

日立离子研磨装置
IM4000

Hitachi High-Tech
HITACHI



Hitachi Ion Milling System

IM4000

IM4000

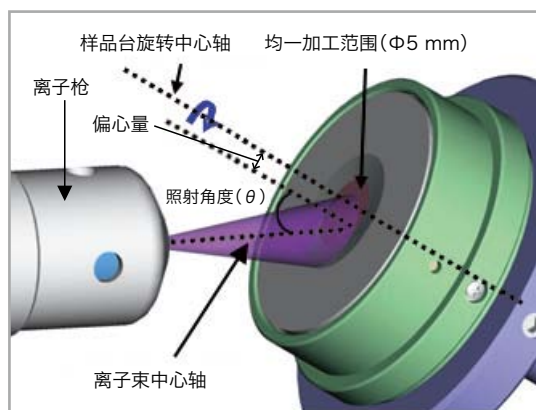
截面研磨 / 平面研磨的两用前处理装置

1 台仪器同时具备「截面研磨(Cross Section Milling)」和「平面研磨(Flatmilling®)」两种功能。通过更换样品座,可以满足广泛的应用需求。

平面研磨 (Flatmilling®)

用 SEM 进行表面观察、表面分析时,需要面积较大且表面均一的观察面,IM4000 的平面研磨方式可以满足此要求。平面研磨加工方式是通过日立独有的 Flatmilling® 法,获得均一的较大面积的加工面,可用于去除样品的表层,或者用于机械研磨的后续加工工序。

原理



平面研磨加工图

如果离子束中心轴和样品台旋转中心轴是一致的,则加工出的轮廓反映了离子束电流密度分布,即中心部分较深的高斯分布形状。平面研磨法是利用离子束中心轴和样品台旋转中心轴之间有一定的偏心量,从而获得均一的大范围加工面。

特点·用途

- 均匀加工范围直径约 5 mm
- 能除去用机械研磨难以除去的细微损伤和变形
- 可用于多种分析目的的大面积研磨

结晶晶界的观察,多层膜截面的观察

离子束照射角度小的时候,离子束的加工速率与样品的结晶取向、组成相关性大,利用这个加工速率的差别可以加工出形如浮雕形貌的加工面。

界面的观察,元素分析,EBSP*分析

离子束照射角度大的时候,离子束的加工速率与样品的结晶取向、组成相关性不大,可以加工出平坦的样品表面。

- 最大样品尺寸: 直径 50 mm × 高 25 mm

- 有旋转加工和摆动加工两种方式可选

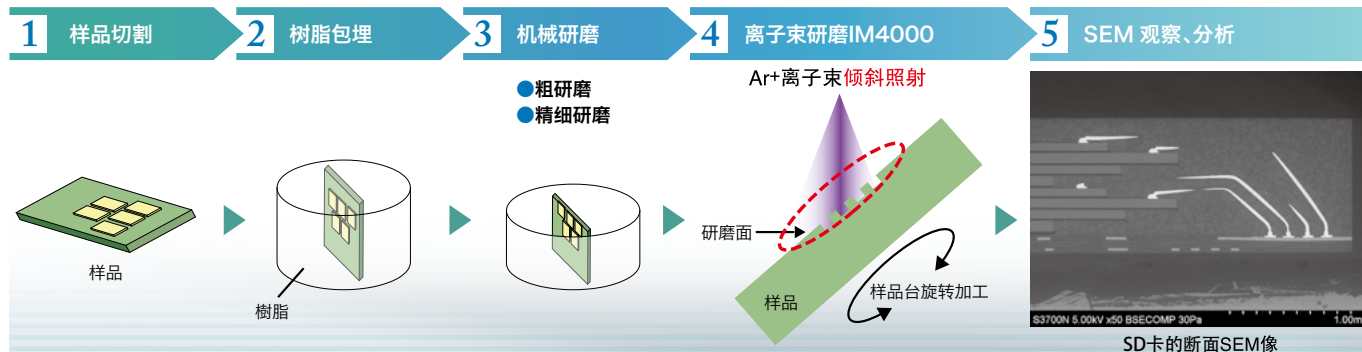
除了旋转加工方式,还增加了摆动加工方式,摆动角度为 $\pm 60^\circ$ 或 $\pm 90^\circ$ 。可选择多种样品台加工方式(速度、转动方式可调),从而加工出比较平坦的表面。

