

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0224-03

紫外光通信系统中的关键技术研究

杨建坤, 常胜利, 杨俊才, 贾宏辉, 李修建

(国防科技大学理学院应用物理系, 湖南 长沙 410073)

摘要 紫外光通信是上世纪末发展起来的一种新兴的光学信息传输技术。本文将详述紫外光通信实验中的一些关键技术, 包括紫外光源的高速调频系统, 高灵敏度探测系统的设计, 以及微弱信号检测和处理模块等。本紫外光通信系统在半双工工作方式下完成了高质量语音和高速数据传输, 其最大传输波特率达到了 9600 bps, 两倍于 2000 年美国 GTF 公司提供给美国海军的紫外光通信系统的传输波特率。而且, 在某些距离上还能够实现非视距通讯, 此通信方式具有广泛的民事和军事应用前景。

关键词 光电子学; 紫外光; 日盲区; 调频; 光通信

中图分类号 TN248.1 **文献标识码** A

Research of Some Key Technologies in UV Communication System

YANG Jian-kun, CHANG Sheng-li, YANG Jun-cai, JIA Hong-hui, LI Xiu-jian

(Department of Applied Physics National University of defence Technology, Changsha, Hunan 410073, China)

Abstract Ultraviolet light communication is a new means of optical information transmission technology developed since 1990's. In this paper, some key technologies developed from the experiment are described in detail. These technologies include the designs of high speed UV source frequency modulator, high sensitive optical receiver system and the design of weak signal detect and process modular, etc. The UV communication system has accomplished good voice and high speed digital data bidirectional communication in semi-duplex way and its maximal communication baud rate is up to 9600 bps which is twice as the baud rate of the UV communication system made by GTE company for USA navy in 2000. Furthermore, in some distance, the system can achieves a non-line-sight communication.

Key words optoelectronics; UV radiation; solar-blind region; frequency modulation; optical communication

1 引言

紫外光波不仅具有与其它光波相同的物理效应, 而且由于其波长很短, 所以具有很强的散射效应。紫外光波的这种强散射效应正是决定了紫外光在大气中传输的主要特性:

- 1) 由于臭氧层对短波紫外的强烈吸收, 在地球表层不存在太阳紫外光的短波段;
- 2) 短波紫外在大气中的衰减率不是很大;
- 3) 由于在低海拔处大气分子密度较大, 故紫外光有较强的瑞利散射。

紫外光通信是上个世纪末发展起来的一种新兴的光信息传输技术。紫外光通信的基本思想就是利用短波紫外光作为光通信载体, 并将信息调制到紫外光上, 从而实现光信息通信。通过利用紫外线的“日盲区”和强烈的散射特性, 紫外光通信将是一种很有前途的通信手段, 它不仅能够全天候、全方向工作, 而且很难被窃听和干扰, 从而将能够广泛地应用

于短距离保密通信。

2 紫外光通信系统的光学设计

紫外光通信系统的光学部分包括紫外光源, 滤光片, 以及聚光装置和探头。

2.1 紫外光源的选择

为了更好地利用紫外光的“日盲区”, 我们选择

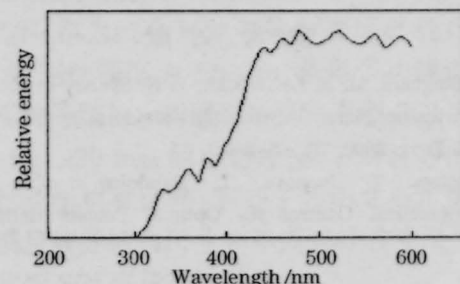


图1 海平面太阳光频谱能量分布(由 WDG-8A 频谱分析仪测量)

Fig.1 Spectral energy distribution of the sun light at sea level (measured by WDG-8A spectral analyzer)

波长为 253.7 nm 的紫外光作为工作光。目前有很多的紫外光源可以满足要求,如低压汞灯、卤素灯、荧光灯,以及紫外激光器等。通过考察这些光源的光谱分布,我们选择低压汞灯作为系统的工作光源,这是因为低压汞灯具有很好的光谱分布特性。其光谱分布和数据如图 2 和表 1 所示,这些数据都是通过 WDG-8A 频谱分析仪测量得到。

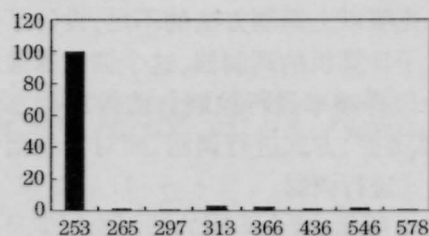


图 2. 低压汞灯的光谱分布数据

Fig.2 Energy spectral distribution of the low-pressure mercury discharge lamp

表 1 低压汞灯的光谱分布数据

Table 1 Energy spectral distribution data of the low-pressure mercury discharge lamp

Wavelength /nm	Relative energy	Wavelength /nm	Relative energy	Wavelength /nm	Relative energy	Wavelength /nm	Relative energy
248	0.1	280	0.1	313	2.8	436	1.1
254	100	189	0.1	334	0.1	546	1.6
265	0.9	297	0.6	366	2.2	578	0.5
276	0.1	302	0.4	404	1.6		

实验中所用的紫外光源为“M”型低压汞灯,从以上图表可以看出,低压汞灯恰好在处于“日盲区”的 253.7 nm 波长处具有很高的能量转换效率。

2.2 滤光和聚光装置的设计

为了使得光信号探测部分具有较高的灵敏度,紫外光通信系统必须采用光学滤光片来提高系统的信噪比(SNR, signal noise ratio)。在紫外光源的前面放置了六个 250 mm×250 mm 的带通滤光片,这些滤光片是一种称为“短波镜”的短波紫外线透明镜片,从而使得低压汞灯将是肉眼不可见。如图 3 所示。



