

PLA

PALD 原子层沉积粉末负载技术

WE MAKES MATERIAL BETTER

FORGE
NANO

A

走进 ForgeNano

品牌故事与使命

合作伙伴与用户

B

PALD 的前世今生

ALD 以及 PALD 技术

PALD 包覆为粉末材料带来的提升

C

产品特点与介绍

实验级 ALD 方案

- PROMETHEUS 流化床原子沉积系统
- PANDORA 多功能原子沉积系统

中试及生产级 PALD 方案

- LITHOS 定制中试生产型 PALD 系统
- CIRCE 连续振动床生产型 PALD 系统
- MORPHEUS 多级流化床生产型 PALD 系统

D

产品行业应用

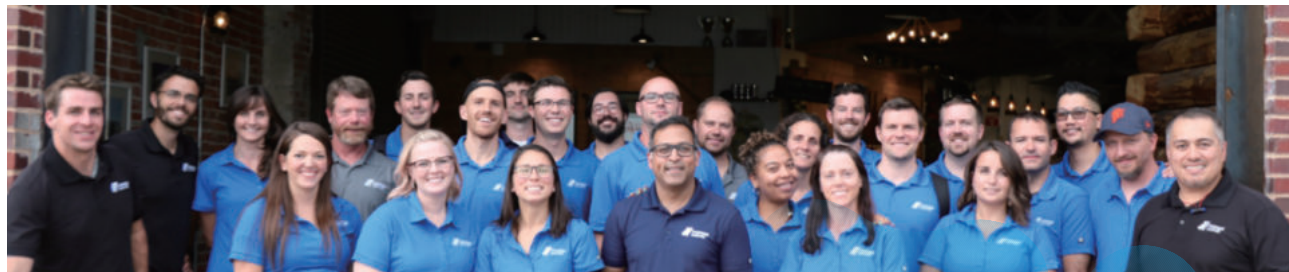
电池材料包覆改性

催化剂涂层构筑

金属/陶瓷粉末增益

品牌故事





我们的使命是成为先进材料解决方案的全球领导者—创造更安全,更高效的产品。我们的愿景始终如一:用先进材料解决方案来改变世界。Forge Nano 认为,精密的纳米涂层可以使基底材料变得更安全高效。当前,许多技术在实验室中都表现出色。然而,这些成果往往难以放大,许多革命性的技术都被束之高阁,直到放大生产的解决方案出现。现在,Forge Nano 带来了 PALD 包覆解决方案,为许多革命性技术开发新产品。

■ 高精度纳米级包覆提高材料性能

Forge Nano 的系统可以监控 ALD 过程并调整反应变量,以提供有效的前驱体利用率。

我们的技术特点包括:

- + 较高的 PALD 处理温度
- + 可包覆氧化物、氮化物、金属、磷酸盐和氟化物等涂层
- + 最小颗粒批次小至毫克
- + 高吞吐量处理能力可达 1000 kg 或更高

随着材料需求变得越来越极端,需要纳米工程来实现精确的特性。表面涂层技术可增强下一代材料的性能。

Forge Nano 可包覆从球型到管状的任何类型颗粒。涂层可以应用于改善产品的各项性能—物理性能、化学性能、热性能等。我们的涂层几乎可以在所有环境中保持稳定。

■ 真正可放大生产的ALD方案

从实验室规模到商业规模,Forge Nano 专利的 ALD 工艺都能实现经济且稳定的原子级精度涂层。

Forge Nano 的工艺经过针对性改进,不仅可以保证涂层质量,还提高了工艺效率,因此产品可以更快的速度,更低的成本进行包覆。借助高通量纳米涂层制造工艺,以一定的规模和成本制造新产品,为行业开发全新的纳米涂层。纳米包覆可以让您获得价格合理新型粉末材料,让您的产品在竞争中立于不败之地。



Paul Lichty

Forge Nano CEO

关于 Forge Nano

PALD (粉末原子层沉积包覆技术) 技术在提出后, 因为缺乏低成本高通量的技术手段, 一直没有被广泛应用到粉末工程中。

Paul Lichty 在科罗拉多大学就读期间参与规模化的 PALD 纳米涂层技术的开发项目, 但学校的技术应用部拒绝将其推向市场。随后 Paul Lichty 用 1 美元买下了此专利并成立了 Forge Nano 公司, 继续 PALD 技术的推广事业。Forge Nano 吸引了包括大众汽车, 液空集团, LG 化学风险投资, 三井金属 和 SBI Investments, Ascent Fund 等企业的投资。

