

LR111-ESS-D200
三维扫描激光雷达技术文件

我们保留必要的随时更新权

LR111-ESS-D200
Operational 3D Scanning LIDAR



系统总结

重要特征（部分为选配项目）：

1. 大功率 Nd:YAG 激光发射器 355nm 波长 30mJ 功率.
2. 200mm 大口径望远镜，Raymetrics 自主专业设计，可获取比市场定制望远镜高达 40%的信号。
3. 探测距离 10-15km(跟大气条件和积分时间有关)。
4. 可探测 355nm 的同向和正交极化，
5. 可探测 387nm 的氮拉曼信号（获取更好的粒子甄别和精确数据）。
6. EU 激光安全标准 EN:6082501:2007，人眼安全激光器.
7. 内置 PC 运行 WINDOWS 系统，方便上网和数据处理。
8. 外置以太网接口，方便上网和远程操控。
9. 空调装置（加热和制冷）
10. UPS 稳压电源，断电自动关机，通电自动启动。
11. 全天空三维扫描功能（垂直 90 度范围，水平 357 度范围）
12. 独立自给系统
13. 完整软件包，支持系统操控，准直，诊断，测量方案设计，高级分析，数据可视化以及数据存贮数据库。
14. 实时数据显示。
15. 完整方案—无需额外硬件或软件。
16. 支持各种方向观测编程自动测量。
17. ISO 9001: 2008 认证

制造商 Raymetrics 介绍

作为德国莱比信公司的得力合作商，Raymetrics 是世界上最有经验的大气激光雷达制造商之一，10 多年的行业经验，客户遍及世界各地。该公司生产后向散射、极化和拉曼激光雷达，以及激光雷达部件，包括专用激光雷达望远镜等！有能力为客户提供最好的商业激光雷达成品。

附加值：

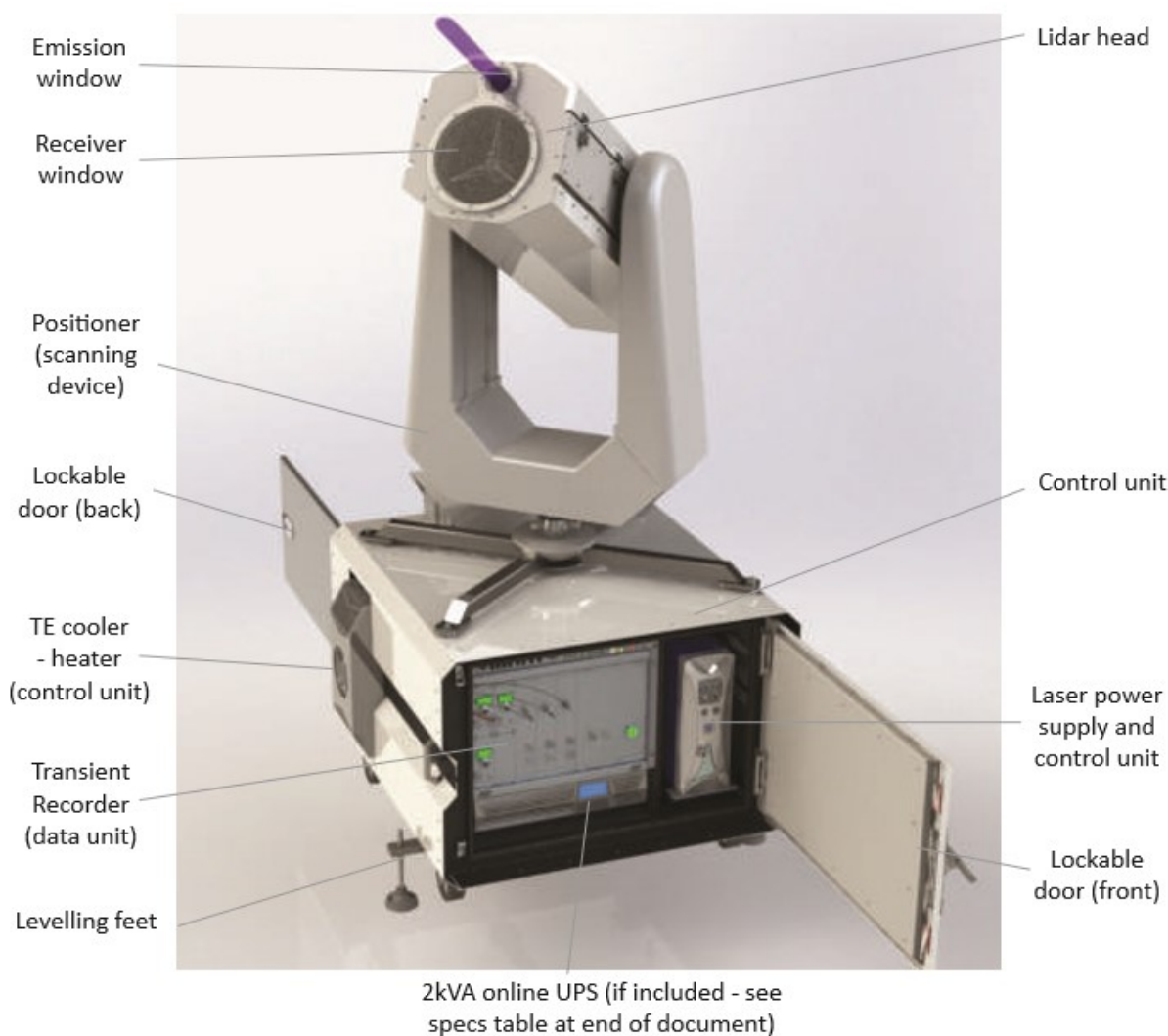
1. 经验：几乎是资历最长的商业雷达制造商，2002 年推出后向散射雷达，2004 年推出拉曼和极化雷达，2008 年推出 3D 扫描雷达。
2. 透明：开诚布公产品优缺点，只采用最高质量部件，可以提供部件供货商名称。
3. 伙伴：强大的合伙联盟，比如监测火山喷发的欧洲雷达网络（EARLINET），我们也是欧洲 ACTRIS 气溶胶、云和痕量气体监测网络的伙伴。
4. 标准：我们出厂的所有雷达都满足 EARLINET 推荐标准。包括 EARLINET 的 $\pm 45^\circ$ 角度测试（用于极化定标常量计算）、瞄准检测、白天测量订正工具、电器和 PMT 性能测试工具等。
5. 知识：具有雷达相关科技背景，支持从学术到市场的技术转化。
6. 客户：诸多知名研究所和组织，比如 UK 气象局，德国空间局，法国气象局和欧空局等。
7. 声望：产品实与名符，与声称的技术参数一致。
8. 国际：产品遍布世界各地，摆阔欧洲、美国、南美、非洲和中国与印度。
9. 自主：我们自主开发相关软件，并进行光学和机械设计，包括激光雷达专用望远镜设计。
10. 定制：产品采用模块化设计，容易满足不同客户的量身定制。

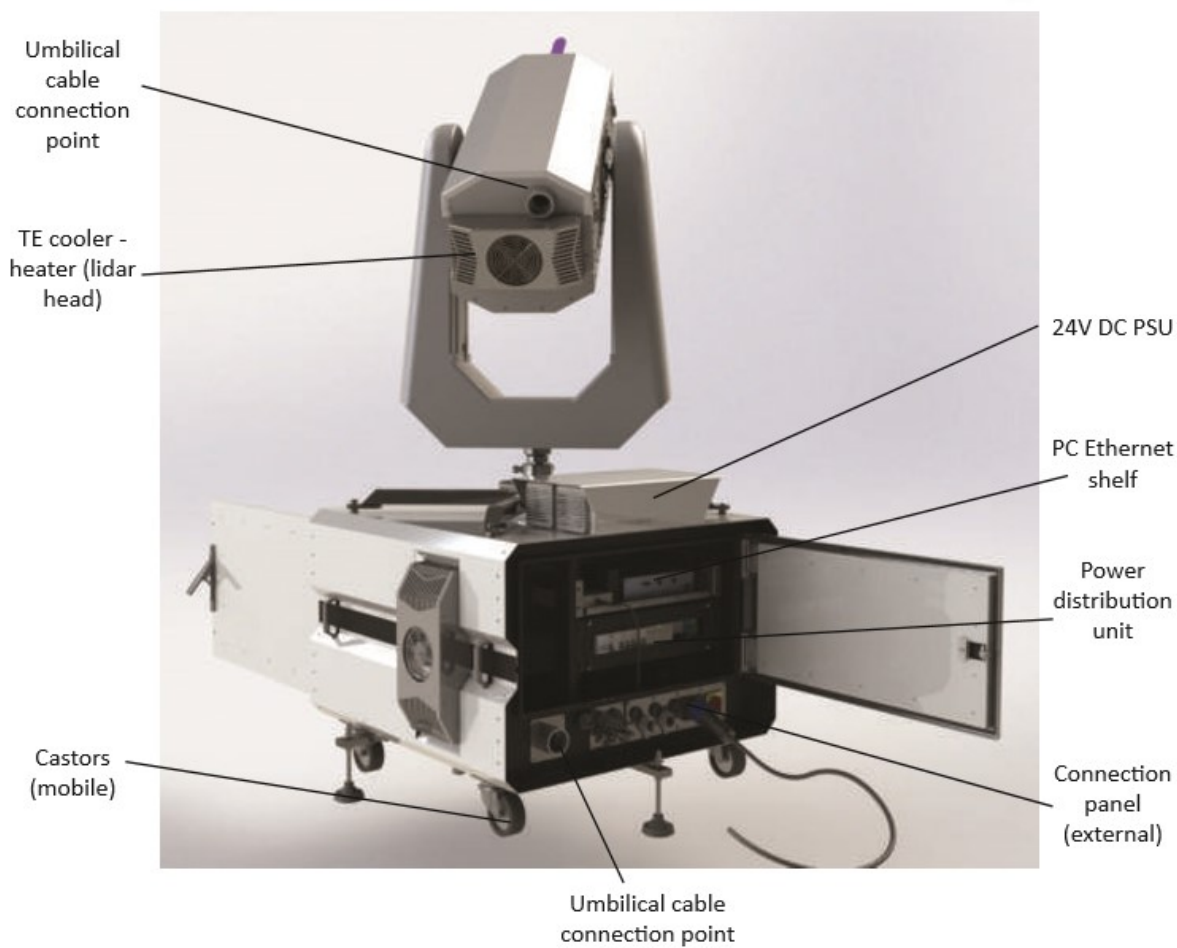
配置综述

我们的雷达系统高度集成一体。天气防护外壳包裹了数据获取单元以及PC。系统设计为远程操控。

参考图片：

雷达主要部件，包括激光器和接收望远镜，3D 扫描装置和带锁天气防护箱体（内置电子部件）。





激光雷达后视图：雷达主要部件，展示了外部接口和激光器空调设备。

激光器

(Quantel Ultra100)



