

**VAISALA**

在 **CMP** 工艺中利用实时数据  
提高晶圆质量和产量

[www.vaisala.cn](http://www.vaisala.cn)



本工艺报告详细介绍了半导体和 MEMS 生产过程中化学机械研磨 (CMP) 工艺湿化学品相关内容, 并介绍了折射率 (RI) 测量。

使用原位在线折光仪进行折射率测量是一种安全、经济高效、维护量低的实时工艺监测方法, 用于准确地测量湿化学品的浓度。

维萨拉的原位在线折光仪符合行业标准, 可以方便地集成到研磨液搅拌机和 CMP 设备中。

在研磨液混合过程中进行相对湿度测量对于避免研磨液蒸发结块至关重要。

维萨拉还为 CMP 设备提供快速准确的相对湿度测量仪表。

## 目录

介绍 .....	3
关键的 CMP 研磨液成分 .....	4
什么是折射率? .....	5
工艺优化中的折射率 .....	6
进料化学品的一致性 .....	6
经过优化的混合工艺 .....	7
在 CMP 设备中监测研磨液质量 .....	7
维萨拉 K-PATENTS® 半导体行业折光仪的优点 .....	8
研磨液日用槽中 N <sub>2</sub> 的测量 .....	9
总结 .....	9
适用于半导体制程的维萨拉测量产品 .....	10

# 介绍

化学机械研磨是一项成本高昂且具有挑战性的重要纳米级抛光工艺，它将化学反应和机械研磨相结合，用于将晶圆表面磨平、磨光。该工艺使用特殊的 CMP 设备（图 1）。

当纳米级的研磨粉末分散在化学溶液或 CMP 研磨液中时，就会发生化学反应。化学蚀刻可腐蚀晶圆表面，而机械研磨可去除被腐蚀的部分，从而使凹凸的表面更加平坦。

对晶圆表面进行腐蚀和研磨是一个综合的化学过程，在这个过程中，CMP 研磨液起着重要作用，因为研磨液成分直接影响化学反应速率、晶圆抛光速率和均匀性，而研磨液的浓度变化会使抛光过程更加不稳定。

据行业专家估计，半导体制程中使用的高纯化学品、气体和其他材料约占芯片生产总成本的 20%，而化学品供应多年来一直是与设施相关的前五大可靠性问题之一。因此，优化 CMP 工艺将对产量和总体产品质量产生积极影响。

