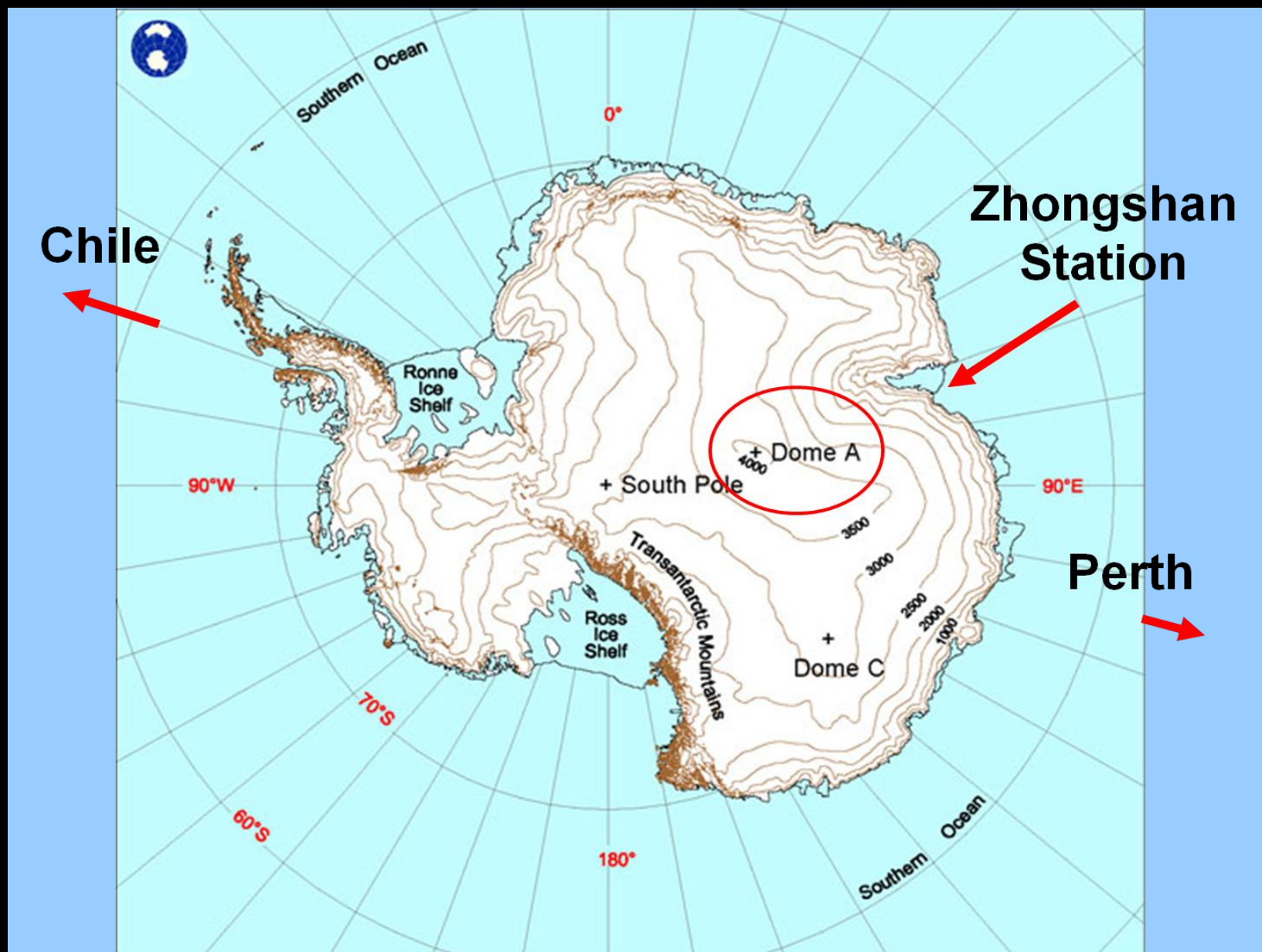


计划用于中国南极冰穹A的多孔径闪耀传感器的介绍

陈华林 裴冲 袁祥岩 崔向群





Dome C天文台选址运动引入很多湍流监测仪器。自2000年夏天，用DIMM (Differential Image Motion Monitor) 持续监测大气湍流，结果显示Dome C的整个大气层的平均视宁度为0.54arcsec。另外，将DIMM置于大气边界层之上，获得自由大气层的平均视宁度为0.35arcsec。于2004年，多孔径闪耀传感器 (Multi-Aperture Scintillation Sensor, 简称MASS) 和声波雷达持续6周联合监测湍流，结果表明自由大气层的平均视宁度为0.27arcsec、平均等晕角为5.7arcsec (变化范围3~10arcsec)。于2005和2006年，计划增加了球载微温传感器、塔载微温传感器、SHABAR (lunar SHadow Band ARray)、Single Star SCIDAR (SCIntillation Detection And Ranging)、GSM (Generalised Seeing Monitor) 等天文选址仪器。其结果与DIMM、MASS和声波雷达相一致。