发射机包含两个部分：

- 激光器
- 光束扩展器和反射镜

这些部件完成预置，集成到激光雷达系统。

概述：

该激光器是真正的交钥匙工程，集成到雷达系统后无须任何调节。电缆和冷却剂互联线路有明确标示以便快速连接。电子器件和冷却单元具备硬件互锁和安全功能确保激光雷达工作安全。

其坚固耐用的设计及其接近军事激光器。渐变反射镜用作输出反射器，单横模式，高能、低发散。光束质量优异。电缆线配有快速接头。闪光灯更换也简易迅速。

供电和冷却单元：供电和冷却单元集成为 ICE 单元(集成冷却供电)。闭路循环水-气冷却，供电 100-220V AC。电源具备完整联锁控制和监视功能，保护用户和系统安全。可以人工获取也可以通过一个 RS232 串口。闪光灯

煨电状态，确保每个脉冲能量稳定并力求延长寿命。

功耗： < 1kW, 10A, 100-240V, 50-60Hz（基本家用电器的电源）

控制系统： 激光光源可用遥控器和/或通过内置 RS-232 端口由计算机控制。

激光安全：

符合 FDS 激光产品标准，基于 LASER NOTICE NO. 50 DATED JUNE 24, 2007 / IEC 60825-1 激光公告的偏差除外。

安全特征/系统

我们的激光雷达集成了如下安全相关系统：

紧急停止： 按下此按钮电源断开，电容器组迅速接地。

互锁： 可通过如下安全互锁检测故障：

- 紧急停止按钮
- 外部安全互锁
- 热传感器
- 保护箱
- 热传感器： 位于冷却单元内
- 流量传感器： 位于冷却系统内

激光**开启**警告：当主电源接通，开启键在“ I ”位置时，此指示灯亮。

外部激光警告： 用户可通过 B N C 接头切换外部警告指示灯。闪光灯工作（闪烁或略低电流）时此开关是短路的。 选购功能。

外部安全互锁：用户可通过 B N C 接头联通外部安全线路至激光器， 监测到开闸时，电源断开，电容器组迅速接地。选购功能。

法规条文：

光系统为 I V 级激光，输出定义为安全和火灾。对发射和反射光束都应当采取预防措施。I V 级激光系统的直射光束，强反射光束或漫射光都可能致病。只有具备充分经验的人才能操作。须有激光安全官员许可。使用前请一定详细阅读激光系统用户手册并严格遵循!!

耗材:

闪光灯处于煨电状态，确保每次闪烁能量稳定，降低 E M I （电磁干扰）辐射并延长寿命。

闪光定更换非常容易，可几分钟内完成（随货提供更换指令）。

典型的闪光灯寿命约 5 千万次（质保 3 千万次）

闪光灯的更换次数取决于使用程度。

每天有小时，每月 25 天，每只闪光灯可用大约 3-4 个月。

如果执行每周 7 天每天 2 4 小时观测，厂方建议客户编制合适的工作指令，比如，每测量 1 5 分钟，关机休息 1 5 分钟。软件系统支持类似的命令编辑，非常容易。良好的使用习惯会大大延长闪光定的寿命。

去离子盒：激光控制单元里的去离子盒也需要每 6 个月更换一次！并同时更换闭路冷却系统里的离子水。这些更换可在不到 3 0 分钟内完成（随货提供更换指令）。如果用户需要每 3 — 4 个月更换一次闪光定，那么最好同时更换去离子盒。

闪光灯可从我们采购，或从激光器供货商出自行采购。闪光定和去离子盒的更换可以由非专业激光人员操作（但要经过适当培训）。我们的激光器本身在更换闪光灯和去离子盒之后无须多余拆卸和调整。

光束扩展器

(B X P + 反射镜)



我们采用的光束扩展器由 Sill Optics (如上图) 或 Dorotek, 专业从事高质量光学部件的德国公司生产和提供。

该光束扩展器单元 (BEXP) 用于针对激光雷达系统所选定波长的光束进行厂家-设置扩展。集成到激光雷达系统并预置最佳性能。该扩展器能消除不同波长的发散差异, 保证在近场和远场范围内各波段零误差测量。

光柱移位器是一对高反射 (HR) 反射镜, 45° 角度安装在高精密数控机床 (CNC) 加工部件上。移位光束的目的是保证反射光束偏离激光器以免造成损伤。此外保证反射掉绿色和红外范围的各种可能残差。

反射镜 (RM) 的在所选波段的高反射率 > 98%。根据 Raymeterics 厂家的需求定制, 确保高质量和长寿命。

镜座采用高端材料制作, 保证不因温度影响导致材料变化, 避免任何可能的光路错位。镜座包含三个可锁调节器, 牢固机械设计和马达, 提供真正一劳永逸的光学安装! 电动镜座的分辨率为 PICO (pico-motors), 用户可在远程检测雷达信号的同时远程移动反射镜, 支持半自动远程瞄准。

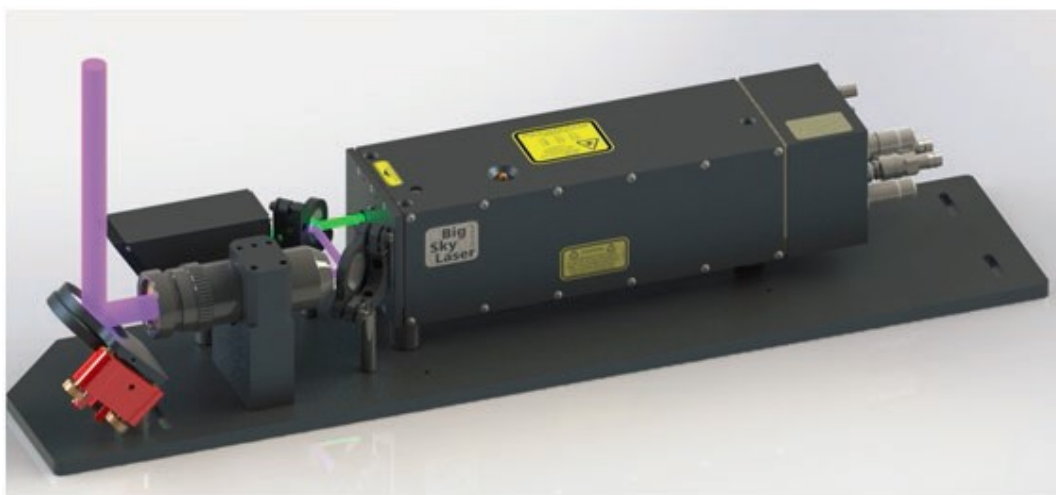


Left: Picomotor

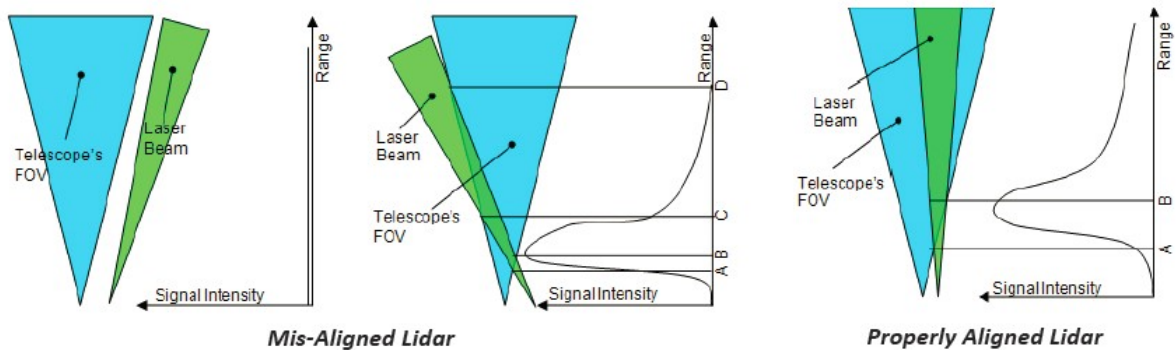


Right: Picomotor Controller

Pico-motor 其控制器分别如上图左/右



上图是我们激光雷达典型的发射单元构造。激光器发射一束激光（细绿线），到达分光器，发出垃圾波长到光束陷阱，并把其余（细紫色）传递到光束扩展器！随后扩展光束被发射到反射镜上，该镜通过高精度皮科马达进行控制（图中红色部件），马达于内置 PC 相连，可通过雷达的以太网遥控。这是我们雷达系统的一个标准模块系统。



