

【自制教具】

光通信模拟系列演示仪的设计和制作

滕 阁 潘星志 魏 萌 于思睿 罗海军

【摘要】光通信演示实验是中学物理教学的一大难点。基于发光二极管、手电筒、激光等常见光源,设计了一系列光通信模拟演示仪。每一种演示仪均能从视觉和听觉角度展示“光可携带信息”这一个光通信实验的核心特征。同时,该仪器结合其他光学教具,还可以很好地演示光的反射、折射、全反射等光学现象,具有很好的拓展性,在教学、科普、提升学生核心素养等方面具有重要意义和价值。

【关键词】光通信;信息转换;核心素养

目前,在中学教科书中有关光通信的知识主要是描述性和介绍性的,缺乏让学生深入了解光通信的可操作性的实验。教师通常用激光在水流中的全反射来类比演示光在光纤中的传导。但是,此实验的缺陷在于无法演示“光信号可以携带信息”这一光通信的本质特征,学生无法真切地感受和探究音频信号的发射(调制)、传输、接收(解调)等光通信传输的实质过程。当前也有许多研究者利用运算放大器和控制器^[1-2]、集成电路^[3-4]、音乐芯片和压电器^[5]等器件设计了一些光通信演示实验。不过这些实验设计电路相对比较复杂,物理(科学)教师在器材选购、设计制作甚至操作演示等环节存在较大的困难或障碍。基于此,本项目利用发光二极管、手电筒、激光笔等常见光源,设计了一系列光通信模拟演示仪。每种演示仪均能从视觉和听觉角度展示“光可携带信息”这一个光通信实验的核心特征。该系列演示仪具有原理简洁、演示效果震撼、器材选购方便、设计制作简单、拓展性强等优点,在教学、科普、提升学生核心素养等方面具有重要意义和价值。

一、光通信系统工作的基本流程

低频信号(如声音信号)易散射、衍射,因此直接传送距离不远。而光是一种电磁波,高频、不易衍射,可远距离传输。光通信的核心就是将低频信号调制到光信号中去,调制信号经过远距离传输后,通过接收设备解调后还原低频信号。图1是光通信系统工作基本流程,主要包含电光转换、信息传输和光电转换三个过程。

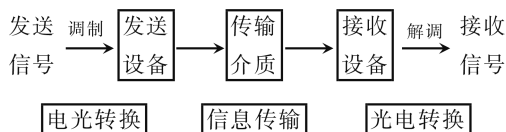


图1 光通信系统工作的基本流程

二、基于发光二极管的光通信演示仪的设计

(一) 简易光通信演示仪发射端的设计

为实现低频信号的发射,需设法将声音信号调制到光信号上。图2所示的是一种最简单的光通信演示仪发射端的设计。声音通过收音机、功放、手机等音源的音频接口(耳机插口)输出,实现声电转换。制作时只需将音频线公端插入耳机口,两端并联到光源上面,于是音频信号就加到了光信号上,光源的亮度就会随输入信号而变,实现了音频信号对光的调制,这样光束中包含了要传递的声音信息。

优点:光源可选用LED(发光二极管)、激光头、小灯珠等。选材方便、制作简单、原理通俗易懂。

缺点:解调后声音较小,有较大的背景噪声。

关键:音频线要选用两节或三节类型的。两节式的音频线只有两条接线端,直接将这两条线并联到光源两端;三节式的音频线则有三条线(左声道、右声道和接地端),如下页图2,需要将左右声道合在一起作为一端,接地端为另一端,两端并在灯泡上。可以用多用电表测定每一个端口。

(二) 光通信演示仪接收端的设计

图1中,接收设备需要将调制后的光信号转换为电信号。传统做法是用光电二极管来实现该光电转换^[2],但光电二极管得到的电流微弱,经过扬声器

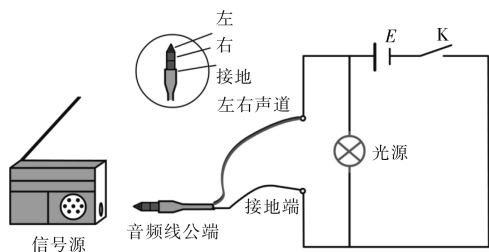


图2 简易光通信演示仪发射端设计示意图

的电声转换后,声音小、噪声大。基于此,我们用硅光电池(太阳能电池)取代传统的光二极管来实现光电转换,得到的是电流较大、与传递信号变化规律相同的电信号。使用时,只需将扬声器的插头插入音频线母端接口。当经过调制后的光束照射到太阳能电池板上,音箱还原出最初声音。将光源挡住、移走或关闭,则扬声器不发声。设计装置的电路图如图3所示。

