



信息工程学院

实 验 报 告 册

2024 ~ 2025 学年 第 2 学期

课程名称 光纤通信技术的应用

学生院系 信息工程学院

专 业 通信工程

班 级 22 通信 2 班

姓 名 张国斌

学 号 2209735010

实验地点 光电子技术实验室 (4717)

指导教师 石刚

实验项目	实验一、光纤与光源耦合方法实验
实验日期	2025 年 3 月 6 日（星期四第九、十节）
实验成绩	
<p>一、 目的和要求（目的要明确，抓住重点，符合实验指导书中的要求）</p> <p>1. 学习光纤与光源耦合方法的原理；</p> <p>2. 实验操作光纤与光源耦合。</p>	
<p>二、 实验内容（用最简练的语言反映实验的内容）</p> <p>光纤与光源的耦合方式主要有直接耦合和经聚光器件耦合两种。直接耦合是将光纤端面直接对准光源发光面，调整至最佳位置后固定，结构简单但耦合效率受光束与纤芯面积匹配影响较大。经聚光器件（如透镜或自聚焦棒）耦合则是将光源发出的光聚焦到光纤端面，提升耦合效率，适用于光束较大的情况。耦合效率 η 通常用 $\eta = P_1 / P_2$ 表示，其中 P_1 为光纤输出光功率，P_2 为光源输出总功率。</p>	
<p>三、实验原理、步骤、或流程（依据何种原理、操作方法进行实验，要写明需要经过哪几个步骤来实现其操作）</p> <p>原理：</p> <p>光纤与光源的耦合有直接耦合和经聚光器件耦合两种。聚光器件有传统的透镜和自聚焦透镜之分。自聚焦透镜的外形为“棒”形（圆柱体），所以也称之为自聚焦棒。实际上，它是折射率分布指数为 2（即抛物线型）的渐变型光纤棒的一小段。</p> <p>直接耦合是使光纤直接对准光源输出的光进行的“对接”耦合。这种方法的操作过程是：将用专用设备使切制好并经清洁处理的光纤端面靠近光源的发光面，并将其调整到最佳位置（光纤输出端的输出光强最大），然后固定其相对位置。这种方法简单，可靠，但必须有专用设备。如果光源输出光束的横截面面积大于纤芯的横截面面积，将引起较大的耦合损耗。</p> <p>经聚光器件耦合是将光源发出的光通过聚光器件将其聚焦到光纤端面上，并调整到最佳位置（光纤输出端的输出光强最大）。这种耦合方法能提高耦合效率。耦合效率 η 的计算公式为</p> $\eta = \frac{P_1}{P_2} \times 100\% \quad , \quad \text{或} \quad \eta = -10 \lg \frac{P_1}{P_2} (dB)$ <p>式子中 P_1 为耦合进光纤的光功率（近似为光纤的输出光功率）。P_2 为光源输出的光功率。</p> <p>步骤：</p> <p>（1）直接耦合</p>	

- A. 切制处理好光纤光学端面，然后进行耦合操作。
- B. 计算耦合效率，对自己的工作进行评估。

(2) 透镜耦合

- A. 切制处理好光纤光学端面，然后进行耦合操作；
- B. 计算耦合效率，对自己的工作进行评估；
- C. 比较、评估两种耦合方法的耦合效率。

四、实验记录（记录实验过程中所见到的现象、实验结果和得到的有关数据，可以插入图、表、关键程序代码等）

经试验，得数据如下：

	P1	P2	P3	P4
光功率 $P(\mu W)$	32	33	27	31



五、实验结论（对实验结果和数据进行分析和解释，并通过信息综合得出有效的实验结论）

耦合方式与效率：

直接耦合虽然操作简便，但其效率受光源发散角和光纤数值孔径的显著影响，通常效率不高。

光纤类型的影响：

多模光纤由于纤芯较粗，对光源模式匹配的要求相对较低，因此耦合较为容易；而单模光纤纤芯极细，需要非常精确的对准和高质量的光束，耦合难度大，且效率提升空间有限。

主要影响因素总结：

光源的驱动电流会改变其发光强度和光谱特性，适当调节有助于提高耦合效果；光纤发生弯曲或长度增加会导致额外损耗，降低耦合效率；光纤的数值孔径越大，允许的入射角度越宽，越有利于实现高效耦合。

六、实验总结（实验中遇到的问题及解决过程，实验中产生的错误及原因分析、实验体会和收获等）

通过本次实验，我们探索了光纤与光源的不同耦合方法，包括直接耦合和透镜耦合，深入理解了光纤耦合的原理。实验中，我们分析了单模和多模光纤的耦合特性，并研究了光源发散角、光纤数值孔径等因素对耦合效率的影响。

在操作过程中，我们遇到并解决了光纤端面清洁不足和位置调整困难等问题，通过多次细微调整五维微调架找到了最佳耦合位置，提高了光功率输出。这不仅提升了我的实际操作能力，也增强了分析和解决实际问题的能力。

实验结果显示数据符合理论预期，但存在一定的误差，可能由仪器精度、环境干扰及人为因素引起。未来实验可通过使用更高精度的仪器和更严格的流程来减小误差。此次实验为我后续的相关学习和研究积累了宝贵经验。

--

实验项目	实验二、多模光纤数值孔径（NA）测量实验
实验日期	2025 年 3 月 6 日（星期四第 9、10 节）
实验成绩	
<p>一、目的和要求（目的要明确，抓住重点，符合实验指导书中的要求）</p> <p>1. 学习光纤数值孔径的含义及其测量方法；</p> <p>2. 实验操作远场光斑法测量多模光纤的数值孔径。</p>	
<p>二、实验内容（用最简练的语言反映实验的内容）</p> <p>光纤数值孔径主要通过两种方式定义：最大理论数值孔径 $NA_{max, t}$，基于最大入射角的正弦值；以及远场强度有效数值孔径 NA_{eff}，依据远场光强分布中光强降至最大值 5% 时的半张角正弦值确定。测量方法包括基准的远场光强法和简便的远场光斑法。后者通过计算光纤输出端光斑直径与距离的关系来估算数值孔径（$NA = k \cdot d$），适合实验使用</p>	
<p>三、实验原理、步骤、或流程（依据何种原理、操作方法进行实验，要写明需要经过哪几个步骤来实现其操作）</p> <p>原理：</p> <p>光纤的数值孔径（Numerical Aperture, NA）是衡量其集光能力的重要参数，表示光纤接收光信号的角度范围。NA 越大，光纤捕捉光源的能力越强。</p> <p>本实验采用远场光斑法测量多模光纤的数值孔径，该方法基于光纤输出端远场光斑的几何尺寸来估算数值孔径。具体原理如下：</p> <p>将光纤出射的光投射到白屏上，形成一个圆形光斑。通过测量光斑直径 d 和光纤端面到白屏之间的距离 L，可计算出光线的最大发散角 θ，进而求得数值孔径：</p> <p>步骤：</p> <p>（1）实验准备</p> <p>打开激光光源，预热几分钟以保证输出稳定。</p> <p>将待测多模光纤一端连接至光源，确保连接稳固且端面清洁。</p> <p>将光纤另一端固定于支架上，并垂直对准放置在一定距离外的白色投影屏（建议距离为 50 cm），屏上贴有坐标格纸以便测量。</p> <p>（2）观察与调节</p>	

