



# QUANTAX

- 采用先进 Slim-line 技术的SEM和TEM用能谱仪

# 杰出的电子显微镜X射线分析专家



新一代的QUANTAX能谱仪采用先进的 Slim-line 技术，并可搭载不同有效面积的XFlash® 6探头。而且，依托于最新的超级数模双通道脉冲处理器，布鲁克又一次为能谱仪的操作性和功能性建立了新的标准。

利用以上最新科技，布鲁克第六代电致冷能谱仪为微米尺度甚至纳米尺度的微区分析提供了迄今为止最为快速和可靠的分析工具。

## QUANTAX-您强大的X射线能谱定量工具

- 更省时-新一代 Slim-line 技术探测器，大面积SDD，加上高性能的混合脉冲处理器，使得测试速度更快
- 更省力-全自动化的探头控制，加上超轻的探头重量，使得探测器移动更便捷
- 更精确-最佳的能量分辨率为精确的定性定量提供最高质量的谱图
- 更可靠-世界上最全面的原子数据库保证值得信赖的低能端谱峰识别
- 更准确-最精湛的运算法则，P/B-ZAF， $\Phi(\rho z)$ 两种定量方法，加上独特的无标样和有标样相结合的分析方法，缔造最准确的定量结果

# 布鲁克第六代XFlash<sup>®</sup> 探测器



## 最全面最先进的配置选择，提供微观尺度和纳米尺度的理想解决方案

- 提供10, 30, 60 及 100 mm<sup>2</sup> 的探头面积可选，并可提供多探头配置选择
- 独有的革命性的平插式探头XFlash<sup>®</sup> FlatQUAD
- 可选择10, 30, 60 及100mm<sup>2</sup>无窗探头，提升轻元素端灵敏度



## 超高脉冲数据处理能力，保证最快的测量速度

- 新一代混合脉冲处理器
- 可处理高达600kcps的输出计数率和超过 1,500 kcps的输入计数率



## 最好的能量分辨率，保证最佳的轻元素和低能端分析

- 121eV limited edition
- 123eV ultimate
- 126eV premium
- 129eV standard



## Slim-line 技术：更高的计数率，更低束流下的分析

- 探头与样品的距离为业内最优，从而在SEM, FIB-SEM, 电子探针和TEM中获得最大的固体角
- 在TEM中具有业内最大的检出角

# XFlash<sup>®</sup> 6 扫描电镜分析解决方案

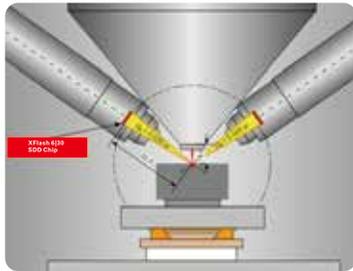


布鲁克提供与扫描电镜（SEM）、聚焦离子束-扫描电镜（FIB-SEM）、及电子探针（EPMA）均能完美搭配的完整产品系列。布鲁克所有探头，都具备业内最高的单位面积固体角。针对不同的分析需求，布鲁克提供多钟头探头设计和配置选择，提供最优解决方案。并且，所有探头都具备业内最高的单位面积固体角。



XFlash<sup>®</sup> 6 斜插式单探头

- XFlash<sup>®</sup> 6 10mm<sup>2</sup>及30mm<sup>2</sup>涵盖绝大部分应用领域，包括高束流分析、低电压（纳米）分析和低真空分析；
- XFlash<sup>®</sup> 6 60mm<sup>2</sup>和100mm<sup>2</sup>适用于一些特殊应用领域，例如低束流分析和对束流极其敏感的样品的分析；
- XFlash<sup>®</sup> 10, 30, 60及100mm<sup>2</sup>无窗探头适用于对轻元素检测有极致要求的分析。该尖探头对电镜的真空度要求非常高。



XFlash<sup>®</sup> 6 斜插式多探头

- 计数率成倍提高，有效节省时间；
- 计数率高且不需增加束流，适合低计数和束流敏感样品的分析；
- 能量分辨无损失，即使在更高的计数率下仍保持不变；
- 不受样品不平整带来的阴影以及形貌的影响。



XFlash<sup>®</sup> FlatQUAD 平插式探头

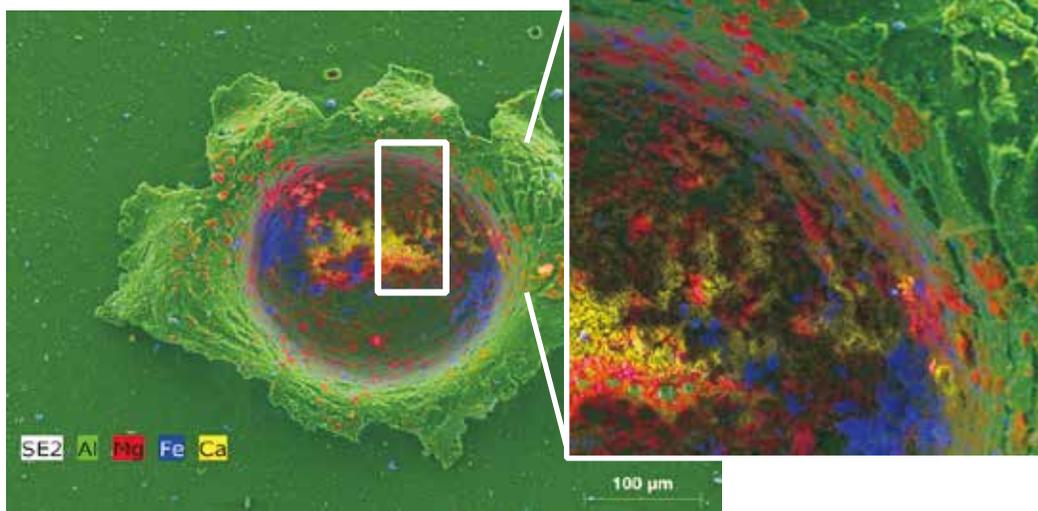
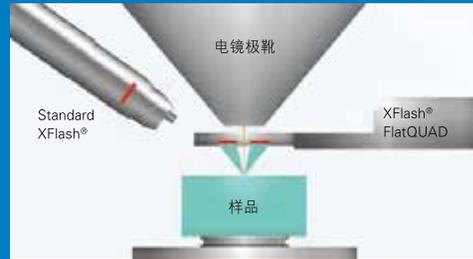
- 新颖的平插式设计，探头置于电镜极靴和样品之间，最大化固体角；最高的X射线探测效率；
- 只需采用中等束流，就可在高输出计数率下进行极快速的面扫描；
- 在极低束流（<10 pA），分析束流敏感样品（如生物或半导体样品）；
- 消除阴影效应，分析表面不平整样品；
- 在低电压和高放大倍数下分析纳米颗粒和纳米结构；
- 可测试超薄样品（如TEM薄片）和其它低X射线产额的样品。