上图绿色光柱为发射信号，而蓝色为接收视场。上左图为可能的错误瞄准，而通过遥控，花几分钟，就能通过高精度马达对反射镜的调节，得到正确设置（如上右图）。

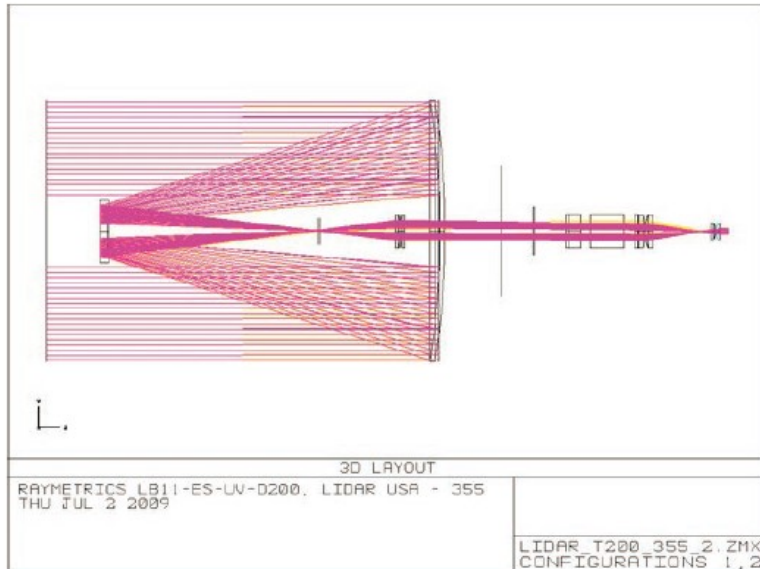
望远镜 (Raymetrics D300)

接收系统包含如下 4 个子单元：

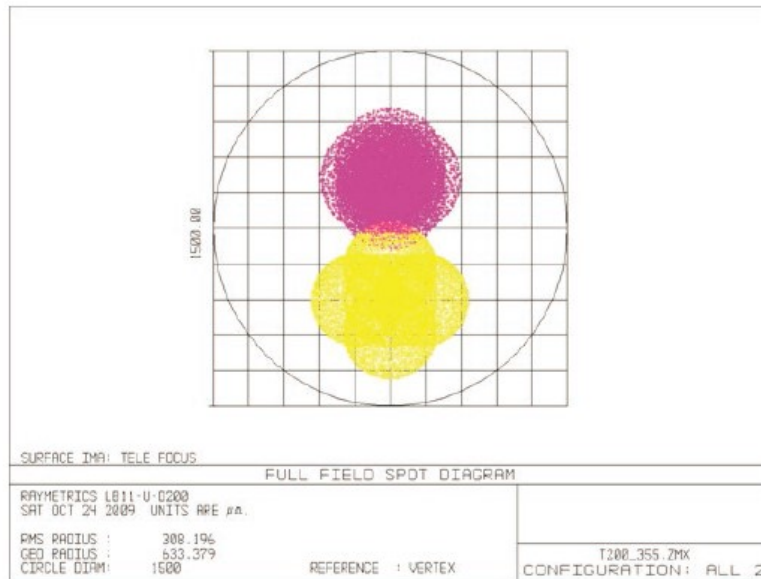
- 望远镜
- 分波器 (WSU)
- 检测器
- 数据接收单元

望远镜和分波器有 Raymetrics 自主设计。利用 Zemax EE 光线追踪软件完成光学设计，乃至下行到传感器广电倍增管(PMT)的阴极。利用Solidworks 软件完成相关固定机械设计。 选用最合适的热力和振动性能材料，保证制造精度优于 5um。

接收望远镜为卡赛格伦式设计，选用的极低热膨胀系数的材料。主要反射镜直径 300mm。主副镜都镀有高反射镀膜，最大反射位于 UV 波段，



光线追踪光学设计



视场光阑的近/远场点阵图

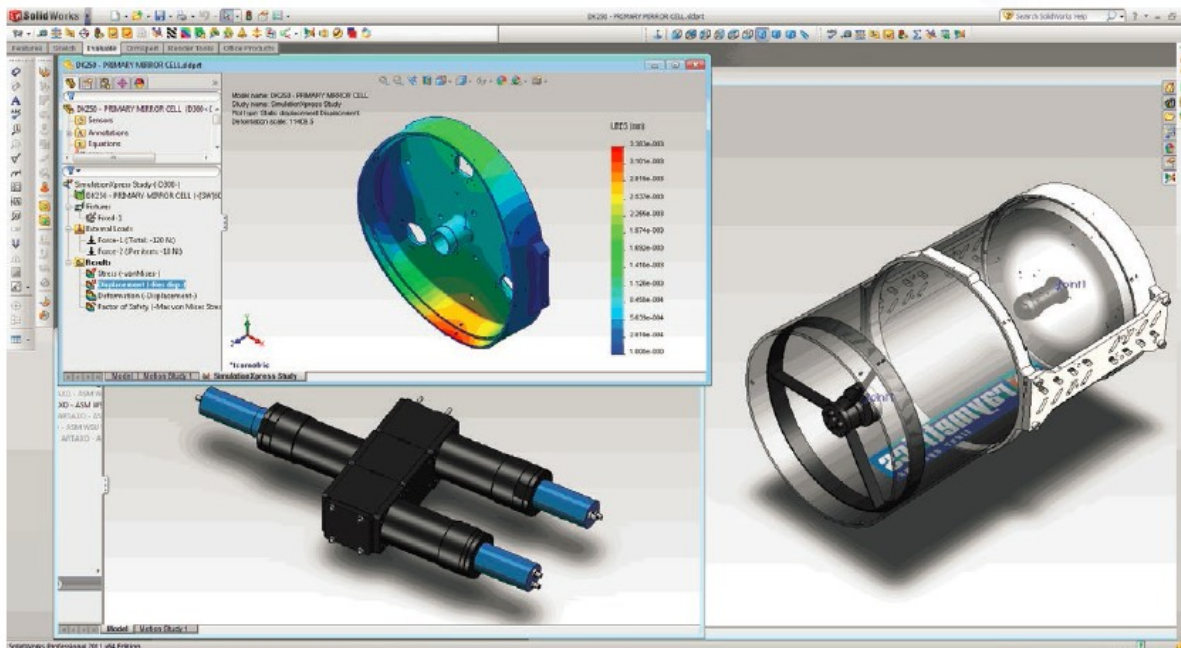
光学特征:

- . 测试到至少 1/20 波长 RMS。
- . 增强铝镀膜（二氧化硅/二氧化钛）-96%反射率（可见光范围）。
- . 利用 Zemax E. E. 软件设计。

接收光束被聚焦到望远镜焦点处的光学单元（OU），校准好的环可变光阑作为视场光阑，很方便用户调节望远镜的视场（FOV）控制距离和分辨率（1mm-12mm 直径）。

雷达光束在光学单元（OU）的出口处被准直。望远镜拥有特殊设计制造的主镜外壳带高级防震系统，确保消除环境影响，比如因温度变化带来的准直丢失。为确保性能可靠，我们进行了大量的光线追踪实验，容忍度实验和光学机械相关研究。

下图：出采用 Zemax 进行自主光学设计之外，Raymetrics 还采用 SolidWorks 进行望远镜机械设计



Solidworks Telescope Mechanical Design by Raymetrics (optical Zemax design also by Raymetrics)

机械特征:

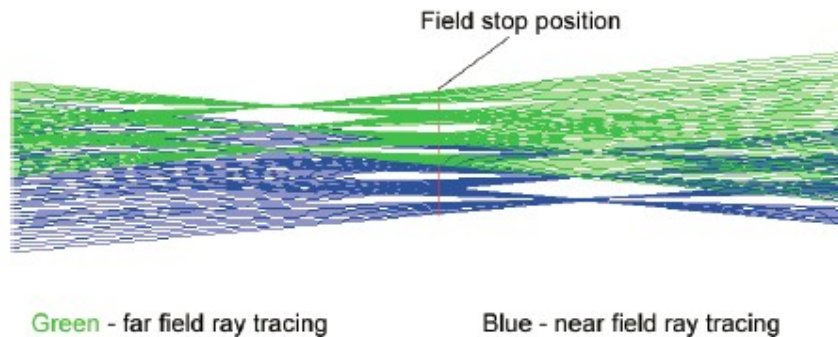
- . 利用 SolidWorks 软件设计、工程化和模拟。
- . 低膨胀、轻质碳素纤维望远镜管。性能优越、可靠。
- . 数以百计的铝制不见，全部数控机床（CNC）加工。
- . 精密副镜调焦。

视场 (FOV):

在激光雷达应用中，视场光阑的位置和尺寸异常重要！大视场会限制增加雷达信号的背景噪声，我们通过高级光线追踪软件，精确优化视场光阑的位置和尺寸，对背景噪声的降低高达 40%，保证获得最高质量的雷达信号，