在暗室环境下打开光源，观察光纤输出端在白屏上的远场光斑。
调整光纤位置和方向，使光斑清晰、居中，避免外界杂散光干扰。

(3) 测量光斑直径

利用坐标格纸或直尺测量光斑的直径 d （取最大亮度区域边缘之间的距离）。
记录光纤端面到白屏之间的准确距离 L 。

(4) 计算数值孔径

根据公式计算发散角 $\theta = \arctan(d/2L)$ 。

进一步计算数值孔径 $NA = \sin(\theta)$ 。

或使用已知标定常数 k 直接计算 $NA = k \cdot d$ 。

(5) 数据记录与分析

多次测量并取平均值，减小误差。

对比实验结果与标准值（本实验提供光纤 NA 为 0.275 ± 0.015 ），分析可能误差来源。

(6) 整理仪器

关闭光源，断开光纤连接。

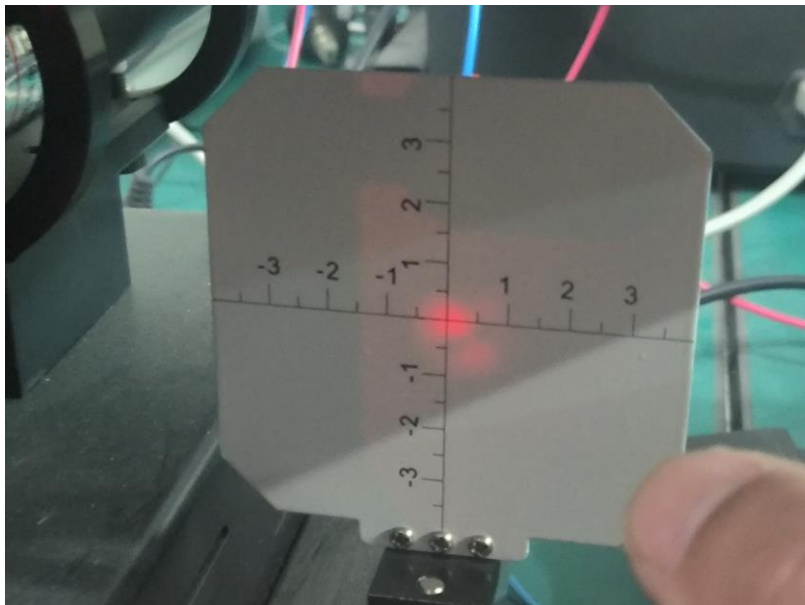
清洁光纤端面，归还实验器材。

四、实验记录（记录实验过程中所见到的现象、实验结果和得到的有关数据，可以插入图、表、关键程序代码等）

经试验，得以下数据：

由图得出 $d=1.1\text{cm}$ ，已知 $L=3.0\text{cm}$

则可求出 $NA=\sin\theta=0.1806$



五、实验结论（对实验结果和数据进行分析和解释，并通过信息综合得出有效的实验结论）

通过测量多模光纤的远场光强分布，计算得到其 $NA = 0.1806$ ，该结果与理论值存在一定偏差。分析表明，误差可能来源于环境光干扰、光源稳定性不足及探测器精度限制等因素，这些都会影响光强分布的测量准确性，进而导致数值孔径的计算偏差。理论上，光纤数值孔径主要由纤芯与包层之间的折射率差决定，折射率差越大，数值孔径越高。虽然实验结果与预期存在差距，但整个过程验证了远场光强分布法在测量数值孔径中的可行性，同时也反映出光纤在实际耦合中收集和传输光线的能力受限。后续将优化实验环境条件，提升测量精度，以获得更准确的结果。

六、实验总结（实验中遇到的问题及解决过程，实验中产生的错误及原因分析、实验体会和收获等）

本次实验使我们深入理解了数值孔径的概念及其物理意义，掌握了多模光纤数值孔径的测量方法与数据处理技巧。通过实际操作，熟悉了光源、光功率计、二维移动平台等仪器设备的使用，提升了动手能力和解决实际问题的能力。在数据处理与误差分析过程中，学会了分析光源稳定性、探测器精度及环境光干扰等因素对测量结果的影响，进一步增强了对实验误差的控制意识和改进意识。

实验过程中也暴露出一些问题。例如，光源输出功率存在微小波动，影响测量稳定性；二维平台精度有限，导致位置调节不够精确；环境光难以完全屏蔽，干扰测量准确性。此外，在调整光纤与光源位置时，难以快速准确地实现最大光强输出，只能通过多次细微调节并结合光功率计读数变化来逼近最佳状态。尽管存在一定误差，但实验验证了测量方法的有效性，也让我更加认识到规范操作、细致观察和精确测量在实验中的重要性。

--

实验项目	实验三、光纤分束器参数测量实验
实验日期	2025 年 4 月 3 日（星期四第 9、10 节）
实验成绩	
<p>一、目的和要求（目的要明确，抓住重点，符合实验指导书中的要求）</p> <p>1. 了解光纤分束器及其用途和性能参数；</p> <p>2. 实验操作光纤分束器参数测量。</p>	
<p>二、实验内容（用最简练的语言反映实验的内容）</p> <p>本次实验需了解光纤分束器的基本结构、工作原理及其在光通信中的重要作用，掌握了分光比、插入损耗和隔离度等关键参数的定义与测量方法。通过实验操作与数据分析，需要理解光纤分束器在光信号分配与系统监测中的应用，并加深了对无源光器件特性的认识。</p>	
<p>三、实验原理、步骤、或流程（依据何种原理、操作方法进行实验，要写明需要经过哪几个步骤来实现其操作）</p> <p>原理：</p> <p>光纤分束器是一种无源光器件，用于实现光信号的分路、合路、分配和插入等功能。其核心原理是通过多根光纤在局部加热熔融状态下耦合，使输入光功率按照一定比例分配到各个输出端口。</p> <p>本实验依据光纤分束器的基本光学特性，测量其三个关键性能参数：</p> <p>分光比：表示各输出端口之间的光功率分配比例；</p> <p>插入损耗：反映光信号经过分束器后总的功率损耗；</p> <p>隔离度：衡量不同端口之间光信号的隔离程度，体现器件的方向性与抗干扰能力。</p> <p>通过测量各端口的输入与输出光功率值，利用相关公式计算上述参数，从而评估光纤分束器的工作性能。</p> <p>步骤</p> <p>（1）实验准备</p> <p>检查实验所需仪器设备是否齐全，包括：激光光源、光功率计、待测光纤分束器（如</p>	

1×2 结构)、连接光纤跳线等;

打开激光光源并预热几分钟, 确保输出光功率稳定;

清洁所有光纤连接端面, 避免灰尘或污渍影响测量结果。

(2) 搭建测试系统

将光源通过光纤跳线连接至分束器的输入端口 (如端口 1);

将两个输出端口 (如端口 3 和端口 4) 分别连接至光功率计, 用于测量输出光功率; 确保端口 2 处于开放状态, 用于后续隔离度测量。

(3) 测量分光比

输入固定波长和功率的光信号;