# 独有的革命性的平插式 XFlash® FlatQUAD



## 原理

XFlash® FlatQUAD是一款平插式探测器，置于扫描电镜极靴和样品之间。四块硅漂移晶体成环形排列于中心孔四周。入射电子束从中心孔穿过。适用于不同的工作距离并具有优异的性能。



NASA 星尘计划

- 12kV, 2nA
- XFlash® FlatQUAD, 1.4Mcps
- 4096 × 3072 像素
- 210s 测量时间

极高的输入计数率，210s 可获得极高像素的面扫描图像，提取出来的局部放大图展现了检测到的丰富的细节

含有机粘土纳米颗粒的低密度聚乙烯复合材料的二次电子与 C、Si 元素面分布合成图

(a)、(c)、(d)、(e) XFlash® FlatQUAD 探测器, 3kV, 220pA, 16kcps, 采集时间 300s

(b) 传统 30mm<sup>2</sup> 探测器, 3kV, 220pA, 0.5-1.4kcps, 采集时间 300s. 有阴影效应

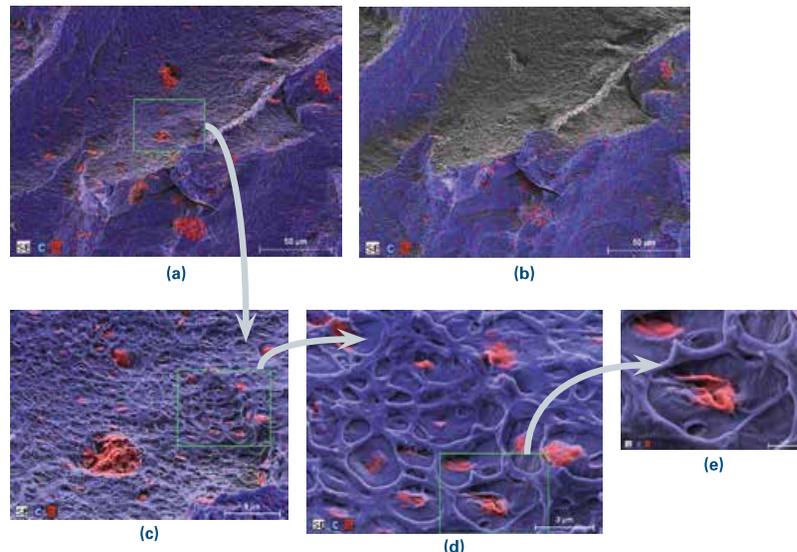
(a) 1024 × 768 像素, 步长 224nm

(c) 图 (a) 中高亮区域的放大图, 步长 45nm

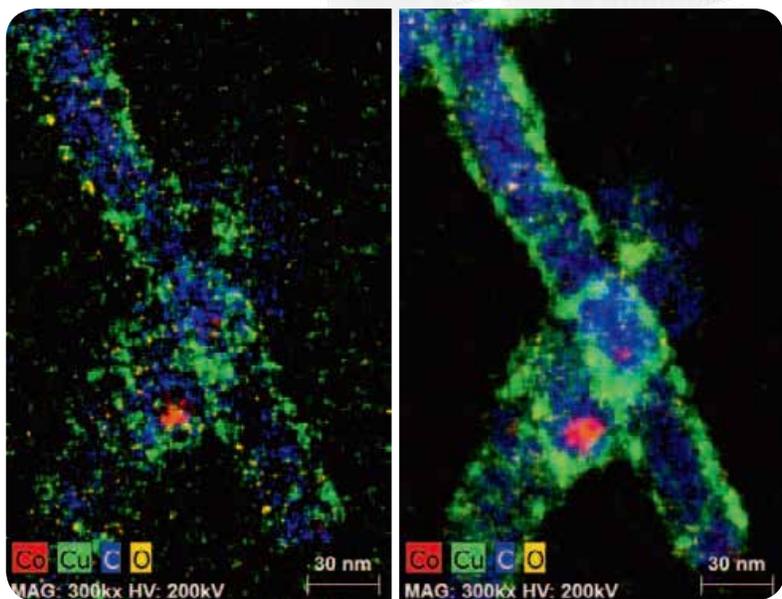
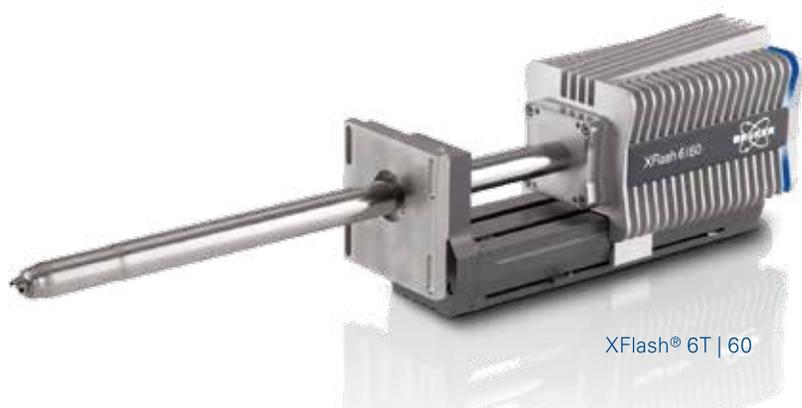
(d) 图 (c) 中高亮区域的放大图, 步长 24nm

(e) 图 (d) 中高亮区域的放大图, 步长 14nm

## 含有纳米粘土颗粒的聚合物



# XFlash® 6 透射电镜分析解决方案



镀有CuO的多壁碳纳米管，其中含有微小的Co催化剂颗粒。分析使用了XFlash®6T|30探测器，1.5nm束斑，400pA束流。测试在两种不同的测量时间下完成：左图测试3分钟，右图测试47分钟。可以看出，经过仅仅3分钟的测试，所有主要的相关结构都已清晰可见；而在更长的测试时间后会有更多细节体现出来。

