

**本 科 生 毕 业 论 文**

**开题报告**

****

**题目：** 微结构太赫兹波导的设计与特性分析

**姓 名：** 卢 岳

**学 号：** 201412020215

**指导教师：** 张亚妮

**班 级：** 物理142

**所在院系：** 文理学院

**毕业论文开题报告表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课题名称** | 微结构太赫兹波导的设计与特性分析 | | | | |
| **课题来源** | 科研课题 | **课题类型** | 理论研究类 | **指导教师** | 张亚妮 |
| **学生姓名** | 卢 岳 | **学 号** | 201412020215 | **专 业** | 应用物理学 |
| **课题的意义：**  **1．选题背景及意义**  随着近20年超快电子学技术、微电子技术以及激光技术的发展，为太赫兹辐射提供了稳定可靠的发射源和探测手段，从而促进了太赫兹技术的迅速发展。早期太赫兹在不同的领域有不同的名称，在光学领域被称为远红外，而在电子学领域，则称其为亚毫米波、超微波等。在20世纪80年代中期之前，太赫兹波段两侧的红外和微波技术发展相对比较成熟，但是人们对太赫兹波段的认识仍然非常有限，形成了所谓的“THz　Gap”。  太赫兹波导的研究，目的是要实现低损耗，低色散的THz波传输波导，从而替代传统的光学器件对THz波进行控制，最终推动太赫兹时域系统的集成化小型化。经过了十几年的发展，人们提出了许多类型的太赫兹波导功能器件，按大类分，主要有金属波导和介质(聚合物)波导两大类。当前人工太赫兹源按照产生原理可以分为三类：基于非线性介质的太赫兹源、基于加速电子的太赫兹源以及基于激光激射方法产生的太赫兹源。  由于太赫兹波在电磁波谱中位置特殊、性能优越，太赫兹技术在电子、信息、通信、生命、航天、国家安全等研究领域都具有重要的学术价值和巨大的应用前景。  太赫兹波具有穿透性强、使用安全性高、定向性好、带宽高等技术特性,由于太赫兹释放的能量很小,不会在人体产生有害的光致电离。所以,相比X射线,太赫兹是一种更安全的安检技术。由于太赫兹在电磁波谱中有着特殊的位置，因此，它有一系列的优越性，而这优越性使其具有很好的应用前景。其主要特性如下：  1)波粒二相性：太赫兹辐射是电磁波，因此它具有电磁波的所有特性。太赫兹波具有干涉、衍射等波动特性，在与物质相互作用时，太赫兹波显示出了粒子特性。  2)高透性：太赫兹对许多介电材料和非极性物质具有良好的穿透性，可对不透明物体进行透视成像，是X射线成像和超声波成像技术的有效互补，可用于安检或质检过程中的无损检测。另外，太赫兹在浓烟、沙尘环境中传输损耗很少，是火灾救护、沙漠救援、战场寻敌等复杂环境中成像的理想光源。  3)安全性：相对于X射线有千电子伏的光子能量，太赫兹辐射的能量只有毫电子伏的数量级。它的能量低于各种化学键的键能，因此它不会引起有害的电离反应。这点对旅客身体的安全检查和对生物样品的检查等应用至关重要。另外，由于水对太赫兹波有非常强烈的吸收性，太赫兹波不能穿透人体的皮肤。因此，即使强烈的太赫兹辐射，对人体的影响也只能停留在皮肤表层，而不是像微波可以穿透到人体的内部。  4) 光谱分辨特性：许多有机分子，如生物大分子的振动和旋转频率都在太赫兹波段，所以在太赫兹波段表现出很强的吸收和色散特性。物质的太赫兹光谱(发射、反射和透射光谱)包含丰富的物理和化学信息，使得它们具有类似指纹一样的唯一特点。因此，太赫兹光谱成像技术不仅能够分辨物体的形貌，还能识别物体的组成成分。为缉毒、反恐、排爆等提供了可靠的相关理论依据和探测技术。  5) 很高的时间和空间相干性：太赫兹辐射是由相干电流驱动的偶极子振荡产生，或是由相干的激光脉冲通过非线性光学差额效应产生，因此具有很高的时间相干性和空间相干性。  太赫兹技术涉及物理学、半导体、光学、材料科学、信号处理、激光技术、制冷技术、微波毫米波电子学等多种学科，是一个典型的交叉前沿领域。目前，在欧美俄日韩等国有数十所大学开展了太赫兹研究。