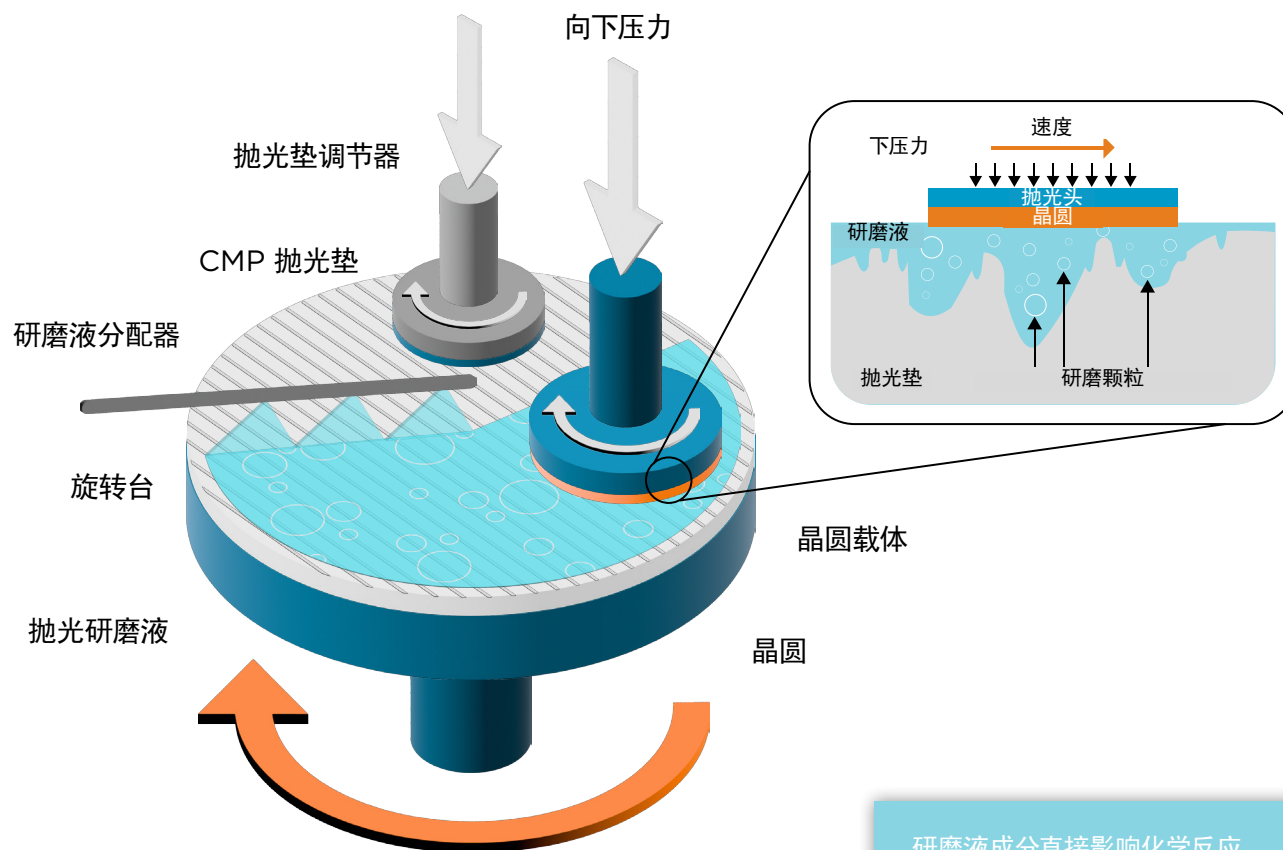


图 1: CMP 工艺通过腐蚀性元素降低半导体晶圆表面粗糙度。

研磨液成分直接影响化学反应速率、晶圆抛光速率和均匀性，研磨液密度的变化会使抛光过程不稳定。

# 关键的 CMP 研磨液成分

CMP 研磨液成分的一致性至关重要，因为化学品浓度与化学反应速率直接相关，而粒度分布和浓度对抛光质量起着重要作用。尽管研磨液生产商遵守严格的质量标准，但在实际生产中，使用点的研磨液成分可能会有所变化。发生这种情况的原因有多种。

长时间运输和运输条件变化都会影响研磨液质量。研磨液交付给最终用户后，其质量就不再受研磨液生产商的控制。例如，纳米颗粒会随着时间沉降，从而导致容器顶部和底部的粒度分布和浓度不同。此外，颗粒在某些情况下可能会结块，这会导致后续工艺流程中使用点处出现晶圆缺陷。

研磨液搅拌机会控制研磨液的稀释。 $H_2O_2$  是 Cu 和 W 研磨液的典型氧化剂，由于它会分解成水和氧气，需要在最终用户的研磨液搅拌机中与研磨液混合。必须进行精确混合才能确保一致的 CMP 研磨液品质和 CMP 过程。此外，需要尽可能快速地对研磨液进行混合，因为混合时间过长可能导致纳米颗粒结块。

日用槽中已混合的研磨液存在风险。由于  $H_2O_2$  的分解，研磨液混合后的使用寿命可能很短。在 CMP 设备使用研磨液期间，日用槽中的液位会降低，槽内水蒸发会引发浓度升高风险。有些研磨液对这种浓度升高非常敏感。纳米颗粒可能会结块，即使加水，研磨液批料也可能无法恢复。因此，槽内空间湿度必须保持在刚好低于饱和的水平。

