



## 激光共聚焦显微镜在材料领域应用初探

编者：OLYMPUS 夏仲琦 ([xiazhongqi@online.sh.cn](mailto:xiazhongqi@online.sh.cn))

### 一、前言

作为一种微观形态学工具，光学显微镜在工业测试方面的应用，目前主要大家比较熟悉的主要是以下方面：

首先，单独作为形态学工具，进行材料组织分析和外观缺陷检查，其典型的产品是金相显微镜和立体显微镜。

第二、光栅量测结合，进行部件的精密尺寸测量，其典型的产品是工具显微镜，测量显微镜。

近年来，随着计算机软件技术的发展，显微镜与图象处理系统的结合，产生了定量金相软件、工显测量软件、一般几何测量软件等等，使其不仅可以定性分析，更能在量化上发挥重大作用。

但光学显微镜的局限在于，它是一种二维的形态学工具，其极限有效分辨率是 0.35 微米，该分辨率下的景深在 1 微米以下。因此如果要在高倍率下观察表面的三维形态，特别是纵向方向的形态，通常一定需要使用 SEM 而不是 OM。SEM 是这一方面非常成熟有效的标准工具，但有些样品使用 SEM 会碰到以下困难：

- 1、 样品本身比较大，且不能做分割的器件组，虽然被观察的部分是微小的局部，但整个样品难以放入 SEM 中。
- 2、 非金属样品，且不适合做导电性处理。特别是一些对微小处理很敏感的物品。
- 3、 无法测量多种尺寸数据，比如体积，面积，粗糙度等等。

针对这些问题，SEM 厂家在不断推出更新的技术。同时，光学显微镜开发者也在探索如何使光学显微镜成为一种三维的微观形态学工具。

这方面目前比较有成效的技术，是激光扫描共聚焦显微镜 (CF-LSM)。

共聚焦激光扫描显微镜的发展在国外，主要为日本。是从 80 年代末期开始的，目前在日本，共聚焦激光扫描显微镜已经是一种被广泛采用的技术，既用来观察样品表面亚微米程度 (0.12 微米) 的三维形态和形貌，又可以测量多种微小的尺寸，诸如体积、面积、晶粒、膜厚、深度、长宽、线粗糙度、面粗糙度等等。

另外，它还有以下特点：

- 1、 使用方便,与一般光学相似,且全部采用计算机直观控制。
- 2、 基本无须制样,不损伤样品。不需要做导电处理,也容许大尺寸样品直接观察,完全不破坏样品。
- 3、 几十秒到一两分钟即完成全部的扫描,成像,测量采样工作。