## XFlash® 6T for TEM

布鲁克 XFlash® 6T – 实现TEM和S/TEM中最大固体角，将机械和电磁干扰降到最低。最优化检出角，避免多余操作，例如不必要的样品倾斜。

## XFlash® 6T | 30 – 首台适用于像差校正透射电子显微镜的SDD

- 中等尺寸30mm<sup>2</sup>晶体是TEM能谱分析的多面手

## XFlash® 6T | 60 – 固体角最大的SDD，为埃米级别透射电子显微镜分析而生

- 60mm<sup>2</sup>有效面积，专为分析只有极低X射线产额的情况而生

## 无窗型XFlash® 6T – 提供卓越的轻元素分析能力

- 无窗型透射电镜用SDD，大幅提高对轻元素探测的灵敏度

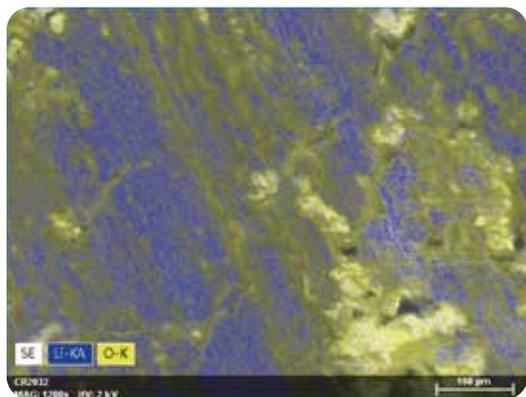
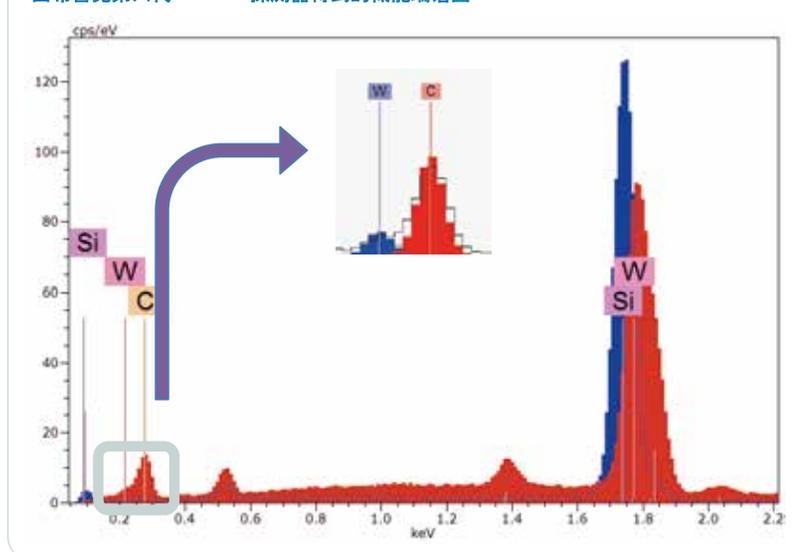
# 最好的能量分辨率，攻克挑战性测试难题



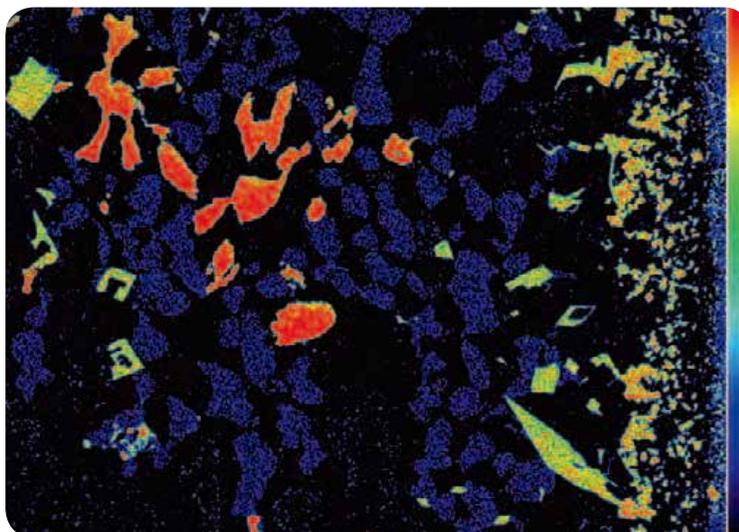
XFlash® 6 独家推出能量分辨率Mn K $\alpha$  121 eV，超高能量分辨率，专为解决轻元素和低能端（低于1 keV）的高难分析。

杰出的低能端能量分辨率是用于挑战纳米分析的利器。布鲁克第六代XFlash®探测器监测到的低能端Si和W的重叠谱图。探头优异的能量分辨率表现，能够轻而易举的区分开Si的K线和W的M线，即使激发电压是相对较高的7kV，Si的L线也一目了然。在碳污染谱峰的低能端还可以看到W的N线，谱峰剥离进一步证实了这个发现。

由布鲁克第六代XFlash®探测器得到的低能端谱图



Li电池元素面分布图。具有杰出能量分辨率的无窗XFlash®探测器可将轻元素的检测能力提升至极致。利用XFlash®系列无窗探测器可分析Li(54eV)及Mg-Li(47eV)。



具有优异能量分辨率的XFlash®6探测器可以接受任何极富挑战性的分析任务。根据图中焊缝的硼元素面分布很容易区分不同的硼化物：硼含量最高的相是CrB(红色，B-17wt%)，CrNiB(绿色，B-9wt%)中硼的含量居中，Ni<sub>3</sub>B(蓝色，B-6wt%)中硼含量最低。

# 最快的信号处理器



新一代混合脉冲处理器是第六代QUANTAX产品的关键组成。它具有超快的信号处理速度，在任何计数率下都保证稳定可靠的结果。可处理高达600kcps的输出计数率及1,500 kcps的输入计数率。

