



中国科学院大气成分与光学重点实验室

Key Lab. of Atmospheric Composition and Optical Radiation ,CAS

高精度光纤大气光学湍流 强度与结构测量系统研制

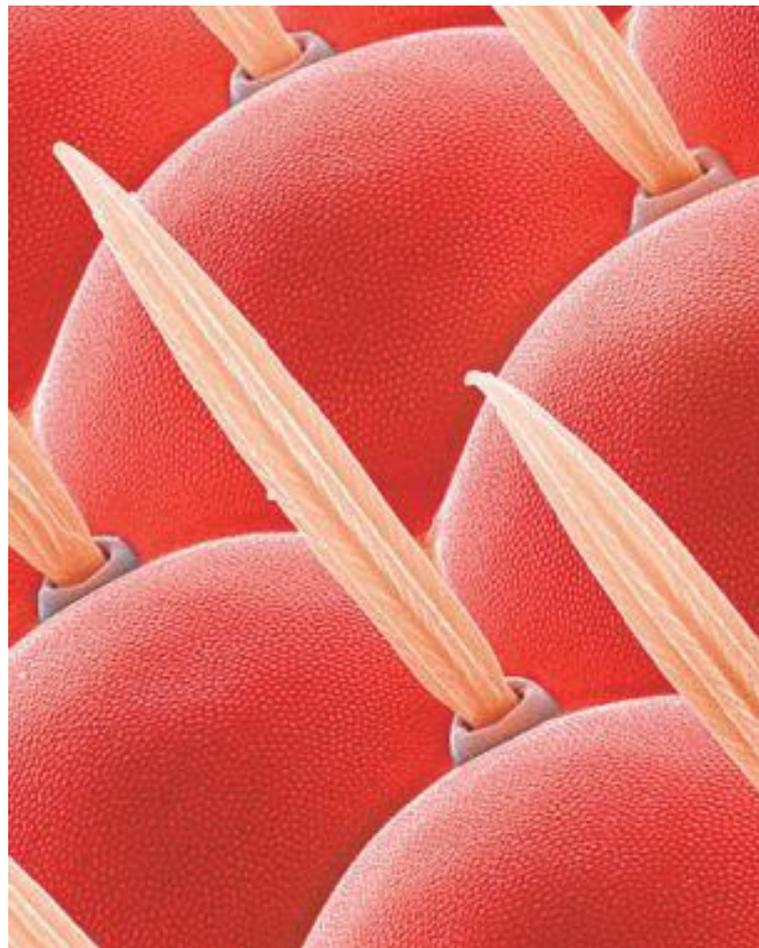
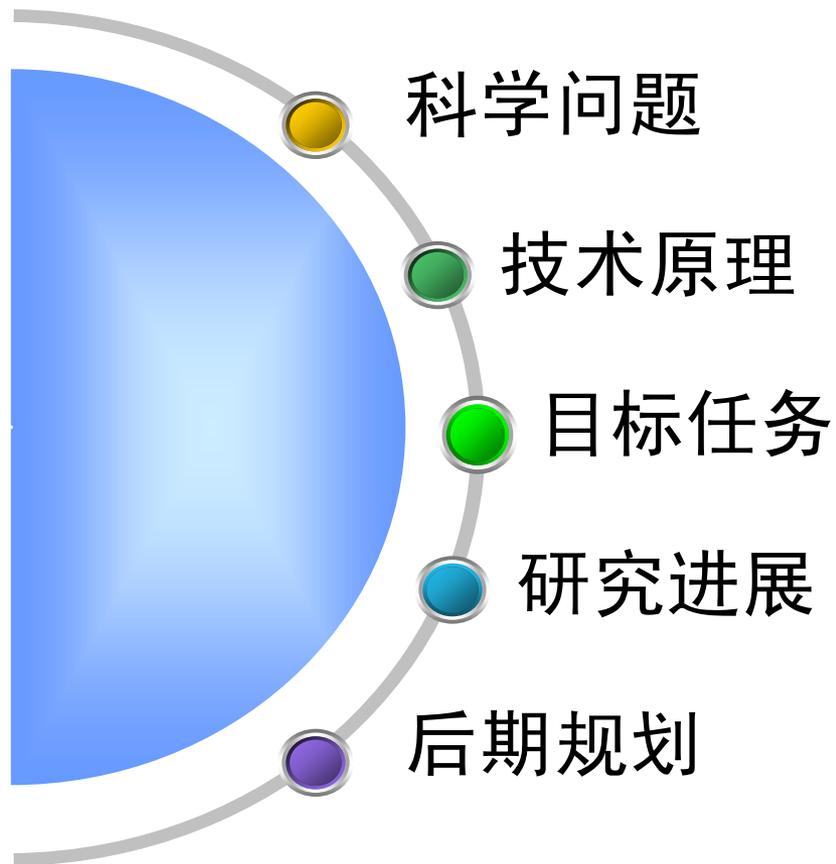
梅海平

