**Fall**

16

**[Type the company address]**

大论文

卫雨青

草稿

08

**Fall**

|  |  |
| --- | --- |
|  | 学校代码： 10246 |
|  | 学 号：13210720105 |
|  |  |



|  |
| --- |
| 硕 士 学 位 论 文 |

（学术学位）

**中文论文题目**

**英文论文题目**

|  |  |
| --- | --- |
| 院 系： | 信息科学与工程学院 |
| 专 业： | 通信与信息系统 |
| 姓 名： | 卫雨青 |
| 指 导 教 师： | 石艺尉 教授 |
| 完 成 日 期： | 2016年 3 月 25 日 |

目录

[摘要 3](#_Toc444355275)

[ABSTRACT 3](#_Toc444355276)

[第一章 绪论 3](#_Toc444355277)

[1.1 引言 3](#_Toc444355278)

[1.2 气体传感概述 3](#_Toc444355279)

[1.2.1 气体检测手段 3](#_Toc444355280)

[1.2.2 气体传感装置 3](#_Toc444355281)

[1.3红外光谱吸收 4](#_Toc444355282)

[1.4 光纤气体传感器 4](#_Toc444355283)

[1.5 课题意义与创新性 4](#_Toc444355284)

[第二章 波导式气体吸收传感系统 4](#_Toc444355285)

[2.1 概述 4](#_Toc444355286)

[2.2 FTIR光源 4](#_Toc444355287)

[2.3 柔性波导式吸收腔 4](#_Toc444355288)

[2.3.1 空芯光纤 4](#_Toc444355289)

[2.4 空芯光纤传输特性 4](#_Toc444355290)

[第三章 小型化波导式传感系统优化 4](#_Toc444355291)

[3.1 概述 4](#_Toc444355292)

[3.2 空芯波导弯曲特性 4](#_Toc444355293)

[3.2.1 弯曲附加损耗 4](#_Toc444355294)

[3.3 柔性空芯波导 4](#_Toc444355295)

[第四章实验系统搭建 5](#_Toc444355296)

[4.1 概述 5](#_Toc444355297)

[4.2 空芯光纤制备 5](#_Toc444355298)

[4.3 耦合接口 5](#_Toc444355299)

[4.4 弯曲模型设计 5](#_Toc444355300)

[4.5 气体传感系统 5](#_Toc444355301)

[第五章 系统实验与理论结果 5](#_Toc444355302)

[5.1 概述 5](#_Toc444355303)

[5.2 气体浓度检测实验 5](#_Toc444355304)

[5.2.1 信噪比参数影响 5](#_Toc444355305)

[5.2.2 弯曲半径参数影响 5](#_Toc444355306)

[5.2.3 弯曲长度参数影响 5](#_Toc444355307)

[5.3 系统最优长度问题 5](#_Toc444355308)

[5.4 系统响应时间分析 5](#_Toc444355309)

[5.5 数据处理经验 5](#_Toc444355310)

[第六章总结 6](#_Toc444355311)

[6.1 主要结论 6](#_Toc444355312)

[6.2 创新点 6](#_Toc444355313)

[6.3 工作展望 6](#_Toc444355314)

[参考文献 6](#_Toc444355315)

[致谢 6](#_Toc444355316)

# 摘要

# ABSTRACT

# 第一章 绪论

## 1.1 引言

传感

## 1.2 气体传感概述

### 1.2.1 气体检测手段

### 1.2.2 气体传感装置

## 1.3红外光谱吸收

## 1.4 光纤气体传感器

## 1.5 课题意义与创新性

# 第二章 波导式气体吸收传感系统

## 2.1 概述

## 2.2 红外光源

### 2.2.1 FTIR

### 2.2.2 QCL

### 2.2.3其他光源

## 2.3 气室

### 2.3.1 空芯光纤

## 2.4 空芯光纤传输特性

# 第三章 小型化波导式传感系统优化

## 3.1 概述

## 3.2 空芯波导弯曲特性

### 3.2.1 弯曲附加损耗

## 3.3 柔性空芯波导

其他适用情况

液芯，多气体

# 第四章实验系统搭建

## 4.1 概述

## 4.2 空芯光纤制备

我们需要制备在目标气体样本吸收峰波段具有较低损耗窗口的空芯光纤作为气室。首先，我们通过银镜反应在玻璃基管的内部镀上一层稍厚的银膜。如上文中所述，该结构的空芯光纤在红外的传输光谱基本为一条直线，如下图中黑色曲线所示。由于本实验中主要实验场景需要测量弯曲状况下的输出光谱，而银膜光纤的弯曲损耗相对较大，弯曲360度后几乎无输出，我们需要在光纤内部银膜的基础上进行碘化，从而获得碘化银介质膜。