❖ Dome C

- 1、 DIMM
- 2、 SODAR
- 3、 MASS
- 4、 Balloon-borne
- 5、 SCIDER

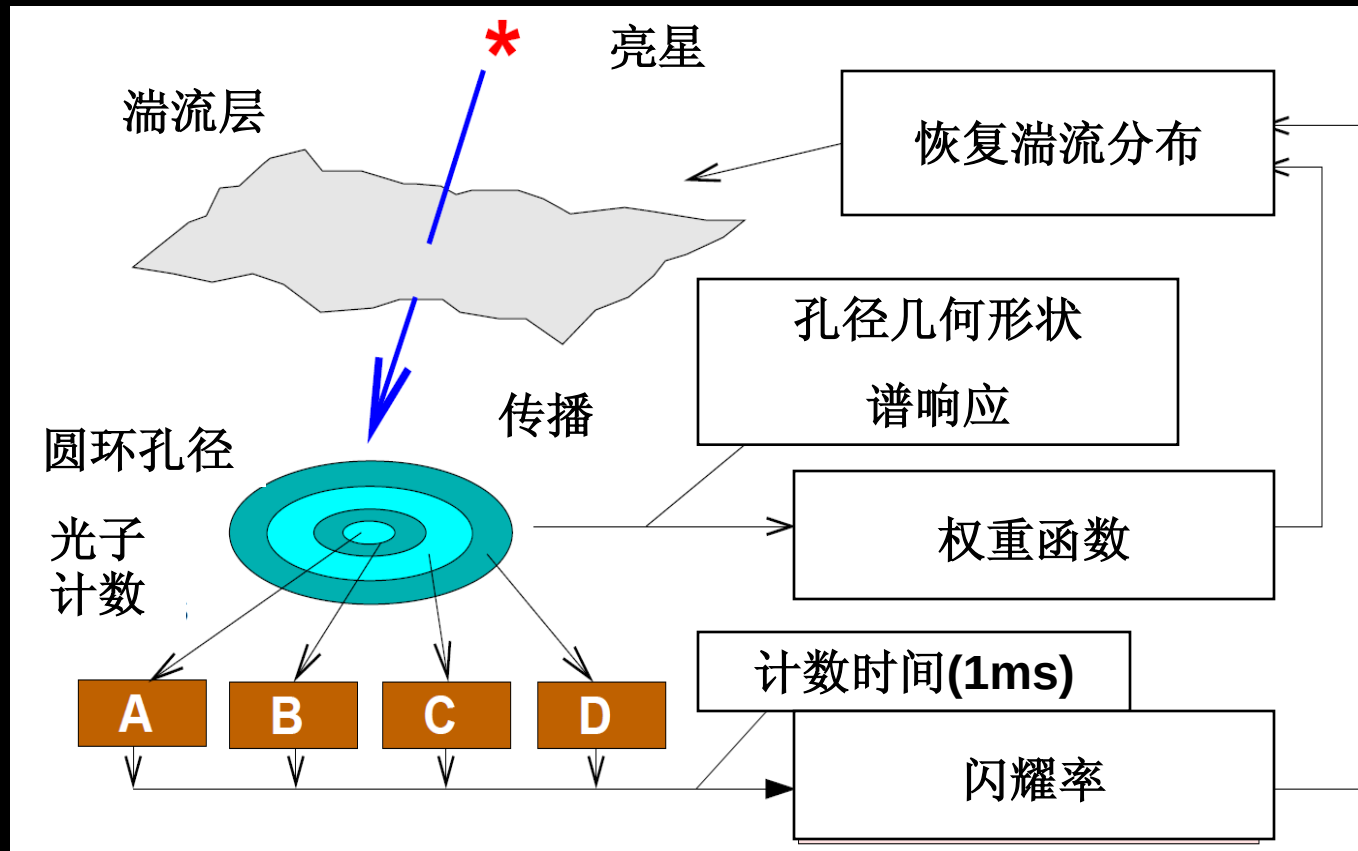
.....

❖ Dome A

- 1、 SNODAR
- 2、 SHABAR
- 3、 DIMM
- 4、 Pre-Heat

.....

