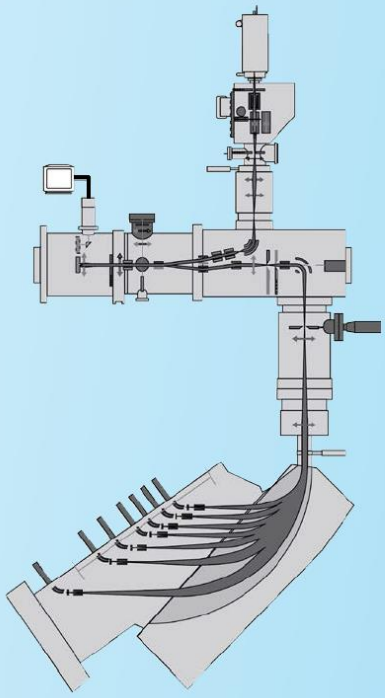
CAMECA
SCIENCE & METROLOGY SOLUTIONS



# NanoSIMS 50L

## 仪器简介

以亚微米级分辨率进行痕量元素和
同位素分析的二次离子质谱仪

AMETEK
MATERIALS ANALYSIS DIVISION

# 纳米级SIMS微型探针的设计要求

## 基本限制：SIMS 灵敏度随着横向分辨率的提高而降低

50 x 50 nm x 10 nm（一个像素）大小的硅中有 1.25 E6 个原子。电离率为 0.005，透射率为1时，可以检测到约6250个电离的原子，或者一个像素的检出限约为 0.1 at.% 。为了进行比较，使用具有更大束流的 CAMECA IMS SIMS 将在 50 x 50 µm x 10 nm 的体积内溅射 1.25 E12 个原子，能够达到 at ppb级别！

⟶ **收集和透射至关重要：无延迟提取（质量损失低），无 QUAD 或Ortho-TOF（低提取），无碰撞池或大气/真空接口（透射）。**

## 电离率

要提高原子的二次离子的产率，必须在第一层原子中引入氧和铯。FIB-或TOF-SIMS 中使用的主要离子种类包括 Ne、Ga、Xe、Au 或 Bi 等，可导致元素信号降低 100-1000倍。通入铯蒸气会污染仪器。通入氧气不足以支撑快速溅射。用两个离子枪交替注入离子/进行分析会在注入离子反应过程中造成材料损失，这对于非常小区域的分析是不可接受的。

## 生物领域用 SIMS

即使使用最佳的入射离子 ($Ar^-$、$CO_2^-$或水$^-$团簇离子、$C_{60}$或$Bi_3$)，二次分子团离子的产率非常低。面对这个现实，旨在提高有用的横向分辨率的NanoSIMS，通过用高能反应离子($Cs^+$ 和$O^-$)进行轰击来破坏表面的所有分子，检测更多的电离原子，并通过测量同位素比值来标记同位素。

⟶ 必须使用高反应性一次离子元素（氧和铯）。

## 一次离子束流密度

为了减少残留气体造成的污染并降低检测噪声，需要在分析过程中尽可能快地溅射。因此，离子束的大小和离子束流密度都对于 SIMS 的性能至关重要。

⟶ 要最大限度提高束流密度，则需要尽可能提高反应性离子源的强度，并缩短工作距离。

## 阴影效应

在所有经典结构的SIMS仪器中，一次离子束都以一定角度倾斜入射。这会导致在样品上形成阴影，并形成非对称边缘效应伪影。

- 垂直入射对于消除阴影和收集离子都是有益的。

## 质谱仪透射率

由于SIMS属于破坏性分析技术，分析几十纳米大小的小区域需要尽可能多地检测少量发射的二次离子，并同时检测尽可能多的目标质量。鉴于存在光学像差，对于亚微米级分辨率而言，离子在微探针模式下的透射率要优于带调节装置的显微镜模式。

⟶ 需要并行收集和离子微探针模式。

## 质量分辨率和横向分辨率

高质量分辨率对于少量分析必不可少（没有第二次机会再进行一次分析来说明可能的质量干扰！）。由于组合使用一次离子束 TOF-SIMS 分析仪和脉冲触发的一次离子枪会形成像差，因此这意味着需要在亚微米级别的小束斑尺寸和高质量分辨率之间做出选择。延迟提取意味着在低质量和较低质量标准精度的情况下，离子透过率会减少。

⟶ 需要高质量分辨率以及高空间分辨率和高透过率。

## 采集时间和重复性

精确的同位素数据需要良好的统计数据和低噪声（例如：1 E-4比率的精度在统计上需要至少对少量同位素进行几次1 E8 计数）。这需要DC溅射模式来保持采集时间的真实性，避免产生副作用：漂移、污染、噪声、不稳定性等。脉冲触发的 TOF-SIMS 受其低占空比和检测原理（每个峰最大1次SI和PI脉冲）的限制。受多种因素影响（两种离子束、检测器、数据速率、脉冲、质量校准…），其重复性仅限于百分比水平。利用DC离子束和平顶峰的磁性扇区分析器可以达到同位素重复性范围的十分之一。

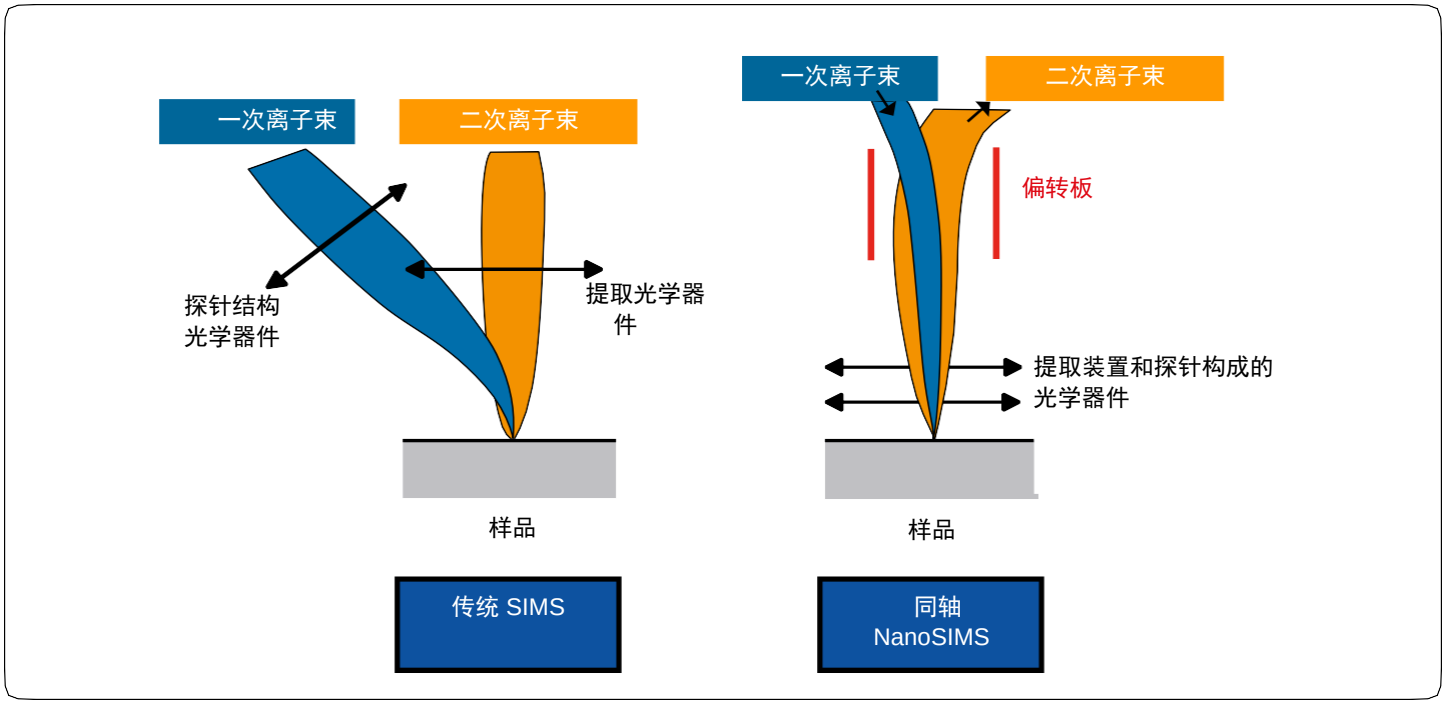
NanoSIMS的独特之处在于，可同时使用小的反应离子束斑，具有高质量分辨能力和近乎完全的透过效果，以及高输出DC离子束和极低的背景和噪音。