分别记录输出端口 3 和端口 4 的光功率值 P_3 和 P_4 ;

计算分光比: 分光比= $P_3:P_4$ 。

(4) 测量插入损耗

测量输入端口 1 的输入光功率 P_1 ;

测量输出端口 3 和端口 4 的总输出光功率 P_3+P_4 ;

根据公式计算插入损耗:

$$IL = -10 \log_{10} \left(\frac{P_3 + P_4}{P_1} \right) \quad (\text{单位: dB})$$

(5) 测量隔离度

保持光源从端口 1 输入;

使用光功率计测量理论上不应有输出的端口 2 的光功率 P_2 ;

计算端口 1 与端口 2 之间的隔离度:

$$I = -10 \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \quad (\text{单位: dB})$$

(6) 数据记录与分析

记录各项测量数据, 并与标准值或理论范围进行对比;

分析误差来源, 如光源波动、连接损耗、环境干扰等;

总结光纤分束器的性能表现及其在实际应用中的适用性。

(7) 整理实验器材

关闭光源和光功率计;

清洁光纤接口, 归还实验器材。

四、实验记录（记录实验过程中所见到的现象、实验结果和得到的有关数据，可以插入图、表、关键程序代码等）

经试验，得以下数据：



1. 插入损耗：

端口 1 输入光功率 $P_1 = -7.97\text{dBm} = 6.2584\text{mW}$

端口 3 输出光功率 $P_3 = -8.94\text{dBm} = 7.8328\text{mW}$

端口 4 输出光功率 $P_4 = -8.95\text{dBm} = 7.8527\text{mW}$

插入损耗 α 为：

$$\alpha = -10\log_{10}(15.6855/6.2584) = -10\log_{10}(2.5063) \approx -10 \times 0.3990 = -3.99\text{dB}$$

2. 隔离度：

端口 3 输入光功率 $P_4 = -6.50\text{dBm} = 0.2239\text{mW}$

端口 1 输出光功率 $P_5 = -17.88\text{dBm} = 0.0163\text{mW}$

端口 4 输出光功率 $P_6 = -17.90\text{dBm} = 0.0162\text{mW}$

端口 3.1 的隔离度：

$$I_{13} = -10\log_{10}\left(\frac{0.0163}{0.2239}\right) = -10\log_{10}(0.0728) \approx -10 \times (-1.1378) = 11.38\text{dB}$$

端口 3.4 的隔离度：

$$I_{34} = -10 \log_{10} \left(\frac{0.0162}{0.2239} \right) = -10 \log_{10}(0.0723) \approx -10 \times (-1.1408) = 11.41 \text{ dB}$$

五、实验结论（对实验结果和数据进行分析和解释，并通过信息综合得出有效的实验结论）

本次实验对光纤分束器的关键性能参数进行了测量与分析，深入理解了其结构特性及在光通信系统中的作用。实验发现，光纤分束器的性能指标如插入损耗、分光比和隔离度受多种因素影响。光纤连接的紧密程度和端面清洁度直接影响插入损耗，若连接不紧密或存在杂质，会导致额外的光信号衰减；而分光比的均匀性则与器件内部的制造工艺密切相关，微小的工艺差异可能导致其偏离理想值。这些参数对于光通信系统的稳定性和传输效率具有重要意义：分光比决定了光信号在各输出端口的分配比例，插入损耗反映了信号通过分束器时的衰减程度，而隔离度则体现了不同端口之间的光信号隔离能力。

实验测得该分束器的插入损耗为-3.99dB，远高于一般要求的 0.5dB 以内，说明该器件存在较大的传输损耗；同时，端口 3 与端口 1 之间的隔离度为 11.38dB，端口 3 与端口 4 之间的隔离度为 11.41dB，显示出不同端口间隔离性能存在差异。这些测量结果为评估该光纤分束器在实际应用中的适用性提供了依据，也反映出其在制造或使用过程中可能存在一定的性能缺陷，需进一步优化或排查原因。

六、实验总结（实验中遇到的问题及解决过程，实验中产生的错误及原因分析、实验体会和收获等）

本次实验深入学习了光纤分束器的工作原理及关键参数的测量方法，掌握了插入损耗、隔离度等性能指标的测试流程与计算方式，提升了对光通信无源器件的理解和实验操作能力。

实验过程中发现，仪器精度、光纤连接质量及环境干扰等因素会影响测量结果的准确性。此外，在光功率单位转换时曾因粗心导致误差，后经检查纠正。通过实验，进一步认识到严谨操作和扎实理论基础对光纤器件测试的重要性。

--

实验项目	实验四、光发射机消光比测量实验
实验日期	2025 年 4 月 3 日（星期四第 9、10 节）
实验成绩	
<p>一、目的和要求（目的要明确，抓住重点，符合实验指导书中的要求）</p> <ol style="list-style-type: none">1. 了解光发射机消光比的含义和表示方法；2. 实验操作光发射机消光比的测量。	
<p>二、实验内容（用最简练的语言反映实验的内容）</p> <p>本实验测量光发射机消光比，通过测全“0”码和全“1”码时光功率，利用伪随机码调制光源，计算消光比以评估光源调制性能及对接收机灵敏度的影响。</p>	
<p>三、实验原理、步骤、或流程（依据何种原理、操作方法进行实验，要写明需要经过哪几个步骤来实现其操作）</p> <p>原理：</p> <p>消光比（EXT）是衡量数字光发射机性能的重要参数，表示“1”码与“0”码对应输出光功率之比，反映了光源在调制过程中关闭状态（“0”码）与开启状态（“1”码）之间的对比度。</p> <p>其定义为：</p> $\text{EXT} = \frac{P_0}{P_1}$ <p>其中：</p> <p>P0：发送“0”码时的平均输出光功率；</p> <p>P1：发送“1”码时的平均输出光功率。</p> <p>消光比越小越好，一般要求：</p> <p>$\text{EXT} < 10\%$（即 $\text{EXT(dB)} = -10 \log_{10}(\text{EXT}) > 10\text{dB}$）</p> <p>以保证接收端有较高的灵敏度和信噪比。</p> <p>本实验中使用的光源是由误码仪驱动的伪随机码调制光源。由于伪随机码中“0”、“1”出现概率基本相等，因此“1”码光功率约为加上伪随机码时测得光功率的 2 倍。</p>	