多孔径闪耀传感器 (MASS)



基本关系

- ❖ 正常闪耀率
- ❖ 差分闪耀率
- ❖ 波动理论推导出的闪耀和湍流关系
- ❖ 视宁度
- ❖ 等晕角

$$s^2 = \left\langle \left(\Delta \ln(I) \right)^2 \right\rangle$$

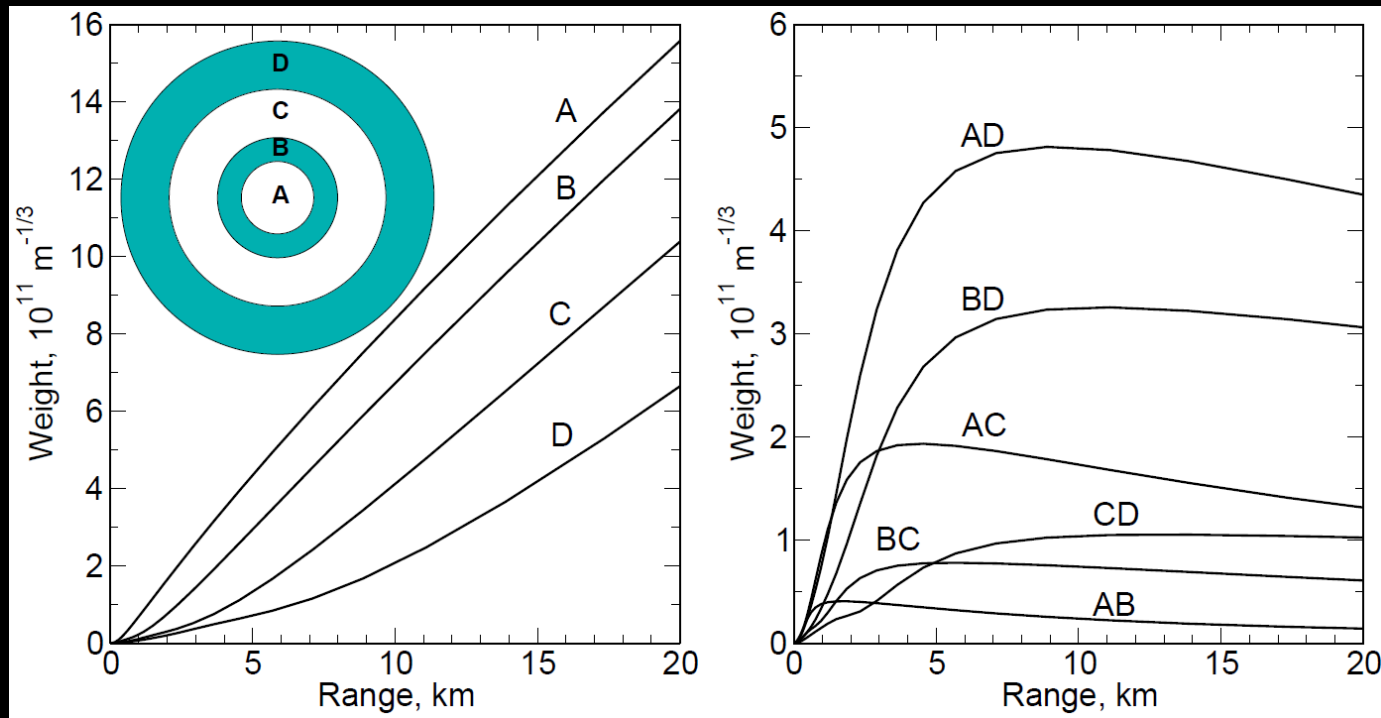
$$s^2 = \left\langle \left(\Delta \ln(I_1/I_2) \right)^2 \right\rangle$$