美国航天局等机构都对太赫兹研究给予了大规模的投入；已有超10家的美国企业在太赫兹辐射相关产品的开发方面取得进展，如Picometrix公司开发的太赫兹成像系统已在NASA用于航天飞机外壁薄板内部缺陷检查，波音公司等也正在大力研发用于安全领域的太赫兹产品。太赫兹成像技术的发展至今只有十几年的时间，总体上看，多数应用还处在实验室阶段，真正的大规模工程应用还没有开始.目前资料中提到的太赫兹成像多为近场成像，尚未见有远距离成像的报道.作用距离是决定太赫兹技术工程应用前景的关键因素之一。如果太赫兹辐射在大气对流层内传输时的衰减问题不能得到有效解决，那么太赫兹技术在地面或海上的应用可能受到严重制约.相比之下，基于机载或星载平台的太赫兹雷达或太赫兹通信，则具有诱人的应用前景。  **2. 国内外发展状况**  2004年，美国政府将THz科技评为“改变未来世界的十大技术”之一，而日本于2005年1月8日更是将THz技术列为“国家支柱十大重点战略目标”之首，举全国之力进行研发。我国政府在2005年11月专门召开了“香山科技会议”，邀请国内多位在THz研究领域有影响的院士专门讨论我国THz事业的发展方向，并制定了我国THz技术的发展规划。目前国内已经有多家研究机构开展太赫兹领域的相关研究，其中[首都师范大学](https://baike.baidu.com/item/%E9%A6%96%E9%83%BD%E5%B8%88%E8%8C%83%E5%A4%A7%E5%AD%A6" \t "_blank)，是入手较早，投入较大的一家，并且在毒品和炸药太赫兹光谱、成像和识别方面，利用太赫兹对非极性航天材料内部缺陷进行无损检测方面做出了许多开拓性的工作，同时由于太赫兹射线在安全检查方面的独特优势，首都师范大学太赫兹实验室正集中力量研发能够用于实景测试的安检原型设备。另外，美国、欧洲、亚洲、澳大利亚等许多国家和地区政府、机构、企业、大学和研究机构纷纷投入到THz的研发热潮之中。 | | | | | |
| **本课题的研究内容、方法、手段及预期成果：**  **研究内容**：  在太赫兹波科学技术迅猛发展的大背景下，全世界研究者对太赫兹波导器件的钻研在近几年内也越来越重视。THz波导一直以来的挑战是怎么样可以获得THz波低损耗、低色散的传播介质，而近些年来THz技术的崛起和新一代THz源以及THz检测器件的发展，其中微结构聚合物光纤作为THz波导的探索越来越受到了世界研究团队的重视。现在THz波主要基于自由空间传输，所以实现THz波的低损耗、低色散、低偏振模色散波导传输以及与其他器件的耦合，是科研人员面临的一项巨大的挑战。目前，虽然可以实现低损耗、高双折射、低色散等特性的微结构光纤已经有很大研究成效，不过同时具有这些性能且传输带宽较宽的微结构聚合物光纤模型还尚待研究[11]。由于上述背景，我们设计了一种具有宽带、低损耗、色散平坦的折射率引导型的PCF。为了使THz波的低损耗高效率传导得以实现，本论文将从聚合物材料和光纤建造两方面考虑，理论上设计了一种微结构聚合物光纤模型，并计算仿真了它的传导特性。  **手段与方法**：  （1）罗列波导耦合模理论，包括理论计算耦合模方程及器件耦合长度。  （2）以亚波长直径椭圆纤芯聚合物光纤作为双纤芯光纤的基本组成部分，计算光纤导模的各项性能，分析亚波长直径椭圆纤芯聚合物光纤在太赫兹频率高双折射和低吸收损耗的特性。  （3）分析双椭圆纤芯聚合物光纤特性，把单芯结构数据扩展为对称的双芯结构。  （4）对光纤结构的参数进行优化，如椭圆纤芯的长轴和短轴直径，两个纤芯的椭圆率，两个椭圆纤芯边缘之间的间隔等。  （5）分析太赫兹偏振分离器的性能特征，模拟仿真模式耦合特性。  （6）光纤器件的传输损耗与光纤器件的消光比分析。  **预期结果**：  虽然Topas COC材料在太赫兹波段表现出良好的特性，有很低的材料吸收和材料色散，但是，我们设计波导结构的目标依旧是要达到低损耗、低色散传导太赫兹波的目的。科研人员为了尽可能的减小其传输损耗，探索出了一个很好的办法即尽量的降低在Topas COC材料中的传导功率比例，进一步增加在材料之外的空气中传导的功率，正是因为太赫兹波导在干燥的空气中的传导损耗几乎为零的特点。