hpmei@aiofm.ac.cn

二零一零年十二月



内容提要



☯ 湍流及其光学特性

- ❁ 湍流是最具挑战性、最复杂的科学问题之一。
- ❁ 湍流问题也是全球共同关注的热点问题。
- ❁ 大气湍流对大气中的光传播、光成像、光探测有着重要的影响。
- ❁ 大气湍流也是导致先进光电工程效能不能有效发挥甚至失效的终极因素。
- ❁ 受制约的领域包括天文观测、光学遥感、自由空间光通信、光电对抗和激光大气传输等。
- ❁ 克服或校正大气湍流对光电工程的影响必须定量地确定大气湍流的光学强度和时空结构特征。

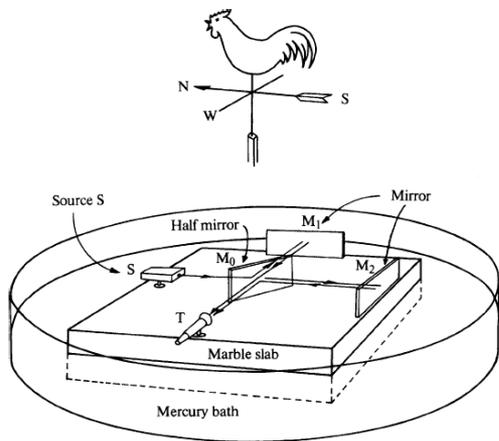
☯ 光学湍流测量技术

- ❁ 湍流研究已有上百年历史，但长期以来，从物理的角度更合理地推动湍流理论研究的种种尝试却进展缓慢。
- ❁ 至今连最基本的各向同性问题还未得到合理解决。
- ❁ 在目前甚至相当长的时间里，直接的测量将是认识湍流最重要的手段。
- ❁ 创新发展大气光学湍流强度与结构的测量新方法和新技术，是进行大气湍流研究、认识大气湍流结构和光学特性的核心关键内容。
- ❁ 创新发展大气光学湍流强度与结构的测量新方法和新技术也是先进光电技术应用的迫切需求。

