

SEM 分辨率与放大倍率

转自：微信公众号微视野大世界 作者王羽

在显微镜应用领域，我从小白用户逐步发展成设备运行人员。一路走来，发现普通用户对电镜术语的理解多存误区。越是简单的术语，往往越容易被用户轻视。我接触的用户大多为科研工作者，最是需要讲究用词精确，否则遇到严谨编辑和审稿专家时，轻者贻笑大方，重者会被视为学术态度不恭。

今天简单的谈一下 SEM 图像“分辨率”与“放大倍率”两个概念相互之间的联系与区别。经常被用户问到一个问题：你这台电镜能放大到多少倍？样品颗粒约 10nm 能不能看清？上述问题乍一看，没毛病，但是实际上已经混淆了 SEM 放大倍率与图像分辨率两个基本概念。

什么是 SEM 图像分辨率？SEM 图像分辨率是衡量显微镜性能的重要技术参数，定义为“能被清楚的分开并识别的两个图像特征之间的最小距离”。对一台性能稳定的设备而言，分辨率可以视为一个固有参数（我单位 Zeiss cross beam 540 SEM 分辨率约 1nm@15kV）。

什么是 SEM 有效放大倍率？人眼分辨率与设备分辨率共同决定了设备的有效放大倍率（EM）。其中，人眼的分辨率约为 0.3mm。以我单位 SEM 为例，在 15kV 条件下，该设备的有效放大倍率 $EM = \text{人眼分辨率} / \text{设备分辨率} = 0.3 \times 10^6 \text{nm} / 1 \text{nm} = 300000$ 倍（筒子们，超过 300000 倍后，放大是徒劳无功的，不要再挣扎了好么？）。

此时若过度地增大放大倍率，使其远远超过 300000 倍，得到的也只是一个轮廓虽大但细节不清的图像，称为无效放大倍率（举一个通俗易懂的例子，TS 版电影是不是都有看过？TS 版电影即使在巨幕厅观看，图像效果与在手机上观看相比，画面大是大了，可是清晰度依然渣）。因而，设备的最高放大倍率仅代表设备的放大能力。反之，如果设备分辨率已满足要求而放大倍率不足，则显微镜虽已具备分辨的能力，但因图像太小而仍然不能被人眼清晰视见（以电影为例，各路大神贡献的 BD 版资源，自然是选择屏幕较大的设备能获得更好的观看体验）。所以为了充分发挥显微镜的分辨能力，应根据所测样品尺度合理匹配放大倍率。

备注：本文内容由作者本人根据应用经验与资料收集整理所得。若有转载，请注明出处。