$$s^2 = \int C_n^2(z) \cdot Q(z) \cdot dz$$

$$r_0 \sim \left[\int C_n^2(z) \cdot dz \right]^{3/5}$$

$$\theta_0 \sim \left[\int C_n^2(z) \cdot z^{5/3} \cdot dz \right]^{3/5}$$

权重函数

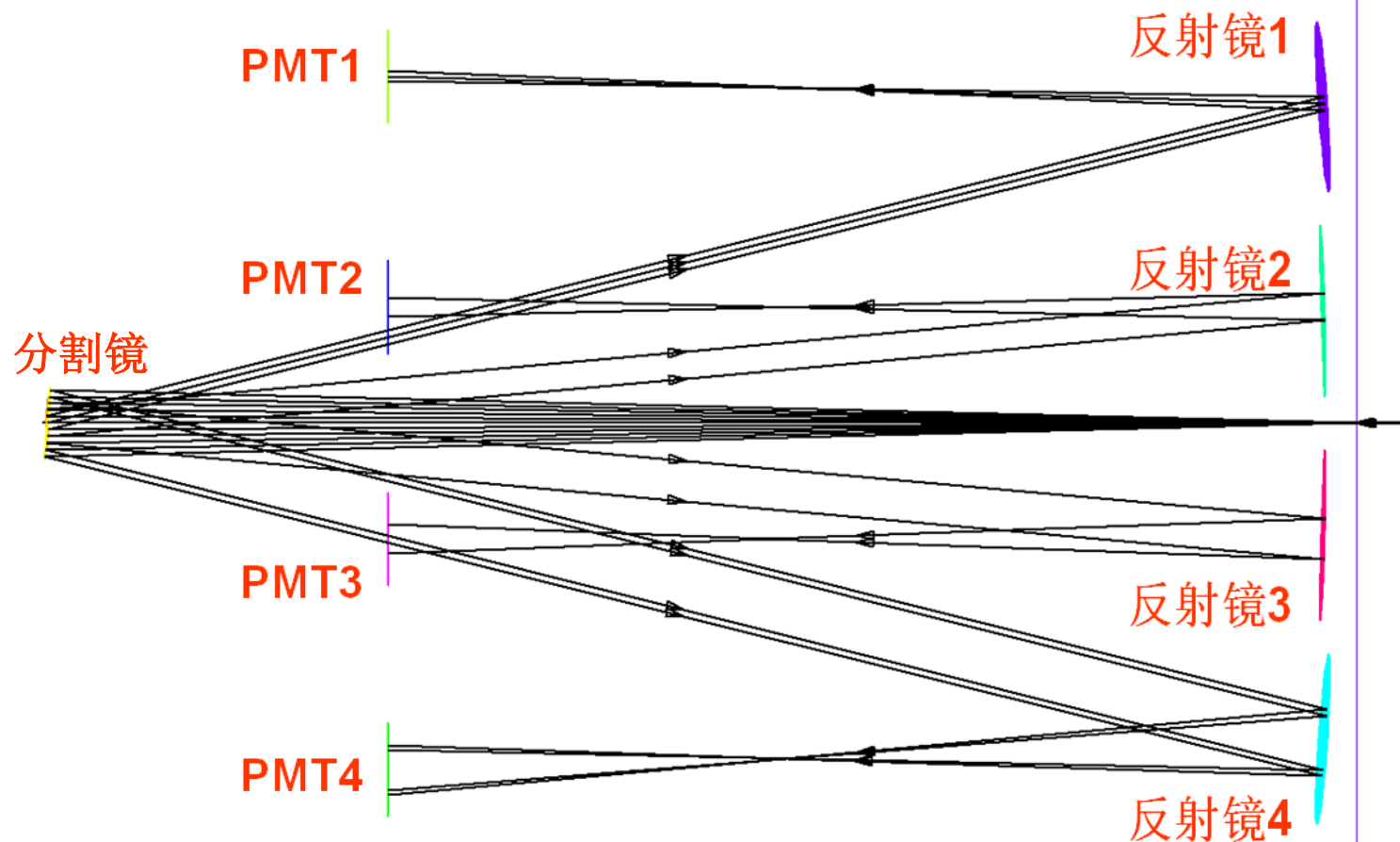


$$Q(z) = 0.92 \lambda^{-2} \int_0^{\infty} df \cdot f^{-8/3} \sin^2(\pi \lambda z f^2) A(f)$$