- 无噪音传感器电源
- 精确的温度控制
- 超高处理性能
- 最多可同时处理同一系统4个探头的信息



全新的信号处理单元

## 输入计数率

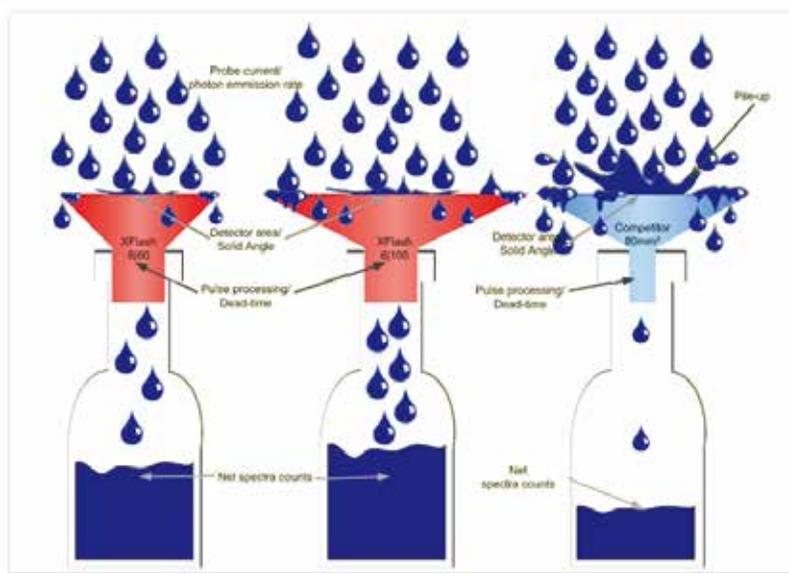
输入计数率是指单位时间内进入到探头、被转化成脉冲信号并到达处理器的X射线光子数量。

## 输出计数率

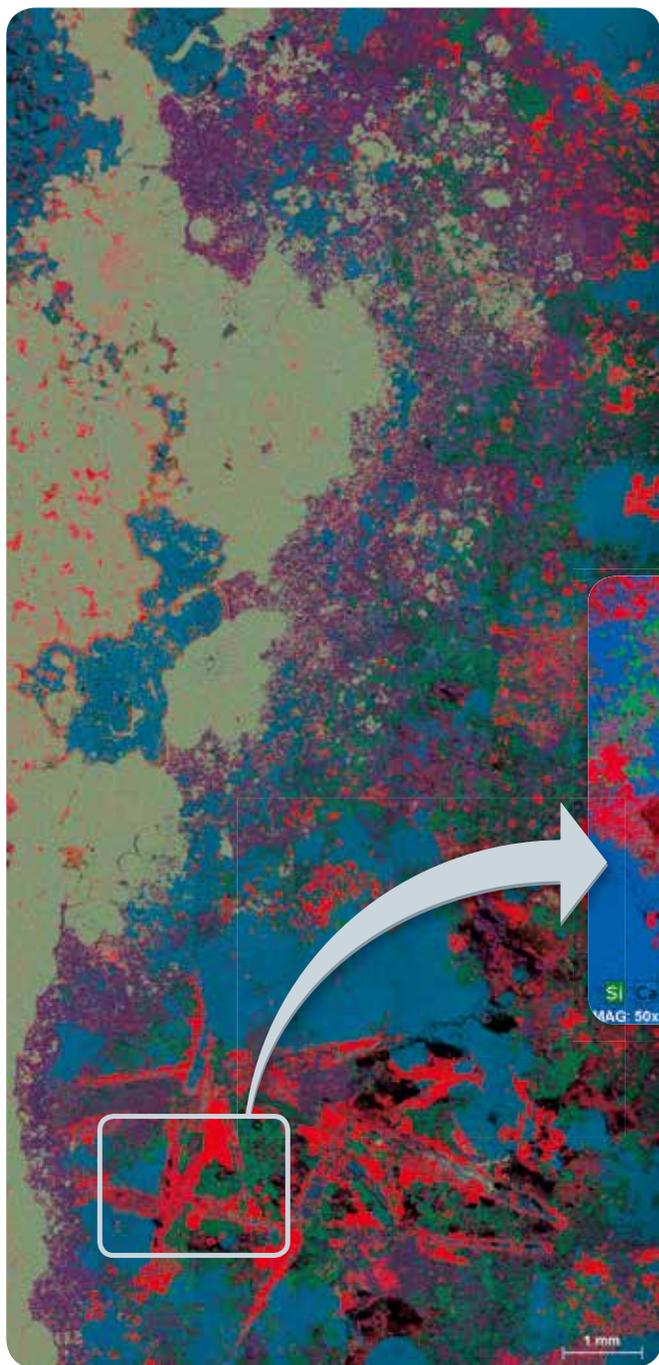
输出计数率是指实际对于谱图形成有用的脉冲信号。对于相同的输入计数率，输出计数率会随死时间的增高而减小。

## 死时间

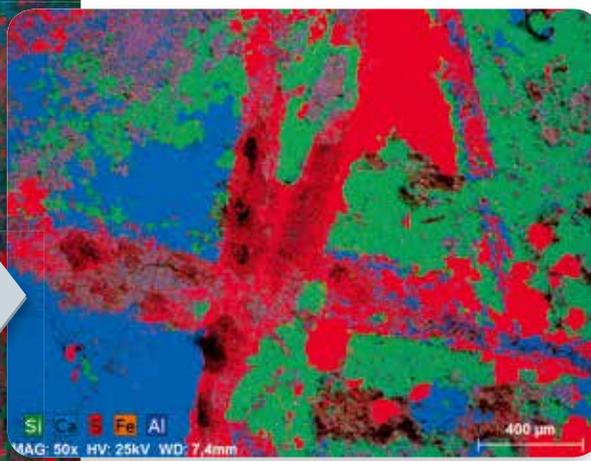
死时间是指脉冲处理器正在处理脉冲数据而无法接收后续脉冲数据的工作时间比率。对于相同的输入计数率，输出计数率会随死时间的增高而减小。



超快的脉冲处理器保证在不同信号接收量条件下均保持极低的死时间。



布鲁克第六代产品将信号处理性能提升到崭新高度，并且可以通过任意组合探头面积、输入计数率及能量分辨率，实现最佳的信号处理设置。



沥青铀矿样品

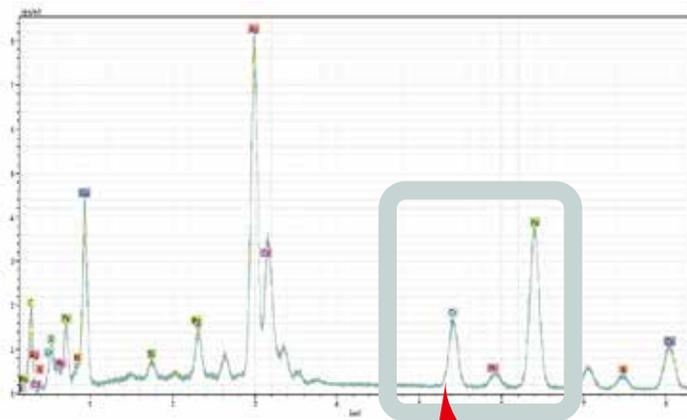
- 25kV, 50x 放大倍数
- XFlash® 6I30
- 30mm<sup>2</sup>晶体, 200kcps 输入率