*EBSP: Electron Back Scattering Pattern 背散射电子衍射花样

加工流程

典型的样品前处理步骤

平面研磨方式



SD卡的断面SEM像

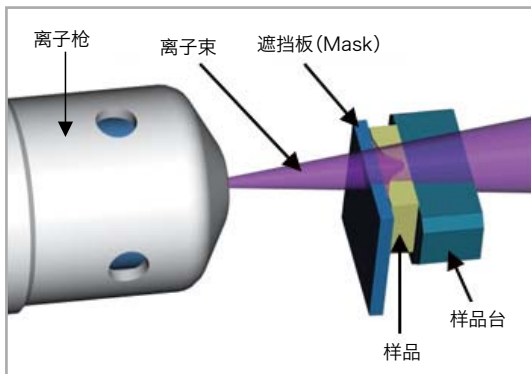


截面研磨 (Cross Section Milling)

为了对样品内部构造进行观察、分析, 必须让样品内部构造显露出来, 而通过切割机和机械研磨, 无法避免因应力而产生的变形和损伤, 因此很难得到 SEM 分析需要的平滑表面。

截面研磨用离子束轰击样品, 加工出无应力损伤的截面, 为 SEM 观察样品的内部多层结构、层厚测量、结晶状态、异物解析等提供有效的样品前处理方法。

原理



截面研磨加工图

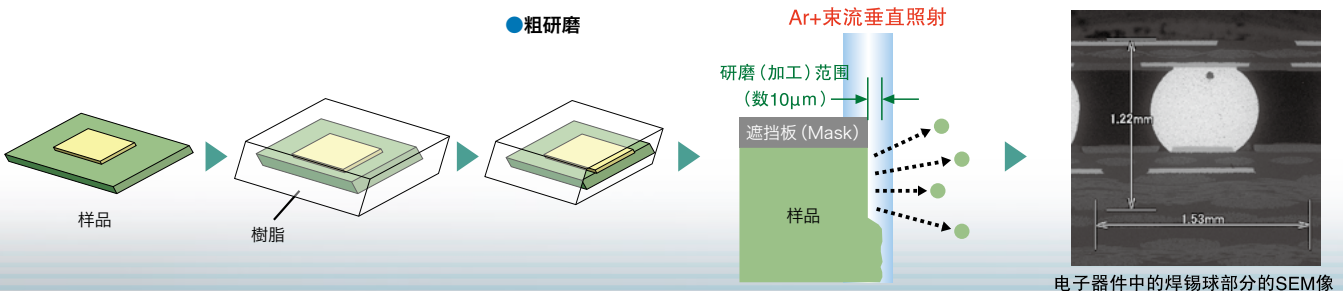
样品和离子枪之间放置了遮挡板(Mask), 样品的上端略突出遮挡板, 离子束从遮挡板上方照射到样品上 (如左图), 则沿着遮挡板的边缘, 离子束加工出平坦的截面。

特点·用途

- 金属, 复合材料, 高分子等各种样品的截面加工
- 为裂痕或者空隙等缺陷的解析加工截面
- 为多层结构的界面分析和结晶晶界的评价 / 观察加工截面
- 可选择最合适的加工条件, 以减轻对样品的离子束损伤
- 最大样品: 长 20 mm × 宽 12 mm × 厚 7 mm