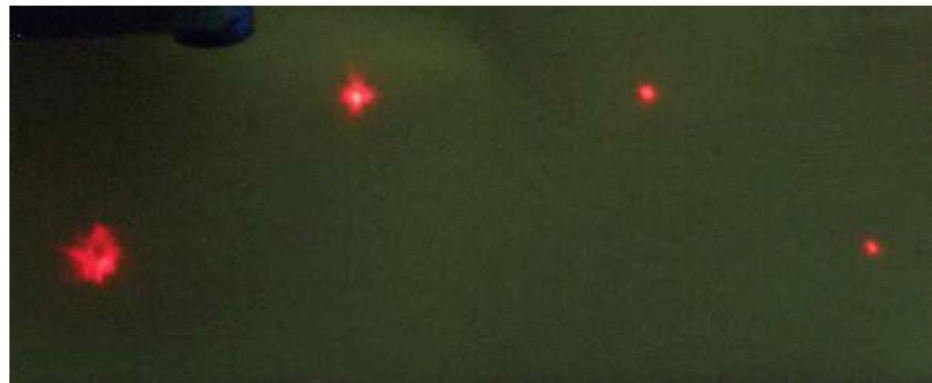
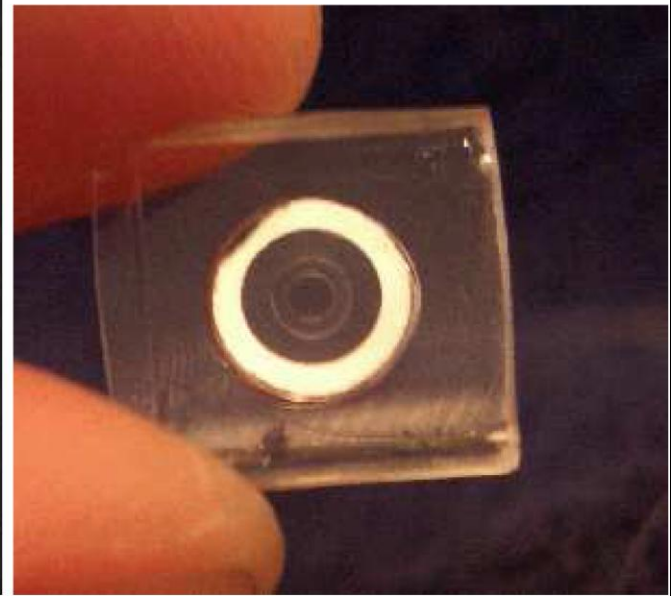
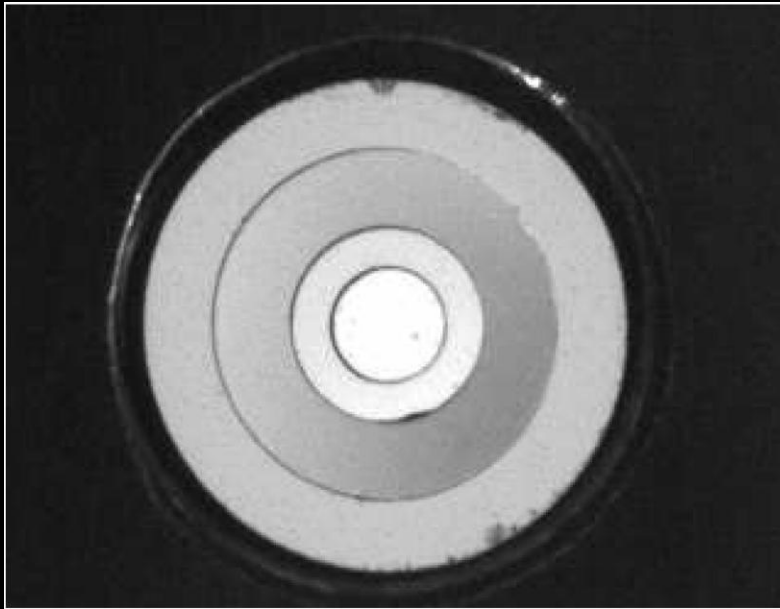
$$A_{\text{circ}}(f) = \left[\frac{2J_1(\pi df)}{\pi df} \right]^2$$

$$A_d(f) = (1 - \varepsilon^2)^{-2} \left[\frac{2J_1(\pi df)}{\pi df} - \frac{2J_1(\varepsilon \pi df)}{\varepsilon \pi df} \right]^2$$