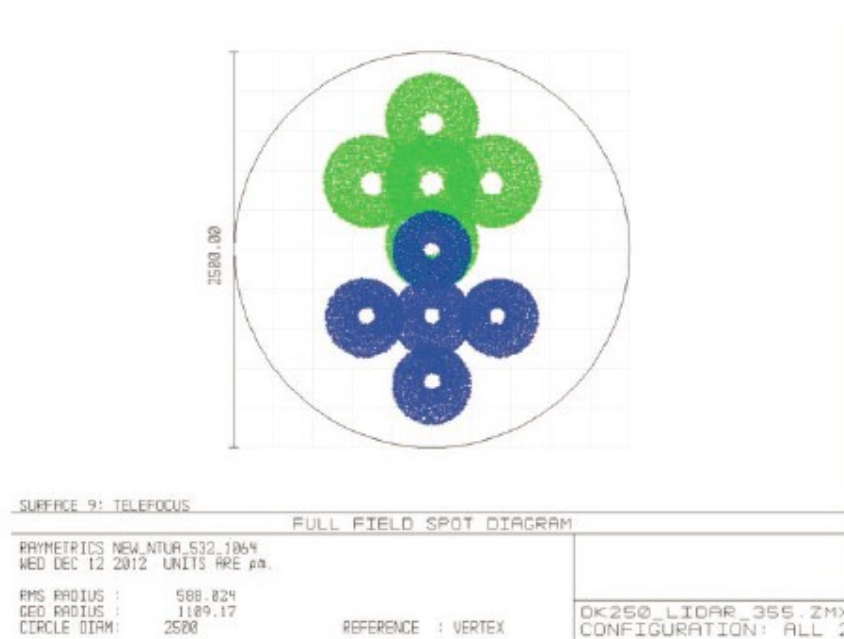
注： 所有接收部件用户可调，便于根据需求改变雷达特性。

如果置于最佳位置，可以采用 2.5mm 的视场光阑（如下图）。Raymetric 激光雷达正是如此处理的。



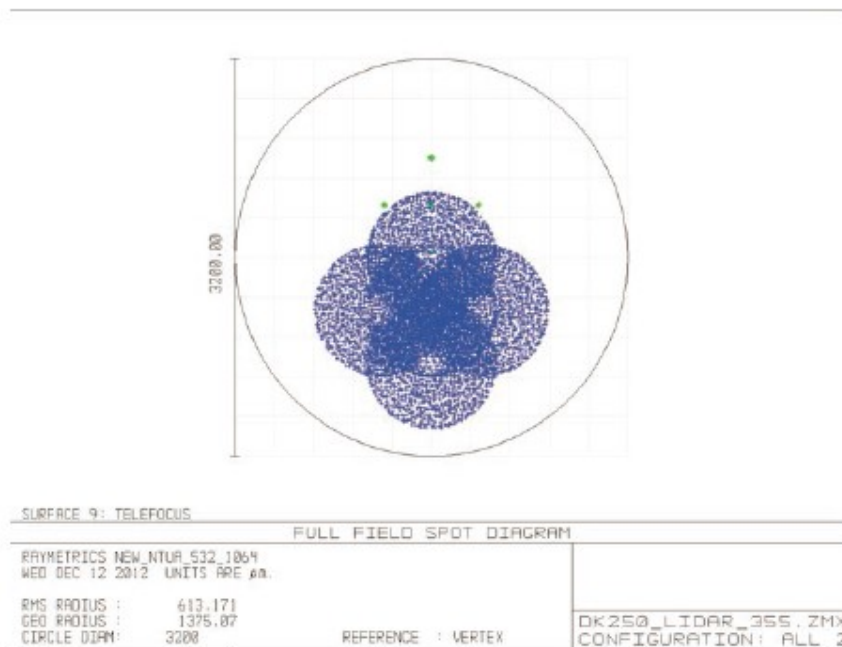
Location of field stop relative to ray-traced near field (blue) and far field (green)

视场光阑在光线近（蓝色）/远场（绿色）的位置



视场光阑图片：选定最佳位置采用 2.5mm 的视场光阑（比如 FOV=2.5mrad）

然而，如果视场光阑被置于远场焦平面（比如许多天文望远镜），就需要采用更大的视场光阑（如下图）



视场光阑图片：在远场焦平面采用 3.2mm 的视场光阑（比如 FOV=3.2mrad）

通过对视场光阑进行准确定位，我们 Raymterics 公司有能力把背景噪声降低 40% 。

特殊性能：

我们的望远镜和光学系统都是自主设计。主镜从不采购现场产品而是根据各型号雷达参数性能需求专门定制。正因如此才确保我们的最佳产品质量。各镜和每块光学玻璃都精确打磨切割。望远镜和发射机都有卓越平滑度的特殊光学玻璃保护用来消除光学畸变（比如色差）。

自主设计意味我们 Raymterics 的望远镜是经过特殊优化的。与目镜或相机常用的现成镜头不同（这类镜头的焦点在背后），我们的望远镜焦点在镜内！这允许望远镜设计更加紧凑，更重要的是，还可以减少来自副镜的遮挡！副镜位于主镜前故遮挡部分信号是必然的，而因为我们望远镜焦点在镜头内从而可以把副镜做的更小，减少遮挡提高雷达信号收集，其效率比标准镜头提高 10% 以上。

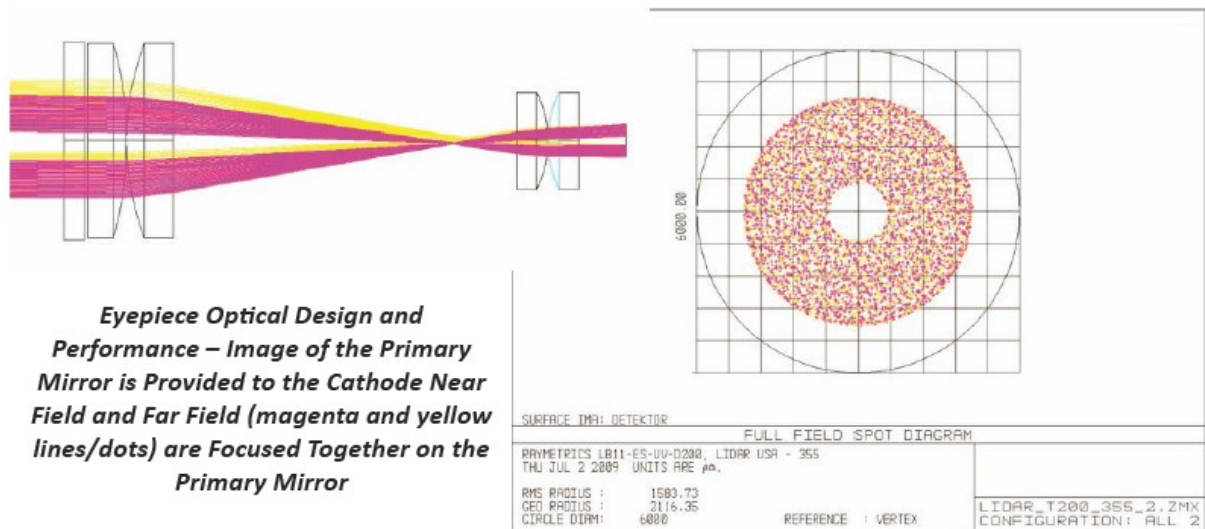
另外，许多现成的望远镜都是为天文应用设计的，其常用的覆盖玻璃功能之一是还作为透镜来订正球面像差。如此设计会引进色差，不是理想的雷达部件，尤其是多波长激光雷达。Raymeterics 公司的望远镜只采用镜子而不采用反射光学系统。即使望远镜外的分波器（WSU）光学也是消色差的。通过精心设计以及采用激光雷达专用的部件，我们能最大程度消除各种误差，比如波前误差。



滑动槽上的 300mm 望远镜（和发射单元）

分波器 (Raymetrics WSU)

在激光雷达系统的分波器（WSU）入口，接收信号被准直成一束平行光。通过一系列工厂预设定定制分色反射镜实现多波长分离。每个波长都有特殊设计的干扰滤波器（IFFs）择取雷达波长以及排除大气背景辐射。



目镜光学设计和性能，传送主镜图像到近/远场（品红和黄色线/点）阴极，在主镜聚焦。

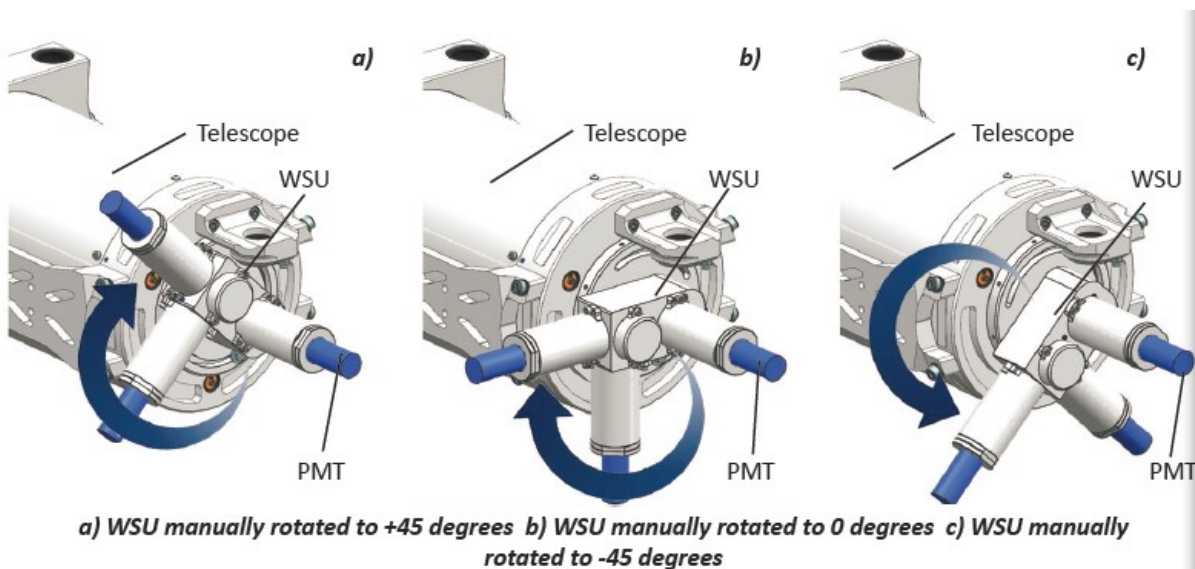
特征:

- . 消色差目镜 – 专门设计的目镜可消除色差和球面像差。此外目镜传送主镜图像（而不是视场光阑）到阴极（见上图），从而消除任何可能由光电倍增管（PMT）不均匀带来的伪影像。主镜在 PMT 阴极的图像在检测器的每个信道都小于 2.5mm。
- . 安装选项 – 提供无限个性化设计选项，直接或者通过适配器，用户可为目镜安装任何设备（CCD, PMT 等）。
- . 为各波长提供了 PMT 检测器。
- . 特殊光机设计 – 光束到达所有光学表面的角度小于 $\pm 2^\circ$ （从远场到近场），保证光学部件性能。

Raymetricsde 公司的分波器根据 EARLINET（欧洲激光雷达网）进行自主设计，用来计算退偏校准常数。

为了获得精确的退偏比，我们**强烈建议在每台雷达安调和定期维护后都计算退偏常数**。即使很微小的常数误差都可能导致退偏比的巨大误差，进而造成低劣的数据质量和潜在的颗粒类型误判。

EARLINET 提议采用 $\pm 45^\circ$ 测试来计算退偏常数！通过大量广泛研究分析，我们自主开发了**分波器（WSU）**，允许用户实现快速 $\pm 45^\circ$ 测试！取保期数据质量。用户还能修正偏振角度。



a/b/c) WSU 分别手动旋转到 $+45^\circ/0^\circ/-45^\circ$

案例： 利用退偏激光雷达技术监测火山灰：

退偏振提供一种监测球粒子球型的方法，并把非球形粒子（比如灰和冰）跟其它粒子区别开来。测量拉曼信号可以获得雷达比，绘制这两种测量结果，并与已知粒子类型对比可获得确切的火山灰信息。再结合物理化学信息还能获得质量浓度。

过滤器，偏振立方分束器（PCBC）和分色器

我们所用的带通和干扰滤波器都来自最有声望的供货商（Omega Filters, Laseroptik, Barr），他们都只提供采用高级硬涂技术的最高质量部件。我们采用的带宽约 0.5nm，针对每台激光发射器而定制。参见后文更多解释。

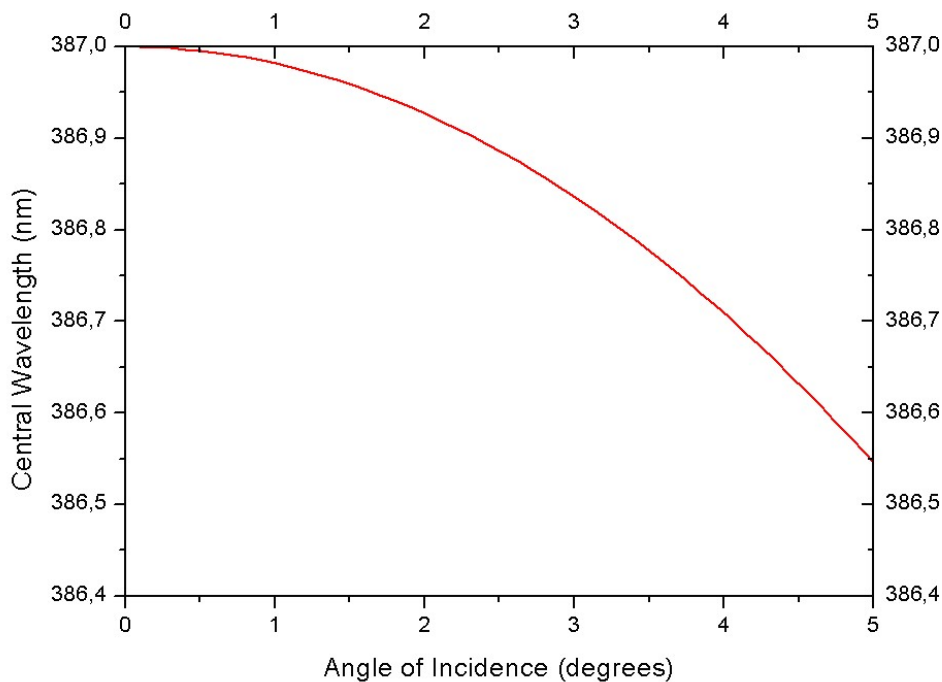
为了降低太阳背景噪声，通常滤波器的带宽越窄越好（滤波器 IFF），激光雷达采用滤波器带宽的选择主要受如下三方面制约。

1. 中心波长随入射角漂移

IFF 的中心波长随入射角的增加向短波长方向漂移。漂移程度跟入射角和滤波器有效指数有关，见下式：

$$\lambda_{\theta} = \lambda_0 \sqrt{1 - \left(\frac{1}{N}\right)^2 \sin^2(\theta)}$$

其中 λ_0 是正交入射中心波长， θ 是入射角， N 是滤波器有效指数（介于 1.5-2）



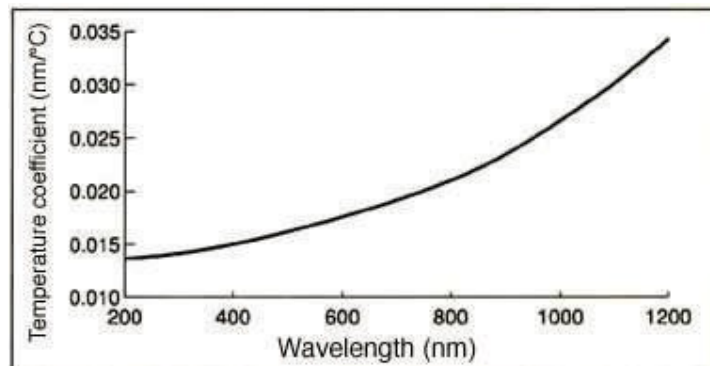
中心波长随入射角的变化（IFF 有效指数 1.88）

从上图可以看到，即使有 2 度的角度变化，波长漂移就达到 0.08nm，这对于 0.5nm 带宽的滤波器而言就相当于 16%的不确定性。

雷达接收机接收的信号范围从无穷远到地面。当远场光信号被准直（正常状态），而近场光信号却不准直。所以如果滤波器太窄，就会观测到来自滤波器远近场传输差异造成的伪信号而非真是大气信息。

2. 环境温度

IFF 的中心波长还随温度线性变化。下图的温度系数表给出了一个波长随给定温度变化而漂移的近似曲线。



来源： Andover (filter supplier) website

越窄的 IFF 滤波器，对温度越敏感。比如，如果我们采用带宽 0.3nm(387NM)，那么 ± 5 度温度变化将引起大约 25% 的误差（不确定性）。即使 ± 1 度温变也会引起 5% 的误差。

3. 激光源不确定性

所有商业 Nd-Yag (掺钕钇铝石榴石)激光器在基准 1064nm 都有约 1cm-1 线宽。通俗地说，这意味着即使所有部件都完美设计（实际不可能），在 387nm（氮拉曼波长）也会实际在 386.61-386.65 (0.04nm) 之间波动，这对带宽 0.3nm 的滤波器就意味着 13%的不确定性误差。

另外，如果激光器制造商不能提供其激光器的精确发射波长信息，形势将变得更加复杂。波长可能不严格是其声称的 1064nm。Nd: Yag 晶体在 1064nm 存在几种可能转换。在温度 -20°C ，系数大多介于 4F3/2 - 4III/2Y3

水平。

文献中（或者网络），人们可发现不同数值。我们发现 Nd: Yag 晶体在室温条件下有最强转换（=1064.14nm）。然而在 1064.4nm 有另一弱线。此外，这些谱线跟温度有关。在实际+/-60 ° C 范围，其波长随加热向长波漂移，漂移率 $4.8 \times 10^{-3} \text{ nm/deg.}$ 在 27 ° C (300 ° K)，激光线心在 1064.15 nm.

结论:

我们 Raymetrics 要求每台激光器供货之前提供详细准确的激光发射波长信息。我们据此定制开发 IFF 确保每台雷达具备最优配置。

我们计算所需的最小带宽，通常不小于 0.5nm (针对氮拉曼)。见下文屏幕截图。

Angle of Incidence (φ)	1
Effective Index	1.8
Effective Index Tolerances +/-	0.1
Low Temp (C)	25
Max Temp (C)	70
Thermal Coefficient (nm/K)	0.00485
Laser Line 1 at 300 K vacuum	1064.4416
Laser Line 2 at 300 K vacuum	1064.692
Air refractive index at 1064	1.00027398
Laser Line 1 at 300 K air	1064.150044
Laser Line 2 at 300 K air	1064.400376

L1-Low Temp	L1-Low Temp φ	L1-Max Temp	L1-Max Temp φ	L2-Low Temp	L2-Low Temp φ	L2-Max Temp	L2-Max Temp φ
1064.1403	1064.1853	1064.3586	1064.4147	1064.3907	1064.4356	1064.6089	1064.6661
532.0702	532.0926	532.1793	532.2074	532.1953	532.2178	532.3045	532.3325
607.4038	607.4294	607.5460	607.5780	607.5669	607.5925	607.7091	607.7412
354.7134	354.7284	354.7862	354.8049	354.7969	354.8119	354.8696	354.8884
386.6861	386.7024	386.7725	386.7929	386.7853	386.8016	386.8717	386.8921
407.4852	407.5024	407.5812	407.6027	407.5953	407.6125	407.6913	407.7128