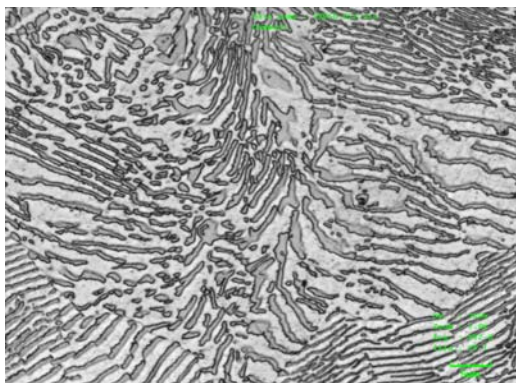
该设备目前已经为吉林大学，哈尔滨工业大学用于材料和机械加工方面的研究。

最近，我们和国内的一些大学，研究所进一步合作，对共聚焦激光扫描显微镜及在材料表面表征领域的应用做了初步的尝试，以下是简单的总结，希望得到行业内更多专家的指导。

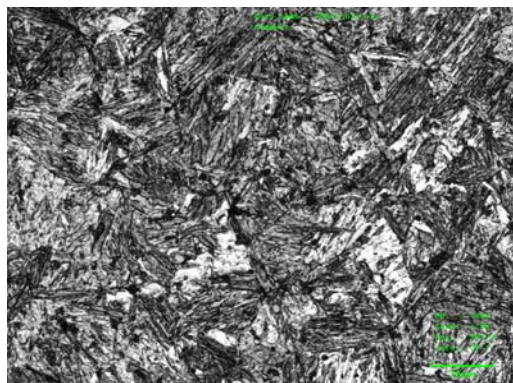
这些小结受拍照人影响较大，所以下内容全部是个人观点。

### 二、金属材料

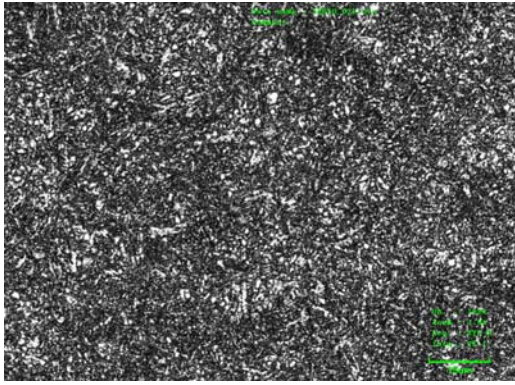
#### 1、 金相组织篇



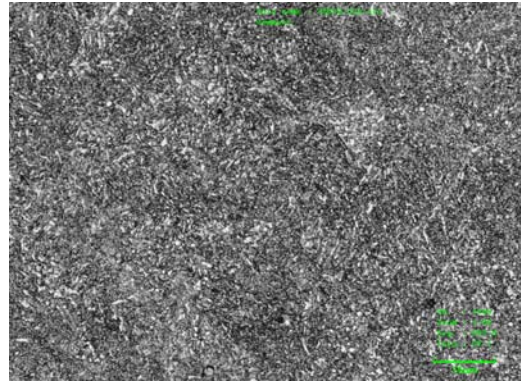
珠光体片层



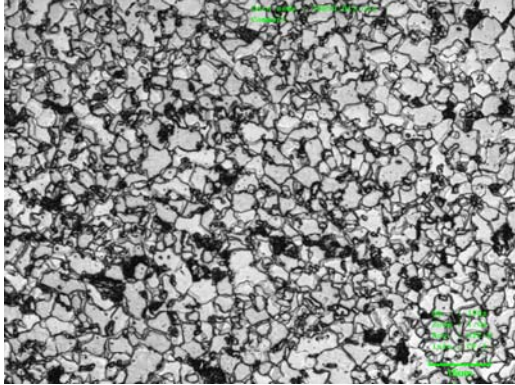
马氏体



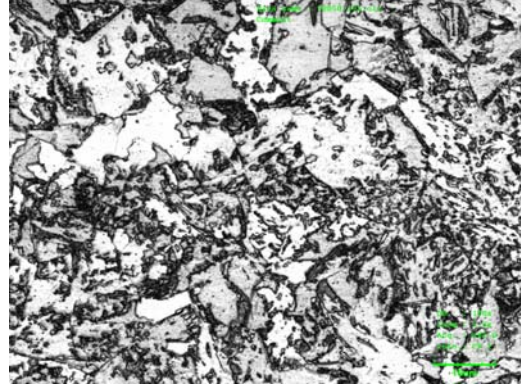
索氏体



屈氏体