在 CMP 工艺中，研磨液成分不仅取决于研磨液的质量，而且还与晶圆厂的应用操作有很大关系：如何在研磨液搅拌机和 **CMP** 设备进料管线内测量和控制浓度。本报告介绍了在线折光仪测量的实时折射率数据和维萨拉相对湿度智能探头测量获得的实时相对湿度数据如何帮助生产商实现重复性更高的 CMP 工艺。

# 什么是折射率？

液体的折射率 (RI) 描述的是光速受液体温度和浓度的影响程度。因此，可以通过测量折射率和温度来确定液体的浓度。

在线折光仪是一种用于测量折射率的设备。它包含三个光学部件：光源、棱镜和图像检测器 (图 2、3)。光源发出的光线以不同角度穿过棱镜。在液体界面处，一些光线折射到液体中，一些光线完全反射回图像检测器。开始发生全反射的角度称为临界角，它由液体的折射率决定。维萨拉折光仪根据检测器上形成的光学图像非常准确地确定临界角的位置。

气泡或大于微米级的颗粒不影响折射率测量，因为它们会在图像检测器上形成光斑，而不影响临界角亮区和暗区分界线的位置。

但溶解的化合物会影响测量。例如，室温时去离子水的折射率约为 1.333，与  $H_2O_2$  混合后，折射率会增加。此外，纳米级颗粒也会影响液体的折射率，具体取决于颗粒的组成、浓度和粒度分布。

由于浓度和折射率密切相关，因此，多个行业广泛使用折光仪进行液体浓度测量。在 CMP 工艺中，在线折光仪不仅可以用于测量  $H_2O_2$  或其他化学品的浓度，还可以用于指示 CMP 研磨液中纳米研磨颗粒的一致性，甚至指示其浓度和粒度分布。