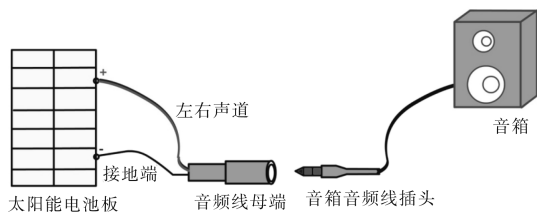


图3 光通信演示仪接收端设计示意图

关键:太阳能电池板和音频线母端相连,也是把左右声道作为一端,接地端为另一端,分别焊接到太阳能电池板的正负极上。

(三)优化后的基于LED的光通信演示仪的设计

在简易光通信演示仪发射端的设计方案中,即使使用大功率的扬声器,输出的声音还是较小,噪声较大。基于此,我们利用LED(0.5 W)灯珠、电感(≥ 10 mH)、直插式电解电容(50 μ F左右)、音频线、太阳能电池板(5.5 V、80 mA、60×60 mm规格)、2节5号干电池、电池盒、开关等器材,设计了一款优化后的基于LED的光通信演示仪。电路图和实物图分别如图4、图5所示。在图4中,电感L和LED、开关K、干电池E串联,然后音频信号通过隔直电容C加于L两端。小灯泡的亮度就会随输入信号而变,实现了用音频信号对光的调制。在电容的“通交阻直”、电感的“通低频阻高频”、过滤噪声、稳定电流等的共同作用下,噪声得到了很好的抑制,声音也得到了最大化、最清晰、无失真地还原播放。

优点:本设计相对简易光通信演示仪发射端的设

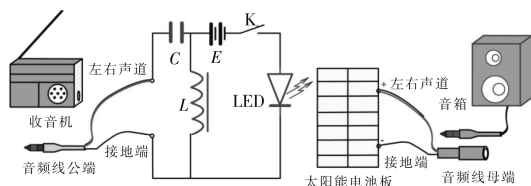


图4 优化版的基于LED的光通信演示仪设计示意图

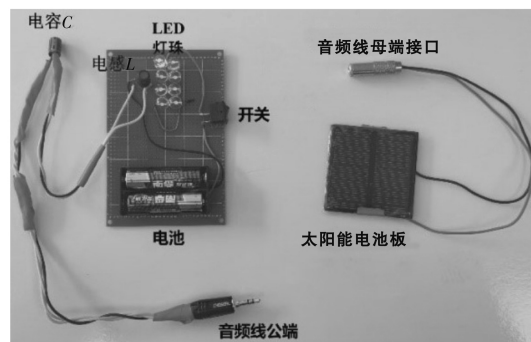


图5 优化版的基于LED的光通信演示仪实物图

计方案来说较为复杂,但此种设计声音量大,可以完美无瑕地还原音质,达到光通信演示实验十分震撼和神奇的效果。经过笔者体验,此方案比简易光通信演示仪发射端的设计方案的音量大2~5倍左右。白色LED具有亮度高、功耗低、寿命长等优点,因此本演示仪经久耐用。同时,本实验的电感还可自行绕制,加上电路焊接,可体验DIY的乐趣。该LED光源仍然可以用激光头、小灯珠等代替。

关键点:(1)线圈L电感值要大,如果过小则可能声音较弱;(2)太阳能电池板可以用多晶硅或非晶硅类型,其填充因子大,转换效率高;(3)音频线左右声道依旧要连在一起。

三、基于手电筒的光通信演示仪的设计

当前强光手电筒的应用日益广泛,这些强光手电筒又分为塑料壳和金属壳等类型。它们不易拆卸,尤其是金属手电筒的发光部件(LED灯珠)几乎无法串联电感L,导致难以利用这些器材去设计光通信演示仪。

基于这些困难,我们通过多次尝试和改进,改装出基于所有手电筒版本的光通信模拟演示仪,它们具有轻便、光源高亮、音量高、音质清晰、噪声小等优点。

(一)基于塑料手电筒的光通信演示仪的设计

塑料手电筒外壳可拆。设计时,拆开外壳,将内部充电电池的一端接线剪开,串入电感,其他设计方法和优化后的基于LED的光通信演示仪的设计一致。下页图6和图7是设计示意图和实物图。