MASS初步方案



分割镜的复制

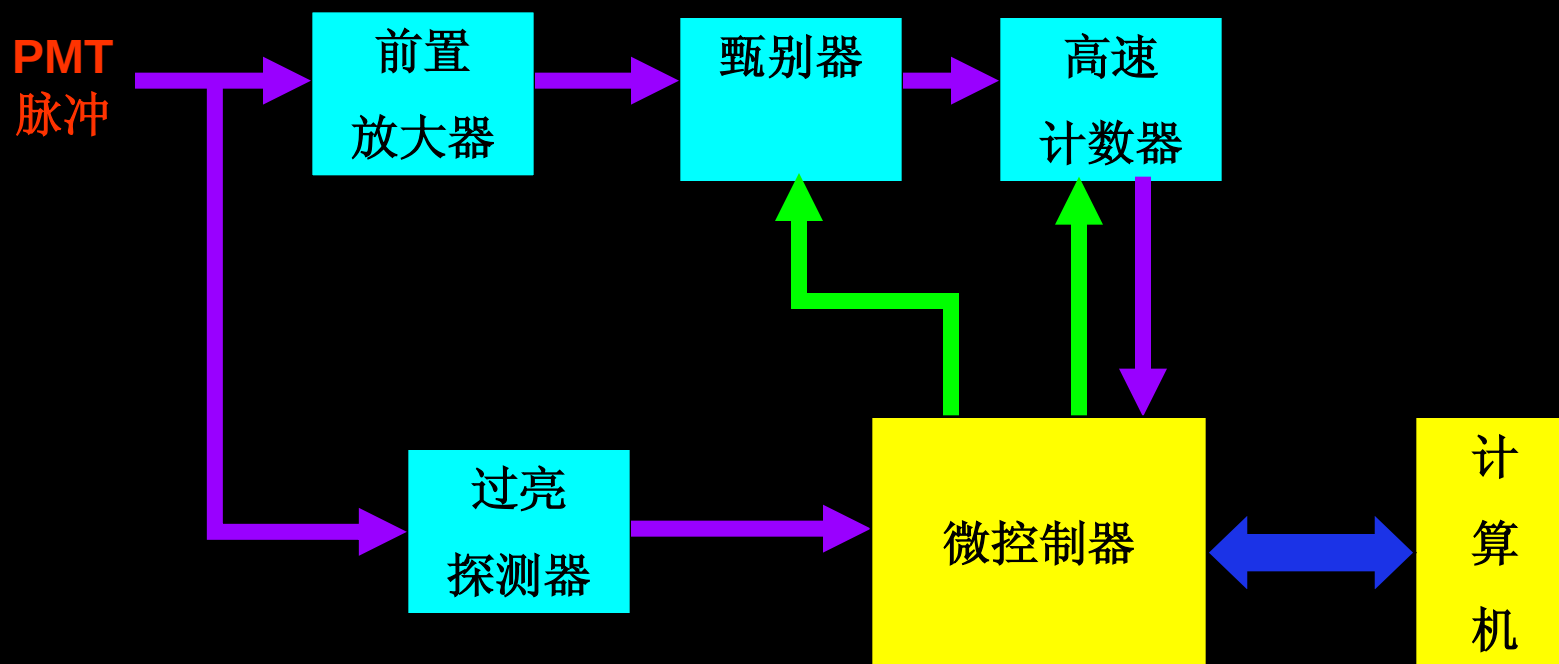


PMT光子计数还是测量直流信号？

- ❖ 大气外星等为零的**A0V**型星的亮度为 $5.1380 \times 10^{-14} \text{ W/cm}^2$ (**V**波段)
- ❖ 设**MASS**的接收效率为**0.4**
- ❖ 设入瞳处的面积分割大小(单位 cm^2)
A: 2.85 ; B: 5.18; C: 17.64; D: 26.58

	A (瓦) 1.0×10^{-13}	B (瓦) 1.0×10^{-12}	C (瓦) 1.0×10^{-12}	D (瓦) 1.0×10^{-12}
0星等	0.5858	0.1065	0.3625	0.5462
1星等	0.2332	0.0424	0.1443	0.2174
2星等	0.0928	0.0169	0.0575	0.0866
2.5星等	0.0586	0.0106	0.0363	0.0546

结论：高速光子计数，计数率高达 10^7 每秒；实时过亮监测。



- ❖ 宽带高频前置放大器：SA5205A，600MH宽带
- ❖ 甄别器：超速比较器AD8611，4ns
- ❖ 数字化控制甄别器
- ❖ 高速计数器：74HC(T)4520, 最高频率60MH
- ❖ 微控制器：AT90S2313
- ❖ PMT:滨松R647-04 dead-time 17ns左右；滨松R7400P dead-time 10ns左右；阳极接地，漏电保护，采用RC偏置电路
- ❖ 过亮探测器：LMC7221
- ❖ RS-485接口
- ❖ 数据流： <10Mb/s

MASS探测器

❖ CCD

- **> 1000 帧/秒**
- **读出噪声 : < 5 电子**
- **曝光时间 : 1ms**



R7400P

❖ PMT

- **非泊松参数 p : 1.00-1.05**
- **p 的精度 : 至少0.01**
- **光子计数: 高速**
- **曝光时间: 1ms**



1. **暗计数 80/s**
2. **上升时间 0.78ns**
3. **渡越时间 5.4ns**
4. **渡越扩散时间 0.28ns**

设备控制和数据获取

- ❖ 物理层**1**: **RS-485**接口(推荐标准接口)
- ❖ 物理层**2**: 带精简指令的微控制器
- ❖ 逻辑层**1**: 具有定址封包和循环冗余码校验功能的字节流交换
- ❖ 逻辑层**2**: 不对称结构, 仅跟主机进行事务处理
- ❖ 逻辑层**3**: 精简指令, 数据包, 直接访问和修改模块参数
- ❖ 驱动程序