60s即可获得高像素的高质量面扫描结果

# 优异的能量分辨率及谱峰稳定性

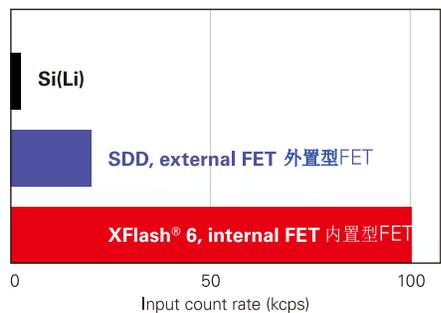


元素面分布和颗粒分析等很多应用都需要很高的计数率。有了 XFlash<sup>®</sup> 6 探测器，高计数率对能量分辨率的不良影响被最小化、甚至完全消除。XFlash<sup>®</sup> 6 在 100 kcps 计数率内保证业内最好的分辨率，甚至在高达 1,500 kcps 的超高计数率下仍然保持良好的分辨率。

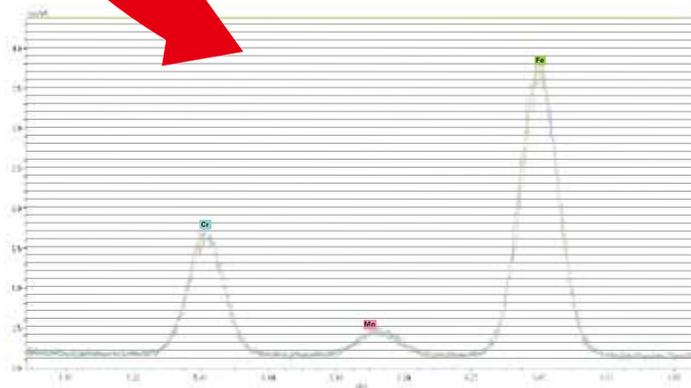


5K, 10K, 20K, 50K, 100K cps 计数率时，XFlash<sup>®</sup> SDD 的谱图（经过加减计算，使各谱图的谱峰高度一致）。在100Kcps计数率内，XFlash<sup>®</sup> SDD 的能量分辨率保持不变，谱峰也保持稳定

不同种类探测器的最佳能量分辨率范围



锂硅漂移Si (Li) 探头在低计数率下的能量分辨率尚可接受。然而在中等计数率下，能量分辨率已经非常糟糕。相比之下，SDD在更宽的计数率范围内，都保持着卓越的能量分辨率。内置集成FET放大器将此优势放大到极致，功不可没。



# Slim-line, VZ-Adapter—最优化固体角和检出角



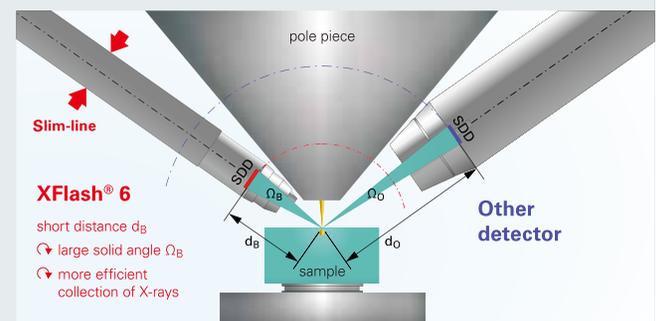
XFlash® 6系列探测器均使用Slim-line技术，具有紧密、轻便的特点。探测器具有大固体角、高检出角（TOA）等最佳采集条件。同时，在使用时给电镜镜筒负担小，制冷效率又极高。



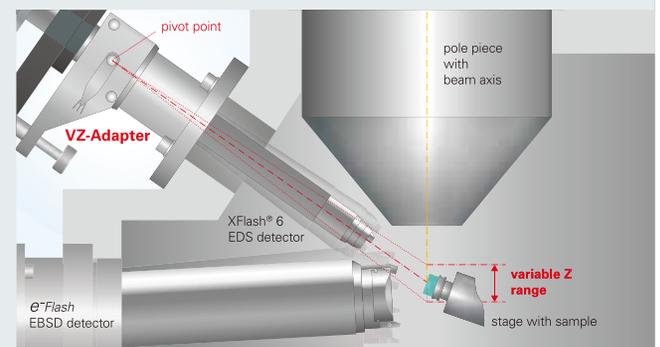
Slim-line 技术最优化探测器探指尺寸，其提供

- 最大化的固体角
- 优化的检出角

通过Slim-line技术优化的探测器到样品距离



通过VZ适配器优化的测量几何结构

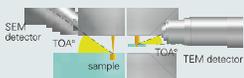


## 固体角

固体角是衡量探测器性能最重要的指标，它决定了由样品发出的X射线中最终能被探测器记录的部分。它被定义为样品周围的一个假想的球体中能被在工作位置的探测器的有效面积覆盖的部分。固体角用球面度(SR)来度量，它大致正比与探测器有效面积除以探测器与样品距离的平方。由此更强调了探测器采样距离的重要性。