# 传统和同轴探针结构系统

SIMS 仪器的任何设计结构都必须满足两个相互矛盾的需求：

- 一次离子腔的物镜必须尽可能靠近样品，以优化其光学性能，从而获得最高的光束密度（最小束斑尺寸中的最高束流）。
- 另一方面，二次离子在半空间中发射，具有很大的能谱（∽0-200eV）。

为了尽可能多地收集这些离子，提取光学元件也应尽可能靠近样品。由于提取器和物镜具有其自身的物理尺寸，因此必须找到一个折衷方案，以在样品和光学器件之间保持大的距离。NanoSIMS系统通过采用新的共线光学器件解决了这一难题，这些光学器件能够同时聚焦高质量的一次离子并收集大部分二次离子。




## 同轴结构的优点

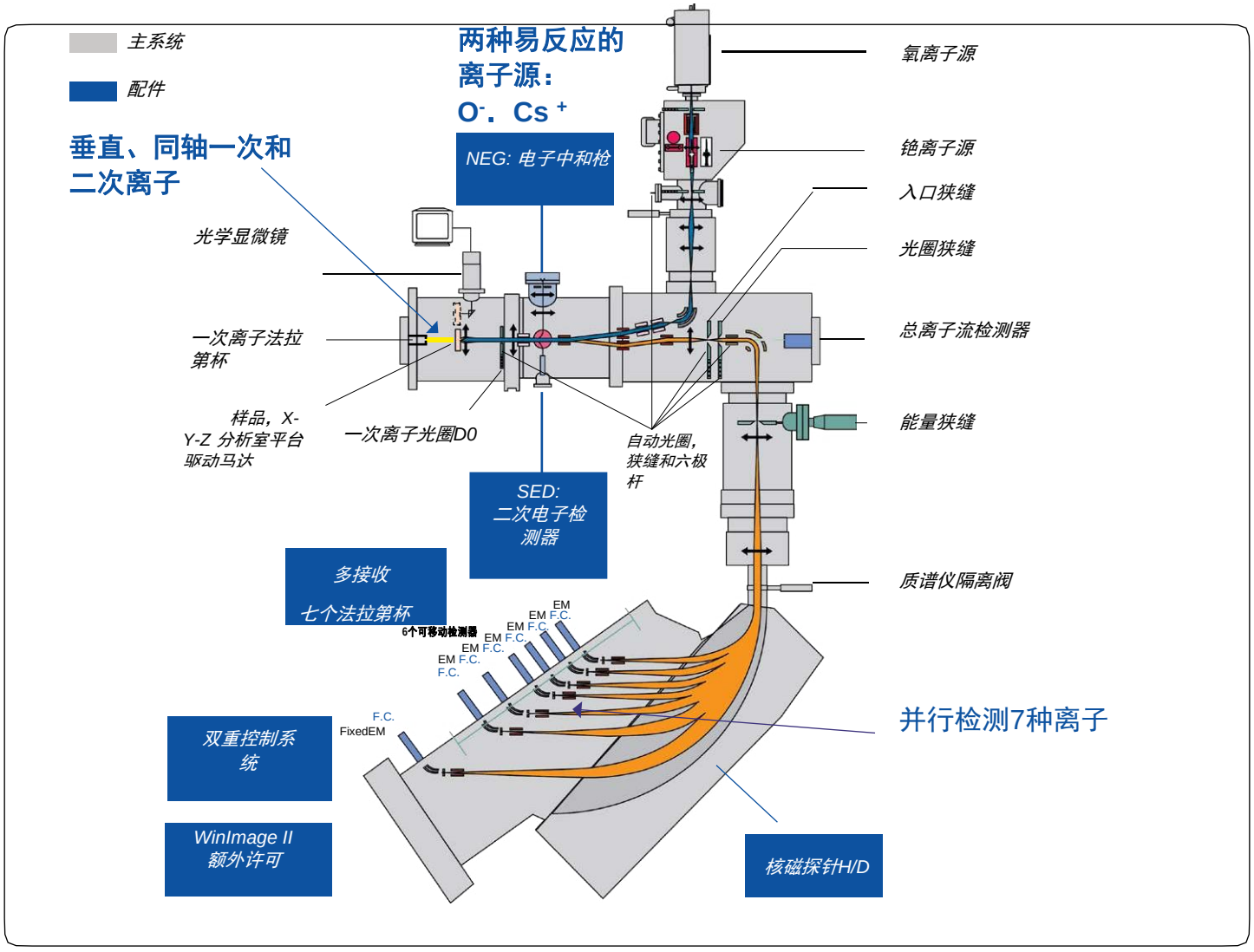
- 给定的束流的较小束斑尺寸。
- 初始的角度和能量分布，可提高收集效率，并显著降低二次离子束的展宽。这有利于以高质量分辨率提高分析仪的透射率。
- 最大限度减小了非平坦表面的阴影效应，可进入孔或沟槽底部。
- 减少了由于倾斜入射的提取场引起的离子束和光栅畸变。

## 同轴结构的局限性

- 一次和二次离子必须具有相反的极性和相等的能量（$Cs^+$/负离子，$O^-$/正离子）。
  1) 这不包括用于半定量 SIMS 分析的 $MCs^+$技术，
  2) 对于正电性元素，必须用$O^-$或$O_2^-$ PI 代替$O_2^+$一次离子。这对于减少电荷非常有益。
     不利的方面是氧离子源对正离子具有更高的强度。
- 不能使用注氧技术（增加气体压力时可能会产生电弧）

对于垂直入射的一次离子，具有同轴离子收集功能的系统可尽可能多和尽可能均匀地从样品收集离子，且不会产生阴影效应。

# NanoSIMS 50L 主要系统和配件总览




## 电子中和枪

如果金属涂层方法不足以进行分析或不允许使用，则可使用垂直入射电子中和枪，通过$Cs^+$一次离子和负二次离子来分析强电绝缘体。

## 二次电子检测器

二次电子检测器。仅以负二次极性与铯一次离子束一起工作。可以给出对比鲜明的地形图像，以进行图形说明样品可视化。

## 多接收七个法拉第杯

NS50L 标准配置是，每组接收器都配备一个电子倍增器(EM)，#1号接收器还额外配备一个法拉第杯 (FC)。M7FC 为每个接收器配备了一个电子倍增器和一个法拉第杯，以及一个装有法拉第杯前置放大器的恒温室。法拉第杯通常使用100s pA或几个nA的束流，以实现整个扫描区域内同位素比值的百分之几的重复性，法拉第杯不像电子倍增器那样允许快速成像。