步骤：

(1) 实验准备

打开光发射机、误码仪、光功率计等设备并预热；

检查光纤跳线连接是否清洁、完好，确保各设备正常工作。

(2) 测量“全1码”时光功率

将误码仪设置为“伪随机码关断”状态，使光发射机输出恒定“1”码；

使用光功率计测量此时的输出光功率，记为 P_1 。

(3) 测量“全0码”时光功率

将误码仪设置为“伪随机码全开”状态，模拟“0”码输出；

再次使用光功率计测量输出光功率，记为 P_0 。

(4) 计算消光比

根据公式计算消光比：

$$\text{EXT} = \frac{P_0}{P_1}$$

若需用分贝表示，则转换为：

$$\text{EXT(dB)} = -10 \log_{10} \left(\frac{P_0}{P_1} \right)$$

(5) 记录数据与分析

记录测量结果，并判断是否满足系统对消光比的要求 ($\text{EXT} < 10\%$)；

分析可能影响消光比的因素，如偏置电流、调制深度等。

(6) 整理仪器

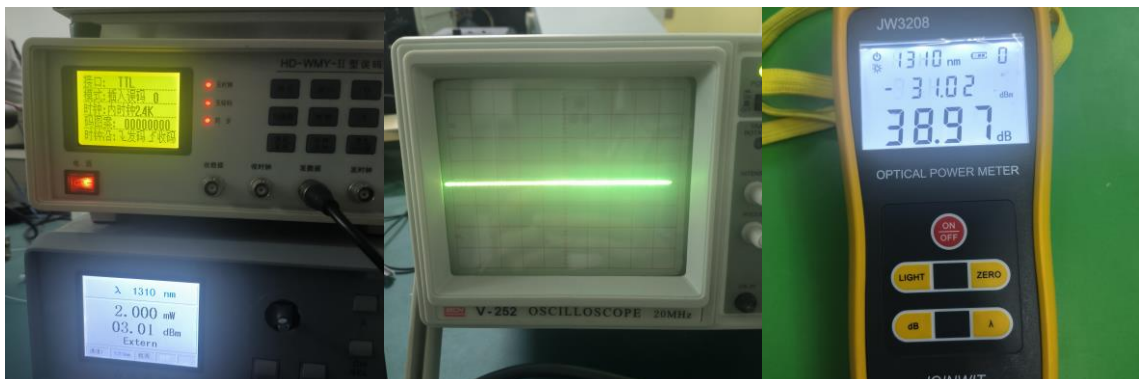
关闭设备电源；

清洁光纤接口，归还实验器材。

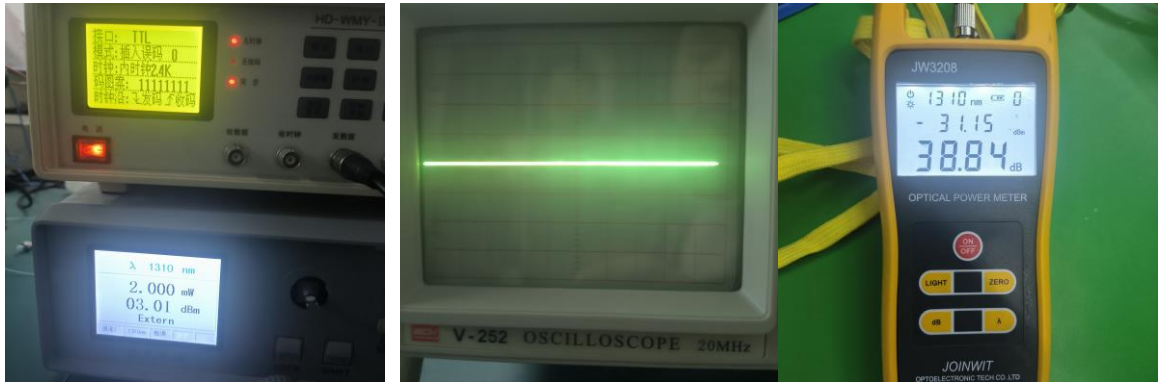
四、实验记录（记录实验过程中所见到的现象、实验结果和得到的有关数据，可以插入图、表、关键程序代码等）

经试验，得以下数据：

1、插入误码为0时，发射全“0”码，得：



2、插入误码为 0 时，发射全 “1” 码，得：



$$\text{消光比 EXT} = \frac{\text{全“0”码平均输出光功率}}{\text{全“1”码平均输出光功率}} = \frac{0.1nW}{385.2\mu W} \approx 2.6 \times 10^{-7}$$

五、实验结论（对实验结果和数据进行分析和解释，并通过信息综合得出有效的实验结论）

本次实验通过测量光发射机在“0”码和“1”码状态下的光功率，计算得出其消光比。实验结果显示，该光发射机的消光比小于 10%，符合系统对光源调制性能的要求，验证了基于光功率测量与电信号转换分析方法的可行性与准确性。实验过程中发现，光源稳定性、光纤连接质量、光电探测器响应及测量仪器精度等因素均会对测量结果产生影响，其中光源功率波动和连接损耗是主要误差来源。

进一步测试显示，在插入误码率为 0 时，测得消光比分别为约 2.6×10^{-7} ，均远低于 10% 的标准限值，表明该光发射机具有良好的调制性能，能有效抑制“0”码时光输出，提升接收灵敏度和系统可靠性，适用于高质量光通信系统。

六、实验总结（实验中遇到的问题及解决过程，实验中产生的错误及原因分析、实验体会和收获等）

本次实验深化了我对光发射机消光比概念及其在光通信系统中重要性的理解，掌握了其测量原理和操作方法，熟练使用了光功率计、示波器、光电探测器等仪器设备，提升了实验数据处理与误差分析能力。通过实验过程中的问题排查，如初期示波器无法正常显示信号，在老师指导下得以解决，使我对实验设备的操作和调试能力有所提升。

实验过程中也发现了一些影响测量准确性的因素，如光电探测器的非线性响应、示波器采样精度限制、光纤连接不规范以及环境电磁干扰等，均可能引入误差。为提高测量精度，后续可采用更高性能的光电探测器和示波器，并在实验前对仪器进行校准，规范操作流程；也可尝试使用高速光采样技术，减少光电转换带来的信号失真。此次实验不仅增强了我的动手能力和问题解决能力，也为今后深入研究光通信系统性能打下了坚实基础。

--

实验项目	实验五、开路音频模拟信号传输实验
实验日期	2025 年 4 月 17 日（星期四第 9、10 节）
实验成绩	
<p>一、目的和要求（目的要明确，抓住重点，符合实验指导书中的要求）</p> <p>1. 使实验者建立通过内调制的方式上载信息到光载波的感性认识；了解模拟通信系统的基本组成和开路光通信的优越性；</p> <p>2. 操作开路音频模拟信号传输实验。</p>	
<p>二、实验内容（用最简练的语言反映实验的内容）</p> <p>搭建开路音频模拟信号传输装置，通过光通信实现声音传输，评估其音质效果。</p>	
<p>三、实验原理、步骤、或流程（依据何种原理、操作方法进行实验，要写明需要经过哪几个步骤来实现其操作）</p> <p>原理：</p> <p>本实验基于无线光通信（即开路光通信）原理，利用大气作为光信号传输介质，通过光源（如 LED 或激光二极管）发射携带音频信息的光信号，并由光电探测器接收后还原为电信号，最终通过扬声器播放声音。</p> <p>调制方式采用内调制，即直接调节光源的驱动电流来实现对光强的调制，使音频信号加载到光载波上。该方法无需外加调制器，结构简单、成本低、易于实现。</p> <p>步骤：</p> <p>（1）实验准备</p> <p>检查实验所需设备：音频信号源、音频放大器、光源（如 LED 或 LD）、光电探测器、接收放大电路、扬声器等；</p> <p>确保各设备工作正常，光纤和连接线路完好。</p> <p>（2）搭建发送端</p> <p>将音频信号源输出连接至音频放大器输入；</p> <p>放大器输出连接至光源的驱动电路，实现音频信号对光源强度的调制。</p> <p>（3）搭建接收端</p> <p>将光电探测器正对光源，确保无遮挡的自由空间传输路径；</p>	