截面研磨方式

- 1 样品切割
- 2 树脂包埋
- 3 机械粗研磨
- 4 离子束研磨IM4000
- 5 SEM 观察、分析

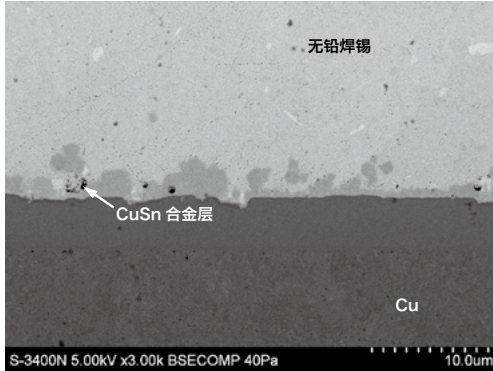


IM4000

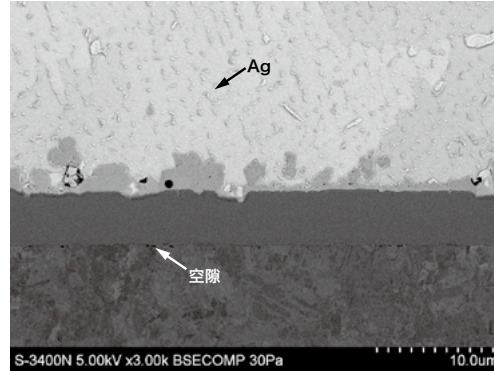
应用实例 (平面研磨)

机械研磨后通过 IM4000 的浮雕式平面研磨, 只用 5 分钟的时间就可以去除因机械研磨产生的划痕、残留物, 从而可以观察到金属层、合金层和无铅焊锡中的银(Ag)的分布。

样品：无铅焊锡



机械研磨后

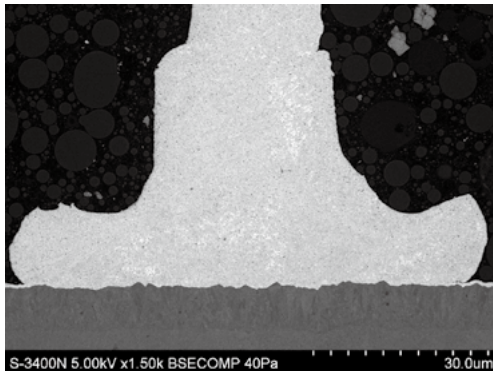


离子研磨后

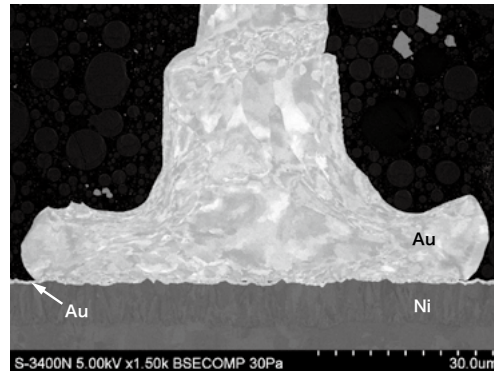
背散射电子像
SEM: S-3400N

机械研磨后通过 IM4000 平坦式研磨, 短时间内可消除样品表面的凹凸, 获得平滑的观察表面。能够观察到机械研磨后无法看到的结晶衬度。

样品：金引线接合部(Au wire bonding)



机械研磨后



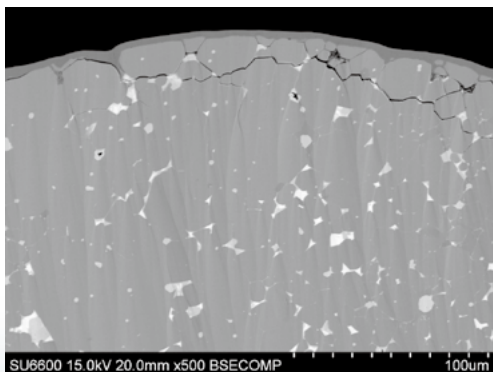
离子研磨后

背散射电子像
SEM: S-3400N

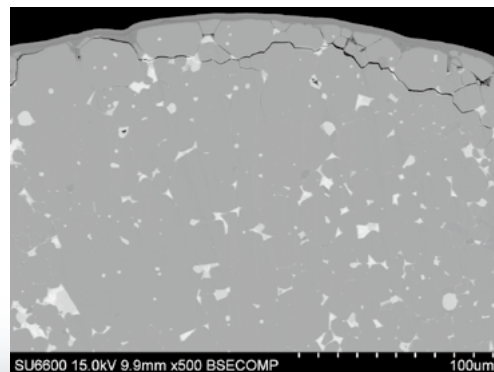
应用实例 (平面研磨+截面研磨)