## 核磁探针 H/D

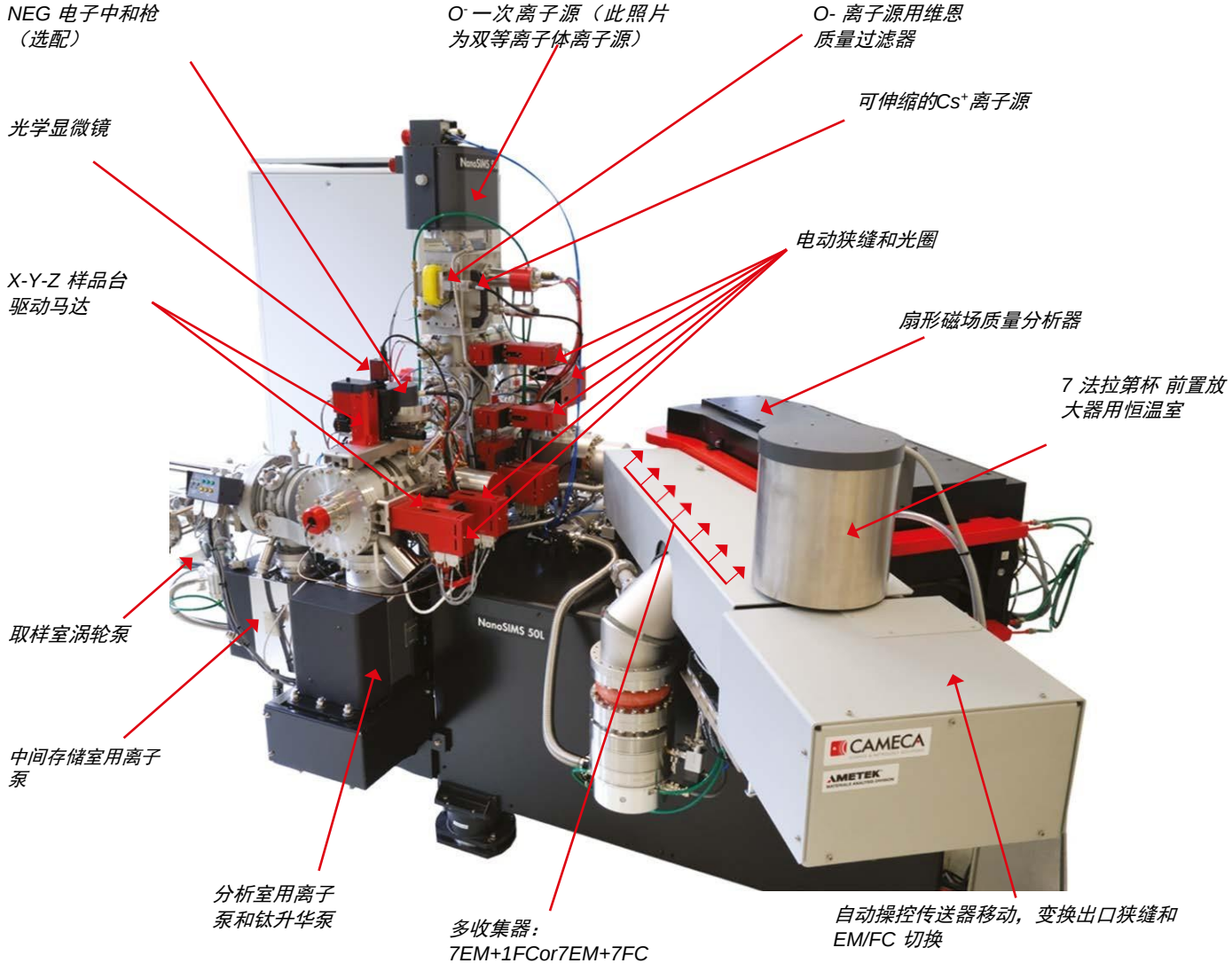
附加的 核磁探针 探针可确保氢-氘测量的最佳长期稳定性（标准核磁探针的磁感应强度太低，无法提高氢的稳定性）。

## 双重控制

可从相邻的控制室控制 NS（通常是通过窗户监看仪器），可使仪器保持最佳的环境稳定性，并尽可能提高用户的舒适度（隔绝机架通风机和泵的噪音）。

NanoSIMS可适用于特定应用。所有附件都可以现场升级。

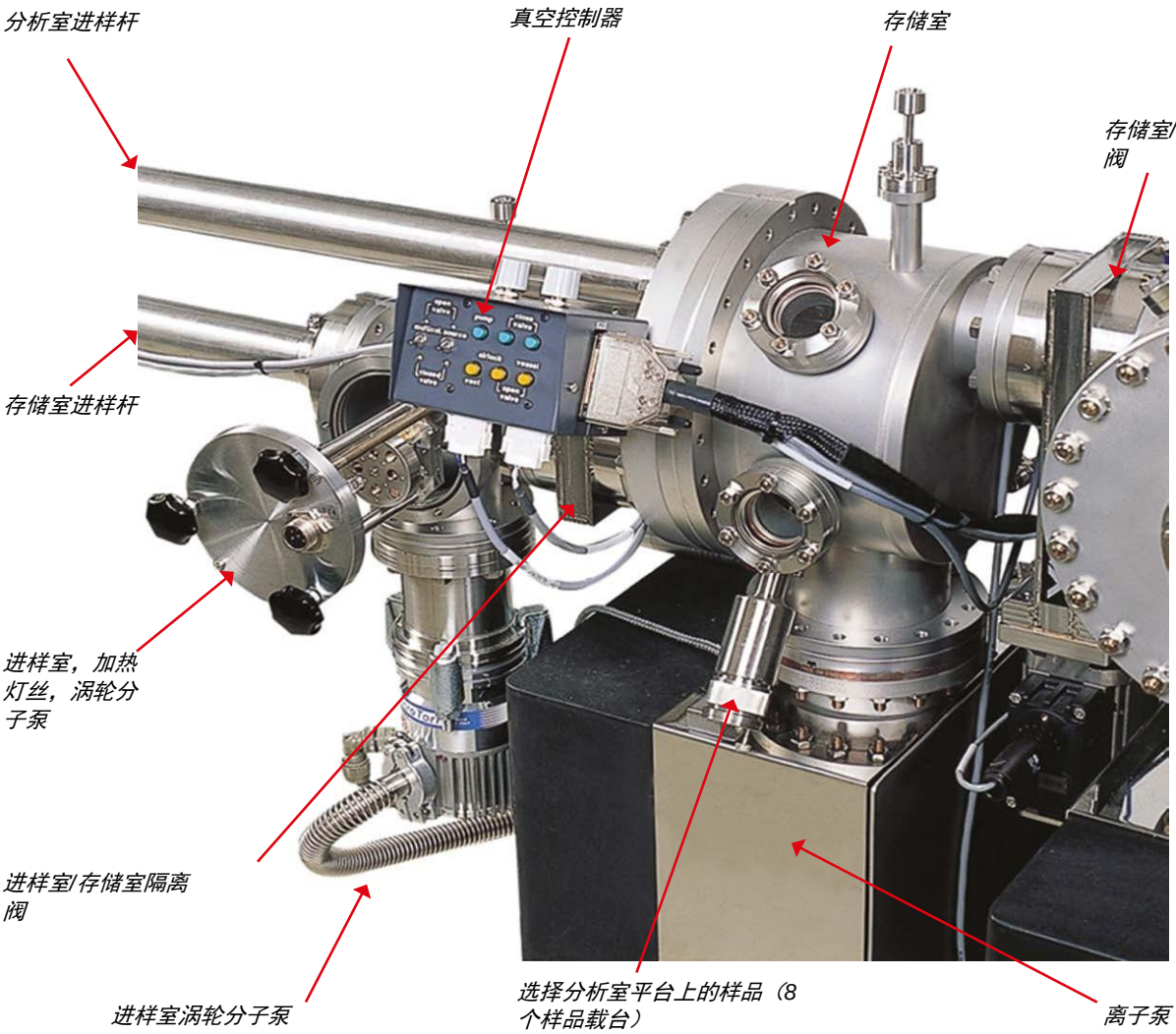
# 关键组件




## NanoSIMS设计的要点：

- 同轴一次和二次离子束
- 两个可切换的高强度一次离子源：$Cs^+$ 和$O^-/O_2^+$
- 单独放置的原位光学显微镜用于观察和移动样品
- 七种可选离子种类（电子倍增器 / 法拉第杯 检测器）的多重收集，外加可选配的SEM检测器（负二次极性）和总离子流检测器 (TIC)
- 实现所有质量下高分辨率、高传输效率
- 超高真空技术：干式前级泵，涡轮分子泵，离子泵和钛升华泵，取样室和中间存储室

# 进样系统




## 进样系统的要点：

- 标准 2 英寸进样室，带涡轮分子泵，干燥氮气充填，用于样品脱气的加热灯丝
- 进样室和存储室之间的手动磁力传输杆
- 中间存储室可容纳八个直径为 50mm 的样品载台，带离子泵
- 存储室和分析室之间的手动磁力传输杆
- 自动化真空系统带独立处理器
- 超高真空技术，无需拆卸任何部件即可整体烘烤

# 总览图和样品定位

带两个电子机柜和控制台的完整仪器视图。第三个小型的射频等离子体氧源的电子机柜位于仪器的后面。主泵和风机也位于后面，但可以将它们放置到相邻的机房，和冷水机组、空气压缩机、气瓶和 UPS（不间断电源）一起放置。