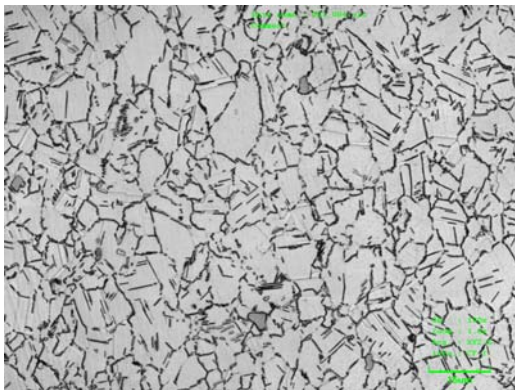
珠光体和铁素体



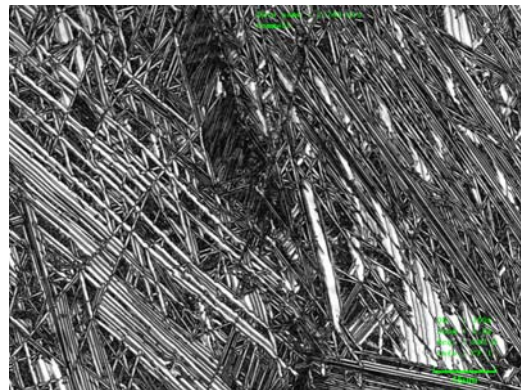
粒状贝氏体

说明：拍摄显微组织总体感觉效果都很不错，并且拍摄此类试样也最为快速方便，但是高档的可见光显微镜亦可以拍摄出类似效果的照片。

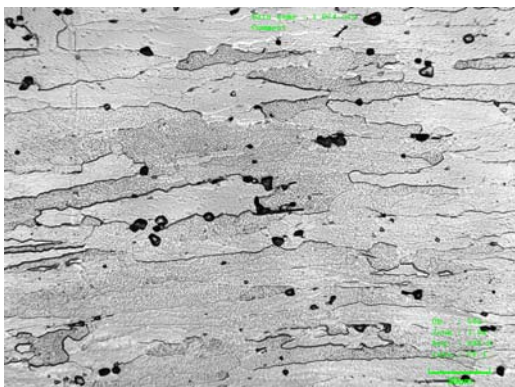
## 2、合金、不锈钢篇



镍基合金



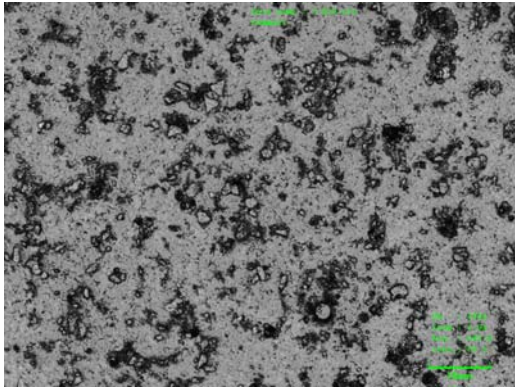
钛合金



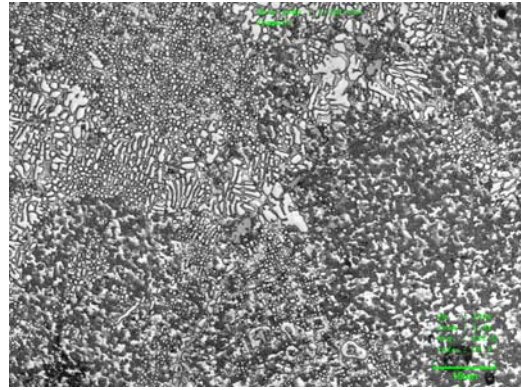
铝合金 1



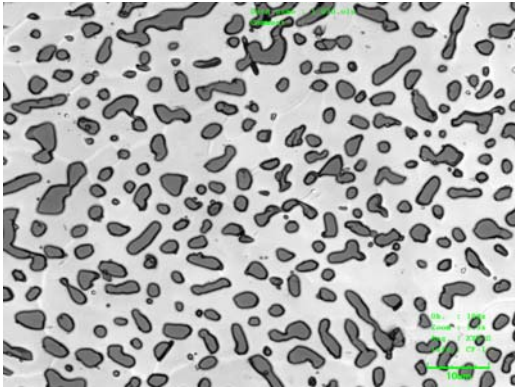
铝合金 2



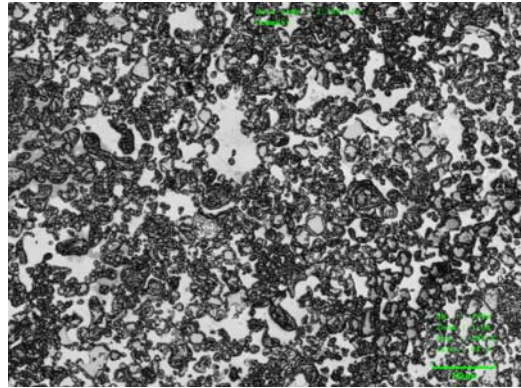
镁合金



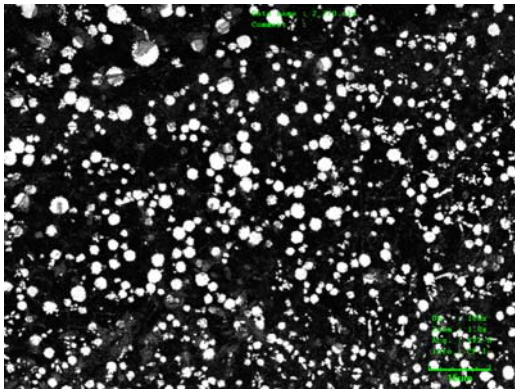