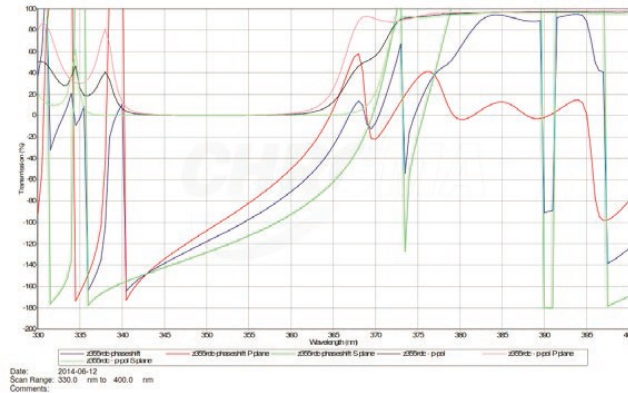
387			
L1 Min:	386.6861	Suggested 1:	386.7395
L1 Max:	386.7929		
L2 Min:	386.7853	Suggested 2:	386.8387
L2 Max:	386.8921		
Absolute Min:	386.6861	Suggested absolute:	386.7891
Absolute Max:	386.8921		
User Suggested CW:	386.800		
BW:	0.5	386.6750	387.0250
CW Tolerances:	0.075		

为提高激光雷达和数据精度，我们针对精度提高做了专攻。粒子辨别的主要问题在于退偏振计算的不确定性（会导致粒子误判）。我们的目的是在退偏比计算上取得 0.1%的更高精确度！

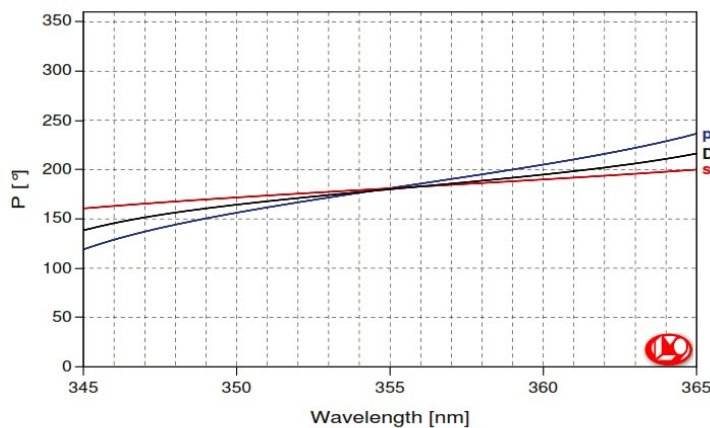
我们计划引入零相位漂移（比如，激光变得非线性偏振时）。激光也许不是完全线性偏振的，尤其是采用晶体谐波生成时（注：对此尚无实验验证，包括科学界，故只是猜测）。也许是发射单元或分色中的镜子引入了椭圆度。

Raymetrics 因此对此测试，如果必要则对其修正。

所以我们对采用的镜子和滤波器的偏振特性极度关注！经过与光学部件和滤波器供货商研究，我们雷达采用的镜子（发射）和分色器（接收）都进行了特殊镀膜！镀膜参数有我们 Raymetrics 和两个专业光学厂家共同决定。专门引入这些涂层的目的是保证 355nm 零相位漂移！（见如下图表）



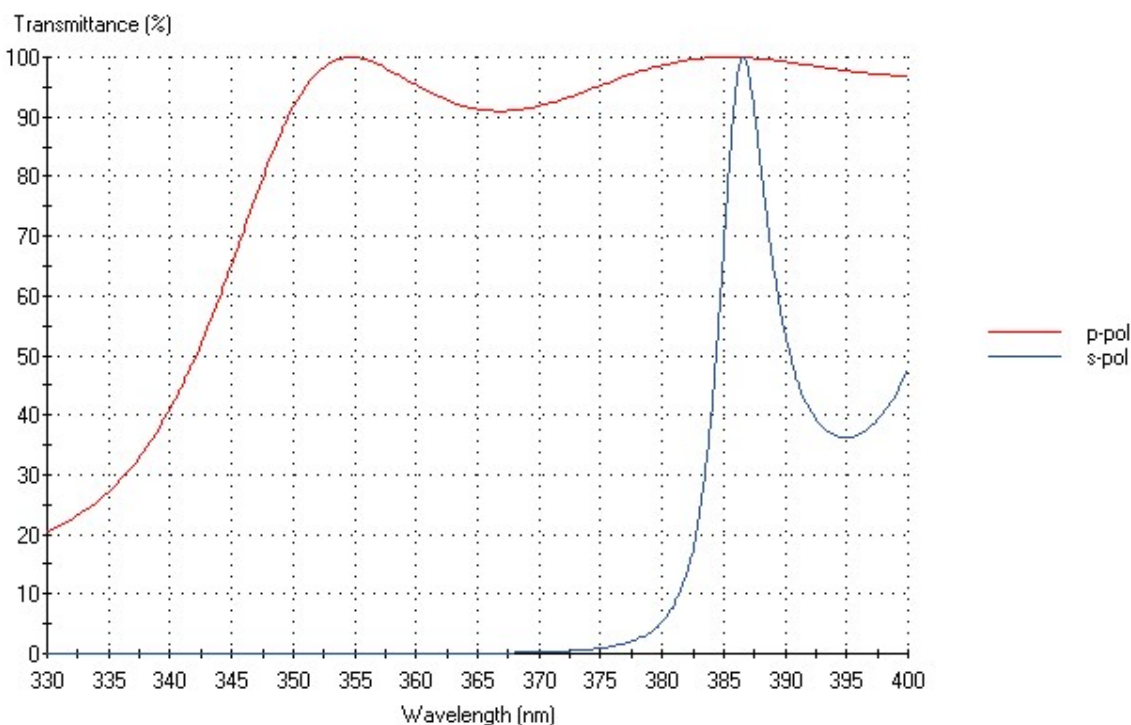
“正常”光学 -- 在 355nm 的相移



R>90%355nm/p HT532nm/p HT1064nm/s 45° phase plot

新设计光学- -在 355nm 无相移

偏振立方分束器 (PCBS)



发射率和波长 (p (红) & s (兰)-偏振)

偏振立方分束器 (PCBS) 的反射率高达 99.5% (s-偏振), 透过率高度 90.0% (p-偏振), 并具有极高的消光比 (>500:1)。这些对于退偏计算最为重要。

传感器（PMTs）

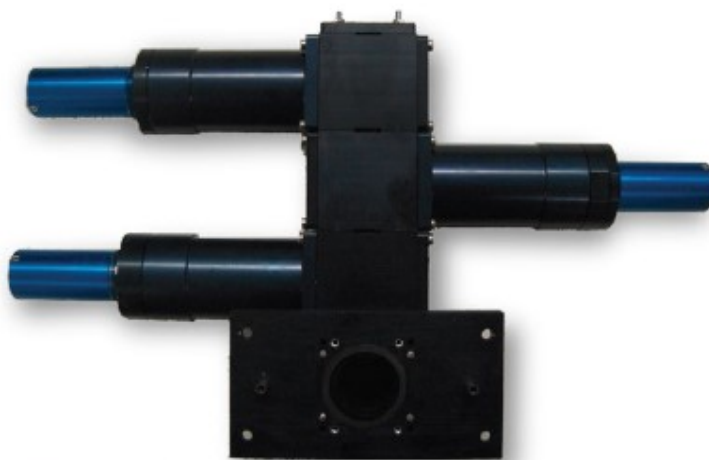
Hamamatsu R9880U

WSU 分波器内的信号通过光电倍增管（PMTs）检测, PMTs 直接安装在 MSU 出口处。我们激光雷达系统采用的 PMTs 都选用最高敏感性、低补偿和小尺寸的。典型为 **Hamamatsu R9880U** 系列。

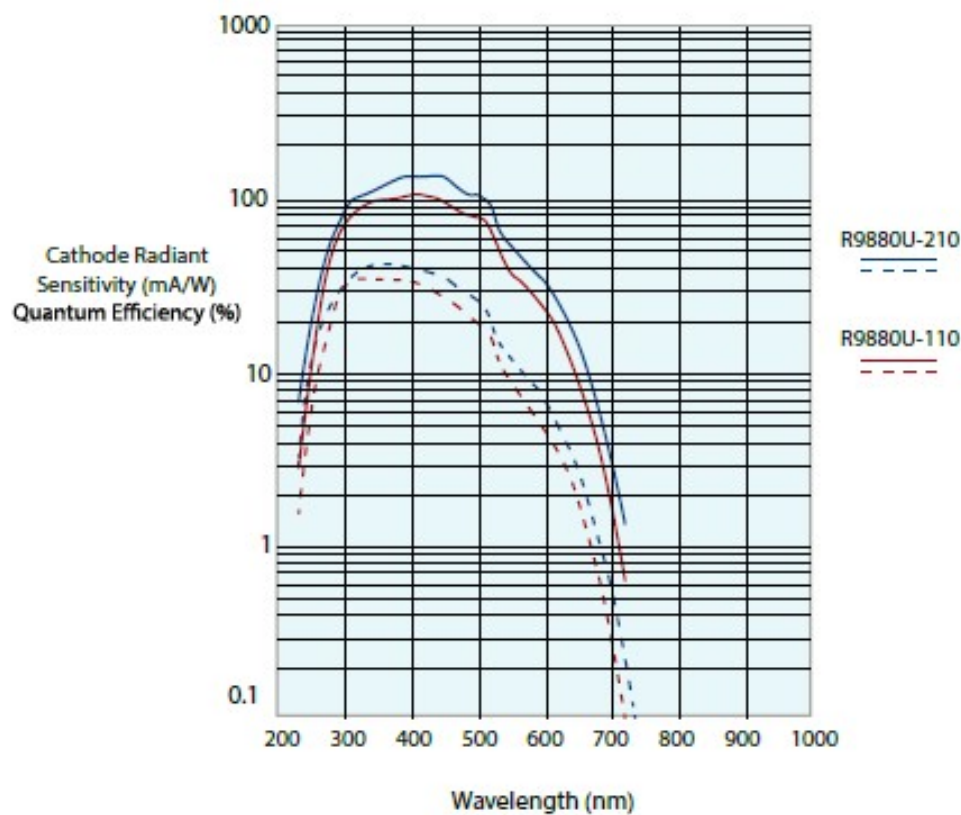
所有检测传感器都配有特殊设计的目镜，确保从近场到远场的最佳性能，消除任何阴极非均匀造成的可能影响。