所以采用多孔型MPF、空芯带隙型MPF以及亚波长光纤等特定的光纤模组设计，可以得到以上所期望的结果。由于传导太赫兹波的多孔型MPF是指在聚合物材料中排列着一定的亚波长空气孔，所以整个模块的等效折射率比空气折射率更高，所以它起到了“纤芯”的作用，而外部的空气起着“包层”的作用。所以多孔型MPF还是基于太赫兹波在“纤芯”和“包层”之间的全内反射而引导其传导的。本文设计了以Topas COC为基础材料，用于传导太赫兹波的多孔型微结构Topas MPF，最大程度的发挥了Topas COC在太赫兹波段的低损耗、低色散的优势特点。纤芯具有亚波长空气孔的多孔型MPF可以将大部分的基模模场分布在空气中传输。具有空气芯的折射率引导型MPF当频率越大时，限制损耗随着频率的增大而减小，这样可以时损耗在增大频率的条件下减小，源于多孔型光纤自身特有的对电磁场的束缚作用，这也可以看作是一种高效的包层，阻止电磁波泄漏到多孔型纤芯外面。有效材料的吸收损耗随频率的增大而增大，但是当空气孔直径变大时，其有效材料的吸收损耗将变小。 | | | | | |
| **任务完成的阶段安排及时间安排：**   |  |  | | --- | --- | | **周次** | **论文任务及要求** | | 1~3 | 毕业实习，收集所需的资料、文献和技术文档。 | | 4 | 完成开题报告，确定论文工作思路。 | | 5~7 | 编写论文大纲，汇总资料，确定具体方案。 | | 8~12 | 完成各模块的设计。 | | 12~15 | 进一步修改完善毕业论文说明书，准备毕业答辩。 | | 16 | 毕业论文答辩。 | | | | | | |
| 参考文献：  [1]边明明，王世涛，雷利华，等.太赫兹技术及空间应用国内外发展现状研究[J].空间电子技术，2013(4):80-84.  [2] Guofeng Yan，A．Ping Zhang，Guiying Ma，et al. Fiber-Optic Acetylene Gas Sensor Based on Microstructured Optical Fiber Bragg Gratings [J]. IEEE,Photonic Technology Letters，23,1588-1560，2011．  [3] 周泽魁, 张同军, 张光新. 太赫兹波科学与技术[J]. 自动化仪表, 2006, 27(3):1-6.  [4] 钟任斌, 周俊, 刘盛纲. 太赫兹波导的研究进展[J]. 电子科技大学学报, 2012, 41(2):247-252.  [5] 王豆豆, 孔德鹏, 储九荣,等. 用于太赫兹波传输的新一代微结构聚合物光纤的设计[C]. // 全国塑料光纤与聚合物光子学会议. 2012.  [6] 何忠蛟. 聚合物太赫兹光纤布喇格光栅[J]. 光子学报, 2015, 44(4):135-139.  [7] 顾达. 太赫兹微结构传输光纤的设计与应用研究[D]. 南京邮电大学, 2014.  [8] 徐炤. 基于光子晶体光纤的多功能太赫兹波导研究[D]. 太原科技大学, 2013.  [9] 唐剑. 基于光子晶体结构的太赫兹波导设计和特性研究[D]. 桂林电子科技大学, 2013.  [10] 胡婕, 陈鹤鸣. 光子晶体太赫兹波导的损耗特性[J]. 中国激光, 2008, 35(4):567-572.  [11] 张智刚. 高双折射太赫兹光子晶体光纤的设计和特性研究[D]. 桂林电子科技大学, 2014.  [12] 蒋文丽. 光电导天线太赫兹源及其光纤传输特性的研究[D]. 北京交通大学, 2016.  [13] [微结构聚合物光纤的制备及其应用基础研究](http://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=1013010109.nh&dbcode=CDFD&dbname=CDFD2013&v=)[D]. 汪舰.中国科学院研究生院(西安光学精密机械研究所), 2010.  [14] [微结构聚合物光纤的制备及其应用基础研究](http://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=1013010109.nh&dbcode=CDFD&dbname=CDFD2013&v=)[D]. 汪舰.中国科学院研究生院(西安光学精密机械研究所),2010.  [15] [有机电致发光器件的微结构电极研究](http://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=1016083752.nh&dbcode=CDFD&dbname=CDFD2016&v=)[D]. 毕宴钢.吉林大学,2016.  [16] [微结构聚合物光纤的制备、修饰及在化学传感领域的应用研究](http://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=2009032084.nh&dbcode=CDFD&dbname=CDFD2009&v=)[D]. 杨兴华.中国科学院研究生院（西安光学精密机械研究所）,2008.  [17] [微结构光学元器件的设计、制作与应用关键技术研究](http://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=1014018650.nh&dbcode=CDFD&dbname=CDFD2014&v=)[D]. 孔德鹏.中国科学院研究生院（西安光学精密机械研究所）,2013.  [18] [聚合物光纤荧光传感材料的制备及性能表征](http://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=1015590060.nh&dbcode=CDFD&dbname=CDFD2015&v=)[D]. 马佳俊.中国科学技术大学,2015.  [19] [特殊结构聚合物光纤的设计制备以及性质研究](http://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=1012287217.nh&dbcode=CDFD&dbname=CDFD2012&v=)[D]. 武文轩.中国科学技术大学,2011.  [20] [微结构聚合物光纤的修饰技术及其应用基础研究](http://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=1013010083.nh&dbcode=CDFD&dbname=CDFD2013&v=)[D]. 李冬冬.中国科学院研究生院(西安光学精密机械研究所),2011.  [21] [微结构聚合物光纤的制备及其应用基础研究](http://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=1013010109.nh&dbcode=CDFD&dbname=CDFD2013&v=)[D]. 汪舰.中国科学院研究生院(西安光学精密机械研究所),2010.  [22] [新型光纤的设计与制作工艺研究](http://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=1013185855.nh&dbcode=CDFD&dbname=CDFD2013&v=)[D]. 吴金东.浙江大学,2012.  [23] [新型光子晶体光纤、光波导耦合器件的传输特性及应用研究](http://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=1013184647.nh&dbcode=CDFD&dbname=CDFD2013&v=)[D]. 孙兵.江苏大学,2013. | | | | | |

****

**本科生毕业设计开题报告考核**

**一、指导教师对开题报告的评语：**

**指导教师**  **2018年 月 日**

|  |  |
| --- | --- |
| **成绩** |  |

**二、开题报告答辩评语及成绩:**

**答辩小组负责人 2018年 月 日**