生互动,人们也看不到它。

暗物质粒子的重量范围不会一成不变。银河系核心就是一个暗物质大量聚集在一起,经常相撞的地方,此区域的暗物质密度,是银河系边缘的10万倍。

暗物质是宇宙的重要组成部分。暗物质的总质量是普通物质的6.3倍,在宇宙能量密度中占了1/4,同时更重要的是,暗物质主导了宇宙结构的形成。暗物质被认为是代表了宇宙中90%(DM加DE)以上的物质含量,而可看到的普通物质(正物质)只占宇宙总物质含量的10%以下(约5%)。

1. 暗物质的定义与组成

暗物质是指宇宙中不射、反射电磁波,从而难以观测到但又具有引力效应的所有物质。比如不发光的星云气体,中微子等。它们对引力作用有贡献,这在研究宇宙膨胀问题上非常重要。

暗物质的组成与普通物质的组成是完全不同的。现在已经知道中微子(Neutrino)和黑洞两种暗物质。一些量子级黑洞、新基本粒子及三种中微子中较重的一种都可能是暗物质的组成,而这些物质的质量有 $10^{-39} \sim 10^{-33}$ 的跨度。现在已经知道中微子和黑洞两种暗物质,但其对暗物质总量的贡献是非常微小的,暗物质中的绝大部分现还处于研究中。

2. 暗物质的发现历史

在1965年前,曾假设暗物质的存在,到20世纪80年代,暗物质占宇宙能量密度大约20%的假设已被广为接受。2009年,美国科学家发现暗物质,这成为暗物质存在最有力的证据。我国于2010年建立了暗物质研究基地,开展暗物质的探测研究。

3. 暗物质的分类

暗物质可分类为重子物质和非重子物质两类。一些星体演化到一定阶段,温度降得很低,已不能再输出任何可以观测的电磁信号,再也不可能被直接观测到,这样的星体就会表现为暗物质。这类暗物质可称重子物质的暗物质。另一类暗物质,其构成成分是一些带中性的有静止质量的稳定粒子。这类粒子组成的星体或星际物质,不会放出或吸收电磁信号。这类暗物质可称非重子物质的暗物质。据估计,宇宙的总质量中,重子物质约占2%,即宇宙中可观测到的各种星际物质、星体、恒星、星团、星云、类星体、星系等的总和只占宇宙总质量的2%,而98%的物质是还没有被直接观测到的非重子物质。其中,非重子物质冷暗物质约占70%,热暗物质约占30%。

4. 暗物质的基本性质

暗物质是一类颇有“个性”的基本暗性粒子,具有寿命长、温度低、无碰撞等许多的特殊特性。可简述如下:

(1) 温度低的暗物质,既不发光也不吸收光。暗物质温度低意味着在脱耦时是非相对论性粒子,只有这样它们才能在引力作用下迅速成团;更重要的是,暗物质可像普通物质一样,暗物质是引力自吸引的,而且与普通物质成团并形成星系。我们可见的物质(观测到的两个星系簇)是在暗物质的网络包围中,处于暗物质最密集的地方,就好比海浪顶端的泡沫。暗物质和可见的普通物质会在引力作用下聚集到一起,暗物质集中的地方会吸引可见的普通物质,从而帮助恒星、星系和星系簇的形成。

(2) 暗物质粒子无碰撞。暗物质粒子是“非碰撞粒子”,暗物质粒子(与暗物质和普通物质)的相互作用截面在暗物质晕中小的可以忽略不计。这些粒子仅仅依靠引力来束缚住对