C:\Users\Alwee\Desktop\AgVsAgI.emf

图 优化在3.33µm处的Ag/AgI空芯光纤及其碘化前的损耗谱

因为碘化银介质在红外基本透明，因而其产生的薄膜干涉作用改变了原本平滑的银膜传输光谱曲线。我们在下图中可以看到许多干涉峰的存在。一般情况下，从长波长到短波长标记这些干涉峰出现的位置为，，…，，他们符合以下公式：

其中，d为膜的厚度，n为介质折射率。在本实验中，红外波段区域碘化银的折射率可以记作。通过以上公式反推，可以得到碘化银的最佳膜厚：

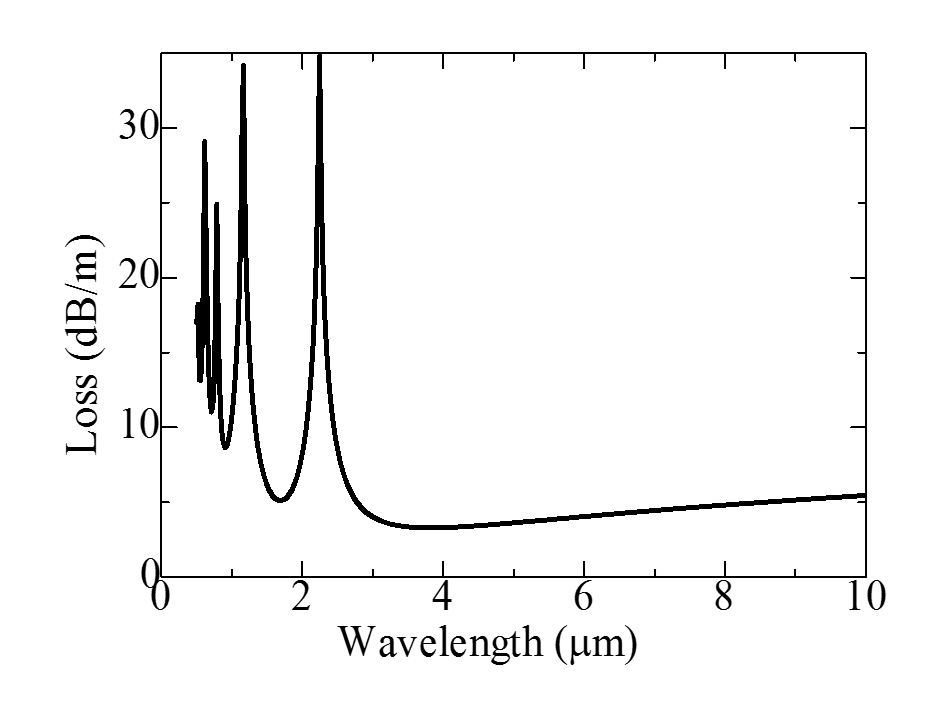


图 优化在3.33µm处的Ag/AgI空芯光纤损耗谱仿真曲线

由此，我们得到了优化在3.33µm处的Ag/AgI空芯光纤的碘化银最佳膜厚为0.29µm。参考前人总结的理论公式与实验经验，我们利用碘化反应的时间来精确控制膜厚：

配置5g/L的碘的环己烷溶液，根据经验其A=26.65，在室温下需要反应约55s。反应完毕后，通足够长时间的氮气，并用酒精溶液清洗残留在空芯光纤内部的环己烷，保证其不会影响后续的红外吸收实验。按照以上数据实际制作的4根Ag/AgI空芯光纤与仿真结果都非常吻合。