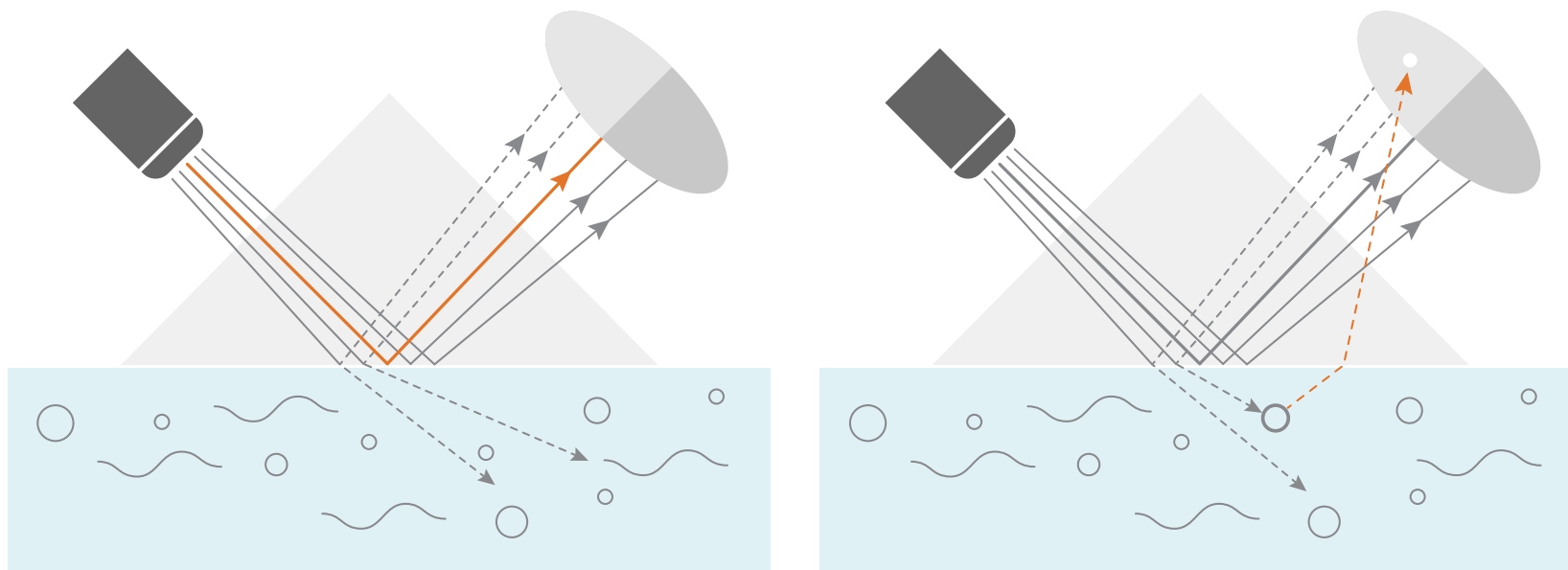


图 2 和 3：可以通过确定临界角（根据应用进行校准）准确测量折射率。

# 工艺优化中的折射率

维萨拉 PR-33-S 半导体行业用折光仪为满足半导体制程需求而设计。传感器接液部件材料可耐受刺激性化学品，基于光学图像的测量算法几乎无漂移。准确的实时测量不需要耗材，也不产生化学废物，为实验室采样和滴定提供了一种经济高效且可持续的替代方案。

折射率的在线实时测量方法经过校准后，可以测量湿法工艺中的化学物质。浓度监测有助于将化学品浓度保持在工艺限制范围内，从而提高工艺质量，延长湿化学品的使用寿命并减少化学废物。

在整个 CMP 工艺中，可安装在多个位置。

在线折光仪通常安装在过氧化氢进料和研磨液供应管线以及混合阶段和工艺进料管线上(图 4)。此外，还可以使用折射率进行污水监测。

## 进料化学品的一致性

在 CMP 研磨液中，纳米颗粒以及腐蚀抑制剂和其他添加剂都会影响折射率值。因此，可以使用折光仪来监测研磨液总体密度和成分是否一致。例如，折射率低于正常值可能表示液体中的纳米颗粒由于沉降或颗粒结块而减少。这是因为，与纳米颗粒不同，较大的微米级颗粒对折射率值的影响较小或没有影响。

此外，针对  $H_2O_2$  浓度进行校准的折光仪可以监测进料过氧化氢的浓度是否一致。这可以揭示过氧化氢的浓度是否因储存条件不当等原因而降低，因为杂质和光线会加速过氧化氢的分解过程。

