

# 两种背散射电子检测器的成像对比

田娜娜<sup>1</sup>, 石林虎, 刘士新, 高彤彤, 方舟, 靳凤民, 邹少兰

(天津大学化工学院, 天津 300350)

**摘要:** 背散射电子探测器在现代扫描电镜中扮演着重要的角色, 广泛用于取向衬度和成分衬度检测。然而, 探头类型、电子束能量、驻留时间、工作距离等众多影响因素的存在, 研究人员常常面临着难以选择合适参数以获得最佳背散射图像的问题。本案例通过在两种背散射电子检测器条件下对上述影响因素进行系统研究, 旨在为研究人员提供合适选择的方案, 以解决这一普遍存在的挑战。

**关键词:** 电子束能量; 驻留时间; 工作距离; 取向衬度; 成分衬度; 探头类别

**中图分类号:** Q652.2

**文献标识码:** A

## 1 引言

背散射电子 (Backscattered Electrons, 简称 BSE) 是由入射电子束与原子核的弹性散射或非弹性散射所产生的高能电子。BSE 的产率, 即出射的 BSE 数与入射电子数之比, 取决于样品平均原子序数: 平均原子序数越高, 或元素越重, 衬度就越亮。

当入射电子束作用在试样表面以后, 经过弹性碰撞和非弹性碰撞后会从试样表面逸出。BSE 的发射深度约为试样表面以下  $10\text{ nm} \sim 1\text{ }\mu\text{m}$ , 展现样品更深处的结构信息。

BSE 的能量高于  $50\text{ eV}$ 。它们从试样表面逸出的方向是不规则的, 其数量则与入射电子的入射角和试样物质的平均原子序数  $Z$  有关。 $Z$  越大, 被散射的入射电子数越多, 因此背散射电子可以反应样品的元素分布。同时背散射电子的产额也会受到样品表面形貌的影响, 所以背散射电子信号同时会反映样品表面的形貌和成分衬度。

赛默飞世尔科技有限公司型号为 Apreo S 的热场发射扫描电镜具有独立的用于收集背散射电子信号的两种探测器, 分别为位于极靴最下方的低位探测器 T1 与位于极靴下方可伸缩式探测器 DBS。本文将两种钛合金样品为例, 从硬件构成、工作距离及滞留时间几个方面浅谈一下两种背散射专属探测器对晶体取向衬度的成像差异。

## 2 两种背散射电子探测器的成像对比分析

<sup>1</sup>基金项目: 天津大学研究生院研究生创新人才培养项目(YCX2023015, YCX202209, YCX202041)

## 2.1 硬件简介

两种背散射探测器的硬件位置示意图如下图 1 所示，T1 探头位于极靴的最下方，而定向背散射探测器 DBS 使用时位于极靴与样品台之间，为可伸缩式。

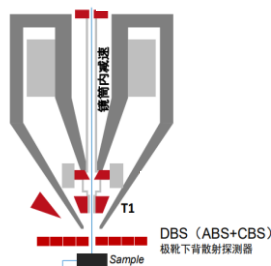


图 1 两种探测器的示意图

### 2.1.1 T1—极靴内背散射探测器

T1 探测器主要用于收集背散射电子信号。它提供了复合材料的成分衬度信息。在 OptiPlan 和 Immersion 工作模式下，它能够检测整个加速电压范围内的背散射电子，这要归功于高电势下的 A 管在极靴内加了 8 kV 的高压，能够将 BSE 信号加速到检测器。在标准工作模式下，T1 在较低的电压下就能够得到强烈的 BSE 信号对比度。

T1 为极靴内的 BSE 探测器，这一功能探测器被分为 A 与 B 两部分，如图 2 所示。这两部分探测区既可以分别单独收集 BSE 信号，也可以组合收集，分别为 A、B、A-B 与 A+B 四种模式，而 A-B 更多的是反应形貌信息，A+B 提供的则是成分衬度信息。



图 2 T1 的信号采集模式

### 2.1.2 DBS—定向背散射电子探测器

定向背散射电子探测器(Directional Backscatter Electron detector, 简称 DBS)通过利用同心背散射采集模式过滤不同角度与不同环型区域的信号采集 BSE 信号，从而得到样品表面和成分信息。也可基于成像条件精确地选择角度范围采集不同角度的 BSE 信号，以此揭示样品的独特信息。热场发射扫描电镜 Apreo S 的 DBS 探测器包括两种，如下图 3 所示。具体为：同心背散射探测器(Concentric Backscattered Detector, 简称 CBS)与角度背散射探测器(Angular Backscattered Detector, 简称 ABS)。