钕磁铁受氧化后表层晶界会发生龟裂, 龟裂会导致截面加工不易获得平整的观察面(如左图)。在截面加工完成后追加一次平面加工, 就可以获得非常平整的没有加工痕迹的观察面了(如右图)。

样品：钕磁铁



截面加工后



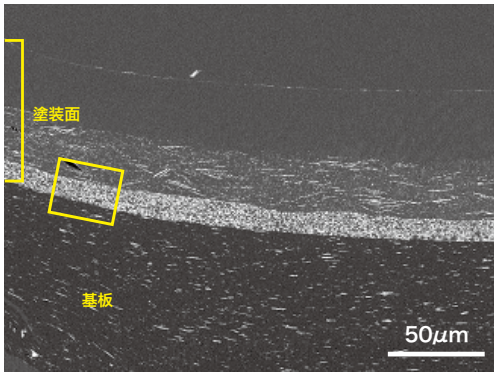
追加平面加工后

背散射电子像
SEM: SU6600

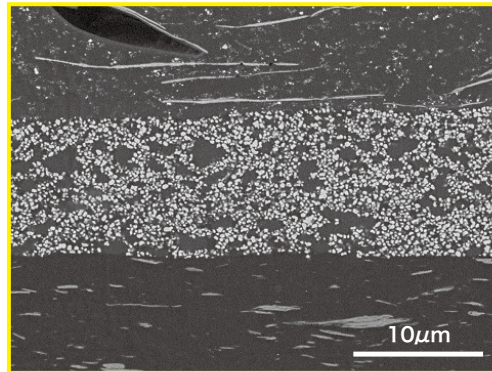
应用实例 (截面研磨)

IM4000 可选择低加速电压,用于加工容易受到电子束损伤的材料截面。

样品：减震器涂装膜



整体

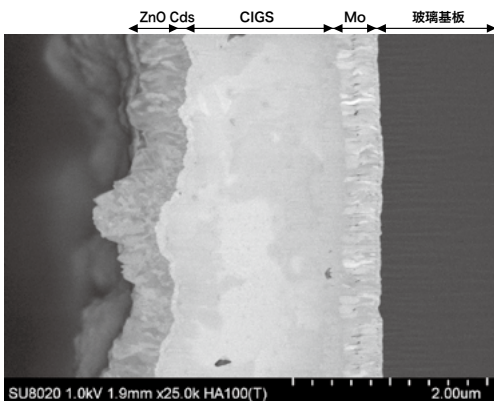


左图局部放大

背散射电子像
SEM: S-3400N

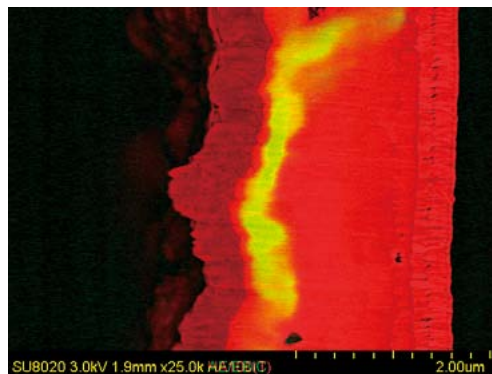
直接切断薄膜,很难观察到各层结构;而用 HABSE 信号观察 IM4000 加工出的截面(如图(a)所示),可以清楚的看到各层的结构,甚至可以看到 CIGS 层内的结晶对比度。图(b)是同一视野的 EBIC 信号和 HABSE 信号的伪彩合成图,合成图中黄色的区域为产生感生电流的位置,在 CIGS 层中是靠近 CdS 层的一端。

样品：CIGS(Cu/In/Ga/Se)薄膜太阳能电池



(a)