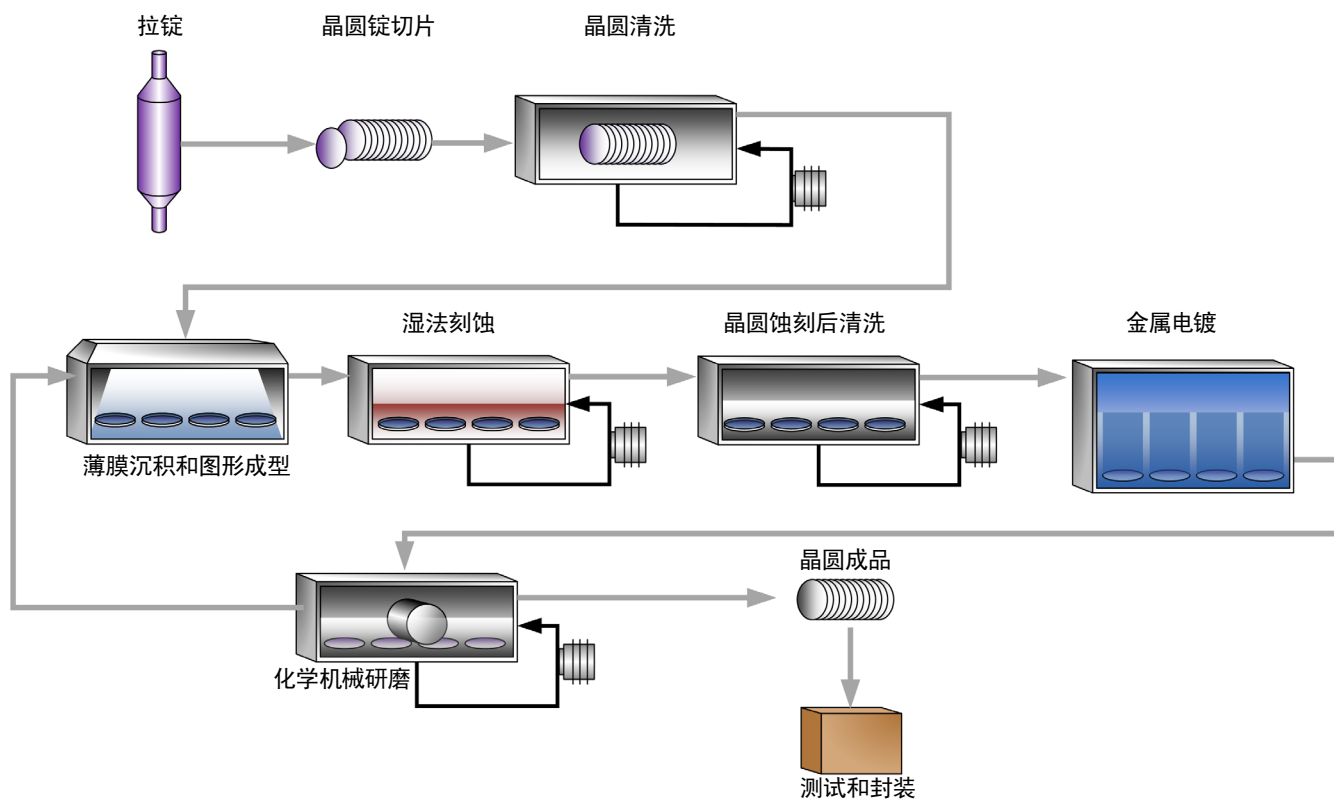


图 4: 维萨拉在线折光仪安装位置

## 经过优化的混合工艺

折射率值可用于使用去离子水将研磨液稀释至目标浓度的过程。每批研磨液的折射率值可重复，则可保障更好地控制研磨液密度和纳米颗粒成分。市售研磨液和一些专用研磨液的折射率值差异很大，而 PR-33-S 可用于测量绝大多数研磨液。需要关注的是折射率约为 1.35 的研磨液。这些研磨液可能无法在 CMP 研磨液混合过程中使用折光仪成功测量，因为它们的折射率与质量百分比为 30% 的  $H_2O_2$  的折射率接近。（在 25 °C 下折射率为 1.3523）。在这种情况下，添加任何量的  $H_2O_2$  都不会明显改变折射率。

此外，半导体行业折光仪是研磨液中混合  $H_2O_2$  的理想工具。该仪器可以具体针对多种类型的研磨液进行校准，用于指示过氧化氢浓度，从而使混合达到恰好正确的浓度。与实验室或在线采样方法相比，实时折射率测量可以检测何时达到目标浓度以及理想的混合状态，从而尽可能减少混合时间，降低结块风险。

实践证明，维萨拉折光仪结果与自动滴定法吻合（图 5）。针对特定研磨液温度/折射率特性进行校准后，通过测量折射率即可确定研磨液中过氧化氢的浓度，无论测量铜研磨液还是钨研磨液，其精度都可以达到质量百分比  $\pm 0.02\%$ 。与实验室方法相比，在线测量消除了采样和样本处理过程中引入的不确定性，例如  $H_2O_2$  分解或温度变化。

## 在 CMP 设备中监测研磨液质量

晶圆在精密加工过程的后期阶段具有重要的价值。因此，除了优化研磨液搅拌机系统外，许多用户还希望通过给 CMP 设备增加折光仪测量点来避免研磨液质量不佳的风险。该测量可保障研磨液总体密度的重复性，并可作为报警信号，避免受污染的研磨液批料接触晶圆。