目前, Forge Nano 是全球唯一可实现粉末 PALD 工业级量产以及超快平面/物件 ALD 的供应商, 已为阿贡实验室, 橡树岭国家实验室、马里兰大学、美国国家可再生能源实验室, 德国马普所等高校与研究院所提供 PALD 解决方案, 并与众多全球 500 强企业展开规模化 PALD 的应用开发合作。



战略投资伙伴



高校用户



企业合作伙伴



Mel Luetkens

Sylvatex 首席执行官

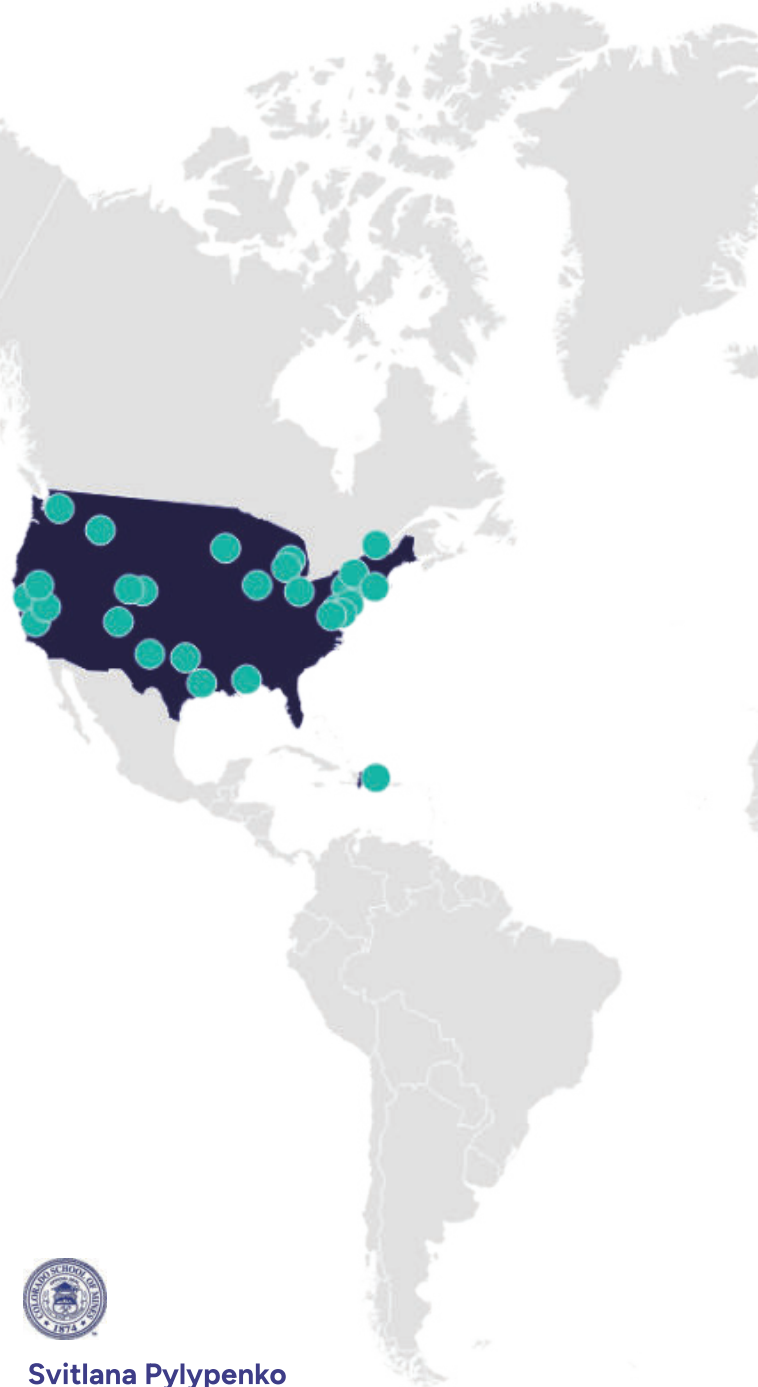
“Sylvatex 很高兴与 Forge Nano 合作，将 ALD 涂层带来的改进性能与 SVX 的无水阴极技术相结合，生产 CAM 的成本比传统工艺降低 25%。”