HA-BSE 像
SEM: SU8020

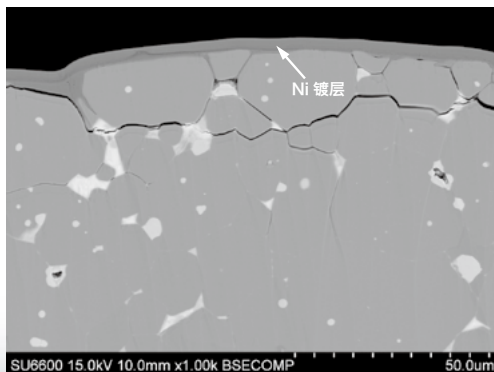


(b)

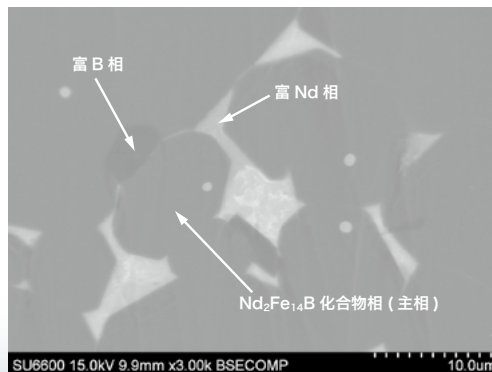
EBIC 信号和 HABSE 信号的伪彩合成图
SEM: SU8020

钕磁铁的矫顽磁力和它的晶粒大小相关(晶粒越小矫顽磁力越大),也和晶界析出的富 Nd 相相关。图(a)(b)可以观察到为了防止钕磁铁氧化用的镀 Ni 层,以及钕磁铁的三个相:富 B 相、富 Nd 相、Nd₂Fe₁₄B 相。还可以看出富 Nd 相都是在 Nd₂Fe₁₄B 的晶界处析出的。

样品：钕磁铁



(a)



(b)

背散射电子像
SEM: SU6600

IM4000

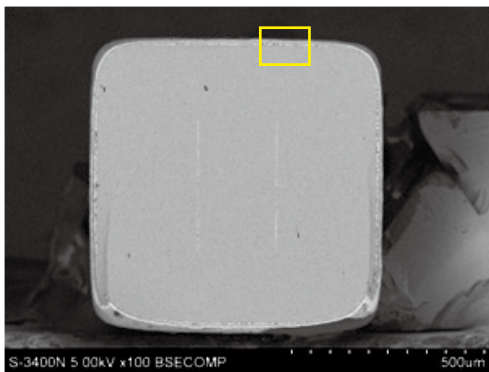
实现截面研磨的高效率化 (加工时间缩短至1/3*)

加工速率高达300 $\mu\text{m}/\text{h}$, 大大缩短了截面研磨的加工时间。

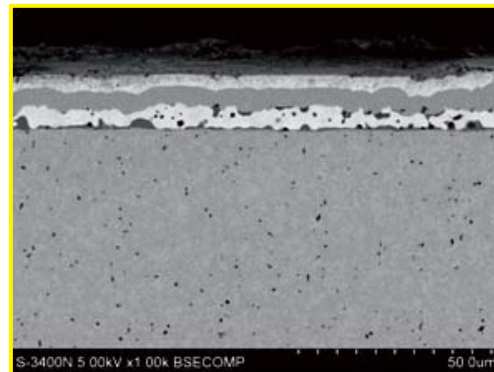
*同本公司前代产品 (E-3500 : 2005年生产) 相比

下图是电子产品内的陶瓷电容, 是一种离子束加工速率比较小的样品, 如此大的加工范围以前需要8小时以上的加工时间, 但是使用高效率离子枪就可以只用大约3小时的时间得到同样范围的电容截面。

样品 : 陶瓷电容 加工时间 : 3小时



整体像



局部放大像

背散射电子像
SEM: S-3400N

可拆卸式的样品座单元

- 采用了“可拆卸式样品座”, 可以方便地进行样品安装, 加工位置的调整。
- 加工后, 不用将样品从样品台取下就可以用SEM确认加工结果, 需要追加加工时, 也可以很方便的以现有的状态进行追加加工。
- 采用了螺旋测微器作为遮挡板 (Mask) 的微调装置, 可以对遮挡板的位置进行精细调整