另外，在可见光范围内，这批的干涉峰位于蓝绿波段存在波谷。因此，若在可见光波段观察该光纤输出，能够观测到蓝绿色光，有别于银膜光纤的白色光。

## 4.3 耦合接口

为了保证系统的气密性，我们设计了如下图所示的耦合接口。

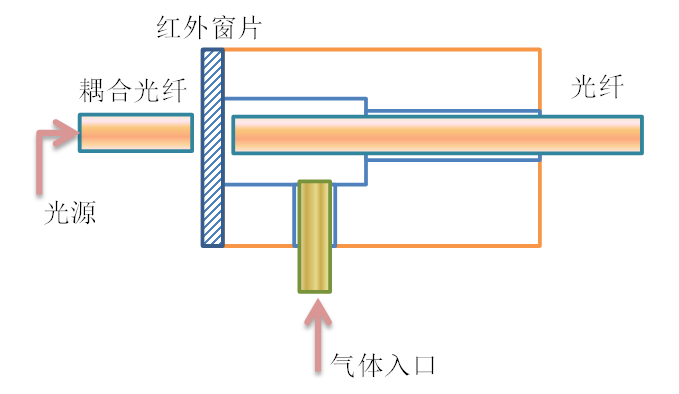
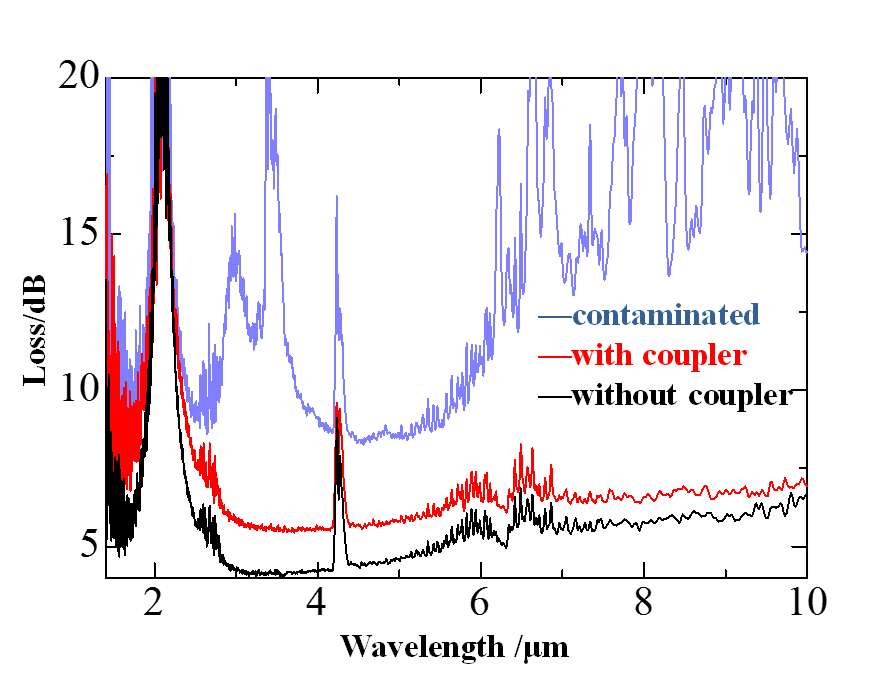


图 耦合接口设计图

首先截取1厘米见方的有机玻璃立方，利用冲床钻孔获得三通结构。然后，截取在红外波段透明的KCl晶体块切成薄片作为红外窗片，粘贴于直径约5毫米的大口径一侧。取10厘米的铁制基管作为气体入口通道，粘贴于直径约2毫米的下侧通道。最后将光纤伸入耦合接口内部，尽量接近红外窗片但留有距离处，用胶水固定。



图

实验中，有出现了胶水量过多而污染了KCL红外窗片的情况，该胶水在甲烷吸收波段亦有吸收，因此出现了上图中最上方的被污染的输出光谱。图中4.2µm处的尖峰为空气中二氧化碳的吸收峰。上图中下方的两条曲线为实验中所用的耦合接口接入前后的输出光谱，整体清晰平滑，并且在目标波段有着最低的损耗。通过比较加入耦合借口前后的输出光谱真的损耗大小，可以得出：耦合接口给传感系统带来的附加插入损耗约为1dB。该附加插入损耗的来源为耦合接口使得光纤与耦合光纤之间的耦合由原先的紧靠变为若干毫米的空间距离，并且由于KCL红外窗片为手工切制，也会因为其晶体结构被破坏而带来影响。整体传感系统在水平不弯曲的情况下损耗约为5dB/m。

## 4.4 弯曲模型设计

由于需要考察弯曲状况下的空芯光纤传输特性，我们需要考虑在实验室的现有条件下

## 4.5 气体传感系统

考虑实际传感系统情况以及实验室现实条件，我们选取了FTIR作为系统光源，内径700μm的Ag/Ag 玻璃基底空芯光纤作为气室，甲烷气体3.33μm处的吸收峰作为检测对象搭建了如下的气体传感实验系统

# 第五章 系统实验与理论结果

## 5.1 概述

## 5.2 气体浓度检测实验

### 5.2.1 信噪比参数影响

### 5.2.2 弯曲半径参数影响

### 5.2.3 弯曲长度参数影响

## 5.3 系统最优长度问题

## 5.4 系统响应时间分析

## 5.5 数据处理经验

积分/峰值

# 第六章总结

## 6.1 主要结论

## 6.2 创新点

## 6.3 工作展望

# 参考文献

Cibula E, Donlagic D, Stropnik C. Miniature fiber optic pressure sensor for medical applications[C]// Sensors, 2002. Proceedings of IEEE. IEEE, 2002:711-714 vol.1.

# 致谢