TexPower

Evan Erickson

TexPower 首席执行官

“Forge Nano 先进涂层技术的精度和多功能性正在增强 TexPower 的无钴超高能阴极粉末！我们期待原子层沉积能为我们的材料带来更好的性能和安全优势。TexPower 与 ForgeNano 的合作将有助于将 TexPower 阴极带入快速发展的电动汽车市场及其他市场。”



Svitlana Pylypenko

科罗拉多矿业学院化学助理教授

“我们希望利用 PALD 新技术的用于开发下一代催化剂，将燃料电池从小规模、昂贵的电极制造转变为大规模经济可行的方法。ALD 可提高催化剂耐用性以及铂族金属使用量，将有助于降低总成本和技术对贵金属的依赖。”



Anibal Boscoboinik

布鲁克海文国家实验室功能纳米材料中心

“在非低温条件下捕获惰性气体的单个原子非常困难，并且是核废料修复以及其他工业应用的相关挑战。实现这种优化的一种可能方法是将纳米多孔材料置于较大（介孔）材料内，与 Forge Nano 的合作应用其在原子层沉积方面的专业知识将发生捕获的中孔内部涂上”纳米笼”



部分客户未显示



Surinder Ghag

MRC 首席技术官

“通过将我们的优质天然石墨与 Forge Nano 的 ALD 涂层技术相结合，我们可以生产出用于锂离子电池的高性能、具有成本竞争力的石墨阳极粉末。我们对这种长期合作伙伴关系感到非常兴奋，因为我们的目标是在未来几年实现可持续的阳极生产。这种合作使公司能够继续建立其技术专长，朝着球化石墨、纯化和涂层工艺努力。”



NOUVEAU MONDE GRAPHITE

Eric Desaulniers

Nouveau Monde 总裁兼首席执行官

“我们很高兴能与总部位于美国的 Forge Nano 合作，该公司在电动汽车和电池领域享有盛誉。通过使用他们的 ALD 涂层技术，我们将能够为客户提供增强的电池材料解决方案。Nouveau Monde 能够销售一种针对不同电池系统优化的活性阳极材料，使用不同的阴极和电解质化学物质。该涂层将在匹配离子交换相容性方面发挥关键作用，这将推动电池性能超越目前已知的水平。”



BATTERY MATERIALS

David Wu

Ascent Funds 总裁

Forge Nano 是唯一一家能够为氢能公司在产能、性能和成本方面提供范式转变的大型 ALD 厂商。燃料电池可以使用涂有纳米涂层的“原子装甲”制备低成本金属催化剂，而不是昂贵的铂催化剂。



Steve Hunt

Nouryon 业务发展副总裁

“通过此次合作，我们致力开发催化剂和电池市场应用化学品。通过与 Forge Nano，我们可以利用我们的综合专业知识为一系列催化和锂电的客户推出新的解决方案。”



Filip Kozlowski

Leading Edge 首席执行官

“涂层是未来活性阳极材料生产商的最后也是最有价值的一步。与 Forge Nano 合作是 Woxna Graphite 项目向前迈出的一大步。Forge Nano 的 ALD 阳极材料涂层的优势已得到充分证明，在电池价值链中一些重要的欧洲投资者的支持下，他们的技术可能成为实现瑞典高性能活性阳极材料可持续来源的完美解决方案。”



Mark Ellsworth 博士

Tyco Electronics 高级技术总监

泰科电子的技术和行业专业知识与 Forge Nano 的材料涂层技术相结合，这将实现商业规模、颗粒上薄膜涂层。我们已经确定了几个可以应用粉末 ALD 技术的产品开发机会。这种合作使我们能够更有效得到所需的能力和专业知识。我们的目标是将这些独特的材料解决方案整合到创新的新产品中，为我们的客户提供优势。”

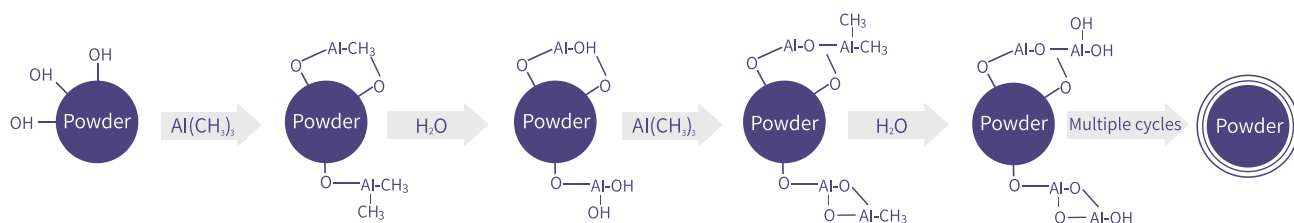
PALD 的前世今生

A large, stylized cyan letter 'B' graphic that occupies the central portion of the page. The letter is bold and has a rounded, modern design. It is set against a dark blue background.