优点:光线聚焦可调、亮度高、声音响,经久耐用。隐蔽放置电感电容后,该教具就是一个很好的物理魔术作品。

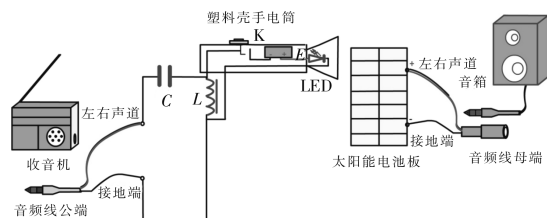


图6 基于塑料手电筒的光通信演示仪(优化版)示意图



图7 基于塑料手电筒的光通信演示仪(优化版)实物图

关键点:由于手电筒内部空间小,为防止线路短路,电感、电容最好放到外头进行焊接操作,焊接点用电胶布包裹。

(二)基于金属手电筒的光通信演示仪的设计

金属手电筒难以拆卸,无法直接将电感 L 和LED灯珠串联。笔者经过多番尝试,实现了金属手电筒的光通信演示仪的设计。思路是以金属外壳后端为一个接线端,电池尾部为另一个接线端,利用鳄鱼夹、香蕉插头等器材巧妙地将 L 和LED串联。图8和图9是设计示意图和实物图。

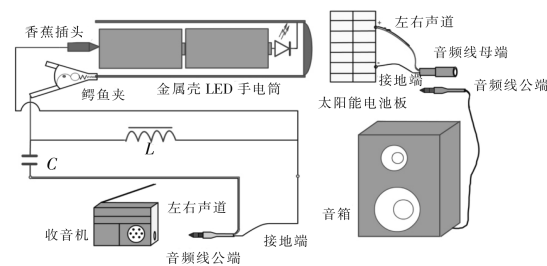


图8 基于金属手电筒的光通信演示仪(优化版)示意图

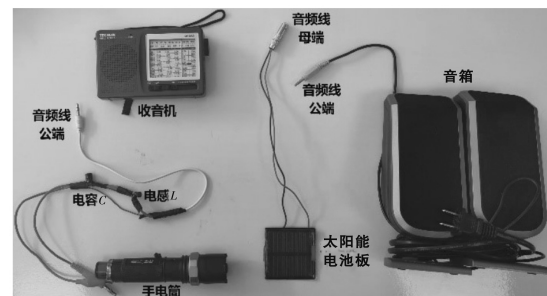


图9 基于金属手电筒的光通信演示仪(优化版)实物图

还有一种类型的金属壳手电筒,其壳上有DC3.5×1.35 mm圆环型充电插口,这样该手电筒即可按照图8优化设计,也可按照图2简易设计。后者只需直接将音频线公端和DC3.5×1.35 mm的充电线相连,充电线插入充电口,就实现了音频信号调制到LED两端,其优劣和简易光通信演示仪发射端的设计类似。图10是设计的示意图。

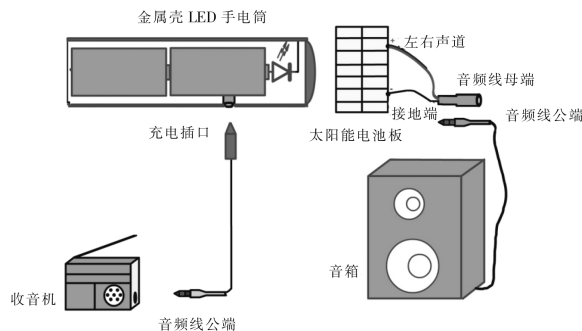


图10 基于金属手电筒的光通信演示仪(简易版)示意图

四、基于激光的光通信模拟演示仪的设计

激光相对于普通光源具有能量大、亮度高、相干性好、不易发散等优点。若能将激光、光纤和光通信演示仪结合,将极大扩充此演示仪的功能。笔者经过多次尝试和改进,利用激光头、激光手电筒、激光光纤笔等不同类型的激光光源,设计了基于激光的光通信模拟演示仪。下页图11是设计的示意图。

(一)基于激光头的激光光通信演示仪的设计

激光头就两条线,可以接3~5 V的直流电源,结构简单,因此可以用来设计简易和优化的光纤演示仪。方法同简易光通信演示仪发射端和光通信演示仪接收端的设计。下页图11(a)是简易版的示意图。

(二)基于沙盘激光笔和激光光纤笔的激光光通信演示仪的设计

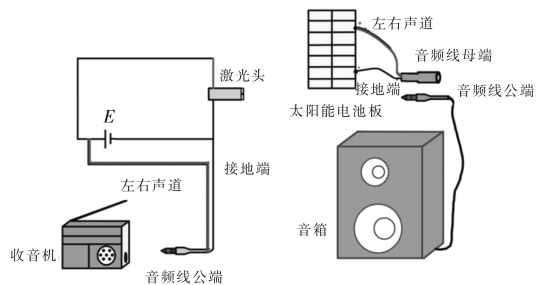
沙盘激光笔和激光光纤笔一般是18650电池或干电池供电,金属外壳,激光头无法拆卸,故可按照图8进行优化设计。图11(b)是激光光纤笔、光纤的示意图,可以看出激光在光纤中全反射时,外界完全看不到光信号,但是在接收端可以还原声音。