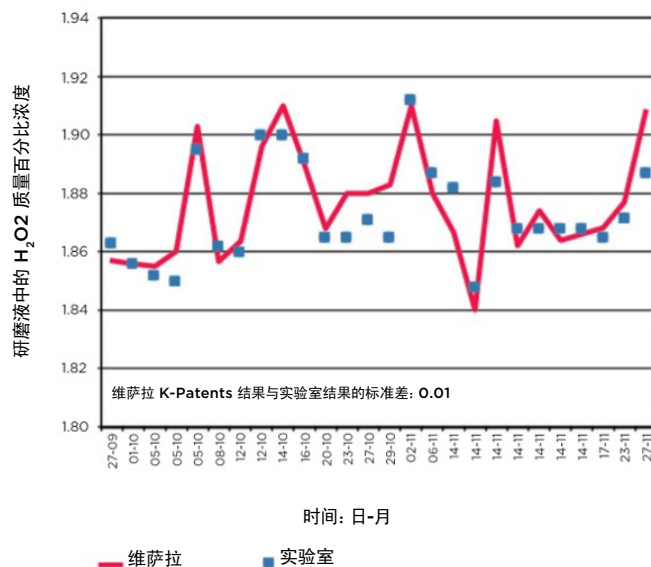


图 5. 维萨拉在线折光仪和实验室自动滴定法结果吻合。

# 维萨拉 K-PATENTS® 半导体行业折光仪的优点

维萨拉 K-PATENTS 半导体行业折光仪为半导体制程环境设计。它体积小，不含金属结构，不会在工艺过程中引入杂质，因此是化学物质测量的理想工具。

维萨拉 K-PATENTS 半导体行业折光仪是 **CMP** 操作的理想工具，因为它具有以下特性：

- 测量准确且无漂移
- 采用化学惰性接液部件
- 针对实时化学品浓度进行校准
- 直接密度测量
- 设计可靠，可承受工艺过程振动
- 与滴定法的结果吻合
- 内置诊断程序，即时指示过程工况是否良好



在将研磨液送入设备之前，准确实时监测 **CMP** 研磨液控制浓度，并实现 **CMP** 工艺优化和经济高效的制程工艺。



# 研磨液日用槽中 N<sub>2</sub> 的测量

为避免研磨液蒸发，可以使用湿氮气填充研磨液日用槽内的空间。如果研磨液蒸发，CMP 研磨液中的纳米级粉末颗粒很容易结块。发生这种情况时，研磨液就无法使用了。为了解决这个问题，可以在使用研磨液时不断地将新的湿氮气送入该空间。空间内的相对湿度必须保持稳定并接近露点。维萨拉快速准确的相对湿度 RH 产品具有良好的化学物质耐受性和耐用性，适用于这个关键测量点。

配有 HMP7 和 TMP1 的 Indigo520  
直接在 CMP 设备中测量温度和相对湿度

- 适用于持续高湿度和接近 100% RH 的测量技术
- 探头具有良好的化学物质耐受性
- 蒸汽密封和压力密封结构
- 采用加热探头和传感器技术，尽可能减少探头上的冷凝
- 长期准确
- 内部采用 Humicap® 技术



## 总结

折射率测量技术的算法可进行快速准确的实时测量。测量数据可连接至晶圆厂的 PLC 系统，并可用于优化工艺流程，增强工艺控制。折射率设备经济高效、耐用，基于无漂移测量原理。在线折光仪在工作过程中不使用耗材，也不产生化学废物。