高温合金



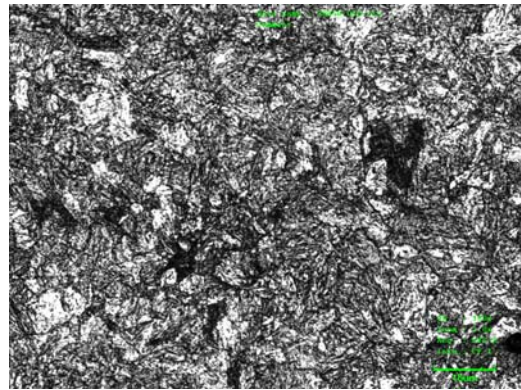
铝硅合金



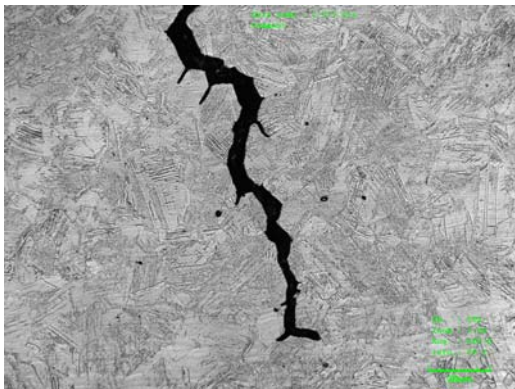
碳化钛（硬质合金原料）



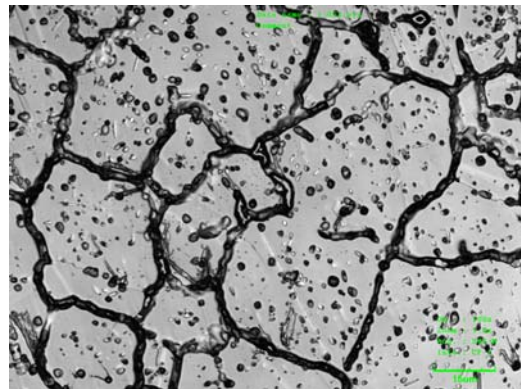
Cu-Co 合金



合金钢



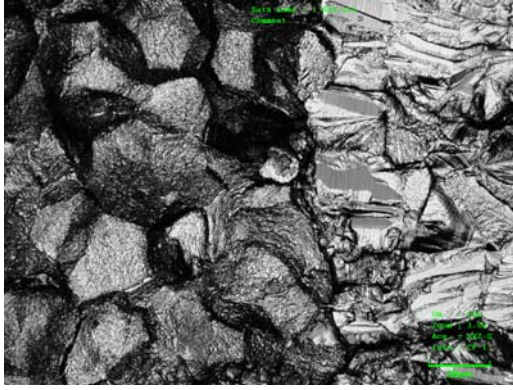
不锈钢应力腐蚀



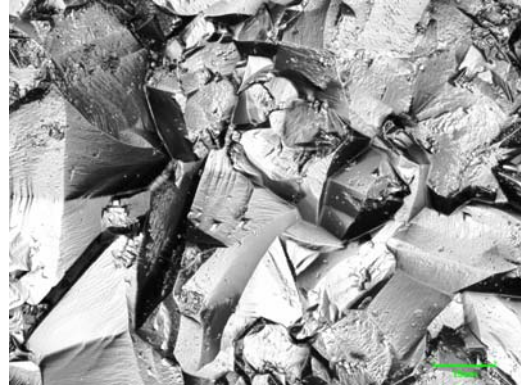
高氮不锈钢

说明：拍摄各种合金绝大部分都很理想，但有个别样品反差感觉不太好，例如铝合金。有些样品 LEXT 的反差特别好，例如 Cu-Co 合金，用普通光学显微镜和扫描电镜拍出来的照片 Cu 的颗粒和 Co 的颗粒基本上没有什么反差，全是一个颜色，用 LEXT 拍出来的照片 Co 的颗粒是白色的 Cu 的颗粒是黑色的。