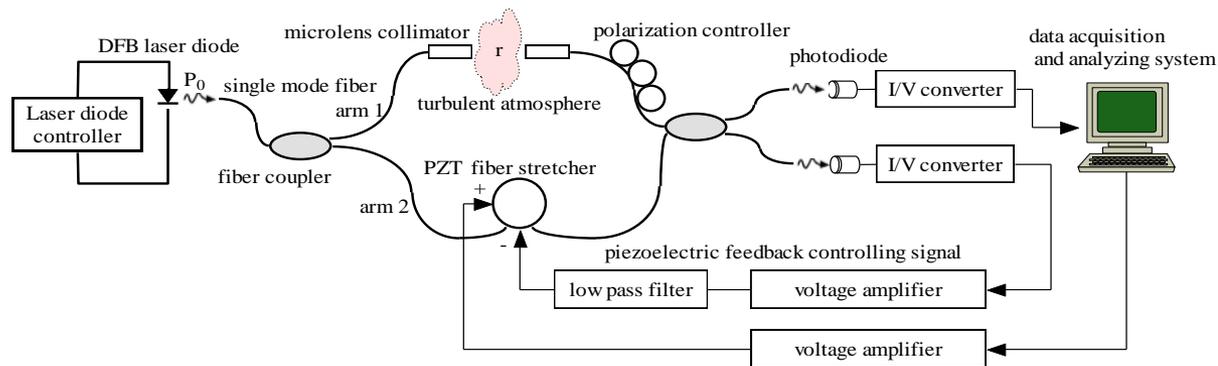
☯ 光学湍流的测量问题

- ✿ 大气湍流引起的折射率起伏十分微弱，对其探测需要极高的灵敏度。
- ✿ 至今仍然没有一种成熟的、标准的设备能无扰动地直接探测光学湍流强度和结构。

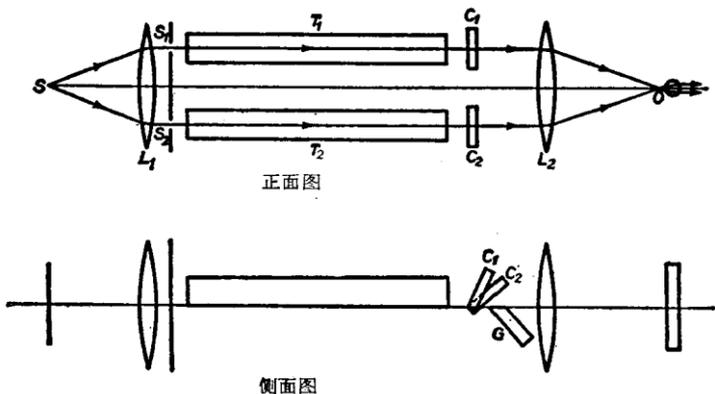
☯ 光学湍流的光纤测量技术



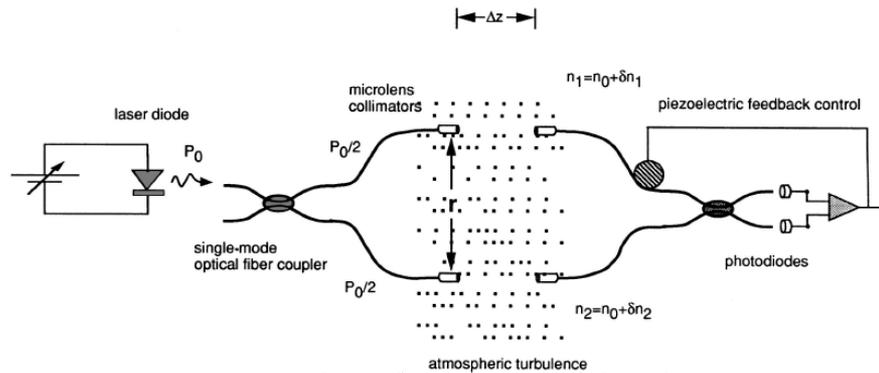
Michelson-Morley 实验



湍流折射率起伏测量系统

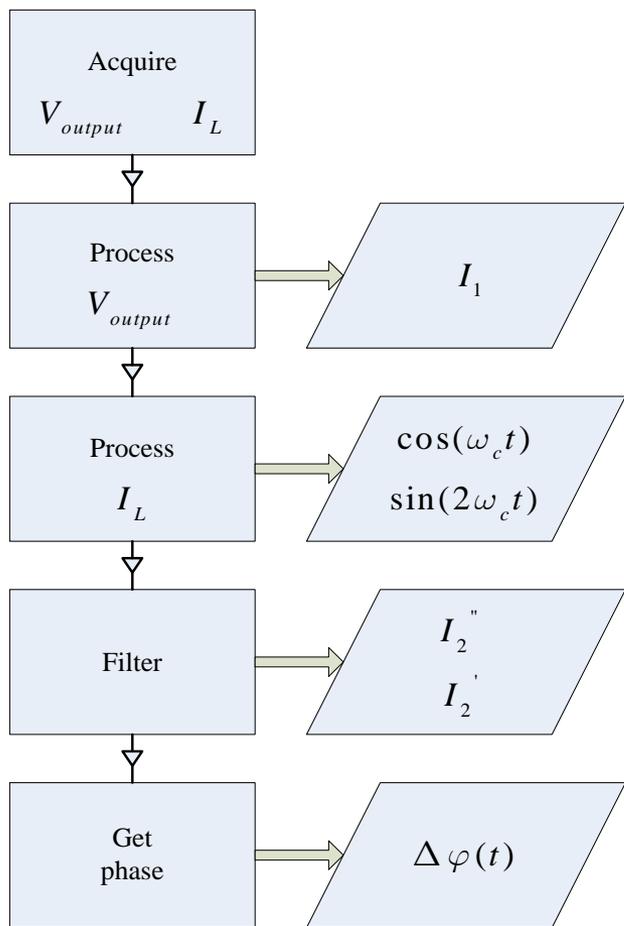