## 分析前样品定位

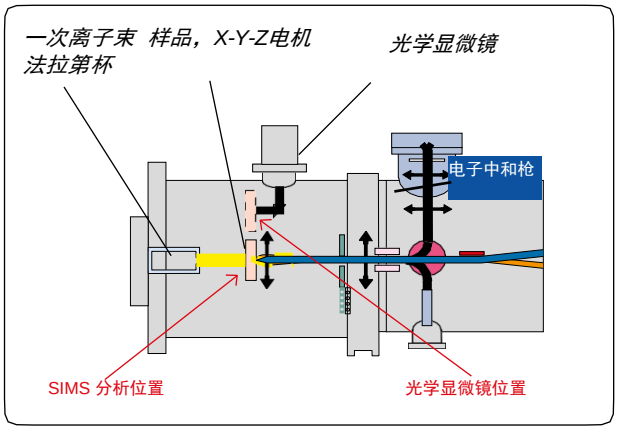
通常的方法是使用集成的光学显微镜移动样品。由于浸没透镜的工作距离较短，因此光学显微镜的位置比SIMS位置高40mm。只需简单地单击鼠标，即可在几秒钟内在两个位置之间移动样品。视场为 700µm，由数码彩色相机的2052x2456像素对图像进行内部缩放。在白色 LED 均匀照明下，横向分辨率为1.5µm。

## Point Logger位置记录器

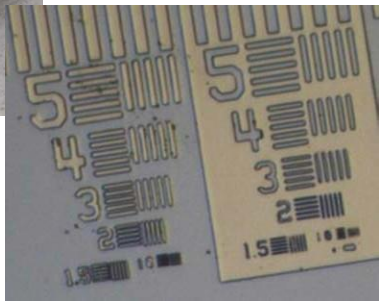
另一种非破坏性的样品定位方式是使用 Point Logger：

- 首先将样品载台或样品的外部图像（通常是 SEM 或来自其他仪器的光学图像）导入为 TIFF 或 JPEG 格式，
- 通过在分析位置移动这些点，来校准该图像中的两个参考点。

然后可以通过直接单击导入的图像来驱动样品台。



锆石晶粒, 700 µm FOV

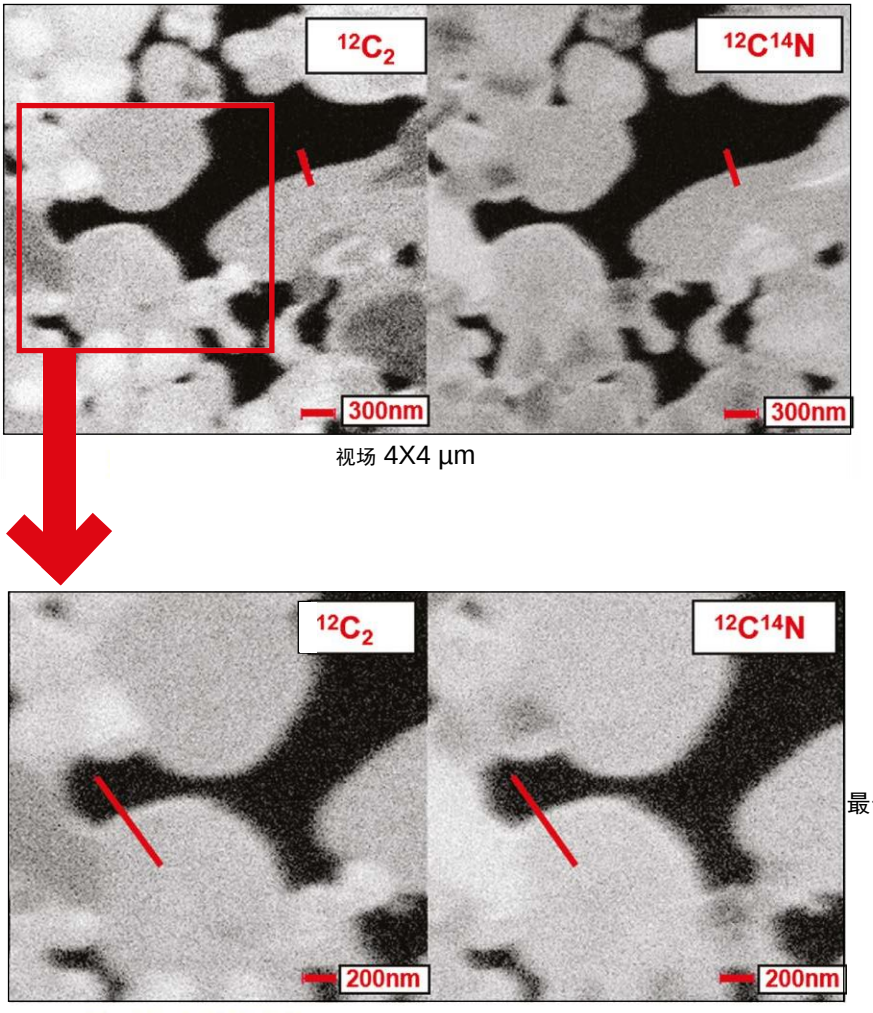


图像内的数字变焦

# 铯一次离子束横向分辨率

在 SIMS 中分析电负性元素 (H, C, O, N, F, Cl, P, Ge, Se, As, Br, Te, I, Au…) 必须使用铯一次离子源。与非反应性元素 (Ar, Ga, Au, Bi…) 相比，铯的表面富集可将电离产率（=灵敏度）提高几个数量级。NanoSIMS配备了获得专利的CAMECA Microbeam铯离子源，保证了商用铯离子源中的最高强度。

离子源强度（单位为mA/sr/cm$^2$）测量给定方位角内给定离子源区域可用的离子流。该参数不随光学器件变化：完美的（=没有光学像差）一次离子腔可以最大程度地确保最终光斑大小的强度。离子源的高强度、较短的物距、较小的像差系数和垂直入射，保证了NanoSIMS在进行电负性二次离子显微分析时具有最佳性能。




视场 4X4 µm

视场 2.5 x 2.5µm

最佳横向分辨率：25nm

TiCN样品上的两张连续放大的NanoSIMS图像，晶界清晰，没有伪影。从图像中提取 16%-84%的强度进行线扫描即可确定横向分辨率为25nm。垂直入射/收集可以避免在提取区域内出现由于倾斜入射引起的像散和畸变（一个方向上的分辨率高于另一方向）。

传统的 NS50L 16keV $Cs^+$一次离子的规格如下：

A) 50nm 横向分辨率（16-84%标准），

B) 束斑尺寸为 100nm 的 $Cs^+$电流为 2pA。

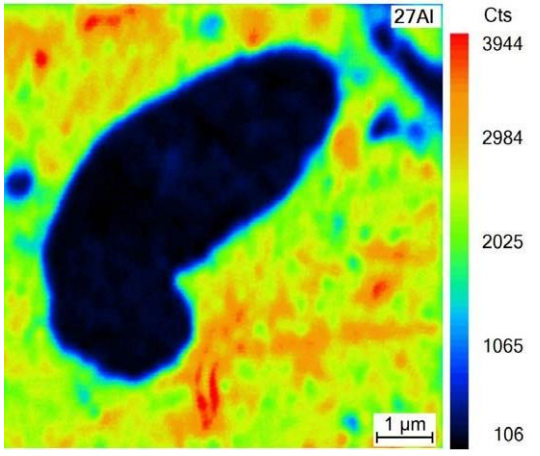
# 氧一次离子的横向分辨率

NanoSIMS以前配备用于$O^-$模式下的 CAMECA 双等离子体离子源，该离子源可在注入氧离子后显著增强电正性元素的电离效果。此外，使用一次负离子具有众所周知的优点，即与正一次离子相比，所产生的样品带电问题要小得多（由于二次电子的发射，样品始终倾向于带正电）。