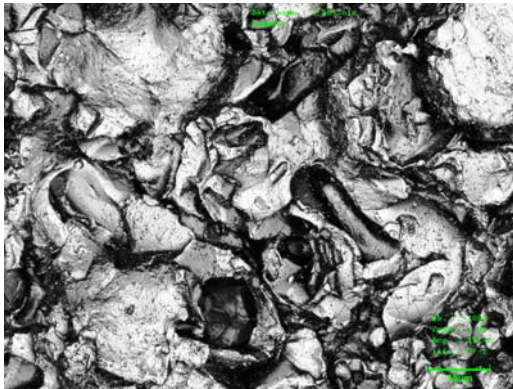
### 3、断口篇



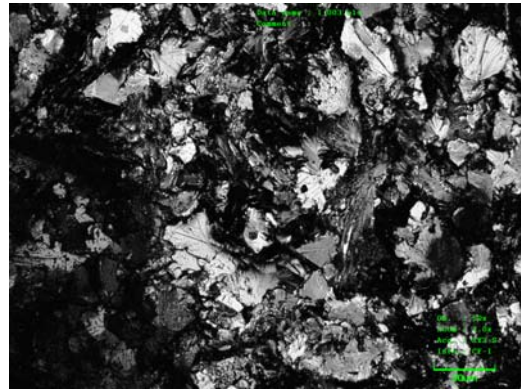
高温合金断口



金属钨断口



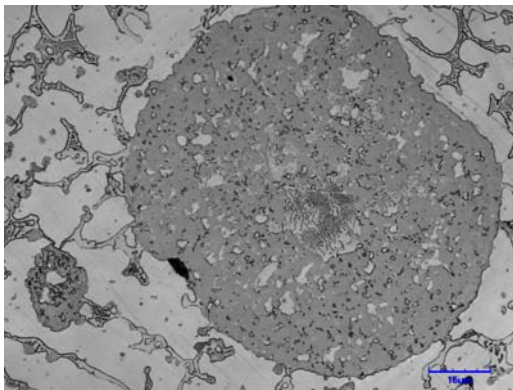
未知名称断口 1



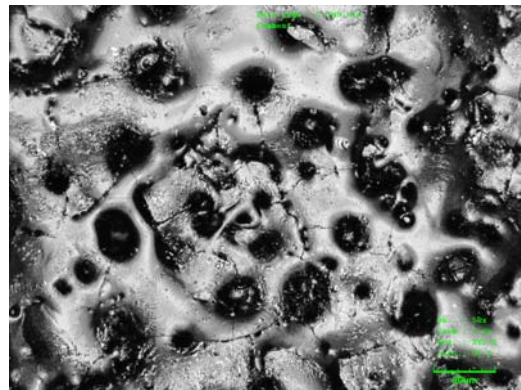
未知名称断口 2

说明：可拍出比较好的断口照片，但是大家已经习惯了 SEM，总体来说，看高倍断口还是用 SEM 好一些。

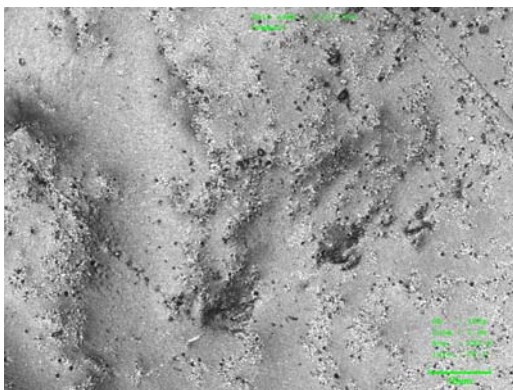
### 4、表面工艺处理篇



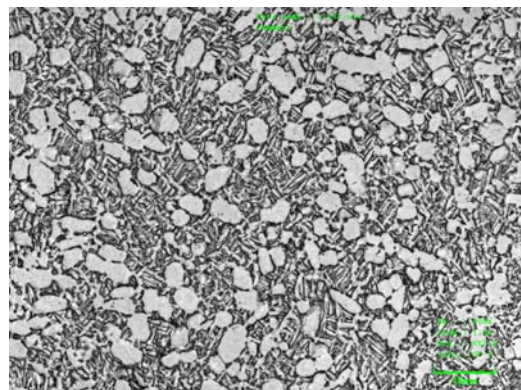