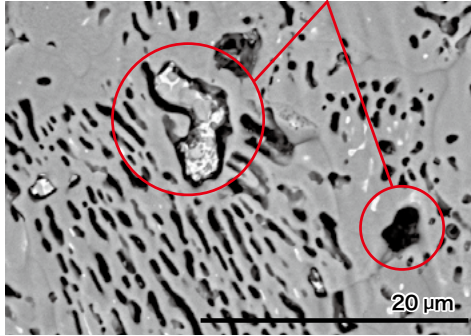


选配

冷却系统

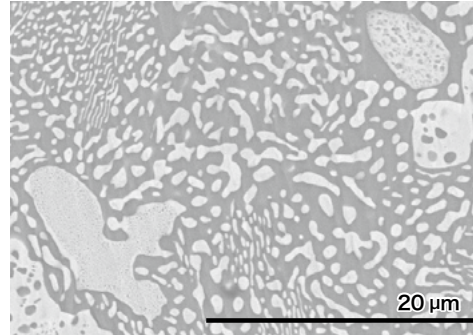
经离子束轰击，样品温度会上升，因此有些样品会在加工过程中发生融化或者变形。使用冷却系统，可以降低热损伤的几率。

样品：焊锡



(a) 无冷却

背散射电子像



(b) 有冷却

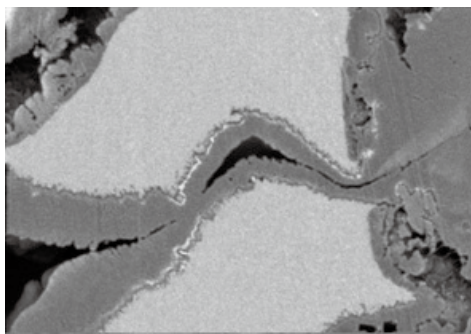
背散射电子像

真空转移盒

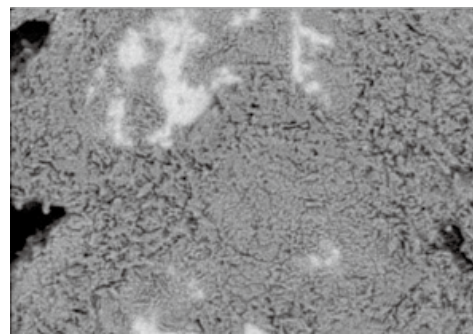
如需要避免样品和大气接触可以选配真空转移盒单元。将样品装在真空转移盒内，放进电镜*的样品交换仓，抽好真空后再打开转移盒，进行观察。因此离子束研磨后转移到SEM的过程中，可以保证样品不暴露在空气中。

*只有配有真空转移样品交换仓的日立FE-SEM可以观察。

样品：焊锡



(a) 采用加装真空转移系统的
IM4000研磨后直接观察



(b) 采用加装真空转移系统的
IM4000研磨后暴露在空气中10分钟

可以实时观察加工状况

IM4000可以通过样品仓上部的玻璃窗直接观察加工时的状况。并且，可以加装实时观察用的体式显微镜(选配)，实现15~100倍的实时观测。此外，三目型体式显微镜可以加装CCD相机，在显示器上进行观察。

*CCD相机和显示器是由客户自行准备。



实时观察用体式显微镜(双目型)

主要参数

项目	内容	
	平面研磨	截面研磨
使用气体	氩气	
加速电压	0 ~ 6 kV	
最大加工速率 (材料Si)	约20 $\mu\text{m}/\text{h}^{*1}$ 约2 $\mu\text{m}/\text{h}^{*2}$	约300 $\mu\text{m}/\text{h}^{*3}$
最大样品尺寸	$\phi 50 \times 25$ (H) mm	20 (W) \times 12 (D) \times 7 (H) mm
样品移动范围	X : 0 ~ +5 mm	X : ± 7 mm, Y : 0 ~ +3 mm
旋转速度	1 r/min、25 r/min	—
摆动角度	$\pm 60^\circ$ 、 $\pm 90^\circ$	$\pm 15^\circ$ 、 $\pm 30^\circ$ 、 $\pm 40^\circ$
倾斜角度	0 ~ 90°	—
氩气 (Ar) 流量控制方式	质量流量计 (Mass Flow Controller)	
真空系统	涡轮分子泵 (33 L/s) + 机械泵 (135 L/min (50 Hz)、162 L/min (60 Hz))	
装置尺寸	616 (W) \times 705 (D) \times 312 (H) mm	
重量	主机48 kg + 机械泵28 kg	
	选配	
加工观测用显微镜	倍率: 15 \times ~ 100 \times 双目型、三目型 (可加装CCD)	
真空转移盒单元	旋盖式 (O形圈密封) 密闭样品, 样品仓内打开旋盖	
冷却系统 ^{*4}	使用液氮间接冷却样品; 冷却Mask温度: -30°C 以下 ^{*5} ; 配有恢复到室温的控制器	