ALD 以及 PALD 技术

ALD 技术(原子层沉积)属于气相沉积技术的一种,其特点为:通过交替式的通入前驱体化合物,从而实现薄膜的周期性生长,其厚度理论上可达到单原子层的控制精度。这使其区别于其它技术,拥有:较好的均匀性,可控性以及共形性。ALD 技术将完整的反应分成多个半反应,从而使前驱体的吸附反应具有自限制性,同时可在较低的温度下完成。正因为这些突出的特点,ALD 技术已被广泛应用于半导体,光伏,医疗等领域。但这些应用仅仅局限于平面纳米涂层,对于粉末材料,由于其较高的比表面积,业内长期以来缺乏低成本高通量的 ALD 包覆手段。

PALD 是指在粉末类材料表面进行 ALD 涂层包覆的专有技术。粉末的高比表面积特性意味着更大的前驱体消耗和更慢的包覆效率,因此,粉末的分散对于获得均匀的薄膜至关重要。Forge Nano 经过多年的发展,已经形成包括:流化床,旋转床,振动床在内的多种实验室解决方案。并创新的使用空间 ALD 技术,率先实现了包覆的量产。







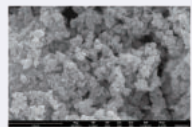

PALD 包覆为粉末材料带来的提升

| | | | | |
|---|---|--|--|--|
| <p>粉末材料的性能提升</p> | <p>针对不同应用领域的需求, PALD 也可以带来最终使用效果的明显提升, 为产业链提供更多的附加值。</p> | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> +物相结构稳定性 +耐湿氧性能 +耐腐蚀性能 +缺陷钝化改善 +表面化学功能化 +光学增强 +粘度调节 +电导率调控 +孔隙率控制 +润滑/润湿性 +附着力改善 +成核控制 | <p></p> <p>锂电电极</p> <p>寿命提升 50%循环使用寿命提升</p> <p>安全性改善 减少热失控风险</p> <p>可规模化生产 规模化生产能力</p> | <p></p> <p>金属/陶瓷</p> <p>安全性提升 表面钝化层</p> <p>流动性改善 3倍流动性提升</p> <p>成本控制 保证效果的同时减少粉末使用量</p> | <p></p> <p>API 原料药</p> <p>热稳定性提升 无需冷藏运输</p> <p>缓释 调控缓释剂量</p> <p>润湿性 调整表面润湿性</p> | <p></p> <p>催化剂</p> <p>耐用性提升 抑制颗粒烧结与浸出</p> <p>增强选择性 调控目标产物选择性产量</p> <p>活性提升 可获得粒径均一的超细纳米颗粒</p> |

■ PALD 比传统的 ALD 难度更大

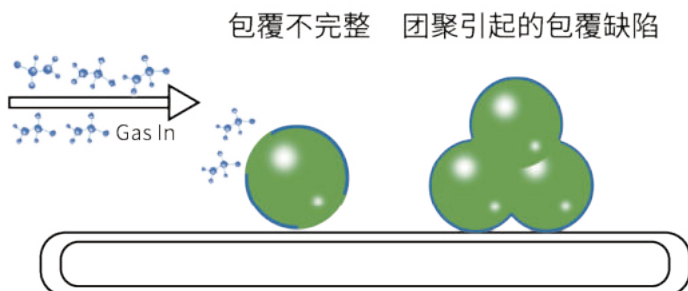
前驱体用量庞大

ALD 反应中的前驱体化合物一定是过量的。与平面样品不同，粉末材料的比表面积呈几何数量级增长，因此做到均匀包覆需要使用数量庞大的前驱体化合物。对于平面样品，每个周期的时间在几秒到数分钟不等，因此前驱体的反应效率较高。但粉末样品的单循环反应时间较长，前驱体需要大量多次鼓入。因此在处理粉末样品时，传统的平面 ALD 设备处理效率会极低。