## 检出角 (TOA)

检出角被定义为探测器中心线与样品表面的交角，也同样决定了离开样品表面并被X射线探头接收到的X射线量。高检出角会降低自身吸收、并降低对于表面污染和镀层的敏感度。

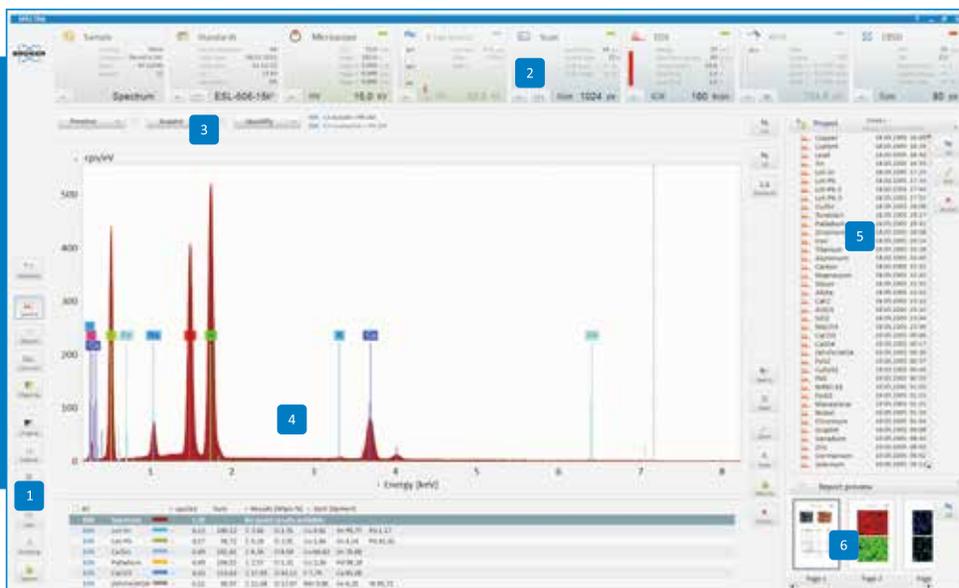


## 通过VZ(Z可调)-适配器获得最大测量灵活性

- 倾转并且移动探测器得到最佳工作距离
- 最大化的固体角和计数率
- EDS和EBSD联用原位调节

# ESPRIT 2.0 – SEM和TEM的理想分析软件

ESPRIT 2.0 是业内独一无二可同时进行EDS、WDS、XRF及EBDS四种分析的软件平台。



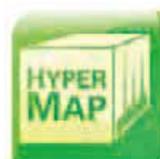
## ESPRIT 用户界面

- 1 导航菜单
- 2 硬件信息
- 3 谱图采集与定性定量分析
- 4 谱图、分布等特定功能显示窗
- 5 项目数据管理
- 6 报告实时显示窗口



### 实时谱图测定

- 谱图实时可见
- 实时定量分析



### 强大的元素面分布功能

- 数据库包含每个像素点的谱图
- 实现在线和离线处理
- 实时扣背景和谱峰剥离



### 最全面的原子数据库

- 包含元素K、L、M和N线系用于准确定性定量
- 卓越的轻元素/低能端分析能力



### 先进的颗粒分析功能

- 颗粒物分析(Feature)
- 钢铁清洁度分析(Steel)
- 枪击残留物分析(GSR)



### 最精确的定量

- P/B ZAF、 $\Phi(\rho Z)$ 、Cliff-Lorimer及Zeta-factors多种定量方法可选，结合无标样定量和有标样法的独特混合定量方法
- 可为最准确定量进行定制

# 实时谱图测定 — 即时发现成分变化



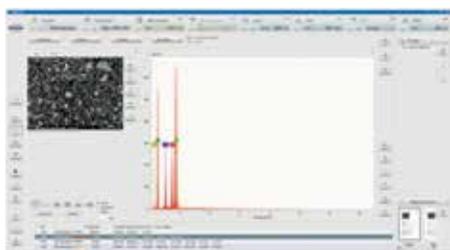
利用XFlash® 6系列探测器的速度优势，实时谱图测定功能能够提供关于局部样品特性的即时信息

通常，每次做能谱分析均以感兴趣点或区域作为开始。QUANTAX实时谱图测定功能使该过程更加容易。在预览模式中，谱图以低至100毫秒的时间间隔实时更新，用户可非常容易地看出元素谱图的变化。

## 实时定量分析

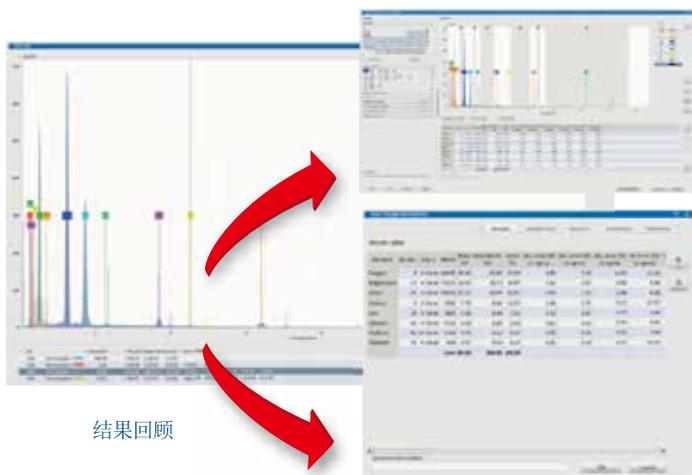
在谱图采集过程中，ESPRIT软件可以进行实时定量分析，并且在统计数据改进时更新定量结果。这一过程可自动完成，并且还可以根据用户需要对实时结果进行回顾或者通过交互式定量方法完成定量。

### ESPRIT 中的实时谱图测定和定量



实时查看不同感兴趣区的谱图

使用交互式方法进行定量

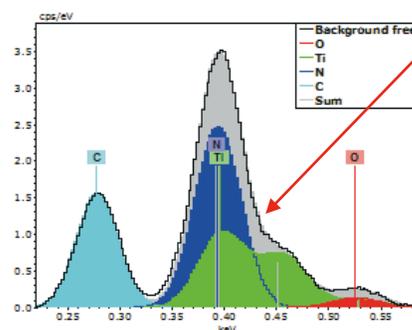


结果回顾

### 谱图测定由以下支持：

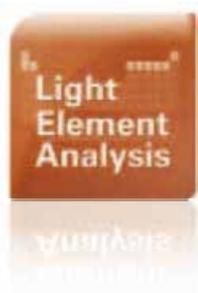
- 自动或用户自定义的谱图采集
- 自动或手动元素标定
- 精确的背景拟合
- 可视化的基于谱峰拟合或概率理论的谱峰剥离
- 目前最新技术水平的定量方法

### 可视化的谱峰剥离



能量仅相差3eV的Ti-LII峰(395 eV)与N-K α 峰(392 eV)能够被剥离

# 最全面的原子数据库



通常，得到一个低能端的可靠结果对于能谱分析是一项挑战。基于XFlash®探测器优异的低能端性能，ESPRIT软件包含几项能在轻元素/低能量环境中进行纳米分析的功能。