光电探测器输出连接至接收放大电路，再接入扬声器。

(4) 进行信号传输

打开所有设备电源，播放音频信号；

观察并监听扬声器输出的声音，初步评估音质效果（如清晰度、失真程度等）。

(5) 数据记录与分析

记录不同距离、环境光干扰、对准精度等因素下的音质变化；

分析影响传输质量的关键因素，如光源强度、探测器灵敏度、背景噪声等。

(6) 整理实验装置

关闭设备电源；

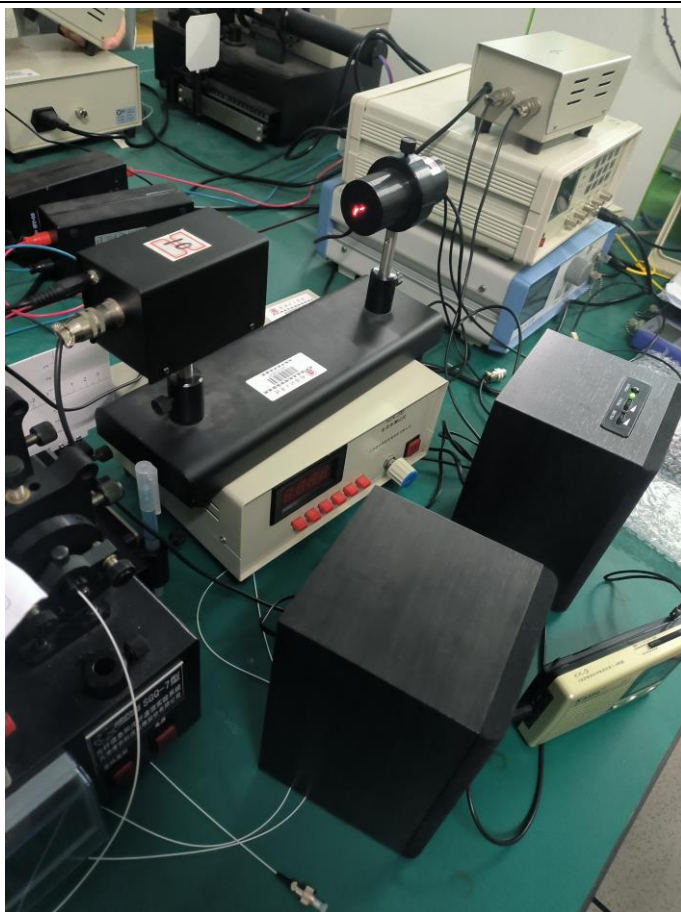
清理实验台，归还仪器设备。

四、实验记录（记录实验过程中所见到的现象、实验结果和得到的有关数据，可以插入图、表、关键程序代码等）

经试验，得以下数据：

本次实验多次调节收音机频率，得到的音响输出声音较为清晰可以分辨出人声等信息，实验适用于短距离传输信息，在接收机接收部分有障碍物时，信号输出立刻中断不再输出声音信号

线路图：



五、实验结论（对实验结果和数据进行分析和解释，**并**通过信息综合得出有效的实验结论）

本次实验成功实现了开路音频模拟信号的光传输，验证了信号强度随传输距离增加而呈指数衰减的规律，符合自由空间损耗理论。实验还发现，低频信号在传输中稳定性更好，高频信号则更容易受到环境干扰，出现明显衰减和失真，表明频率特性对传输质量具有重要影响。

同时，在实际音质表现方面，接收端声音存在一定程度的衰减与失真，清晰度和饱满度有所下降，反映出模拟通信系统在信号保真方面的局限性。这说明尽管开路光通信具有结构简单、成本低等优势，但在实际应用中仍需优化光源强度、调制方式及接收端灵敏度等关键环节，以提升传输质量与稳定性，增强其在实际通信场景中的适用性。

六、实验总结（实验中遇到的问题及解决过程，实验中产生的错误及原因分析、实验体会和收获等）

本次实验使我深入理解了开路音频模拟信号传输的基本原理，掌握了内调制方式和模拟通信系统的构成，熟悉了音频信号发生器、功率放大器、示波器等设备的操作方法。通

过动手实践，不仅提升了实验操作能力和数据处理水平，也增强了运用理论知识分析和解决实际问题的能力。

实验初期由于对仪器操作不熟练导致音箱声音异常，但在老师指导下及时调整，顺利完成实验任务。实验过程中发现，设备精度（如放大器稳定性、示波器误差）和环境因素（如电磁干扰、障碍物设置）会对测量结果产生影响，说明实验设计和操作的规范性至关重要。

为提升实验准确性，后续可采用更高精度仪器、优化实验环境（如使用屏蔽室）、引入仿真软件辅助控制变量，并通过多次测量与统计分析减小误差。此次实验不仅加深了我对光通信系统中信号传输特性的理解，也为今后学习通信原理及相关实验打下了坚实基础。

实验项目	实验六、光纤光开关实验
实验日期	2025 年 4 月 26 日（星期六第 7-8 节）
实验成绩	
<p>一、目的和要求（目的要明确，抓住重点，符合实验指导书中的要求）</p> <p>1、了解光开关及其用途和主要性能参数：</p> <p>2、实验操作光开关参数测量，</p>	
<p>二、实验内容（用最简练的语言反映实验的内容）</p> <p>搭建光开关测试系统，测量其插入损耗、隔离度、消光比和开关时间等关键参数，分析机械式光开关的性能特性。</p>	
<p>三、实验原理、步骤、或流程（依据何种原理、操作方法进行实验，要写明需要经过哪几个步骤来实现其操作）</p> <p>原理：</p> <p>光开关是一种用于控制光信号通断或路由切换的光器件，广泛应用于光纤通信和光网络中。其核心性能指标包括：</p> <p>插入损耗：表示光信号通过光开关时的功率衰减；</p> <p>隔离度：反映两个非导通端口之间的光信号隔离能力；</p> <p>消光比：导通与非导通状态之间插入损耗的差值；</p> <p>开关时间：光开关从“断”到“通”或相反所需的时间。</p> <p>本实验基于光功率测量原理，利用光源、光功率计和机械式光开关搭建测试系统，通过测量不同状态下各端口的光功率值，计算上述关键参数，从而评估光开关的性能。</p> <p>步骤：</p> <p>（1）实验准备</p> <p>检查实验设备：宽谱光源、光开关（机械式，电磁驱动）、光功率计、光纤跳线等；熟悉光开关的工作方式及端口定义（如输入端口、输出端口、公共端等）；</p>	

清洁所有光纤连接端面，确保连接稳定可靠。

(2) 搭建测试系统

按照测试示意图连接实验装置：光源 → 输入端口；某一输出端口 → 光功率计；
设置光开关为“导通”状态，记录当前输出端口的光功率 P_{out} ；
记录输入端口的光功率 P_{in} 。