瑞利干涉仪

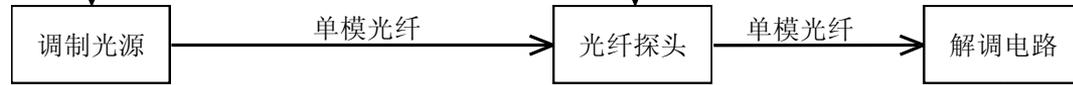
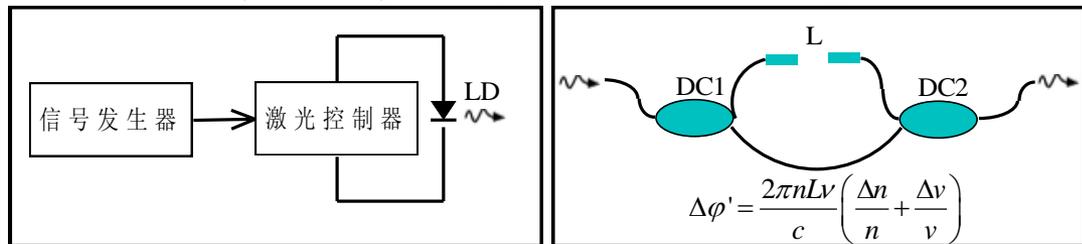


光纤湍流测量仪

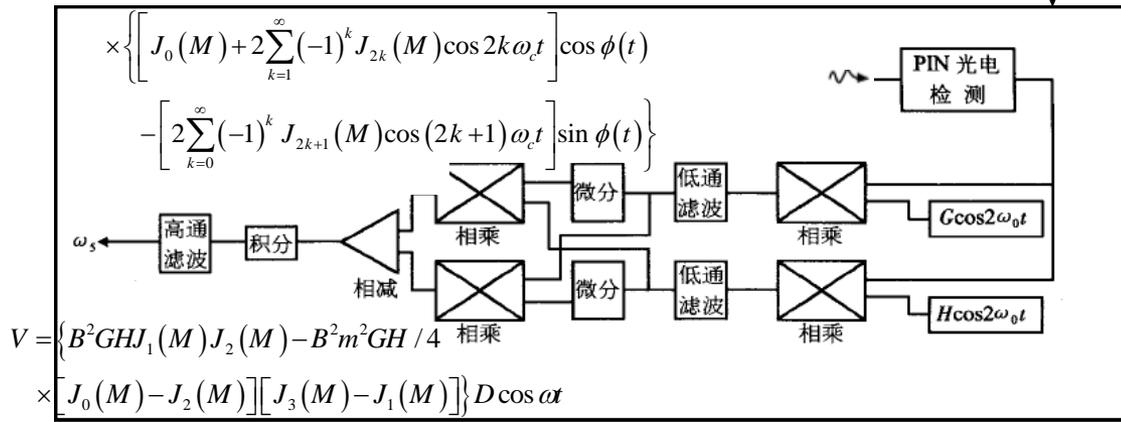
☯ 相位载波调制解调技术原理



$$P = P_0(1 + m \cos \omega_c t) \quad \Delta v = k_v \Delta i \quad \Delta\varphi(t) = M \cos \omega_c t + \phi(t) \quad M = 2\pi n L k_v k_i A_m / c$$



