

光子晶体光纤的传输模式特性

李艳秋^①

(临沂大学实验中心 山东省临沂市双岭路中段 276000)

摘要 基于平面波展开法,数值模拟高光子晶体光纤传输的几种模式,介绍光子晶体光纤的应用及发展。结论为光子晶体光纤通信的器件设计提供参考。

关键词 光子晶体光纤;光纤传输;平面波展开法

中图分类号:O431.1;O572.31

文献标识码:A

文章编号:1004-8138(2013)02-0669-03

1 引言

1966年英籍华人高锟提出了用石英纤维作为新型通讯媒质从而开启了光纤通讯时代^[1]。2000年,英国的Wadsworth W J等人研制出了第一台光子晶体光纤激光器,他们用波长970nm激光器泵浦一段81mm长的掺Yb³⁺光子晶体光纤输出了波长为1040nm的激光^[2]。2001年,Wadsworth W J等人设计第一台调Q双包层光子晶体光纤激光器,其中2.7 μm 是内包层气孔直径,9.7 μm 为孔间距,12.3 μm 为1047nm处测量模场直径,7m为光纤长度。声光调制为调制方式,50 μJ 的脉冲输出,10ns是脉冲宽度,5kW时输出峰值功率,1W时最大平均功率^[3]。2003年Limpert J等得到了80W的功率输出,2006年,他们又实现了320W连续输出^[4]。国内研究起步较慢,但是也取得了不错的成绩^[5-9],其中燕山大学的团队拉制出了很好地光子晶体光纤。光纤是通信系统的主要传输器件,光纤的主要应用在光通信里面。光通信是把光作为主要通讯手段的。光纤器件应用的另外一个方面是光子晶体光纤器件的设计及模式分析。所谓光纤激光器是用光纤作为激光介质的激光器。光纤激光器是最重要的激光光源器件,具有免调节、免维护、高稳定性等优点;光纤激光器能够随意加工利用,大大简化了机械结构的设计;对工作环境要求低,对震动,湿度,温度不敏感;超常的工作寿命;宽幅度波长输出范围。这些优点使得光纤激光器具有很好的发展前景,并可能广泛应用于激光通信,激光医疗,激光测量,激光印刷以及激光防伪等多个领域。从广义上讲,只要以光纤作为增益介质的激光器都可以称为光纤激光器。有几种技术具有里程碑式的意义,其中就包括了双胞层光纤激光器和光子晶体光纤激光器。光子晶体光纤的理论只要是基于耦合模理论,计算机软件主要有Comsol Multiphysics软件,这款软件具有强大的功能,可以用来计算各种电磁学问题,采用的计算方法有时域有限差分法、平面波展开法以及传输矩阵等方法。本文采用平面波展开法,它的优点是计算速度快,编程较为简单。

2 光子晶体光纤的分类及特性

根据导光机制,光子晶体光纤分为折射率引导型光子晶体光纤和带隙型光子晶体光纤。折射率引导型光子晶体光纤纤芯由纯的石英玻璃构成,它的包层的等效折射率相对较低,周期性的空气孔存在于包层中,光在传输的过程中就会在纤芯中传播。也可以在纤芯的空气孔中填充上低折射率的

^① 联系人,手机:(0)13515395576;E-mail:lydxlyq126@126.com

作者简介:李艳秋(1970—),女,山东省临沂市人,实验师,主要从事物理实验方面的研究工作。

收稿日期:2012-03-20;接受日期:2012-07-31

物质,也可以改变空气孔的排列,这样就可以改变光纤包层的有效折射率和波长变化,从而设计出对应的光子晶体光纤。带隙型光子晶体光纤是基于光子晶体的基本特性发展而来的,光子晶体最重要的特性是具有光子禁带,落在光子禁带中的电磁波频率段将被禁止传播,利用这个特性可以制作许多类的光子晶体传输器件,如光子晶体导波、光子晶体滤波器、光子晶体谐振腔等等,光子晶体光纤是在光子晶体的基础上拉制而成,所以具有光子晶体的带隙特性,但是又具有光纤的许多优点。带隙型光子晶体光纤的结构是中间有一个大的空气芯,空气孔的四周有蜂窝状的包围,这个结构就形成光子带隙,中间空气芯中就会限制特定频率的电磁波或光波,通过改变空气孔的大小从而形成不同的电磁波特性。