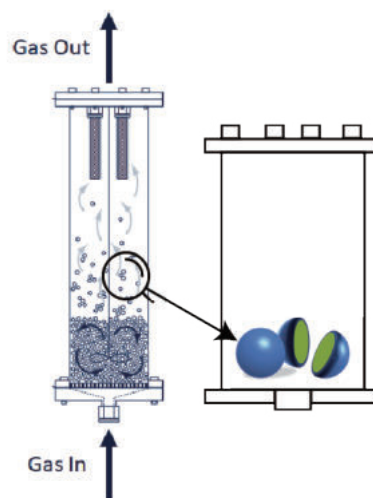
| 同等重量下平面样品与粉末样品表面积对比 粉末样品呈几何数量级增长 | | |
|--|--|---|
| 名称:1元硬币 尺寸:直径 2.5 cm 重量:约 6g   表面积:约 0.000452 m ² | 名称:大米颗粒 尺寸:粒径 5 mm 重量:约 6g   表面积:约 0.5574 m ² | 名称:磷酸铁锂 尺寸:直径 10 μm 重量:约 6g   表面积:约 8918 m ² |

粉末分散的方式

对于粉末样品，其较高的比表面积以及易团聚的特点导致平面样品的扩散方法并不适用。如果不对粉末样品进行分散，前驱体扩散通过相同体积的粉末样品并实现饱和吸附的效率会大大降低，同时对于因为团聚而产生的二次颗粒，会产生很多包覆的缺陷。



平面 ALD 无法很好的处理粉末样品



粉末 ALD 处理粉末样品均匀包覆



产品介绍



01

从实验室到产线的 端到端解决方案

PROMETHEUS

OLYMPUS

MORPHEUS



实验级:0.1g-1kg

中试级:1 kg-1 ton

工业级:6,000 T/yr 单线

02

可提供的设备方案

| | |
|------------------|------------------|
| Prometheus 普罗米修斯 | 工艺开发型 ALD 系统 |
| Pandora 潘多拉 | 科研型多功能 ALD 系统 |
| Lithos | 定制中试/生产型 PALD 系统 |
| Morpheus | 定制生产型 PALD 系统 |
| Circe | 定制生产型 PALD 系统 |
| Apollo/Theia | 平面 ALD 工具 |
| 委托服务 | 美国工厂代包覆及工艺开发 |
| 基础验证 | 中国技术支持中心小批量包覆验证 |

我们的技术及生产方法格外适合



处理和涂覆锂离子电池中的电极粉末



电子设备中用于电极的金属粉末



化工以及燃料电池中的催化剂粉末



医药领域中的 API 药物粉末

凭借手套箱互连, Forge Nano 能够轻松地在线和在完全惰性的环境中输送和涂覆这些材料。

■ 实验级 ALD 方案

PROMETHEUS

流化床原子层沉积系统

设备特点



运行可靠

适配工业化设计，稳定产出高质量样品



业内唯一流化床方案

保障粉末包覆的均匀性



模块化升级定制

2-8 路前驱体通道可选



超高批次粉末处理量

批次公斤级粉末处理能力



工艺监测

配备在线质谱仪，保障工艺可控性



工业化方案升级

提供实验室成果到生产级的解决方案



实验室极限测试证明

“它已经不停机连续运行了**18个月**。

这太棒了，因为它除了

不断工作，什么也不干！”

实验级流化床 PALD 纳米包覆技术

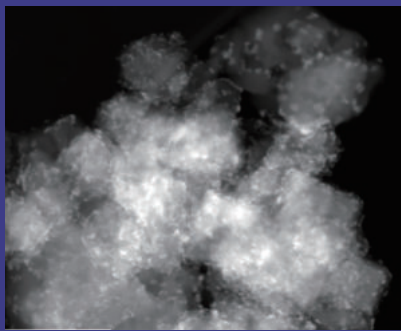
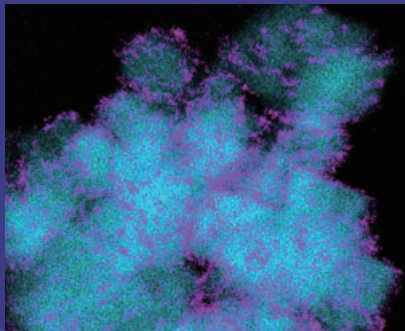
Forge Nano 为研发人员带来了世界上最强大、灵活及性价比的原子层沉积 (ALD) 研究与开发工具。Prometheus 系列非常适合对毫克到千克级粉末进行精密的纳米包覆，帮助用户实现从突破性研发——新产品开发——知识产权及专利的阶段转换。