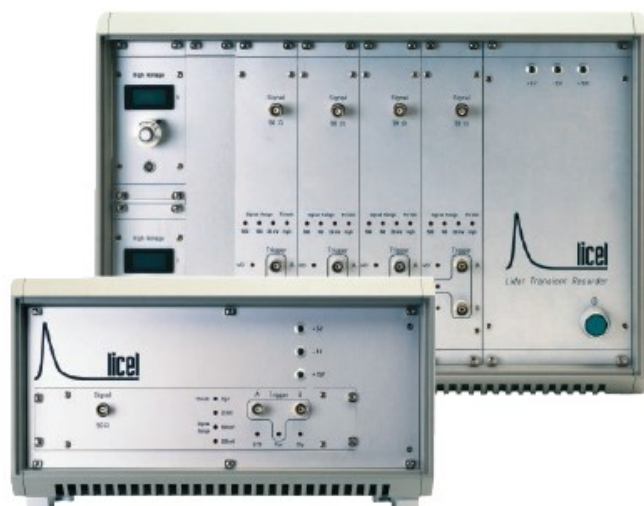
左： PMTs



右： 三个 PMTs 置于分波器（MSU）的出口



PMT 典型光谱响应（取自 HAMAMATSU 文献）



Transient Recorders from Licel



Location of TRs in Lidar

瞬态记录仪 Transient Recorders Licel TR-20

Raymetrics 集成 Licel 公司的瞬态记录仪作为激光雷达系统的一个强大数据采集处理单元 (ADU)。图片和机场位置见上页图片。针对遥感探测设计, 采用快速可重复光电倍增管信号电压范围 0-500mV。信号同时被一个 12 位, 20MHz 模数转换器和一个鉴别器记录, 鉴别器检测 0-100mV 范围内一个选定阈值以上的电压脉冲! 与常规系统相比, 这种联合 (一个强大模数转换器, 一个快速模拟和光子技术系统) 允许特别增大的动态范围。

通过高速数据端口连接到计算机主机, 甚至在两次激光脉冲之间也能读出所获取的信号。ADU 配有以太网端口, 允许通过其它上网 PC 进行遥控。(注: 由于我们的激光雷达由内置 PC 控制, 所以能通过以太网或无线 WIFI 进行操作。)

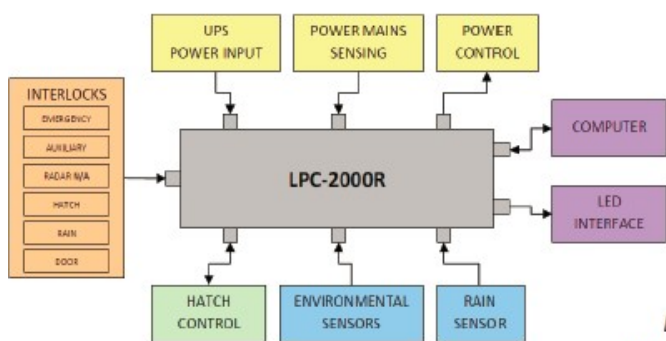
关键指标

功耗	230V/50Hz 或 110V/ 60Hz, 12 W 每瞬态记录
尺寸	RF-屏蔽盒式 50.4x262x232mm
雷达空间分辨率	7.5 米
带宽	DC-10/20 MHz
内存深度	典型: 8 1 2 9 或 1 6 3 8 4
重复率	取决于内存长度和采样频率
光子计数最大速率	250MHz

激光雷达外设控制器 Raymetrics LPC-2000R



LPC front view (inset image shows full LPC)



Schematic drawing of LPC



Location of LPC in Lidar

LPC-2000R 前面（上图上部），连接图（上图左下）和机仓位置（上图右下）

附属设备，包括窗盖，雨传感器，雷达或其他辅助设备如 UPS 和环境探测器等，都连接到专门涉及的控制器系统—LPC（激光雷达外设控制器）。可用户可编程，包括启用自动雨传感器控制盖门，用户定义盖门关闭响应雨量等。假设包含了 UPS，还可以设置断电恢复重启。人恶化任何附属设备故障将会导致 LPC 上的 LED 灯内锁互联显示，并发送错误信号提醒操控者。

内置 PC

Advantech ARK-3360F

数据存储和管理系统包括两部分：

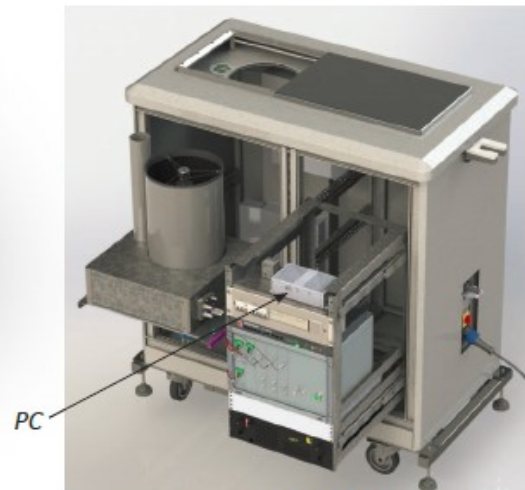
- 工业 PC
- 激光雷达软件

我们的激光雷达系统的控制单元集成配置了工业级别的计算机。该 PC 设计结实、性能可靠。从该电脑可控制激光雷达的所有子部件（比如激光、DAU 等）。此 PC 直接跟数据存储设备和通讯端口作用，方便数据传输。将雷达肯通过内置以太网或 WiFi 遥控。



*Industrial PC
Standard model: Intel® Atom™ N450/D510 Industrial
Grade Embedded Box PC (actual model may vary)*

工业 PC



Location of PC in Lidar
PC 在机仓内的位置

注意，键盘和鼠标不是标准配置。如果需要，我们可提供可滑动托盘包含一台笔记本（请下订单进行选购!）。这种情况下，激光雷达仍然通过工业主机控制，而笔记本作为键盘和显示器。

内部数据存量取决于数据量。比如一年工作 365 天，每天 24 小时，每秒一次数据，数据容量约为 1.5 个月。通过观测时间编程管理，容量时间可延长为 15 个月（比如每 10 秒一次数据）。通常硬盘空间 320GB，其它容量

定制。

PC 基本参数

操作系统： Windows 7

以太网接口： 3

RS232 端口： 1

操作模式： 通过以太网接口进行 PC 控制

软件 Raymetrics 套装

Raymetrics 提供完整的定制软件，并可提供仪器配置、诊断、观测方案等软件模块，以及观测命令、高级分析、其它如图形用户界面（GUI）或警告报警设置等。包含激光雷达所有相关控制和数据分析软件，客户通常不需要再额外开发软件。

软件为开源代码并无使用许可限制，对有效合同客户以及其他关系客户还提供更新升级。此外还提供特殊代码定制，比如针对非常特殊的激光雷达应用或跟激光雷达配套的其他外设仪器控制。