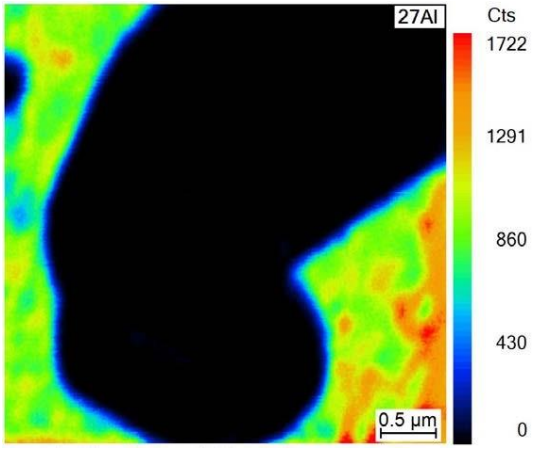
一种新的具有更高强度（单位为 mA/cm2/sr）的射频等离子体$O^-$一次离子源已取代了双等离子体源。取代后的优势包括：

- 维护间隔更长（几周提高到几个月），
- 一次离子束流在长时间内更稳定（在 12 小时内变化 <2%），
- NanoSIMS 50L 的离子束密度和横向分辨率现在可媲美铯离子源。

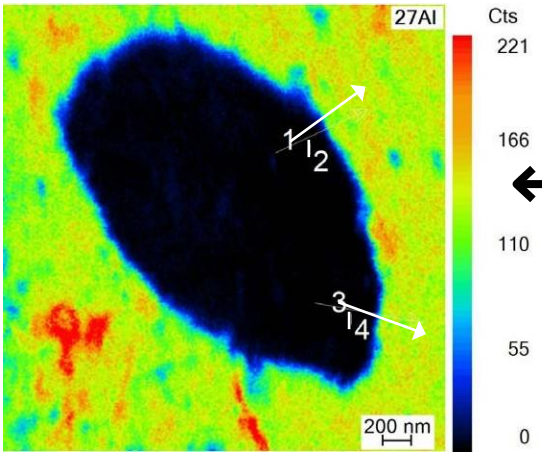
下面三张带有束流和16-84%束斑尺寸的图像，以及一张16-84%的线扫描，（表征阶段记录的图像，而非数据处理后的图像）。



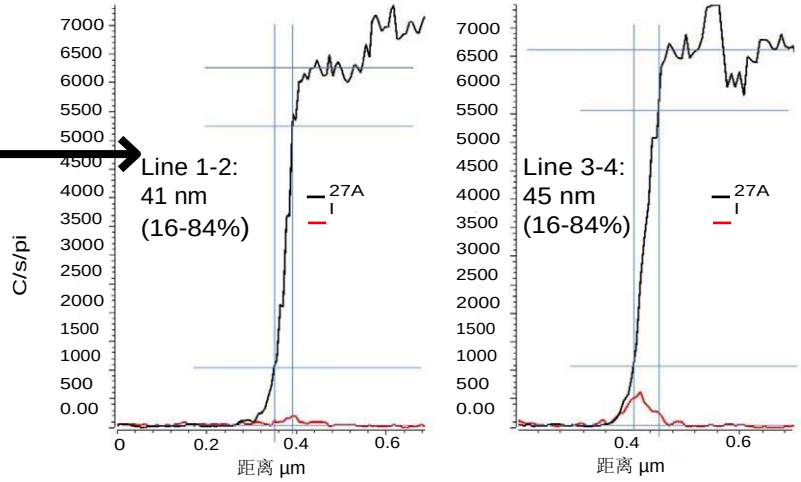

FOV 8 x 8 microns, 175 nm 9.2 pA




FOV 4 x 4 microns, 88 nm 1.65 pA




FOV 3 x 3 microns, ~ 43nm 0.2




从左侧图像中提取的两次线扫描

NanoSIMS 50L 氧离子源现在的横向分辨率和离子束密度可以和铯离子源相媲美。

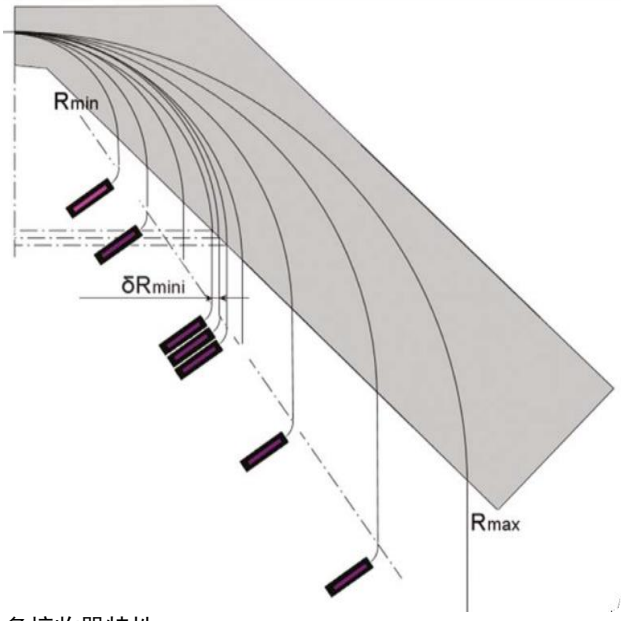
# NanoSIMS 50L 多离子接收

NanoSIMS 50L 的多接收分析器可以同时测量七个质量，其中六个接收器可在真空下移动，一个固定在最高半径 (Rmax) 处。每个接收器都配备有扫描板，可选择出口狭缝大小，圆柱形静电分析器的电压和检测器（EM 或/和 FC）种类。
扫描入口板上的电压记录单个质量单元上的高质量分辨率质谱图，然后选择在该质量单元下检测的峰（例如 $^{28}Si_2$ 或 $^{56}Fe$）。
入口和出口狭缝的可调组合可控制 a）质量分辨率和 b）峰形（平顶峰或"三角"峰）。多离子接收具有两个基本特征：

- 质量范围, 由最小质量和最大质量之间的系数 D = X 22 确定（例如：1 AMU 到22 AMU或 10 AMU 到 220 AMU，具体取决于电磁铁中的磁感应强度）。

- 检测器之间的质量间隔：最大半径处的两个相邻小检测器之间的最小质量间隔：dM = $M_{max}$/58（相邻检测器之间的一个 AMU 间隔可达到质量 58 AMU）。因此，例如可以同时记录质量 56、57 和 58 AMU，但只能记录 100、102 和 104 AMU 或 145、148 和 151 AMU。
  如果要记录145、146、147、148、149、150 AMU：
  - 一种方法是使用单通道检测器（一个检测器），并为每个质量切换磁感应强度。
  - 可以使用混合模式：在两个检测器上分别记录 145、148，切换电磁场并记录 146、149，切换电磁场并记录 147、150 AMU 等。
  - 还可以用切换检测器来取代切换电磁场（或两种方式都使用）。

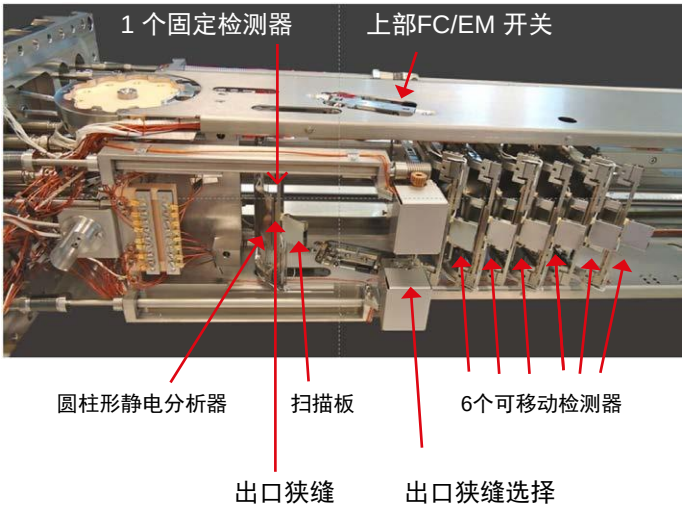
  每个质量设置都包含检测器位置、电磁场、偏转器电压和所有必要参数。因此，也可以执行静电跳峰：在出口狭缝之前使用偏转板在一个检测器上，在$^{12}C^{15}N$ 和$^{13}C^{14}N$ 或在$^{12}C^{14}N$ 和$^{12}C_2{}^2D$之间交替变换。