PALD (粉末 ALD) 流化床技术

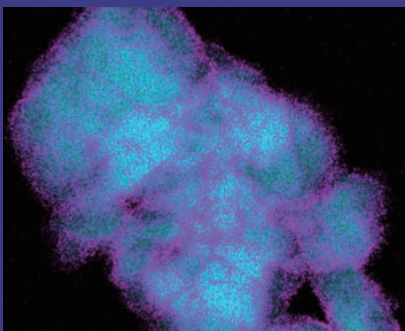
Prometheus 系列旨在为研究人员提供大量粉末的精细涂层开发的工具。系统最多可容纳 8 种前驱体，包括高蒸汽压输送和鼓泡低蒸汽压输送系统，可轻松处理气体、液体和固体前驱体配方。整个系统中独立加热的区域可确保前驱物和敏感基材的最佳运行条件。这款新颖的 ALD 研发工具配有多种流化手段，可确保颗粒充分流化以形成均匀的涂层。振动流化床反应器和高剪切射流有助于防止粉末聚集并改善反应器中的混合。高度自动化和智能监控使进料可高度受控。该系统配备有紧急停止逻辑，以使 ALD 系统能够连续、安全且自主地运行。用户界面也很直观，易于使用及学习。

多功能 灵活 经济

Forge Nano 提供多种系统配置来匹配不同的客户需求，多年的粉体包覆和系统设计经验让我们成为你科研路上的理想伙伴。利用 Prometheus 系列你可以进微量的包覆实验，也可以进行小批量的规模化成产。



溶胶凝胶法包覆



PALD 包覆效果



PROMETHEUS 设备配置

| 技术参数 | 参数 | P2L | P2 | P4 | P6 | P8 |
|----------------------|-------------------|------|----|----|----|----|
| 前驱体通道 | 高蒸汽压前驱体通道 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| | 低蒸汽压前驱体通道 | / | / | 2 | 2 | 2 |
| 反应腔 | 12-150ml 振动流化床反应器 | 标准配置 | | | | |
| 反应腔结构 | 不锈钢/金属密封反应器 | | | | | |
| 反应器温度 | Up 400°C | | | | | |
| 管道温度 | Up 200°C | | | | | |
| 气体处理 | 管道阀, 过滤装置 | | | | | |
| HMI | 控制软件及专用电脑 | | | | | |
| 可选配置 ✓ 包含 ○ 可选 | 加热夹套 | / | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | 真空泵 | / | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | 在线质谱 | / | ○ | ○ | ○ | ✓ |
| | 流化辅助(射流辅助) | / | ○ | ○ | ○ | ✓ |
| | 适配手套箱的设计 | / | ○ | ○ | ○ | ✓ |
| | 臭氧发生器 | / | ○ | ○ | ○ | ✓ |

反应腔容积: 0.5-5ml; 12-150ml; 100-600ml; 其它定制容积

- 流化床工艺, 可处理各种尺寸与种类的粉体
- 加热前驱体蒸发, 内含多区块实现固体或低压蒸汽前驱体独立加热
- 区域隔离实现真空条件制备较为敏感的粉体及薄膜, 批量产量每日 mg - kg 范围
- 配方可实现定制化需求, 系统高度自动化综合控温程序可确保精确沉积
- 耐高温配件保证系统高效长久使用, 规范的标准操作流程及紧急停止系统可有效规避安全风险