3 光子晶体光纤的传输模式模拟与分析

光子晶体光纤传输中光波长是 632.8nm ,图 1、3、5、7 是单模和多模分布的高度图,图 2、4、6、8 是单模场和多模场的等高线分布图。比较图 1、3、5、7 得知光子晶体光纤模式分布各有不同,相对而言,单模输出能量要比多模输出有更好的效果。对应的模场等高线分布图也反映了这个特点。

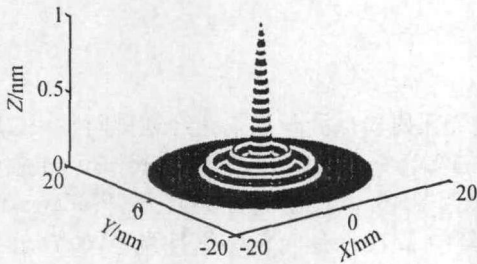


图 1 单模分布的高度图

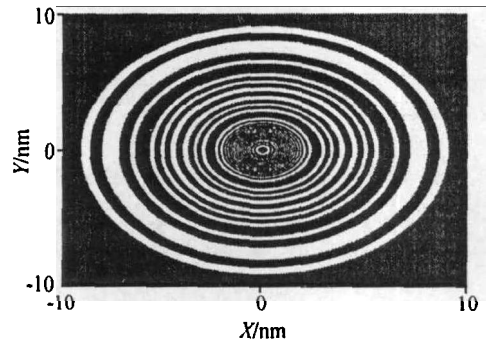


图 2 单模场等高线分布

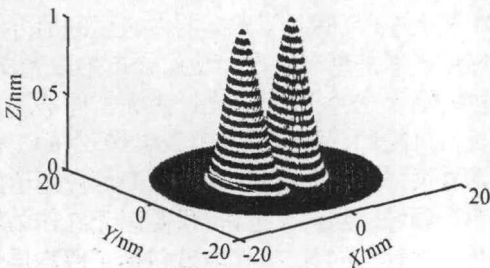


图 3 双模分布的高度图

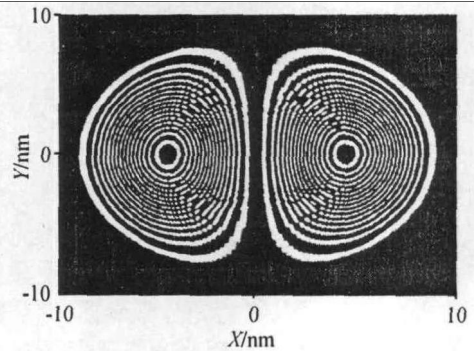


图 4 双模场等高线分布

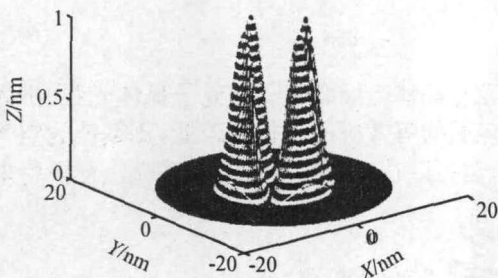


图 5 四模分布的高度图

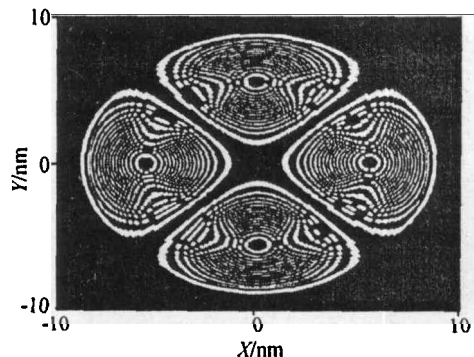


图 6 四模场等高线分布

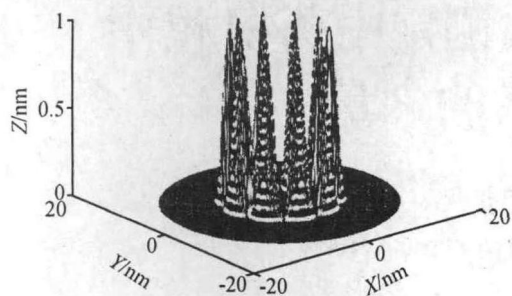


图 7 十模分布的高度图

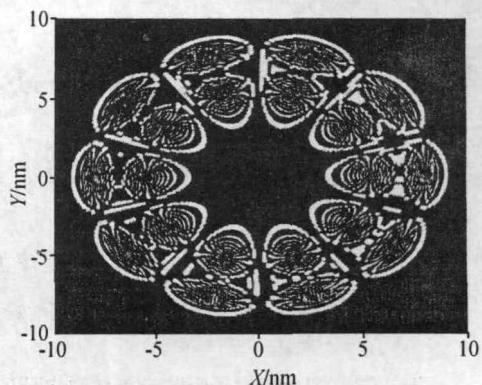


图 8 十模场等高线分布

4 结论

文中阐述了光子晶体光纤的类型及其特性,利用平面波展开法数值模拟了几种不同的模式场分布,不同的模场高度和模场等高线分布都不同,单模输出时对应的能量较大,研究结论为光子晶体光纤的器件研究提供理论参考。

参考文献

- [1] 罗吉,庄须叶,倪祖高. 光纤消逝场传感器传感结构的分析与应用[J]. 微纳电子技术, 2011, 48(6): 376—383.
- [2] Furusawa K, Malinowski A, Price K H V *et al.* Cladding Pumped Ytterbium-Doped Fiber Laser with Holey Inner and Outer Cladding [J]. *Optics Express*, 2001, 9(13): 714—720.
- [3] 庄须叶,王浚璞,邓勇刚等. 光纤传感技术在管道泄漏检测中的应用与进展[J]. 光学技术, 2011, 37(5): 543—550.