多接收器特性：

Rmax = 680mm, Rmin = 145mm. D= $(Rmax/Rmin)^2$
在磁场内部，离子运行轨迹的半径 R 与离子质量 M 的平方根成正比：R = a * sqrt(M) or $R_1/R_2$ = sqrt($M_1/M_2$ ).
only 100, 102 and 104 AMU or 145, 148 and 151 AMU. If δR
$M_{min}$ (mini physical R-interval between EMs) = 5.8mm.
因此：
RM = 680/ sqrt ($M_{max}$) * sqrt (M), so $\delta M_{min}$（两个相邻检测器之间的最小质量间隔） = sqrt ($M_{max}$) * sqrt
(M) * $\delta r_{min}$./ 340.
或者$\delta M_{min}$~ sqrt ($M_{max}$* M) * 0.017

多接收器概览：




7个检测器可并行检测离子，单个质量单元间隔高达 58 AMU，
7个法拉第杯选项在真空下配备独立的 FC / EM 切换，
包括单离子收集、多离子收集和混合模式（静电场、电磁场、检测器切换）

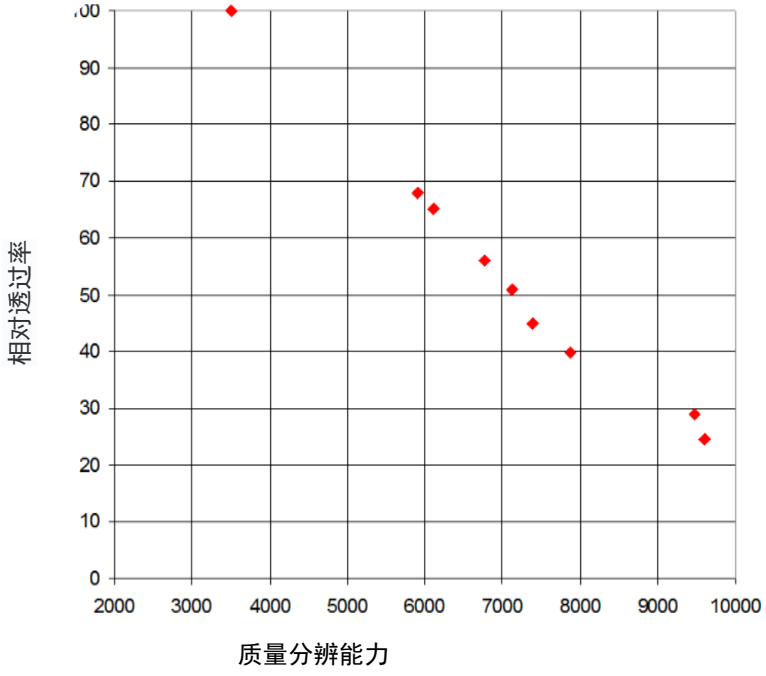
# 分析器透过率与质量分辨率

NanoSIMS是一款在高质量分辨能力下具有高透过率的 SIMS 分析仪 (MRP = M/dM)。首先，NS50L MRP 与质谱仪的放大倍率和入口狭缝宽度成反比；由于放大倍率本身与半径成正比，因此MRP理论上沿焦平面是恒定的。各种角像差和色差会降低理论MRP。这个设想最初由 UPS（法国奥尔赛）的 G. Slodzian教授提出，旨在最大程度地收集和传输各种能量和方向的（少数）二次离子，并将二次离子束形成小离子束斑，同时尽可能减小分析仪的光圈（角度）和色差。最后，检测器效率是影响整体产率的最后一个参数（UY：每次溅射的原子检测到的离子的数量）。NanoSIMS的一个特点是始终以高质量分辨率工作：通过设计，即使去除所有光圈，在入口狭缝位置也可形成束斑。

此外，提高质量分辨率后，分析仪也能保持很高的透过率，其结果是：

- 非常强的垂直静电提取场，可以非常早地进行二次离子聚焦，
- 动态发射匹配系统扩大了有限的视野（但收集角度较大）
- 可传输和形成矩形二次离子束，与磁铁尺寸相比，可使用较小的狭缝尺寸，从而可减少像差
- 校正二阶质谱仪光学像差，
- 具有分立阳极的小型电子倍增检测器。以 8keV 的离子能量撞击第一个倍增电极，并使用低噪声前置放大器，可实现高量子效率，加上小出口狭缝，具有极低的背景噪声。

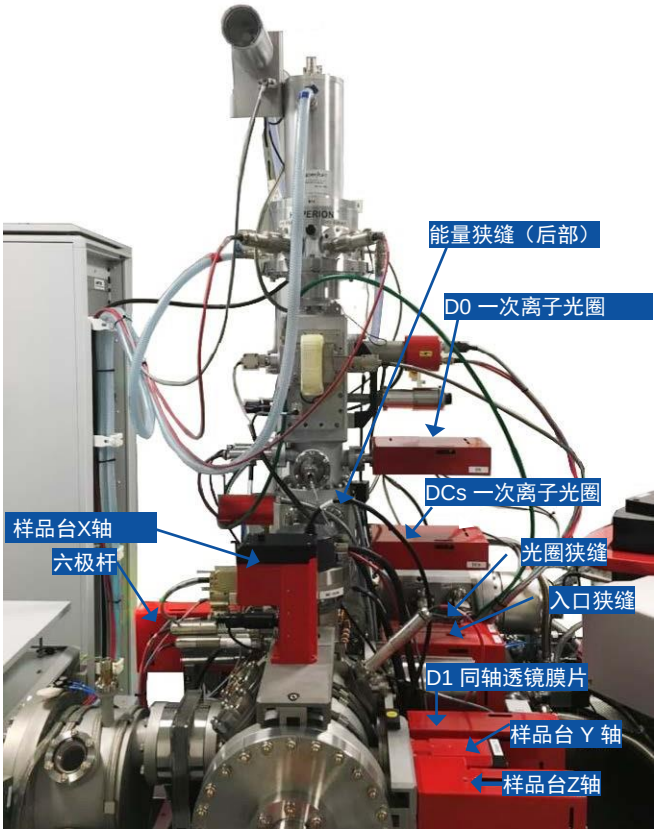
| MRP | T (%) |
|---|---|
| 3500 | 100 |
| 5910 | 68 |
| 6120 | 65 |
| 6770 | 56 |
| 7120 | 51 |
| 7390 | 45 |
| 7885 | 39.9 |
| 9470 | 29 |
| 9615 | 24.5 |




表和相应曲线：相对透过率作为质量分辨能力的函数。无任何狭缝时，质量分辨率为 3500，透过率视为100%。其他透过率以该透过率为基准。质量分辨率取为 M/dM = R/4 * L10-90，其中 R 为轨迹半径，L10-90 对应于80%强度的线宽。

NanoSIMS 50L 多接收质谱仪可在高质量分辨率下达到基准透射率，在直流模式下可实现高效率分析和低的检出限。

# 自动化和控制界面




所有可移动光圈、狭缝和六极杆均由计算机控制

实验室管理员通常会针对特定应用对仪器进行调整，并将该设置存储在计算机中。其他用户便可以重新加载该设置，进行快速检查、定位样品、选择分析区域，在已保存的样品位置上开始分析样品或启动链式样品分析。

其优点是操作简单（对于多用户操作尤其重要），高精度同位素比率（亚千分率水平）可实现更好重复性和更高的检测效率（更快速地进行调整检查或在高电流下进行预溅射，然后在链模式下以高分辨率进行分析）。

二次校准自动软件程序可在分析之前执行，也可以添加到分析链中。对于高精度同位素比，还可以添加自动EM高压调整程序，以补偿电子倍增器在高计数率下的潜在老化。

仍需手动进行的操作仅包括传送样品，开启铯/氧离子源，调整射频等离子体离子源的氧气泄漏阀。

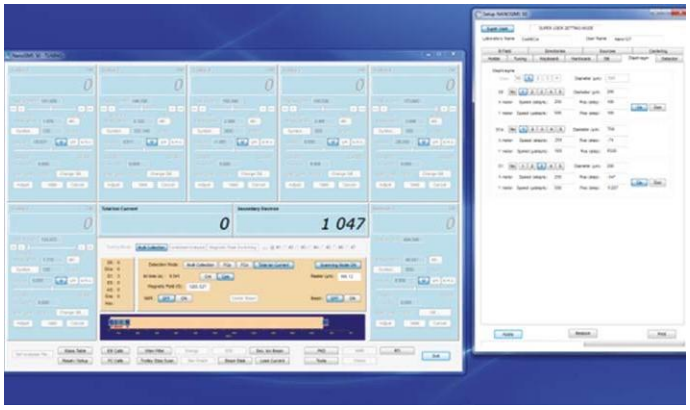
用专用控制键盘直接访问关键参数并将其中一些参数分配给辅助键盘，并结合使用运行 Microsoft Windows 10 系统、带两个大屏幕的 PC，即可对仪器进行本地控制。