$$V_o = A(1 + m \cos \omega_c t) + B(1 + m \cos \omega_c t)$$



☯ 实现光学湍流强度的高精度测量

🌸 研制相位载波调制解调算法

🌸 研制精密光纤湍流传感器

🌸 技术指标：

😊 稳定、可靠，用户界面友好；

😊 系统工作波长：1.310；

😊 湍流响应频率：大于1KHz；

😊 空气间隙：不大于10cm；

😊 折射率起伏方差测量精度：优于 10^{-17} ；

😊 动态范围： $10^{-17} \sim 10^{-12}$ ；

😊 分布点数：不少于5个；

😊 采样周期：可自由设定；



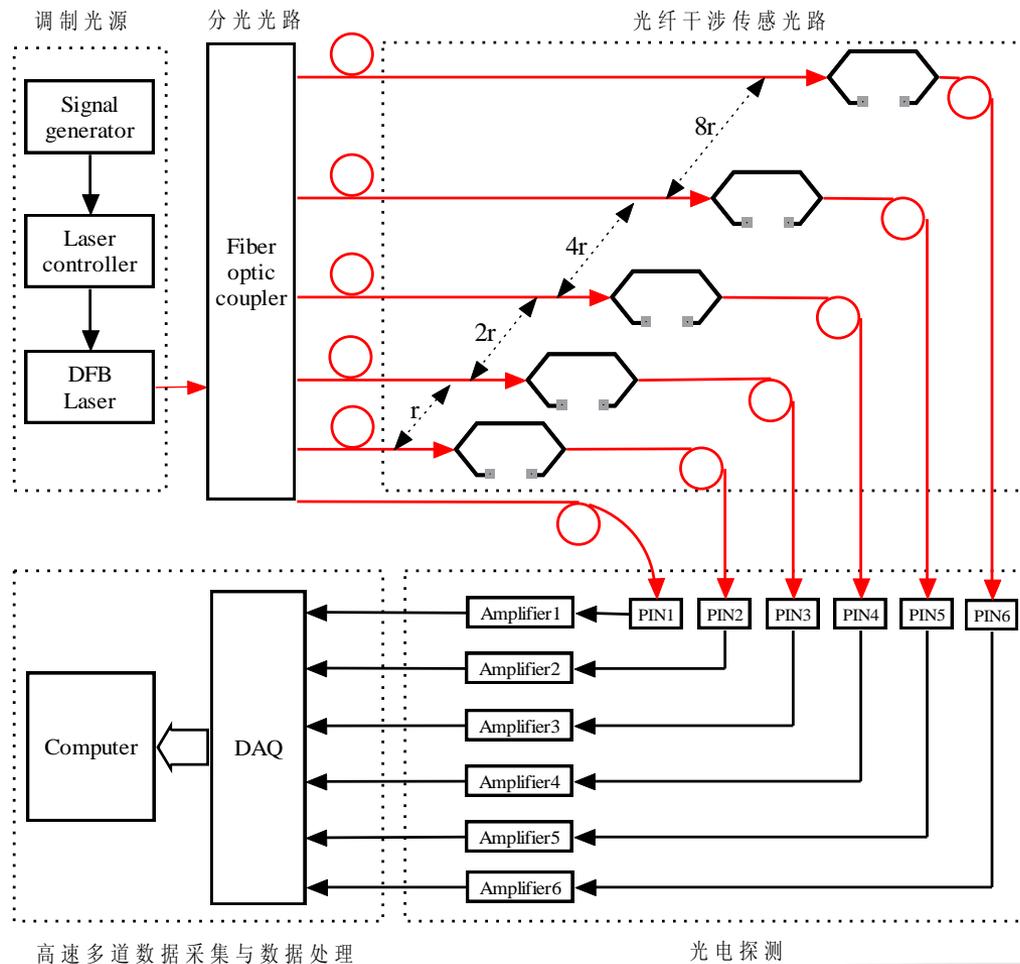
✳ 型号：单臂型S，双臂型D

✳ 规格：厚重级T，轻巧级L

✳ 用途：海洋，陆地，高空

目标任务

构建光学湍流结构的分布式测量系统



研究进展—系统研制

- ☺ 明确目标任务》
- ☺ 划分功能模块》
- ☺ 硬件工艺设计》
- ☺ 产品采购》
- ☺ 传感器研制》
- ☺ 软件算法研究》
- ☺ 实验测试》
- ☺ 完成目标任务