## 最全面的原子数据库

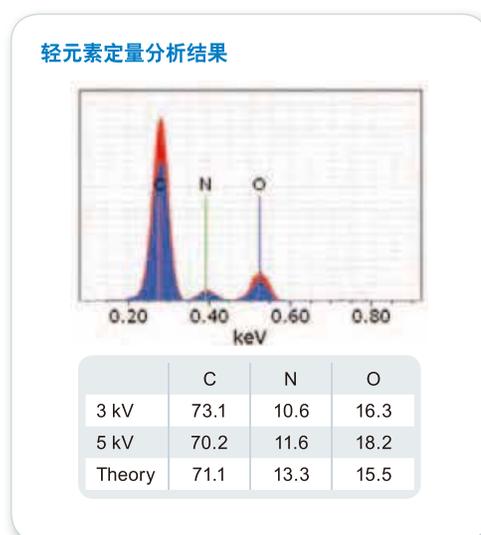
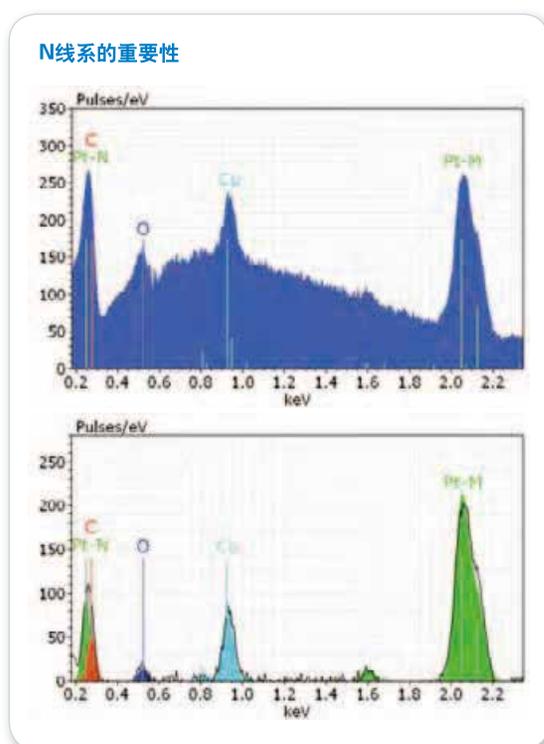
布鲁克持续更新ESPRIT原子数据库，不断增加线系、提高线系能量和强度的准确性。目前，布鲁克拥有最全面的原子数据库，包含可以用EDS分析的所有元素的全部已经确认的K、L、M和N线系数据，实现在低能量环境下标定元素。

## 用于准确无标样定量的TQuant

TQuant无标样低能端定量程序表现优异。电子显微镜中仅产生微小激发体积的低电子束能量现在可以安全用于定量分析。使得轻元素/低能端以及纳米尺度的EDS定量分析成为可能。

上图：在3kV采集的含Pt样品的谱图。对于污染层来说，碳峰变宽并且似乎异常地高。可以假定在251eV位置的Pt-N线系与C-K $\alpha$ 有重叠。

下图：谱峰剥离结果证明碳峰变宽是因为Pt-N峰C-K $\alpha$ 重叠。



谱图：在3kV（蓝色）和5kV（红色）采集的尼龙谱图。表格：碳（C）、氮（N）和氧（O）的实际测量原子百分比与理论值的比较（忽略氢（H）含量）。

# 最精确的定量



在X射线定量应用中，无标样定量和有标样定量都是比较常见的定量方法。布鲁克混合定量方法将这两者有机结合，是一种独一无二的定量方法。

对于一个元素谱图，用户可设定纯粹无标样定量方法作为系统默认方法，同时对某些有参考标样的元素使用有标样定量方法进行有标样定量，从而得到在可能范围内最可靠、最精确的定量结果。

## ESPRIT包含最先进的定量方法

- 适合粗糙和抛光表面定量的无标样P/B-ZAF方法和包含XPP基体校正的无标样 $\Phi(\rho z)$ 方法
- 有标样的P/B-ZAF方法和具有XPP基体校正的有标样的 $\Phi(\rho z)$ 方法
- 用于TEM和薄样品的Cliff-Lorimer定量方法，无标样和有标样均可
- 用于SEM和TEM薄样品的有标样Zeta-Factors定量方法
- 提供用户可自由定义的定量方法编辑器

## 元素标样库



使用标样库配置定量和谱峰剥离



定量方法编辑器

## P/B-ZAF

一种基本参数的定量分析，其基于对特征X射线（谱峰）以及韧致辐射背底的评估。局部峰背（P/B）比输入到修正的ZAF基体校正。该P/B-ZAF分析自校准。因为特征X射线和韧致辐射经历相同的吸收，P/B-ZAF对于局部样品倾斜和样品的表面情况相对不敏感，因此对于表面粗糙和颗粒样品的定量更加准确。

## 基体校正 (Matrix correction)

一种将记录的谱图与X射线的主要产生率联系起来的算法。基体校正考虑原子序数效应 (Z)、吸收效应 (A) 和二次荧光效应 (F)。

## $\Phi(\rho z)$

基于与质量密度 ( $\rho$ ) 和样品中的深度 ( $z$ ) 有关的电离深度分布函数的数学表达式的基体校正形式。

## XPP (eXtended Pouchou & Pichoir)

由Pouchou和Pichoir开发的特定 $\Phi(\rho z)$ 校正方法。

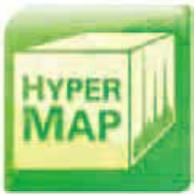
## Cliff-Lorimer

该定量方法将测量的谱峰强度与计算或测量的标样强度联系起来。它可以应用于可以忽略吸收或荧光效应的系统，这通常是如在TEM中分析的薄样品的情况。

## Zeta-Factor

由Masashi Watanabe提出的TEM和SEM薄样品的定量方法。该方法提供了绝对的定量，厚度测定及吸收修正。

# 强大的元素面分布功能

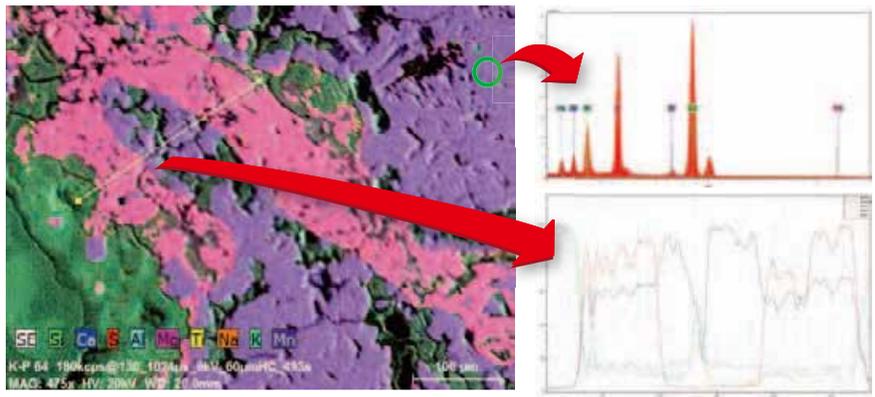


ESPRIT 包括全息面分布 (HyperMap)，它是EDS分析最通用的工具之一。选择感兴趣区域，设置采集条件，收集面分布图-甚至无需提前了解关于样品成分的任何信息-实现离线分析。