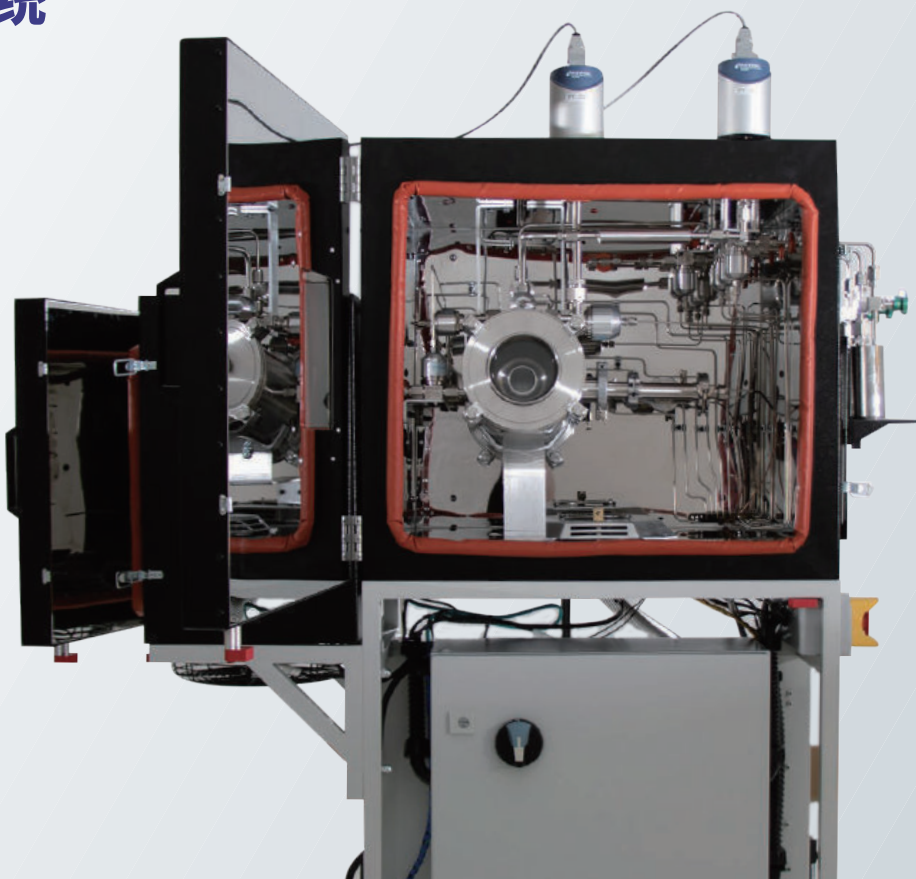
■ 实验级 ALD 方案

PANDORA

多功能原子层沉积系统

设备特点

-  **运行可靠**
适配工业化设计，稳定产出高质量样品
-  **简单易用**
旋转床可视化包覆实验
-  **可定制化**
3-6 路前驱体通道，100ml 以内批次粉末处理
-  **强大ALD平台**
可配备在线质谱仪，QCM 等工艺监测工具
-  **升级方案**
提供实验室成果到生产级别的解决方案
-  **高度样品兼容**
多种基底：粉末、纤维、物件



准备好开启“魔盒”

“这台设备可以在平面样品与粉末样品之间**切换自如**，你甚至可以通过窗口观察粉末的**旋转包覆过程**”

PANDORA

实验级旋转床 PALD 纳米包覆技术

有许多人相信，潘多拉的魔盒虽被打开，但其中还留用最宝贵的宝藏—希望。科学研究就是不断探索未知的过程，更需要最先进的科研工具。对于拥有平面，粉末样品需求的研发人员，如何实现两种不同类型样品的包覆一直是行业难题。Pandora 是 Forge Nano 专为科学研究设计的入门级 ALD 包覆工具，可以轻松实现平面样品与粉末样品的自由切换。

高兼容性

Pandora 拥有一个最大可容纳 100ml 样品的粉末腔室，并可通过加入平面样品台实现 100×100mm 的平面样品沉积。这一设计很好的改善了传统 ALD 系统只能实现平面样品沉积的尴尬局面。由于粉末样品的高比表面积，传统的平面 ALD 沉积扩散效率太低，而 Pandora 采用旋转式反应腔+精确前驱体注入系统可实现最大效率的前驱体利用率及粉末分散效果。粉末在腔室中做滚动旋转，同时利用反冲装置可防止粉末的团聚。旋转床粉末包覆可最大限度提升粉末的兼容性，实现更多类型的粉末包覆。

紧凑设计

Forge Nano 提供多种系统配置来匹配不同的客户需求，多年的粉体包覆和系统设计经验让我们成为科研道路上的理想伙伴。Pandora 多功能原子层沉积系统可以实现最高 6 套独立前驱体通道，可配备 3 路低蒸汽压前驱体通道。为更方便对反应进行监控，实现稳定的工艺，系统可配置微量石英晶体天平以及质谱仪。等离子增强系统则可有效拓展 ALD 的适用材料，在低温条件探索更多可能。

多领域应用

Pandora 系统满足 cGMP 规范，可用于制药，能源，催化，3D 打印等多个领域。对于研发者，利用该系统可实现配方工艺的验证，并通过 Forge Nano 的技术实现放大与规模化生产。