笔者在实践过程中发现,有常见的两大问题导致光源不发光:

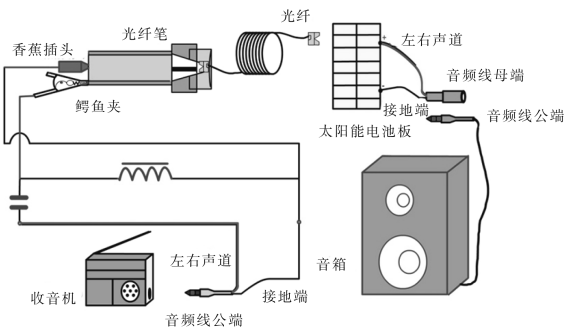
(1)串联电感后,有些激光光源几乎不发光。经过多次检验,原因是电感电阻较大,导致半导体激光两端电压达不到阈值电压。改进办法之一是再串联

1 到 2 节电池,问题便迎刃而解。

(2) 音频电流过大易烧坏激光光源。这个问题经常出现在以功放提供的音频信号的设计中,而收音机、手机等信号播放则没有此类问题。主要原因是激光导通发光后,电压稍微增加则电流迅速增加。故功放音量不可过大。



(a) 简易版



(b) 激光光纤笔版

图 11 激光光通信演示仪示意图

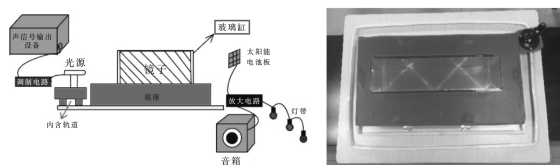
(三) 激光光通信演示仪的拓展

我们设计的激光光通信演示仪主要在发射端和接收端对光信号进行改进,并不影响光路的传播,因此本演示仪可以无缝对接光的反射、光的折射、光的直线传播、光的全反射、透镜成像等实验的演示和改进,可极大提高这些实验的声光电的拓展性。图 12 是本项目和光的反射结合,演示激光在水中和镜面中的光的反射、光的折射和光的全反射等实验现象^[6],大大增强了实验的趣味性和演示效果,有效提升学生的学习兴趣。

五、结语

本项目利用较大功率的发光二极管、不同类型手电筒和激光等常见光源,设计了一系列的简易版和优化版的光通信演示仪。每一种演示仪均能从视觉、听觉和原理等角度完美展示“光可携带信息”这一个光通信实验的核心特征。该系列演示仪具有原理简洁明了、演示效果震撼、器材选购方便、

设计制作简单等优点,同时该演示仪结合其他光学教具,还可以很好地演示光的反射、光的折射、光的全反射、凸透镜成像等光学原理,具有很好的拓展性。该系列演示仪具有丰富的教育价值,能够有效点燃教师的教学热情,有效激发学生的学习兴趣,培养学生积极探究、勇于实践的素养;能有效加强物理、科技和生活的联系。因此,其在教学、科普、提升学生核心素养等方面具有重要意义和价值。



(a) 装置示意图

(b) 部分实物图

图 12 基于激光光通信演示仪的光学演示实验

参考文献:

- [1] 黄李容,李奇云,资翔宇,等. 光纤通信演示仪的设计与制作[J]. 物理教学探讨,2021,39(5):52-54.
- [2] 薛德宽,黄兴洲,位浩杰,等. 基于 LED 可见光通信的音频传输演示仪[J]. 物理通报,2015(8):82-85.
- [3] 邱泰光,侯俊杰,王昆林. 简易光通信演示器研究与制作[J]. 实验科学与技术,2013,11(1):187-188.
- [4] 黄文如,李铸勋,李德安. 基于太阳能电池的光通信演示仪[J]. 物理之友,2014,30(10):23-24,26.
- [5] 杨国平,王金娜. 简易激光,光纤通信演示仪的制作与应用[J]. 物理通报,2021(11):102-104.
- [6] 王太军. “智造”低成本光通信演示实验及其教学应用[J]. 物理教学探讨,2018,36(6):10-12.

【作者简介】滕阁、潘星志、魏萌、于思睿、罗海军(通讯作者),温州大学数理学院(浙江 温州 325035)。

【原文出处】《物理教学探讨》(重庆),2022.6. 52~55

【基金项目】2021 年国家大学生创新创业项目“基于光通信的多功能声光电演示仪的设计”(202110351026);浙江省高等教育“十三五”第一批教学改革研究项目“新形势下的大学物理实验分层分类教学模式的探索和实践”(jg20180298)。