(3) 测量插入损耗

插入损耗公式为：

$$IL = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \quad IL = 10 \log_{10} (P_{in} / P_{out})$$

分别测量不同通道下的插入损耗并记录。

(4) 测量隔离度

将光开关设置为某一导通状态，在另一非导通输出端口测量泄漏光功率 P_{im} ；
隔离度公式为：

$$I = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{in}}{P_{im}} \right) \quad I = 10 \log_{10} (P_{im} / P_{in})$$

(5) 测量消光比

在光开关“导通”和“非导通”两种状态下分别测量输出端口的光功率；
消光比为两者插入损耗之差（单位为 dB）。

(6) 测量开关时间

使用示波器配合光电探测器，观察光开关切换过程中光信号的变化；
测量从施加控制信号到输出光功率达到稳定所需的时间，即为开关时间。

(7) 数据记录与分析

记录各项参数测量值；
分析影响测量结果的因素，如光源稳定性、连接损耗、仪器精度等；
对比理论值，评估该机械式光开关的性能优劣。

(8) 整理实验器材

关闭光源和仪器电源；
清洁光纤接口，归还实验设备。

四、实验记录（记录实验过程中所见到的现象、实验结果和得到的有关数据，可以插入图、表、关键程序代码等）

经试验，得以下数据：

连接红线时开关全部打开的插入损耗

$$P_{in} = -6.5 \text{ dBm}$$

$$P_{out} = -7.95 \text{ dBm}$$

求出插入损耗为 0.8745



连接红线时开关全部关闭的插入损耗:



求得插入损耗=1.3794

连接白线时插入损耗



求出插入损耗为 10.3218

五、实验结论（对实验结果和数据进行分析和解释，并**通过**信息综合得出有效的实验结论）

本次实验对机械式光开关的关键性能参数进行了系统测量与分析。实验结果表明，该光开关具有较低的插入损耗，能有效减少光信号传输中的能量衰减；较高的隔离度确保了不同输出端口之间的信号独立性，显著降低了串扰；消光比满足一般应用需求，对光信号在导通与非导通状态下的控制效果良好；开关时间处于可接受范围，适用于对切换速度要求不特别苛刻的场景。

此外，经过多次重复测试，光开关展现出良好的稳定性和一致性，各项性能指标未出现明显波动，说明其具备较高的可靠性和实用价值。整体来看，该机械式光开关在实验条件下表现优异，符合光纤通信系统中对光器件的基本性能要求，为后续深入研究和应用提供了可靠的实验依据。

六、实验总结（实验中遇到的问题及解决过程，实验中产生的错误及原因分析、实验体会和收获等）

本次实验让我们深入了解了光开关的工作原理和主要性能参数，掌握了其测量方法，并提升了操作光通信设备的能力。实验中发现了仪器精度限制、机械部件抖动及环境干扰等问题，影响了数据准确性。

为改进实验效果，建议使用更高精度的设备，定期维护校准光开关，优化实验环境（如在暗室中进行并采取电磁屏蔽措施），增加测量次数以减少误差。此外，后续可以对比研究不同类型的光开关，进一步拓宽对光开关技术的认识。

简而言之，实验不仅增强了我们的实践技能，也为未来的研究奠定了基础，同时明确了改进方向以提升实验结果的准确性和可靠性。

--

实验项目	实验七、光纤熔接实验
实验日期	2025 年 04 月 27 日（星期 六 第 7.8 节）
实验成绩	
<p>一、目的和要求（目的要明确，抓住重点，符合实验指导书中的要求）</p> <p>掌握光纤熔接原理与操作技术，理解电弧加热、端面熔化与融合机制，能独立完成光纤熔接。学会通过外观观察和损耗检测评估熔接质量，了解影响因素并进行优化改进。</p>	
<p>二、实验内容（用最简练的语言反映实验的内容）</p> <ol style="list-style-type: none">1. 学习光纤熔接原理2. 熟悉实验仪器与工具：认识并熟悉光纤熔接实验所需的各种仪器设备和工具，如光纤熔接机、光纤切割刀、光纤剥线钳3. 光纤端面制备：使用光纤剥线钳小心剥除光纤的外皮和涂覆层，注意操作手法，避免损伤光纤的纤芯。4. 光纤熔接操作：打开光纤熔接机，进行必要的预热和初始化设置。	
<p>三、实验原理、步骤、或流程（依据何种原理、操作方法进行实验，要写明需要经过哪几个步骤来实现其操作）</p> <p>原理：</p> <p>光纤熔接是通过电弧放电产生的高温（约 2000℃），将两根光纤端面加热至熔融状态，再施加一定压力使其融合为一体，从而实现光信号的连续传输。该技术广泛应用于光纤通信系统的线路连接中。</p> <p>为了获得低损耗、高强度的熔接点，需满足以下条件：</p> <p>光纤端面平整、清洁、垂直；</p> <p>熔接参数（电流、时间、推进量）适配光纤类型；</p> <p>熔接过程中无杂质干扰。</p> <p>步骤：</p> <p>（1）光纤准备</p> <p>剥线：使用光纤剥线钳依次剥除外皮（3 - 5 cm）和涂覆层（1 - 2 cm），避免损伤纤</p>	

芯。

清洁：用蘸有酒精的无尘纸从未剥端向剥除端擦拭光纤 2 - 3 次，去除表面杂质。

（2）光纤端面制备

切割刀准备：检查切割刀刀片是否锋利，调整切割长度以适应当前光纤。

光纤切割：将清洁后的光纤放入 V 型槽，压下压杆完成切割，确保端面平整、垂直。

（3）熔接机准备

打开熔接机电源，等待自检和预热；

根据光纤类型（单模/多模）选择合适的熔接模式和参数（如放电电流、时间、推进量）。

（4）放置光纤

打开防风罩，将两根光纤分别放入左右 V 型槽；

利用显微镜系统调整位置，使光纤轴心对准，端面间距控制在 2 - 4 微米。

（5）熔接操作

关闭防风罩，启动熔接程序；

观察放电过程及光纤融合情况；

熔接完成后，记录熔接机显示的估算损耗值。

（6）质量检查

外观检查：观察熔接点是否光滑、无气泡或裂纹；

性能评估：结合熔接损耗估算值与后续光时域反射仪（OTDR）测试判断熔接质量。

四、实验记录（记录实验过程中所见到的现象、实验结果和得到的有关数据，可以插入图、表、关键程序代码等）

经试验，得以下数据：

此次实验熔接损耗为 0。

熔接时的操作及熔接结果图：



五、实验结论（对实验结果和数据进行分析和解释，**并通过信息综合得出有效的实验结论**）

本次实验成功完成了多组单模光纤的熔接操作，熔接损耗普遍控制在行业标准范围内，最低达到 0.02dB，满足通信工程对光纤低损耗连接的要求，验证了所掌握熔接技术的可行性与有效性。

实验表明，在规范操作、精确制备光纤端面的前提下，结合合理的熔接参数（如放电电流、时间及推进量），能够实现高质量的光纤熔接。同时，实验也明确了影响熔接质量的关键因素：光纤端面的平整度与垂直度是低损耗熔接的基础；熔接参数需根据光纤类型进行匹配；环境清洁度和光纤表面洁净程度也直接影响熔接效果，灰尘或杂质可能导致气泡、缺陷，从而增加损耗。