维萨拉的探头可耐受 CMP 设备中的恶劣环境，并持续提供准确的测量结果。

# 适用于半导体制程的维萨拉测量产品

维萨拉为半导体制造商和 MEMS 代工厂、半导体设备供应商、晶圆厂运营商和材料供应商提供可靠测量。

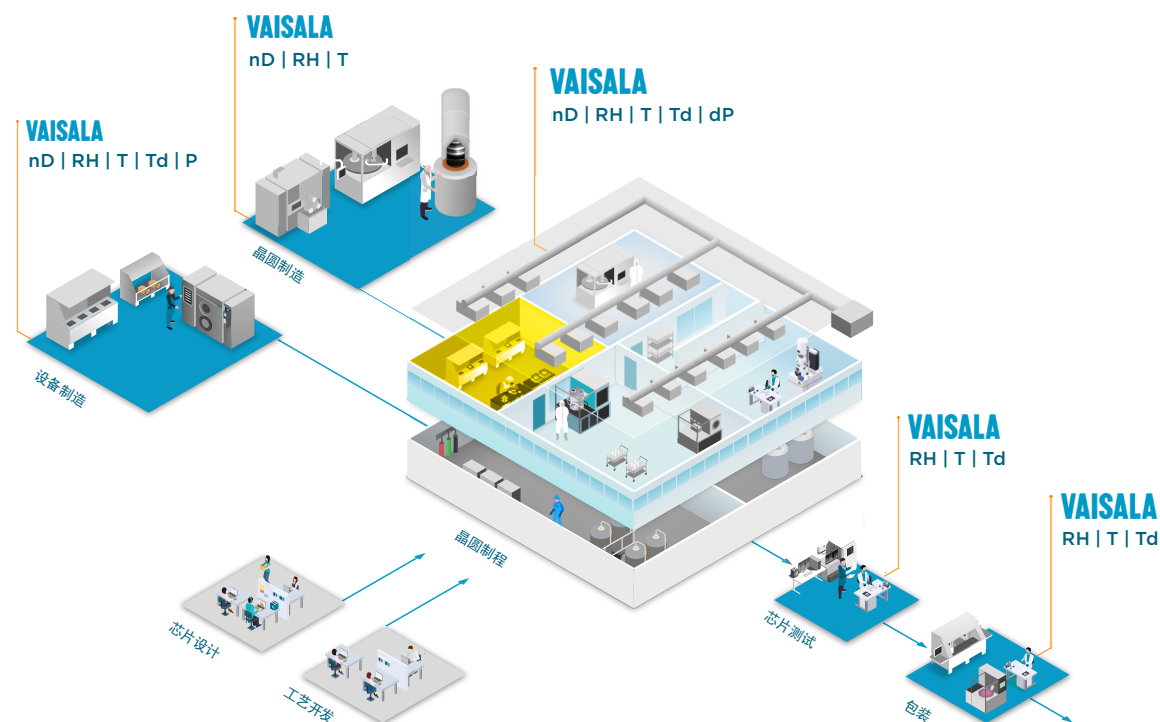
半导体行业在线折光仪用于散装化学品和研磨液配送、使用点混合、加料和抛光过程中进行在线浓度监测。

维萨拉准确的气压、温度和湿度测量仪器为车间环境监测提供精确数据，并具有良好的准确度、长期稳定性和快速响应能力。

维萨拉为 CMP 设备提供了理想的测量解决方案。维萨拉的产品质量良好，按照严格的质量标准生产，并可快速交付。我们的服务热线满足客户的技术支持需求和服务需求。

如需更多信息或想要下载应用说明，请访问

[www.vaisala.cn/zh/industries-applications/semiconductor](http://www.vaisala.cn/zh/industries-applications/semiconductor)



## 联系我们

维萨拉

液体浓度测量

400 810 0126

[chinasales@vaisala.com](mailto:chinasales@vaisala.com)



# VAISALA

[www.vaisala.cn](http://www.vaisala.cn)



扫码获取更多信息

B212634ZH-A ©维萨拉 2023

本资料受版权保护，维萨拉及其合作伙伴保留所有版权。保留所有权利。所有徽标和/或产品名称均为维萨拉或其单独合作伙伴的商标。未经维萨拉事先书面同意，严禁以任何形式复制、转让、分发或存储本手册中的信息。所有规格（包括技术规格）如有变更，恕不另行通知。