

空芯光子晶体光纤纤芯结构设计与研究

刘小璐¹, 汪滢莹¹, 田翠萍¹

1. 北京工业大学, 激光工程研究院, 朝阳区平乐园100号, 北京市, 100124

引言: 空芯光子晶体光纤 (HC-PCFs) 具有不同于传统光纤的带隙导光机制, 在光通信系统、高功率激光器、工业制造和生物医疗等领域有广阔的应用前景。利用软件仿真光纤横截面的微结构, 可以得到光纤的模式、损耗和色散特性, 并进一步研究不同纤芯结构对光纤特性的影响。

结果: 仿真得到了三种光纤的基模模场强度分布和各波长处的基模有效折射率, 并计算出它们的泄漏损耗和波导色散。得到内凹圆化形 HC-PCFs 比传统 HC-PCFs 有更低的泄漏损耗和波导色散, 内凹直线形 HC-PCFs 有低的泄漏损耗和大的波导色散。

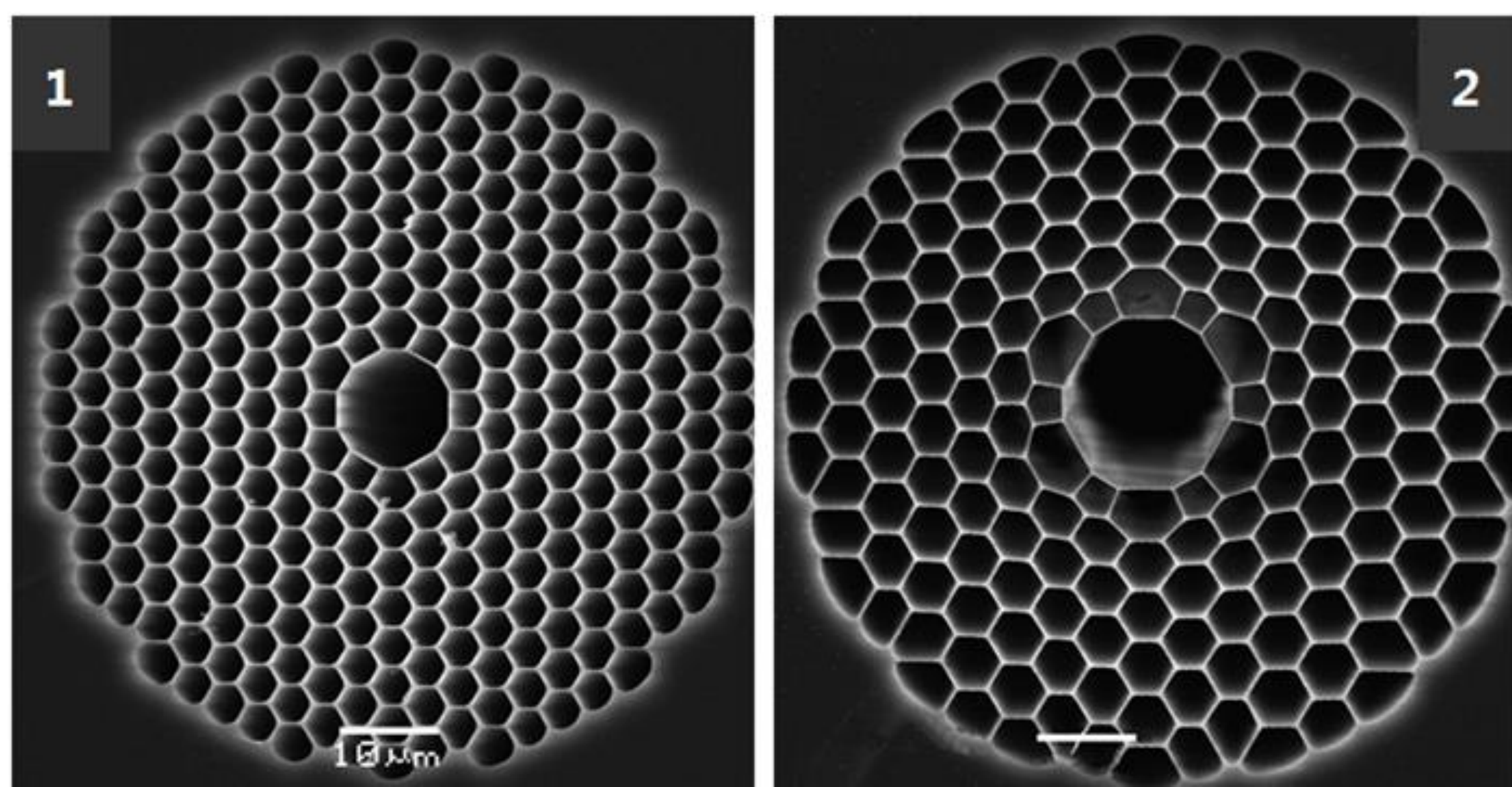


图 1. 不同纤芯结构的HC-PCFs
(1、传统正十二边形纤芯 2、薄壁纤芯)

计算方法: 通过有限元法 (FEM) 数值计算来模拟电磁场在空芯光子晶体光纤中的传播, 得到复传播常数, 进而得到泄漏损耗和波导色散值。电磁场传播时满足全矢量波动方程, 如下所示。仿真中用到了 COMSOL Multiphysics® 软件的“电磁波, 频域”物理场接口。