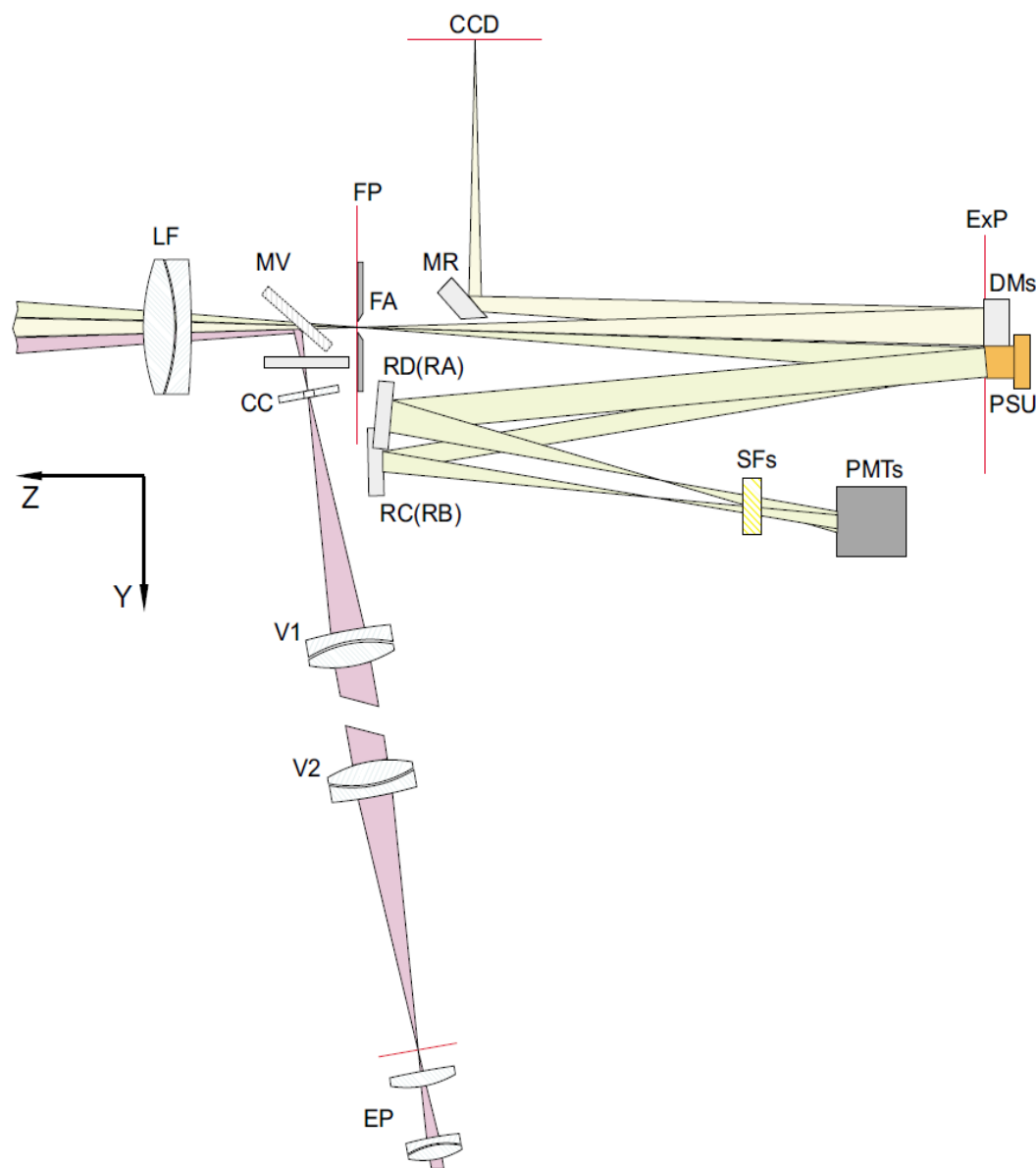
MASS on Dome C



Dome A 现有条件对
MASS提出更高的要求！

MASS/DIMM

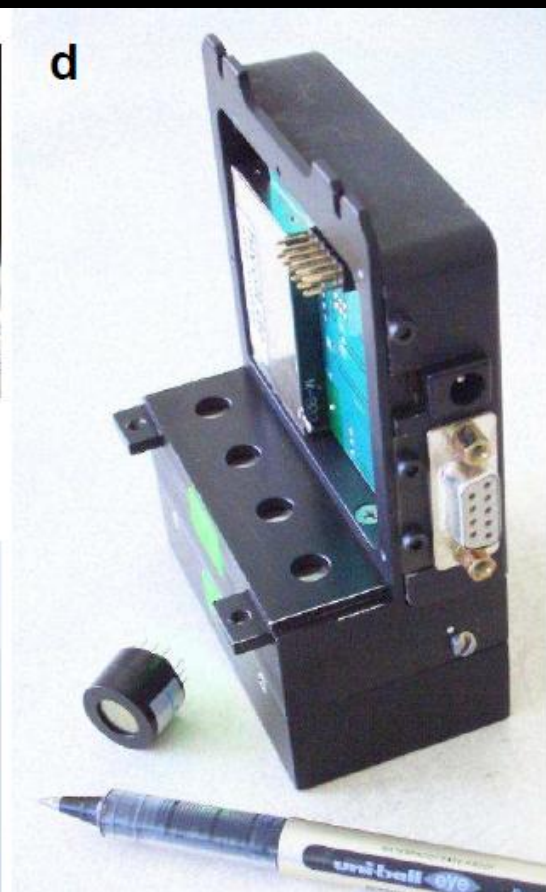
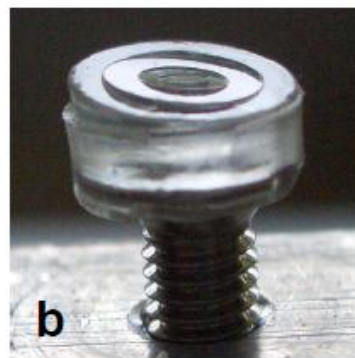
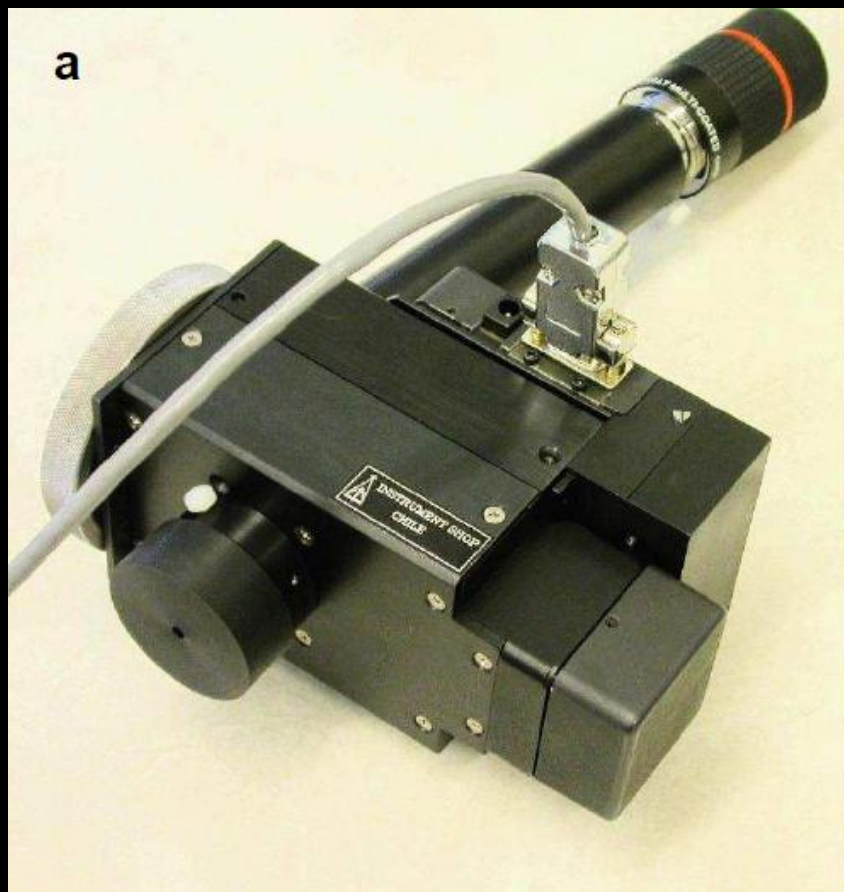
组合仪器



基于以下考虑：

1. **MASS**不能探测边界层内湍流，而**DIMM**能测量整个大气层视宁度。
2. **DIMM**仅仅使用小型望远镜入瞳平面上两个小孔径（大约占入瞳平面**15%**）。因此，**MASS**可以使用**DIMM**入瞳平面上剩余空间。

CTIO MASS/DIMM



MASS的意义

MASS能够测量自由大气层视宁度、等晕角、近似湍流强度廓线等天文选址参数。自**1998**年**Tokovinin**发表了**MASS**的基本原理以来，世界主要天文台址就开始配置**MASS**，包括**Dome C**、**Cerro Tololo**、**Cerro Paranal**、**Mauna Kea**、**Mt. Maidanak**、**ELT**（甚大望远镜）选址、**30**米望远镜选址等。同时，**MASS**还长期支持**Mt. Maidanak**台址的自由大气的研究，实时支持**Cerro Paranal**台址的 **AO**（自适应光学）运转。

总结

- ❖ 当今**DIMM**和**MASS**已成为天文选址必不可少的测量仪器。而**MASS/DIMM**组合仪器集合两者优点，即简单而健壮。其能够同时测量自由大气层视宁度、近地层视宁度和整个大气层视宁度，从而为天文台址参数提供最重要数据，为天文设备的研制提供依据。
- ❖ 与普通台址相比，**Dome A**低温低压条件和长期无人值守的观测运行模式对仪器研制提出更高要求，但基于中国科学院南京天文光学技术研究所研制中国首台南极天文望远镜阵**CSTAR**、南极施密特望远镜**AST3**和南极冰穹**A**首台自动视宁度检测仪的经验，我们完全能够研制出用于实时测量中国南极**Dome A**选址参数的监测仪，大力促进中国南极天文的发展。

Thank you!