几乎完全自动运行的NanoSIMS 50L提高了可重复性和检测效率，优化远程支持，简化操作，尤其适用于多用户应用。

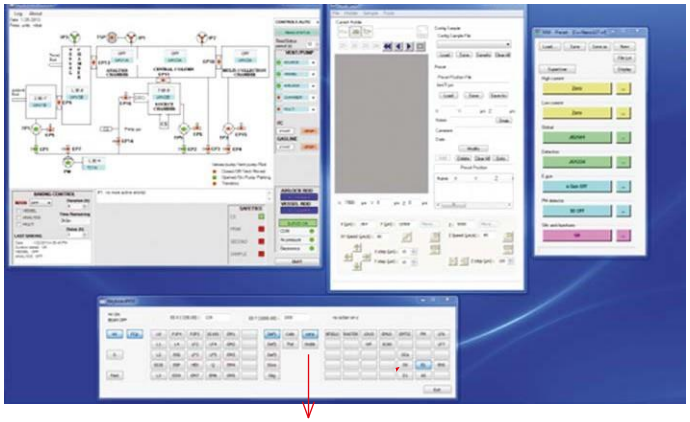
# 通过互联网和重复控制配件远程控制

下面的图显示了如何用两个显示屏控制仪器。左侧屏幕显示了对多接收器的控制。右侧屏幕显示了真空度控制、样品定位、和调整预设参数。本地专用键盘和辅助键盘均采用标准 PC 接口。

左侧 PC 屏幕



右侧 PC屏幕



虚拟键盘

此外，也可使用虚拟（数字）专用键盘，如右屏幕底部所示。三滚轮调节功能被 PC 鼠标滚动板（3 种速度）取代。也可以输入数字参数值。

NanoSIMS可以使用真正的专用键盘进行本地控制，也可以使用此虚拟专用键盘通过互联网进行远程控制。在后一种情况下，将使用配备了Team Viewer 软件的单屏幕 PC，并通过选项卡在两个屏幕之间进行切换。这是 CAMECA 服务工程师查找问题或进行调整所使用的配置。

## 双重控制（选件）

为了使仪器具有最佳的环境稳定性，并降低噪音对操作员的影响，可以从相邻房间控制仪器，通常是通过窗户查看仪器。

借助辅助性硬件（最大：15m），配置两个电脑显示屏、键盘和鼠标。专用的 CAMECA 控制键盘可以连接控制室以进行正常操作，也可以在某些维护过程中连接在仪器的桌面上。但建议将冷水机、UPS, 初级泵、气瓶和氮气瓶或压缩机布置在（带空调的）隔壁的服务室中。

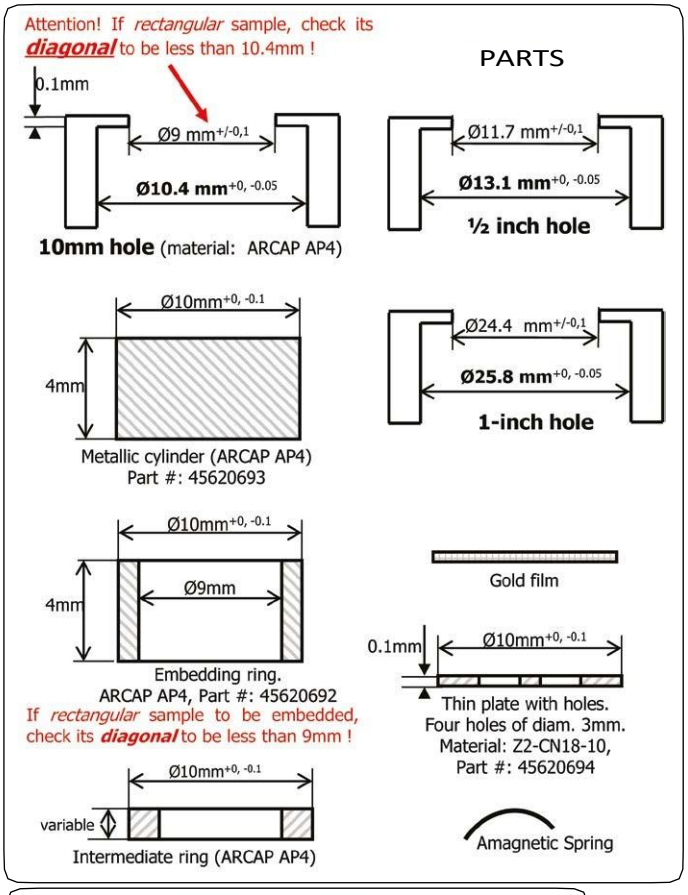
从单独房间控制的NanoSIMS 50L (IGGCAS 北京).

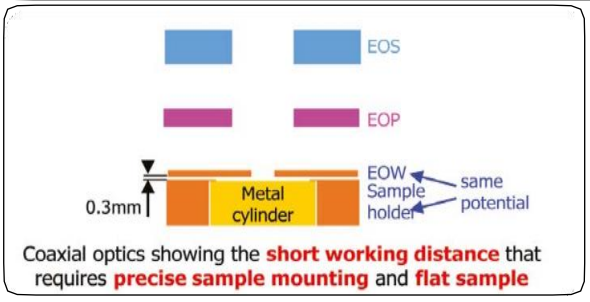
远程控制可实现更好的稳定性，更易于在办公室或家庭中使用，可在多个远程用户之间共享，以及更快速地进行服务支持和诊断。

# 样品装载：原则

尺寸：装载样品的关键点在于，浸没式透镜电极和样品载台顶面之间的短距离 (300µm) 。将样品从后面压到厚 100µm、宽 700µm的圆形凸缘上。这样，样品表面与浸没式透镜的距离就是 400µm。沿 Z 轴移动样品台可将样品/提取器距离调整为 400µm +/- 50µm，但如果不接触浸没式透镜，则样品载台表面的抬升高度不能超过 300µm！此外，要形成均匀电场，样品表面必须平坦，这对于同轴透镜发挥良好作用至关重要。

洁净度：样品不得脱气，以免产生电弧。典型的工作条件是在 E-9 至 E-11mbar的范围内。处理样品时，应始终戴上干净的手套，借助工具和铝箔进行操作；避免用纸或软纸巾处理样品。

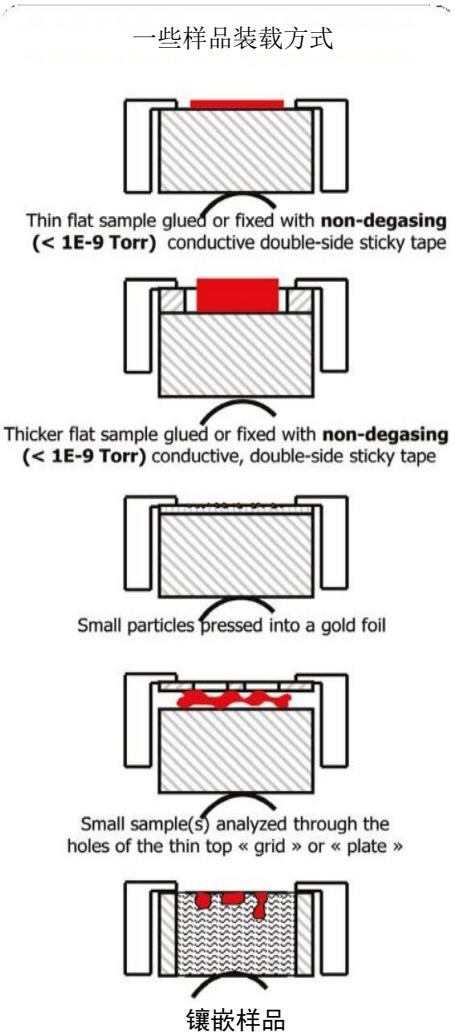



样品必须牢牢地固定在支撑物上（双面胶带或压入金箔的绝缘颗粒等），以免由于受强静电场影响而掉入浸没式透镜中。如果发生这种情况，则可能需要向 NS 充气，并卸下浸没式透镜以进行清理！