如下四个软件程序预置在控制单元，以可执行文件形式提供：

- 系统检测和准直
- 数据获取
- 高级数据分析
- 硬件控制（测量）

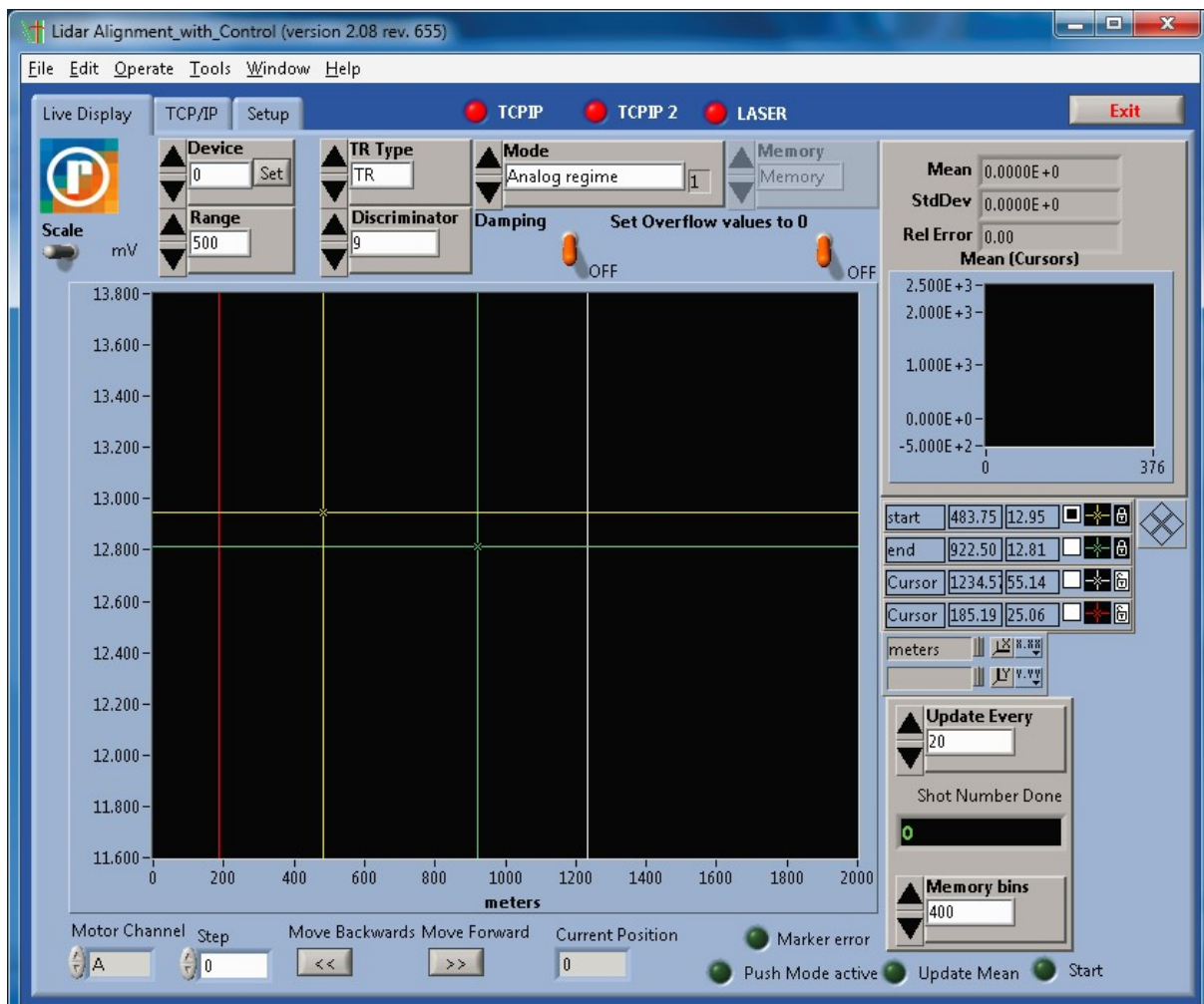
下文分述

- 系统检测和准直

此程序执行控制系统光束准直。过程非常简单约 10 分钟即可完成。电动机精度高达 PICO 允许此过程遥控完成。

工作环境温度或其他大气条件有重大情况下，我们建议检查激光准直情况。用户可选择执行几个程序，从粗到细进行准直。通过监控事实数据，用户可以检查雷达信号是否跟分子大气符合（对流区无气溶胶的大气）。

如果无法执行该分子大气测试，比如云天，用户可执行一个快速 **Telecover** 测试，**Raymetrics** 提供此过程必要的全部硬件和软件，所需时间不到 10 分钟。（A telecover test serves as a self-check of the optical part of a lidar system. Several lidar signals using different parts of the lidar telescope are compared. Differences in these signals indicate range dependent transmission changes of the optical receiver, resulting in signal distortion.）

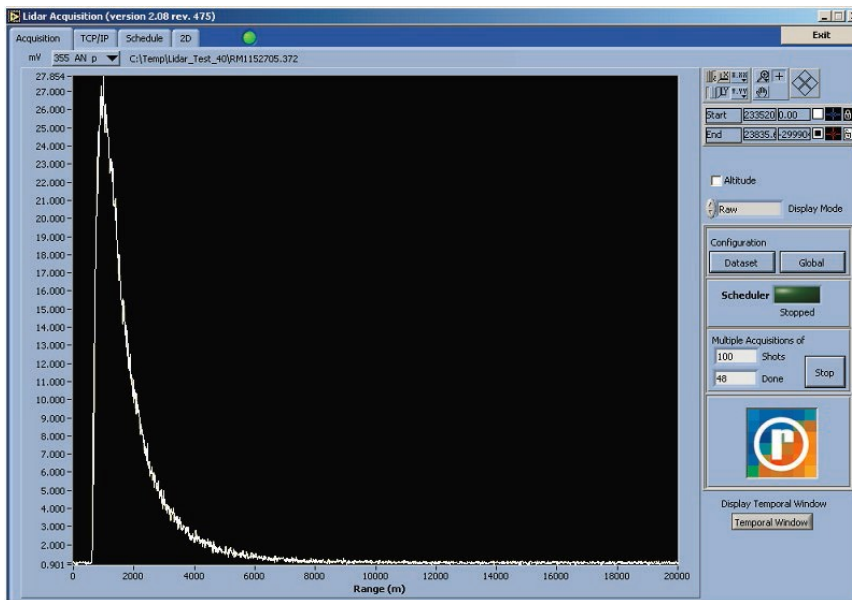


准直软件

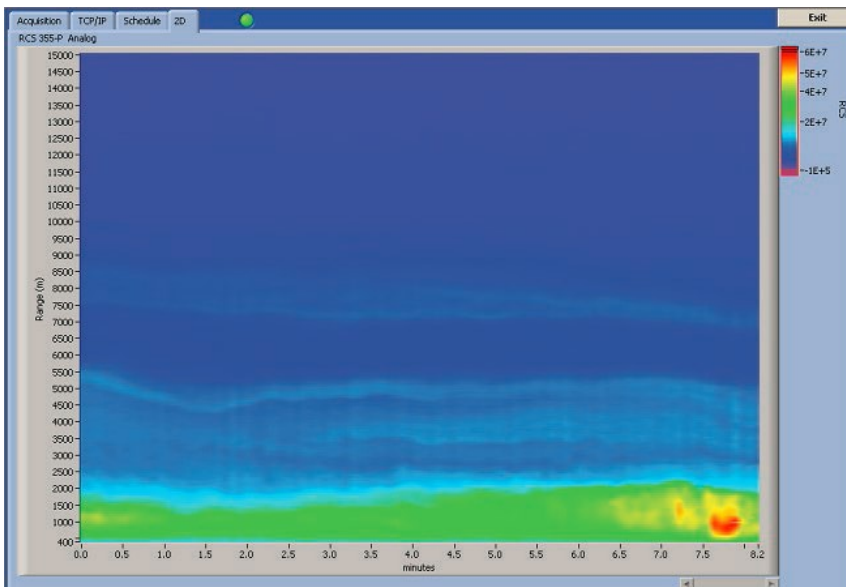
- 数据获取

通过一个友好图形用户界面(GUI), 可实现如下功能 “

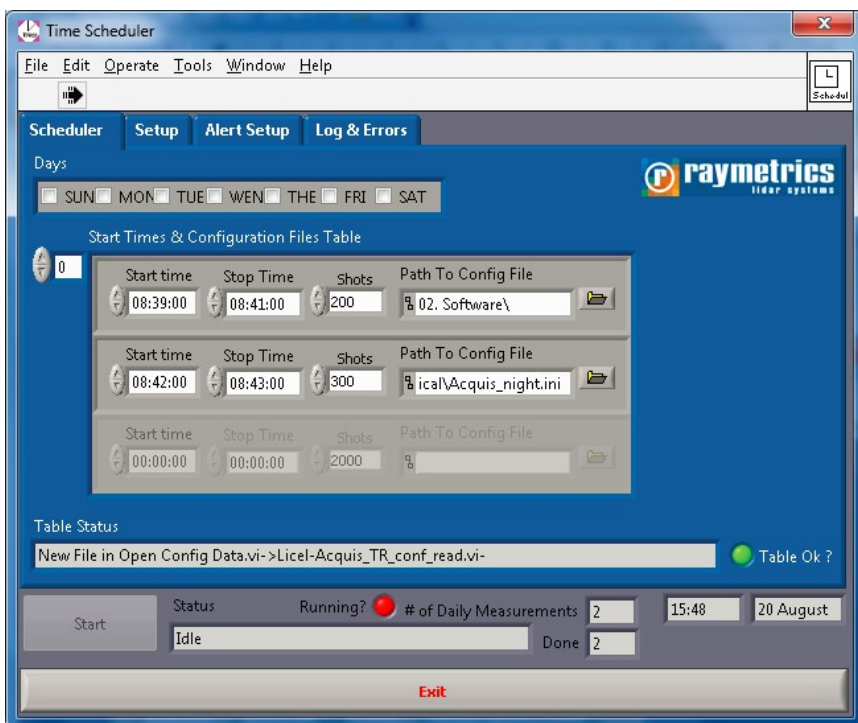
- 设置所有可执行参数和配置数据获取单元 (DAU)
- 设置测量计划, 任何时间和测量方案变量
- 执行一次观测或启动多次观测
- 控制激光器



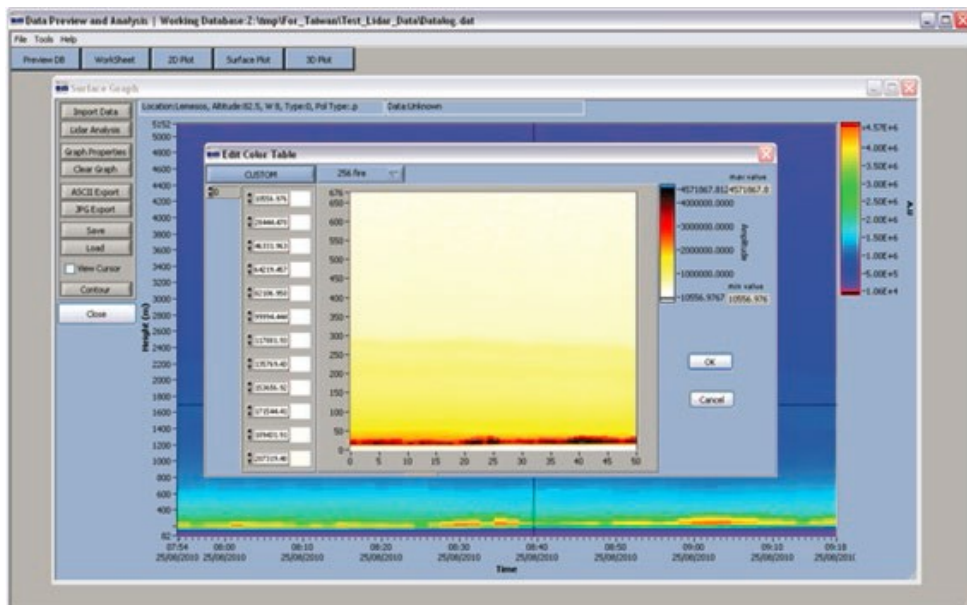
实时雷达信号



实时图形显示



测量方案软件



彩显选项