全息面分布 (HyperMap) 将样品完整的谱图以像素点为单位进行存储，形成数据库或数据方。用户可在测量过程中或之后的任何时间内，对数据库进行数据处理。

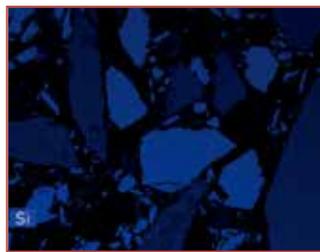
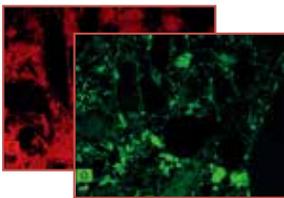
处理工具包括数据提取、定量、对分布图中选择区域的 EDS 谱图进行比较、最大像素谱图(Maximum Pixel Spectrum) 计算、线扫描、任何元素的面分布、实时谱峰剥离以及自动相分析。

矿物样品的全息面分布 (HyperMap)

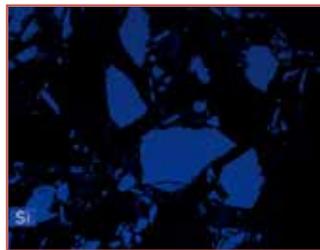
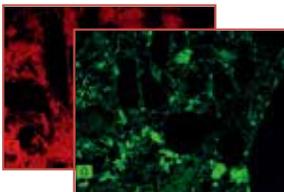


从全息面分布 (HyperMap) 的右上角中的环形区域 (绿色轮廓线) 提取总和谱图。提取线扫描 (黄线) 并且加宽用于改进统计信息。

实时谱峰剥离功能未启用



实时谱峰剥离功能开启



通过实时扣除背底和谱峰剥离，将谱峰重叠的Si和W分离





# 分析方法联合，最大限度提高精度

布鲁克QUANTAX系统的开放式架构使各种分析方法的联合变得更加便捷。新一代QUANTAX进一步完善了EDS和EBSD的同步分析，同时支持EDS和WDS的联合，以及EDS与 $\mu$ XRF的联合。

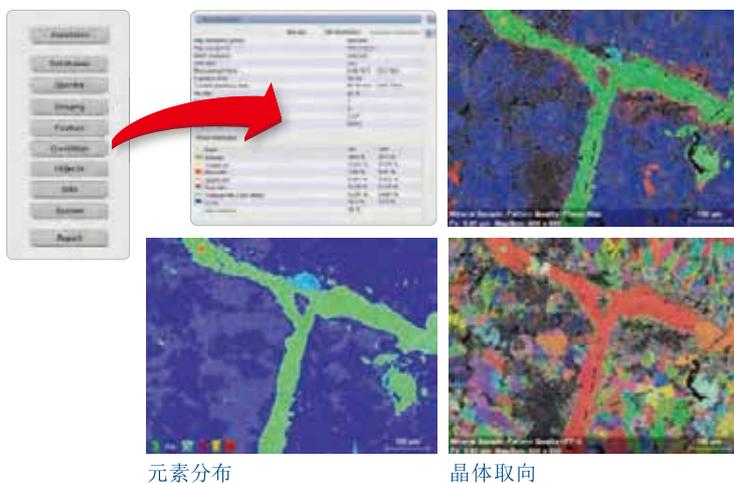
## 增强的EDS和EBSD一体化分析

自2008年以来，Bruker QUANTAX已经实现了EBSD与EDS系统的完全一体化，提供在同一用户界面下真正的同步数据采集。现在，利用最新一代QUANTAX，化学成分和晶体微结构的同步分析变得更强大和更高效。

EBSD/EDS 的同步采集实现：

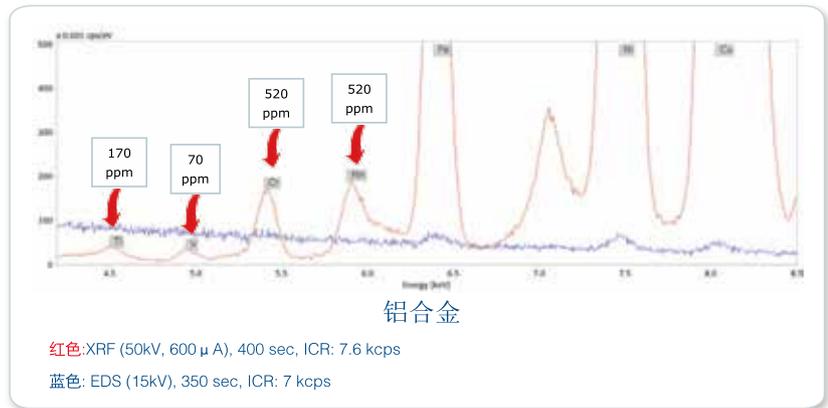
- EDS辅助相鉴定
- 基于全息面分布实现离线高级相鉴定

## 真正的EDS和EBSD同步分析



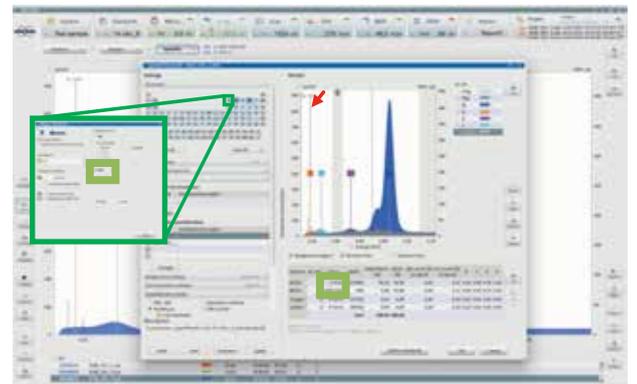
## EDS/ $\mu$ XRF联合

- 可在一台扫描电镜中进行能谱和光谱两种类型的分析
- $\mu$ XRF检测限低至10ppm，EDS/ $\mu$ XRF联合定量可最大限度提高分析精度



## EDS/WDS联合

- 采用WDS有标样定量某一临界元素(如轻元素B或含量低于0.1%的元素)，其余元素采EDS无标样定量节省时间



图中定量Ni<sub>3</sub>B样品，B元素采用WDS有标样定量（LaB<sub>6</sub>为标样），Ni采用EDS无标样定量



● 布鲁克 (北京) 科技有限公司  
纳米分析仪器部  
热线：400-856-4000  
info.bna.cn@bruker.com  
www.bruker.com