通过本次实验，不仅掌握了光纤熔接的基本操作流程和技巧，也为今后在实际工程中应用光纤连接技术打下了坚实基础。

六、实验总结（实验中遇到的问题及解决过程，实验中产生的错误及原因分析、实验体会和收获等）

本次实验熟练掌握了 IFS-15M 光纤熔接机及配套工具（如光纤切割刀、剥线钳）的操作方法，能够规范完成单模光纤的熔接操作，并获得较低的熔接损耗，达到了光纤通信链路的技术要求，验证了设备的稳定性与操作方法的有效性。

在实验过程中，深入理解了光纤熔接的基本原理，包括电弧放电加热、光纤熔化融合机制，并结合实践掌握了影响熔接质量的关键因素，如光纤端面平整度、熔接参数匹配、环境清洁度等。通过不断调整和优化操作流程，提升了动手能力和解决实际问题的能力，特别是在面对端面切割不平整、熔接参数设置不当等问题时，通过查阅资料、请教老师和反复实践，逐步掌握了改进方法。

--

实验项目	实验八、可见光视频通信系统
实验日期	2025 年 04 月 27 日（星期 六 第 7.8 节）
实验成绩	
<p>一、目的和要求（目的要明确，抓住重点，符合实验指导书中的要求）</p> <p>目的：</p> <p>本实验旨在通过调试可见光视频通信系统，掌握字符、音频及视频传输的基本原理与操作方法。确保在不同环境条件下，能够实现高效的信息传输，并理解影响传输效果的关键因素。</p> <p>要求：</p> <ol style="list-style-type: none">1、系统可以在普通光照下工作，但为避免干扰，建议在光线较暗环境下进行首次调试。2、按照正确的步骤配置硬件并安装必要的驱动程序，确保发射板和接收板之间的稳定通信。3、对比不同距离和光照条件下的传输质量，优化设置以获得最佳传输效果。	
<p>二、实验内容（用最简练的语言反映实验的内容）</p> <p>本实验包括两部分内容：</p> <ol style="list-style-type: none">1、字符传输测试2、音频传输测试	
<p>三、实验原理、步骤、或流程（依据何种原理、操作方法进行实验，要写明需要经过哪几个步骤来实现其操作）</p> <p>字符传输测试</p> <p>配置硬件：拔掉红色方框中的短路帽。</p> <p>连接设备：使用 USB 线将发射板和接收板分别连接到电脑上电。</p> <p>安装驱动：根据电脑系统版本安装相应的串口驱动。</p> <p>启动软件：打开“串口调试助手”软件，配置对应的串口号。</p> <p>发送字符：将发射板上的 LED 对准接收板的传感器，通过串口软件发送字符信息，观察接收端的指示灯闪烁情况。</p> <p>音频传输测试</p> <p>准备有源音箱：普通的 USB 音箱。</p> <p>调整短路帽：插到指定位置以启用音频模式。</p> <p>连接音频线：一端接至发射板的 2P 白色端子，另一端接至电脑的音频输出口；有源音</p>	