*1: 照射角 0° 偏心量 0 mm *2: 照射角 60° 偏心量 4 mm *3: Si片突出遮挡板 (Mask) 边缘100 μm 加工时的最大深度 *4: 不能后装, 需出厂时配置
*5: 加入液氮30分钟后遮挡板 (Mask) 的温度

安装条件

项目	内容
室温	15 ~ 30°C
湿度	45 ~ 85 % 无结露
电源 ^{*6}	AC100 V ($\pm 10\%$)、50/60 Hz、1.25 kVA
接地	$\leq 100 \Omega$

*6: IM4000需要3P插头线

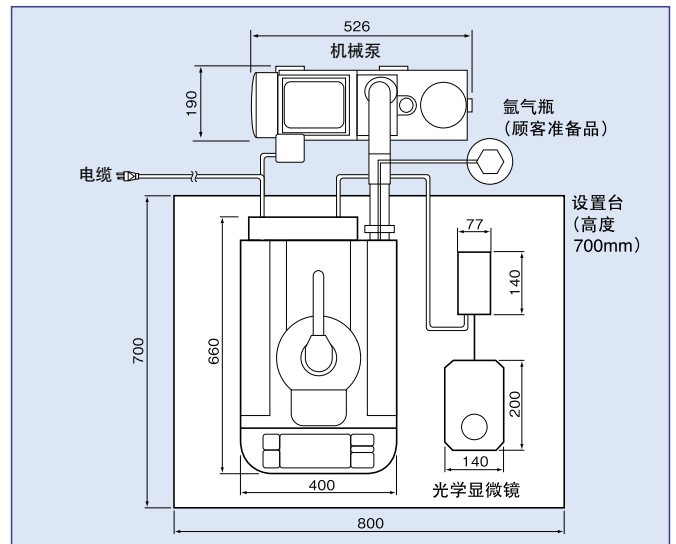
需客户准备物品

项目	内容
氩气	纯度99.99 % 压力0.03 ~ 0.05 MPa
氩气导入 ^{*7}	0.03~0.05 MPa
氩气导入管	1/8英寸SUS配管 (1/8卡套接头Swagelok)、减压阀
氧浓度计 ^{*8}	可以确认氧浓度19%以上
推荐摆放台	1,000 (W) \times 800 (D) \times 700 (H) mm以上 承重70 kg以上 (只摆放了IM4000情况下的下限值)

*7: 氩气供给设备和装置间的连接配管。请准备与气体供给设备 (氩气瓶) 匹配的减压阀。
*8: 由于氩气有窒息危险, 所以请在场地内准备氧浓度计和换气设备。

※「Flatmilling」是株式会社 日立高新技术 在中国的注册商标。

布局图例 (单位:mm)



Hitachi High-Technologies Corporation

Tokyo, Japan

24-14, Nishi-shimbashi, 1-chome, Minato-ku Tokyo, 105-8717, JAPAN

URL <http://www.hitachi-hitec.com/global/em/>

日立高新技术(上海)国际贸易有限公司 北京分公司

中国 北京市朝阳区东三环北路5号北京发展大厦1405室
(100004)

TEL: 010-65908705 FAX: 010-65908710-8711



安全方面注意事项

●使用本仪器之前, 一定要认真阅读「使用说明书」。如有操作错误, 可能造成触电。

查询—

●本目录登载的产品, 有可能在不告知的情况下对外观和参数做部分调整改善。