研制进展—算法研究

☺ 半导体激光器电流频率调制率的测量

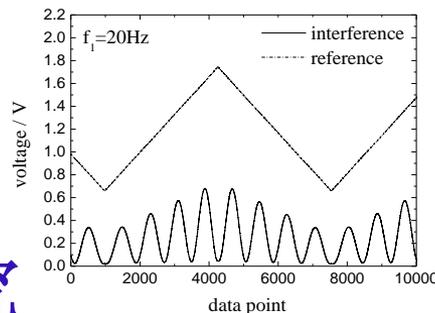
☒ 红外与激光工程

☒ 为研究解调参数的测量方法

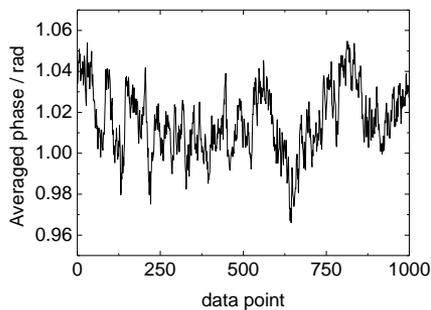
☺ 湍流随机相位差的相关解调算法研究

☒ 光学学报

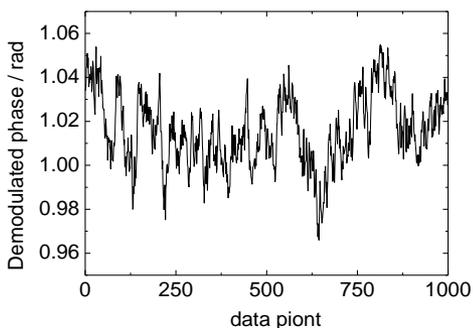
☒ 为研究光学湍流相位差的动态检测方法



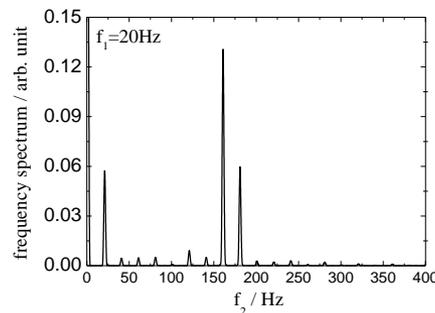
☒ 扫描干涉条纹



☒ 模拟随机相位



☒ 解调随机相位



☒ 干涉条纹频谱

☺ 软件平台

✉ Labview—由美国NI公司发的一种图形化编程语言，易用易学，提供很多外观与传统仪器类似的控件，便于创建用户界面，提供了大量的工具与函数用于数据采集、分析和显示和存储，运行速度比使用其它编程语言的速度快4-10倍

☺ 设计目标

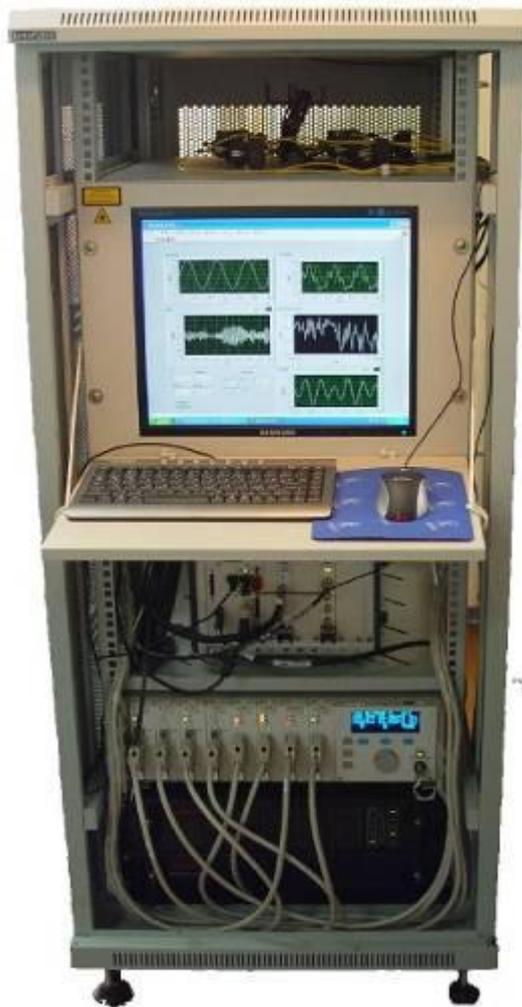
✉ 设计友好的界面；实现数据采集、解调、计算、显示与存储功能；系统参数自检测；六个通道集成；远程控制

研制进展—传感器研制

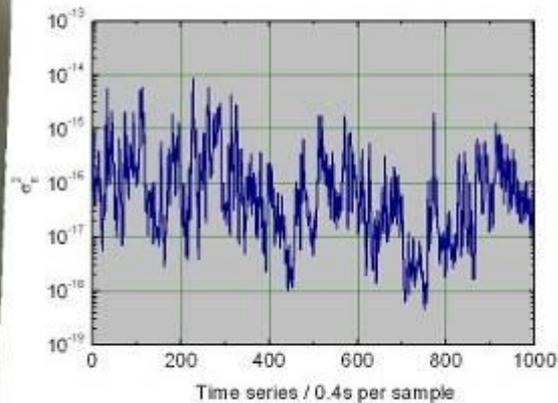
- ☺ 光电接续平台
- ☺ 传感器工艺平台
- ☺ 光纤湍流传感器



高精度光纤大气光学湍流强度与结构测量系统



光纤湍流传感器阵列



湍流折射率起伏方差时间序列

后期规划

- ① 完善用户使用软件
- ① 开展传感器的环境适应性测试
(陆地与海洋环境)
- ① 布局湍流传感阵列的拓扑结构
- ① 研究湍流结构的分析方法
- ① 承接项目任务，对接应用需求

谢谢！



感谢中国科学院计划财务局的支持