喷焊



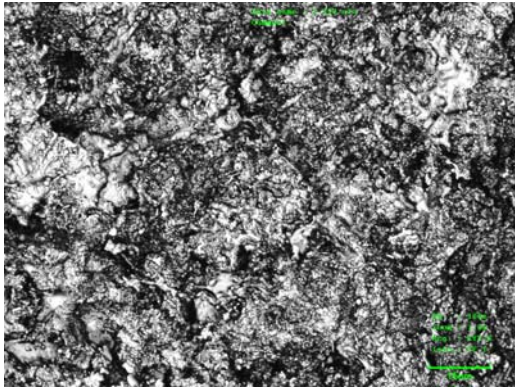
镁合金氧化膜



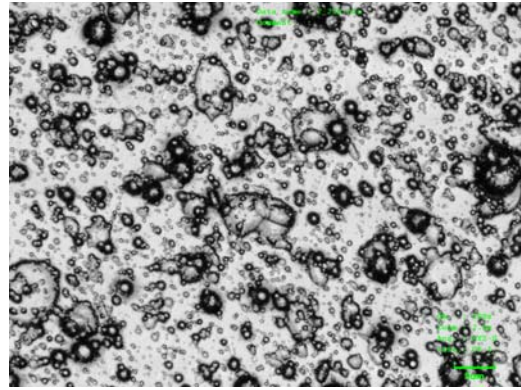
涂层 1



涂层 2



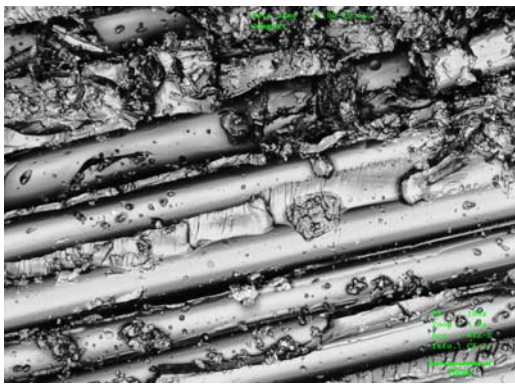
表面喷涂



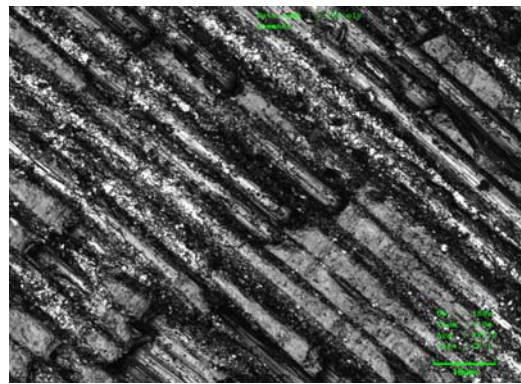
TiAlN (氮铝化钛) 涂层

说明：由于此类样品一般表面是凹凸不平的，所以不适合用普通金相显微镜观看，以前这部分样品一般也是电镜的工作，观察一般 5000x 以下，LEXT 拍摄此类样品的照片感觉也都很不错的，完全可以代替电镜的工作。