图 3 干涉滤光片及“短波镜”

Fig.3 Interferometer filter and the UV short wave glass

目前有很多种短紫外波段的光探测器可供选择,在这些探测器中,光电倍增管(PMT)具有更高的探测灵敏度。以 Te-Cs 作为其阴极材料,光电倍增管就能够探测短紫外光波,并在紫外波段具有较高的量子效应,它的响应峰值在 180 nm 到 360 nm 之间。本系统中所采用的光电倍增管为 GDB-152b,它的主要性能参数如表 2 所示。

GDB-152 b 型光电倍增管不仅对“日盲区”紫外光谱敏感,而且对中波长的紫外光也敏感。将带

表 2 GDB-152b 型光电倍增管的主要性能参数

Table 2 Main features of the GDB-152b type of PMT

Spectral response /nm	200~350
Working voltage /V	1000
Dark current /nA	7
Cathode's characteristic /(mA/W)	5.4
Anode's characteristic /(A/W)	1000
Preheating time /min	15

通区域为 254 ± 10 nm、中心波长的透过比大于 20% 的干涉滤光片安装在光电倍增管的前端,用以减小周围杂散光,如霓虹灯和日光灯的影响。为了增大通信距离,系统中还采用了卡塞格伦(Cassegrain)聚光装置。

2.3 紫外光通信系统的调制部分

基于紫外线的强散射特性,本紫外光通信系统采用调频方式。

低压汞灯具有负 $C-V$ 特性,故应首先在汞灯加上 600~2000 V 的高压使得灯管内的气体电离(时间约 300 ms),然后将工作电压降到约 60~140 V 才能开始进行通信。由于光源工作时需要两个不同的电压,普遍的做法是,首先用电子枪将灯管内的气体电离,然后用调制电路对汞灯进行调制。这种方法避免了调制模块在同一时刻既要保证提供高压电流又要保证提供低压电流的困难,但是,采用这种方法将不能获得高速通信,同时在室外操作时将带来很多不便。

为了克服以上调制方法的不足,设计了基于嵌入式微电子计算机的调制器,这个调制器通过对低压汞灯的闪烁频率进行控制,使得对数字信号以FSK(频移键控)方式进行调制,而对音频信号以连续调频方式进行调制。

如图4所示,两个不同的调制控制信号分别控制两个三极管。在同一时刻,绝缘变压互感器的输出形成两个独立的LC谐振。如果LC回路的参数调整恰当,回路将能够在光源上施加600~1200V的电压,而由于汞灯的负C-V特性,汞灯点亮之后,电压将自动降低到60~120V的调制电压。

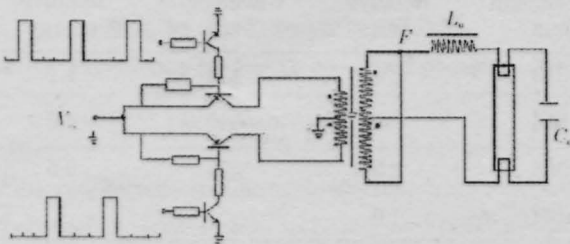


图4 同时能够发送和调制信号的综合调制模块

Fig.4 Integrated modulation block which can emit and modulate at the same time

综合调制模块很好地解决了高压和低压的冲突问题,而且这种调制模块可以很容易地获得高速通信效果。

3 光接收部分的数据处理系统

为了获得较高的紫外光信号探测灵敏度,本系统采用了卡塞格伦型聚光装置。考虑到铝膜在短紫外波段可以达到95%的反射率,故卡塞格伦型聚光装置中的抛物面镜和双曲面镜均镀上了铝膜。

探测器采用了对日盲紫外区敏感的光电倍增管。这种光电倍增管对紫外光信号具有很大的放大率,但是同时它也带来很大的暗电流噪声,所以滤波电路和微弱信号处理部分的设计必须达到降低这种噪声的影响。

参见图5嵌入式微电子计算机是整个接收电路的核心,它首先将主放大器的模拟信号输出转化为数字信号,然后通过脉冲计数方法得到信号的频率值。由于音频信号和数字信号以不同的方式进行调制,所以嵌入式微电子计算机能够区分它们,并将它们输入到不同的锁相逻辑电路中完成解调。本紫外光通信系统在半双工工作方式下能够完成声音和数

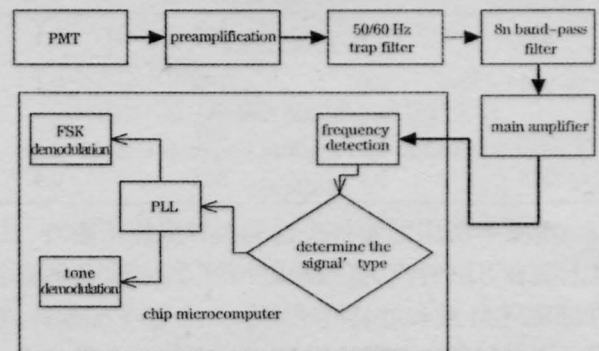


图5 接收电路工作原理图

Fig.5 Block function diagram of the receiver circuit

字信号的双向通信。

参考文献

- 1 E. O. Hulburt. Experiments with sensitive detectors of UV and IR radiations. 1939.
- 2 James Hatton. Convert communication system using ultraviolet light. United States Patent 856693, 1992