- [4] 郭文华,王鸣,夏巍等. 基于光纤的三维可调胶体光子晶体[J]. 物理学报, 2011, 60(12): 292—297.
- [5] 张鹏,杨瑞峰,武锦辉等. 基于光纤传输的数据实时监测系统[J]. 测试技术学报, 2011, 25(6): 548—551.
- [6] 蒋文晓,谭晓玲,周骏. Kagome 结构空芯光子晶体光纤纤芯参数对传输特性的影响[J]. 强激光与粒子束, 2011, 23(10): 2578—2582.
- [7] 李院平. 光纤传输过程中的色散特性[J]. 光谱实验室, 2011, 28(3): 1412—1414.
- [8] 杨颖. 长周期光纤光栅光谱特性的研究[J]. 光谱实验室, 2010, 27(6): 2487—2490.
- [9] 苑立波. 光纤白光干涉技术的回顾与展望[J]. 光学学报, 2011, 31(9): 322—334.

Transmission Mode Characteristics of Photonic Crystal Optical Fiber

Li Yan-Qiu

(Experiment Management Centre, Linyi University, Linyi, Shandong 276000, P. R. China)

Abstract Based on the plane wave expansion method, numerical simulation of several transmission modes of high photonic crystal optical fiber, the application and development of photonic crystal optical fiber were introduced. The results provide references for the design of photon crystal optical fiber communication devices.

Key words Photonic Crystal Optical Fiber; Optical Fiber Transmission; Plane Wave Expansion Method