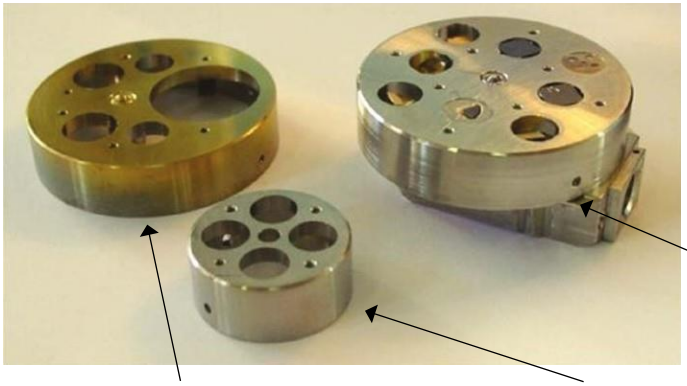
树脂镶嵌：必须进行脱水并选择适用超高真空环境的镶嵌材料；体积越小越好。对于地质样品，可镶嵌在金属圆柱体内，然后进行抛光和金属镀膜处理。对于生物样品，可将切片（通常厚 100-500µm）平放在导电表面（例如硅片）上并使其干燥。NanoSIMS中使用的一些树脂：Korapox 439 环氧树脂，LR White，EpoCure，EpoxiCure，Varian Torr 低蒸气压树脂。还可以使用：伍德合金（在 78°C 熔化的In-Bi合金）。

装载样品：下面是带有 10毫米孔的样品载台的示意图（可提供不同的样品载台和孔尺寸，请参见产品说明），提供了一些可能的安装方式（示意图未按比例绘制）。



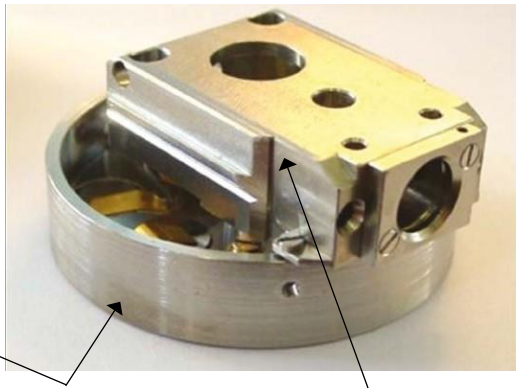
# 样品安装：配件

可以将各种样品载台安装（拧入）在传送器上。样品分析平台上可以同时安装两个传送器：两个1英寸样品载台，或者一个1英寸、一个2英寸样品载台。通常用于标准品的第二个1英寸样品载台可以置于SIMS位置，但不能置于光学显微镜位置。



*50mm/直径2英寸。 «WU-MPI»样品架，一个1英寸，两个半英寸和两个10mm孔。备件号：45620643*

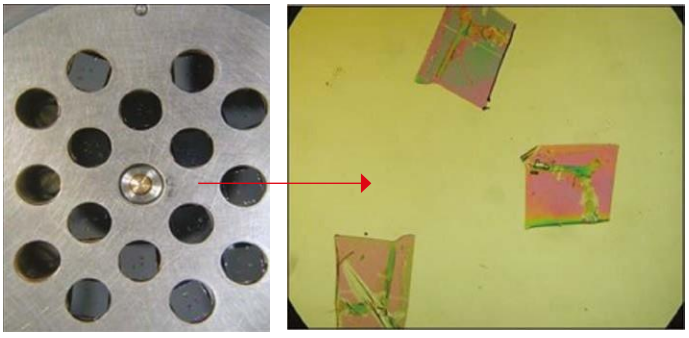
*25mm/直径1英寸。«Standard» 样品架，带四个10mm孔。备件号：45620641*



*50mm/ 直径2英寸。«Biology»样品架，带八个 10mm 孔。备件号：45620642*

*传送器 备件号：45621551*

从传送器上拧下的«生物»样品架的背面图。从中可以看到弹簧将样品杯推入孔中抵在边缘。

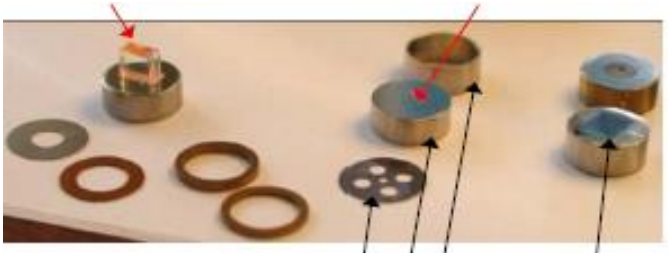


带 16 个孔的“哈佛”样品架，以及在 5x5mm 方形硅板上沉积的树脂镶嵌组织切片图像。

*错误装载示例！ 必须按照前述步骤重新装载。.*

*薄样品（例如：生物切片）必须沉积在金属圆柱的抛光面上!*

*在 7.3 x 7.3mm 的方形硅片上沉积的生物样品薄切片（对角线 = 10.3mm）。*



*镶嵌样品*

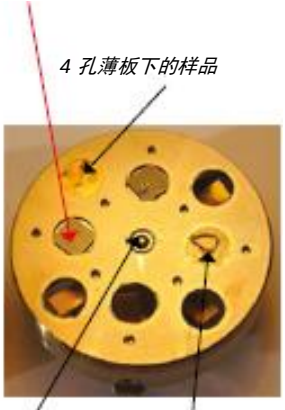
*直径10mm。包镶嵌环，备件号：45620692*

*10mm 金属圆柱，备件号：45620693*

*4 孔薄板，备件号：45620694*

一组（五个）圆形硅晶片：2x10mm，2x1/2 英寸和 1x1 英寸，参考编号 45639765

*直径 10mm 。三个 TEM网格子支架。备件号：45639345。正确用法：圆形碳膜网格放在 3mm 空心圆柱上，半圆网格放在 3mm 普通圆柱上。*

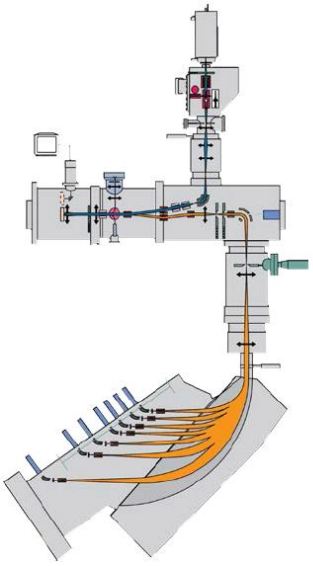


*4 孔薄板下的样品*

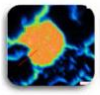
镶嵌样品

*防震末端接触物镜的前电极。*

CAMECA
SCIENCE & METROLOGY SOLUTIONS



# NanoSIMS 50L



仪器简介
如需了解应用案例，请访问
www.cameca.com/products/sims/nanosims

CAMECA
公司总部 29 Quai des Grésillons
92622 Gennevilliers Cedex - France
电话： +33 1 43 34 62 00
cameca.info@ametek.com

Atom Probe Technology Center
5470 Nobel Drive, Madison WI 53711 - USA
电话：+608 274 6880

www.cameca.com
www.cameca.com.cn

世界一流的元素和同位素微量分析科学和计量解决方案提供商。我们提供尖端的科学和计量解决方案，并通过综合AMECARE方案为客户提供无与伦比的支持和维护服务。

CAMECA中国：
E-mail: nancy.zhuge@ametek.com
Tel: +86 21 5868-5111；+86 18513783381

欢迎关注CAMECA微信公众号

CAMECA
SCIENCE & METROLOGY SOLUTIONS

AMETEK
MATERIALS ANALYSIS DIVISION

B NS INS January 2019.
所有提及的商标均由其各自所有者拥有。