$$\nabla \times (\mu_r^{-1} \nabla \times E) - k_0^2 \epsilon_r E = 0$$

设计了两种新的纤芯形状, 对光纤特性进行了仿真计算。并与传统纤芯的 HC-PCFs 进行了仿真结果的对比。

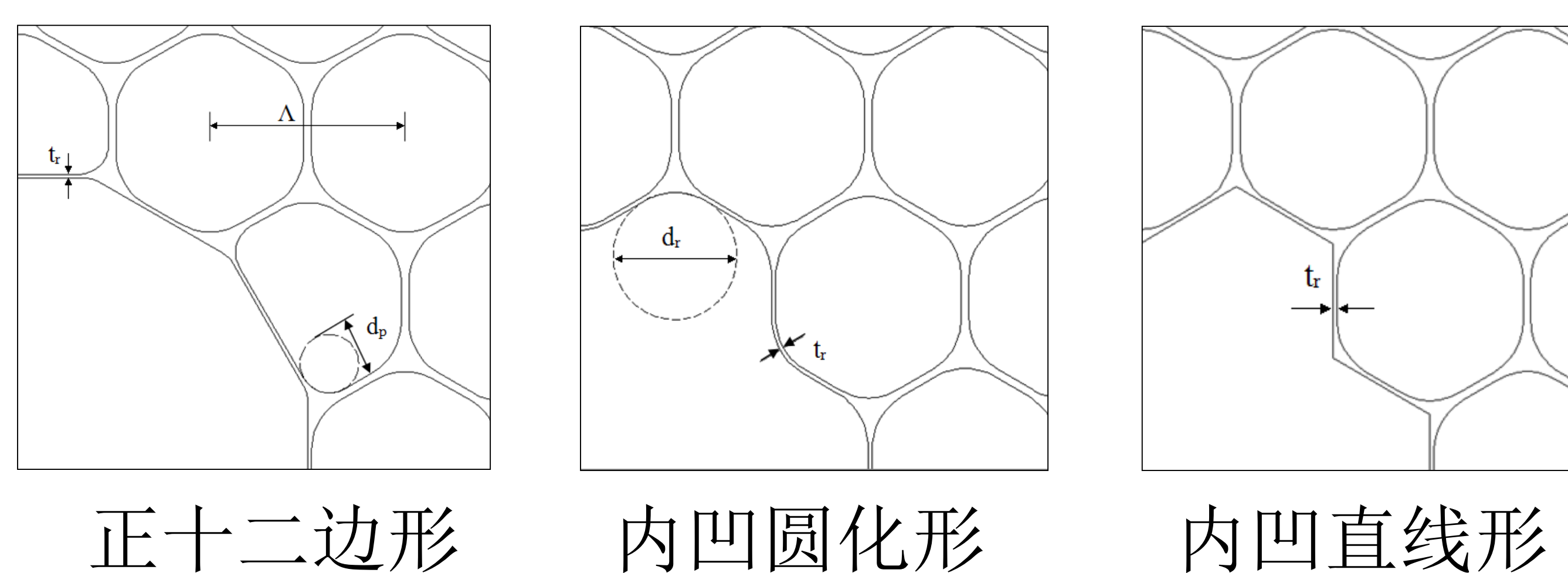