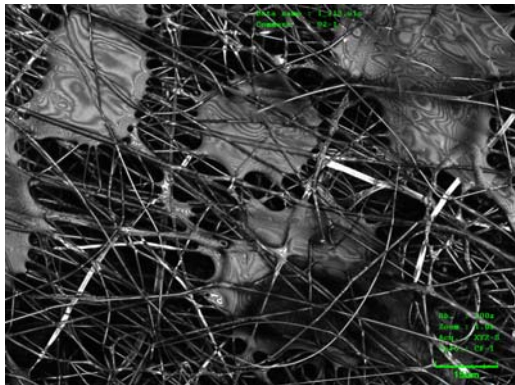
### 三、非金属材料



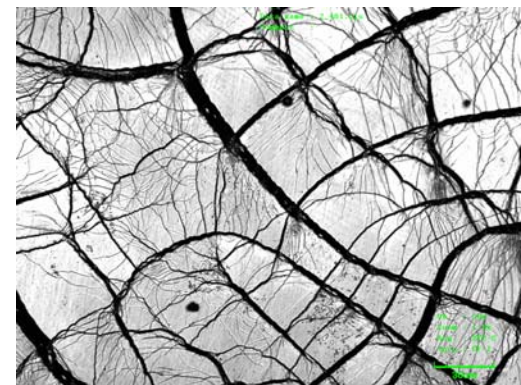
玻璃钢



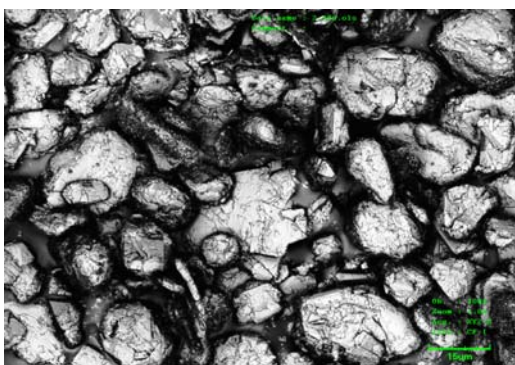
碳碳复合材料



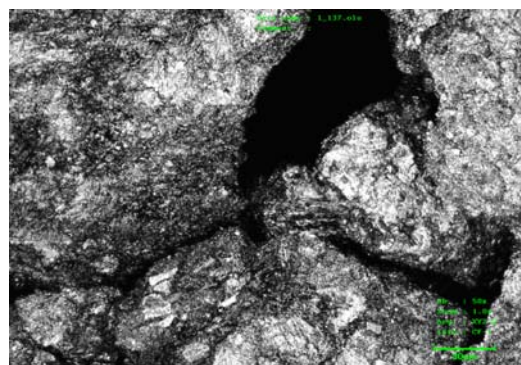
纤维



MSP纳米复合材料



天然石磨颗粒



钛铁硼颗粒



陶瓷断口 1



陶瓷断口 2

说明：可以看出 LEXT 非常适合一些非金属试样。

#### 四、其他应用

##### 1、 隐身材料的底表面积测量

LEXT 除了可以测量面积外，还可以测量表面积。在隐身材料中，实现隐身的一种途径就是在材料表面通过工艺处理实现很多小孔，小孔越多越深隐身效果越好。用 LEXT 可以测量出隐身材料的表面积，表面积越大说明小孔越多越深，从而可以定量的知道哪组工艺处理的隐身材料隐身效果更好。

##### 2、 表面喷涂粗糙度测量

通过测量不同工艺处理过的材料表面粗糙度，进而间接的评判各种喷涂工艺效果。

##### 3、 发动机叶片气孔检查

发动机叶片含有气孔，取其横截面放入显微镜观察，可以看到气孔和表面的污物（污物是不能避免的），在普通光学显微镜下，气孔和污物都是黑颜色的，无法分辨，由于气孔是凹下的而污物是凸出的，所以 LEXT 可以很容易的进行判断，进而实现样品孔隙率的计算。