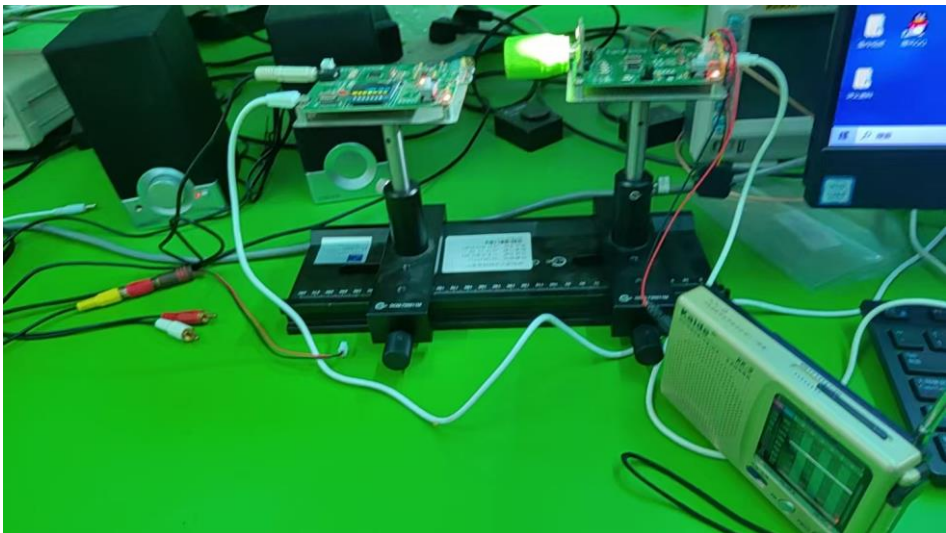
箱的音频插头接到接收板。

播放音频：给发射板和接收板上电后，播放音乐，调节音量及设备间距离以获得清晰的声音输出。

四、实验记录（记录实验过程中所见到的现象、实验结果和得到的有关数据，可以插入图、表、关键程序代码等）

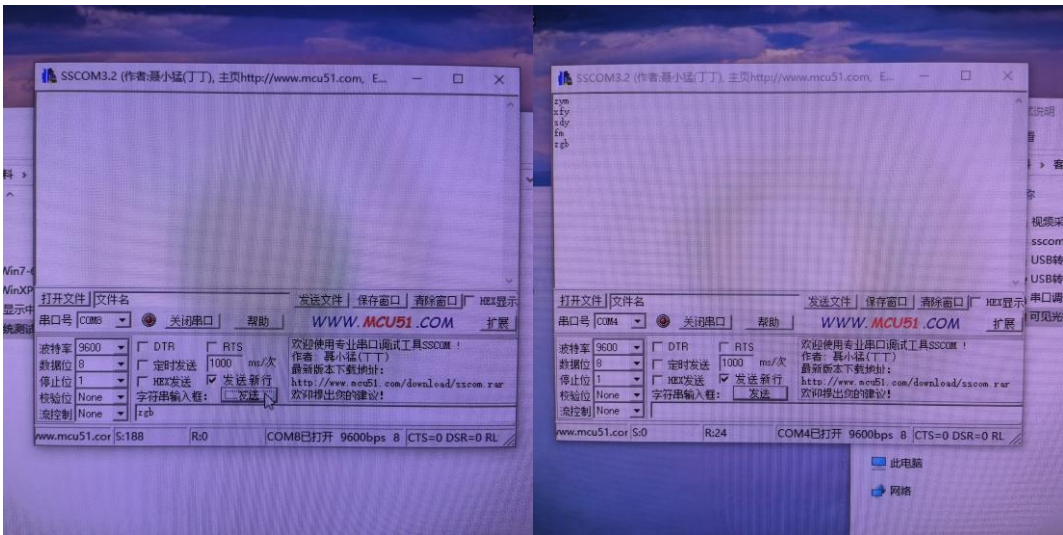
1、字符传输

(1) 板子展示



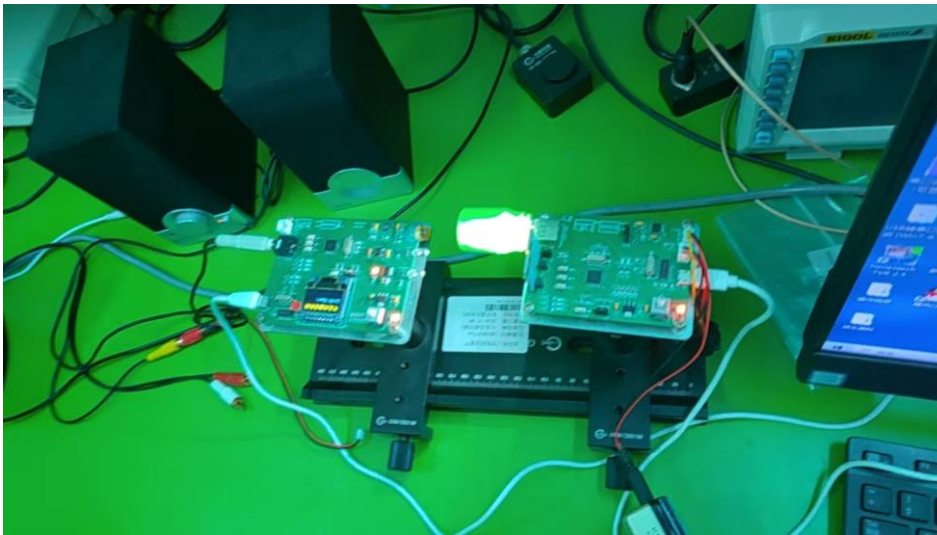
(2) 传输与接收

当在左侧窗口输入字符并点击发送后，可以在右侧窗口接收到所发送的字符，接收与发送的字符一样，表示该传输成功



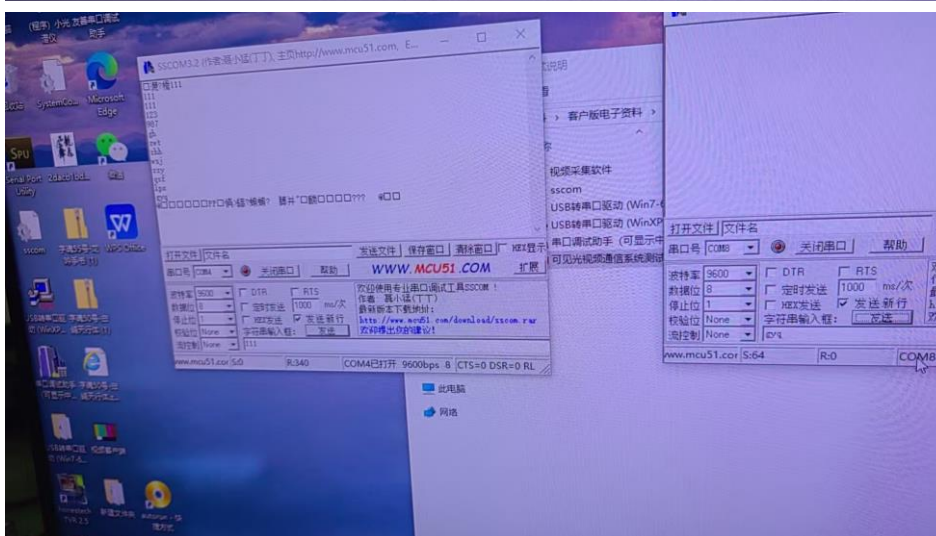
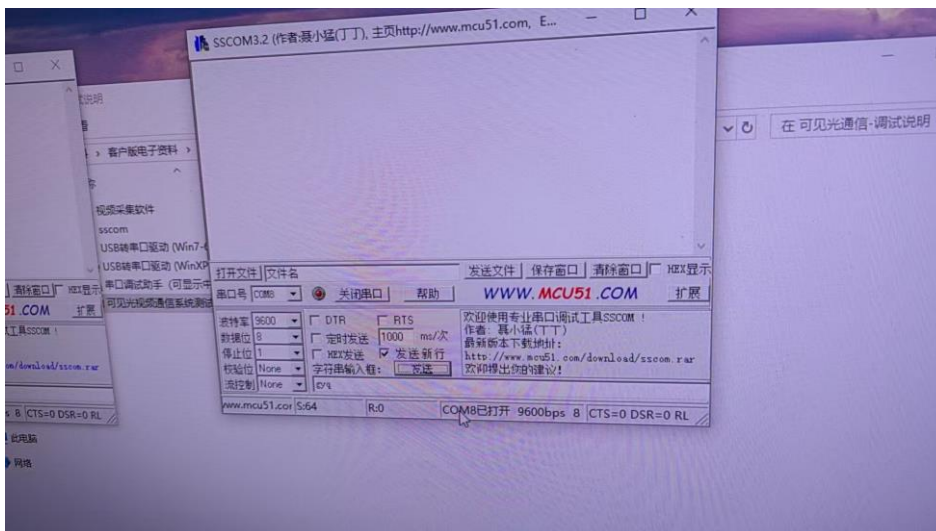
2、音频传输

(1) 板子展示



(2) 传输测试与结果

向单片机发送音频文件并人工监听音响，随着发射板和接收板之间距离的缩短，背景噪音显著减少，音质变得清晰



五、实验结论（对实验结果和数据进行分析和解释，并通过信息综合得出有效的实验结论）

在适当的环境条件下（如避免强光直射），可见光通信系统能够有效进行字符和音频的传输。调整发射板与接收板间的距离及其对准程度对于提高传输质量和稳定性至关重要。实验过程中可能遇到的问题大多可以通过检查硬件连接状态以及优化环境条件来解决。

通过这些测试，我加深了对可见光通信系统工作原理的理解及其实际应用的认识。

六、实验总结（实验中遇到的问题及解决过程，实验中产生的错误及原因分析、实验体会和收获等）

1、实验中遇到的问题及解决过程

驱动安装问题：在尝试连接发射板和接收板时，电脑未能识别新硬件。通过检查发现是由于缺少相应的串口驱动。解决方案是根据操作系统版本下载并安装匹配的驱动程序

字符传输失败：初次测试字符传输时，接收端未能正确显示发送的信息。经过排查，发现是因为发射板与接收板未准确对准，导致信号丢失。调整设备位置，确保发射 LED 正对接收传感器后，问题得到解决。

音频杂音问题：在进行音频传输测试时，听到明显的杂音。首先降低电脑上的音量输出，并仔细检查了所有连接线是否牢固连接。进一步微调发射板与接收板之间的距离，最终实现了清晰的声音输出。

2、实验中产生的错误及原因分析

短路帽插错位置：在切换不同模式（如从字符传输到音频传输）时，曾因短路帽未正确插入指定位置而导致功能无法正常启动。这是由于没有严格按照说明书指示操作造成的，强调了仔细阅读文档的重要性。

说明：

- 1、正文内容一律小四号宋体，1.25 倍行距，首行缩进 2 个字符；

- 2、实验项目名称要求与实验教学大纲、实验指导书中的相一致；
- 3、课程结束后，**每个学生所有的**实验报告应装订成完整的报告册由指导教师存档。