图 2. 传统纤芯与两种新型纤芯几何结构图

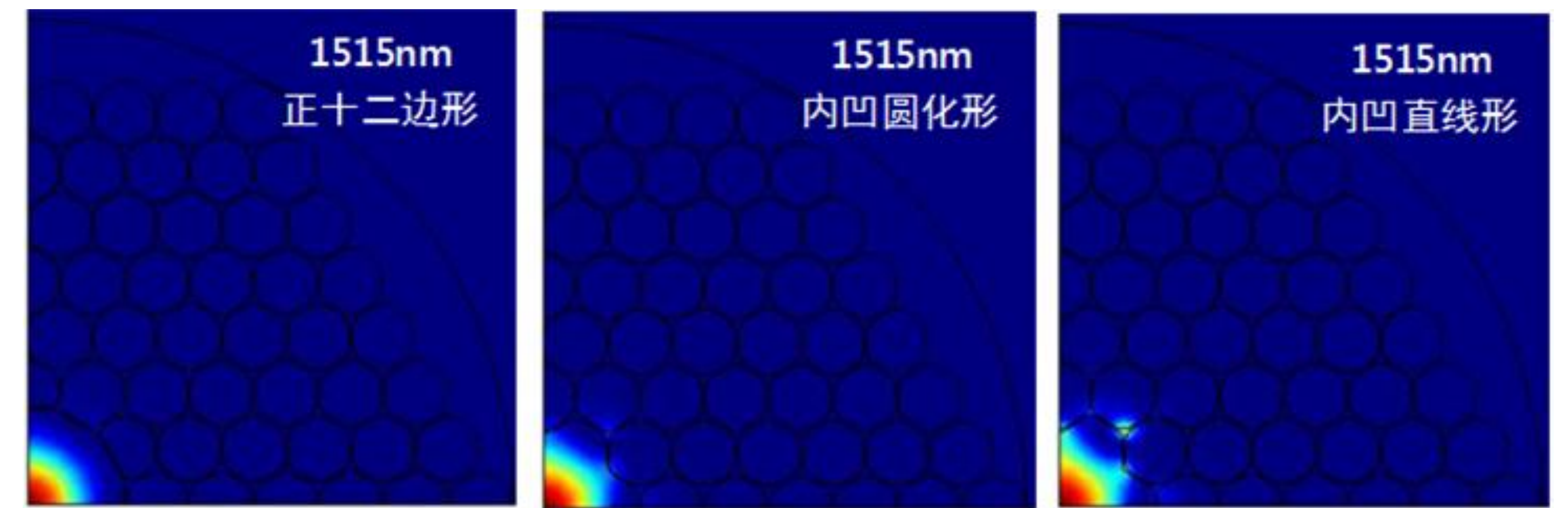


图 3. 基模模场强度分布图

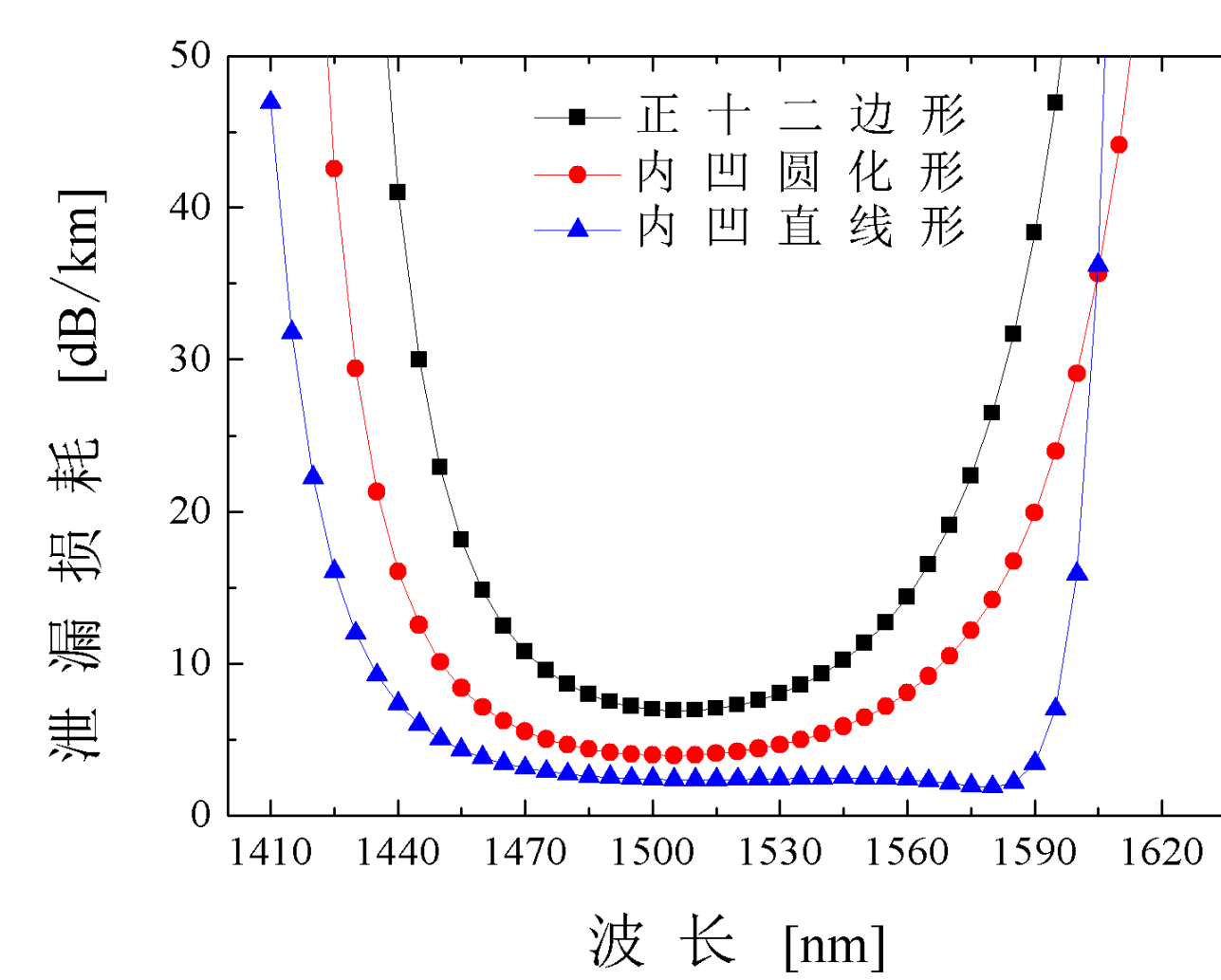


图 4. 泄漏损耗图

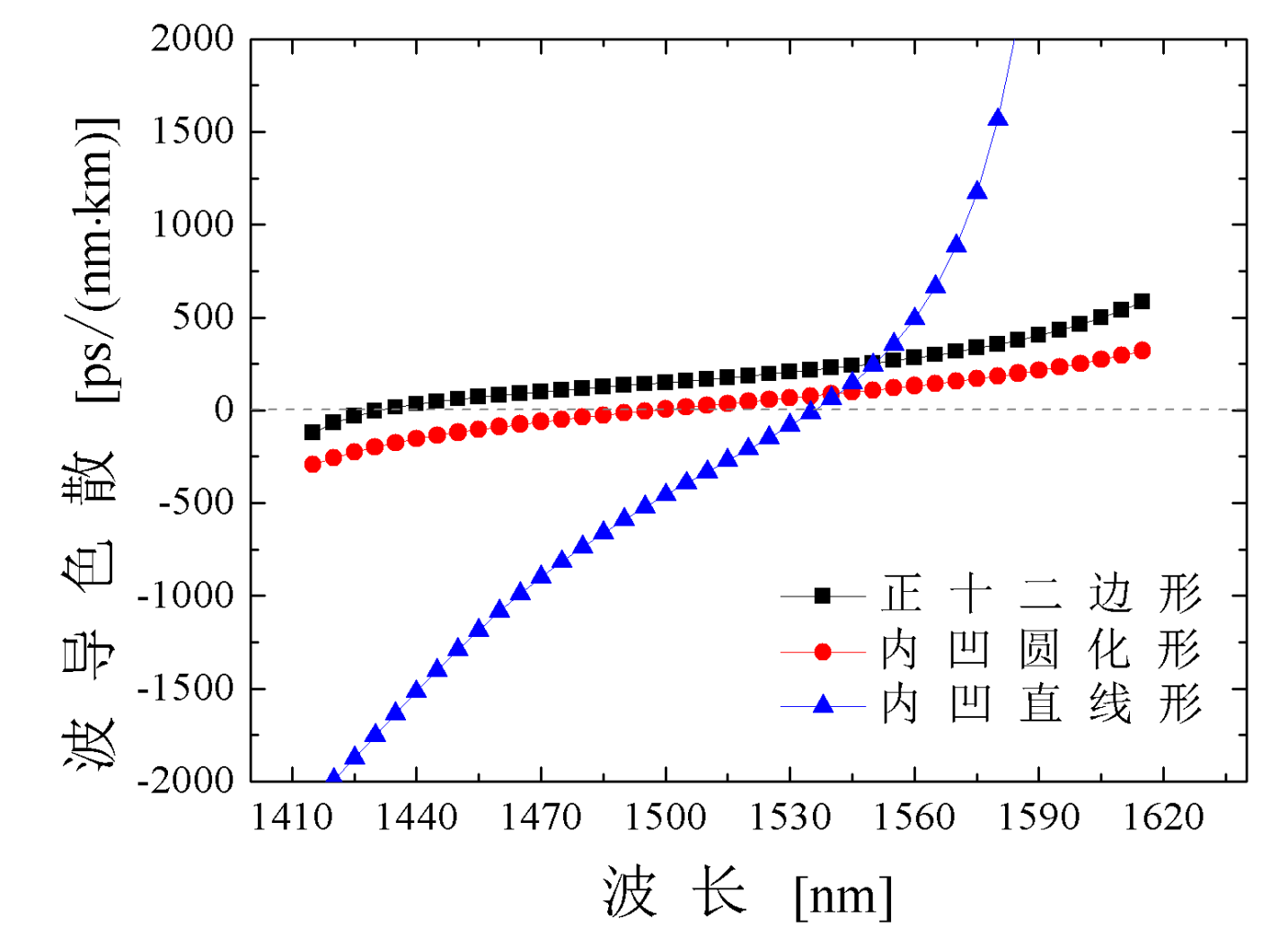


图 5. 波导色散图

结论: 仿真表明改变纤芯结构可以改变光纤的模式、损耗和色散特性, 未来可以通过纤芯设计使 HC-PCFs 有更好的光传输特性, 并指导实际的光纤拉制工作。

参考文献:

- R. Amezcua-Correa, et al, Control of surface modes in low loss hollow-core photonic bandgap fibers, Opt Express, 16, 1142-1149 (2008)
- F. Poletti, et al, Hollow-core photonic bandgap fibers: technology and applications, Nanophotonics, 2, 315 - 340 (2013)