设备配置

前驱体通道

3-6通道

独立加热

静态流/动态流兼容

反应室及阀门可加热(最高200°C)

支持基底材料

粉末

平面基底

原料药 (API)

小型器件

纤维材料

可选配件

体积定量注入系统

石英反应观察窗

原位石英晶体天平 QCM

在线质谱分析仪 MS

平面样品架

反应腔

0-200 ml

0-90 rpm 转速

D-key 快速腔室更换系统

实时压力温度反馈

自动化

直观操作界面及配方工艺编辑

数据实时记录反馈(压力,温度)

可自定义粉末 ALD 配方并快速启动



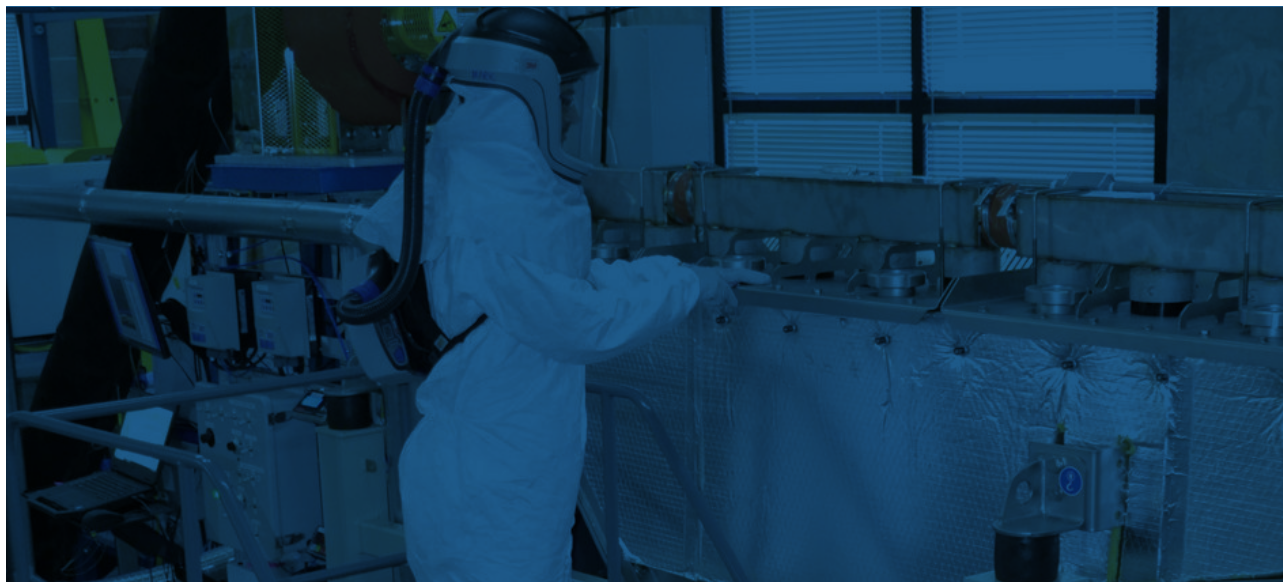
■ 中试及生产级 PALD 方案

LITHOS

定制中试生产型 PALD 系统

Forge Nano 的 LITHOS 旋转混合反应系统结合了旋转粉末处理方面的行业专业知识和对 ALD 的深刻理解，从而形成了一个易于使用、灵活且可靠的生产系统。LITHOS 旨在为每个颗粒提供无与伦比的包覆厚度和一致性控制，同时最大限度地减少或消除颗粒聚集。系统处理量可定制，满足从中试级到工业生产级的需求，确保为每位客户提供最佳解决方案。

| 技术参数 | |
|----------|--------------------|
| 粉末处理量 | 50-500L (最多 1 吨)/次 |
| 最大工艺温度 | 200 或 400°C |
| 工艺管道耐受温度 | 200°C |
| ALD 周期数 | 无限制 |
| 原位在线表征 | 在线质谱监测 |
| 前驱体通道 | 最多4路 (标配2路) |
| 装料/卸料 | 手动或重力倾倒 |
| 粉末处理 | 旋转床配合辅助手段 |
| 系统尺寸 | ~3×2×3m |
| 可选功能 | |
| 其它处理模块 | 动力泵, 收集料斗, 散装袋装载机 |
| 前驱体补充 | 从储存室小批量补充, 减少停机时间 |
| 消耗品及配件包 | 包含常用易损品以及备件 |



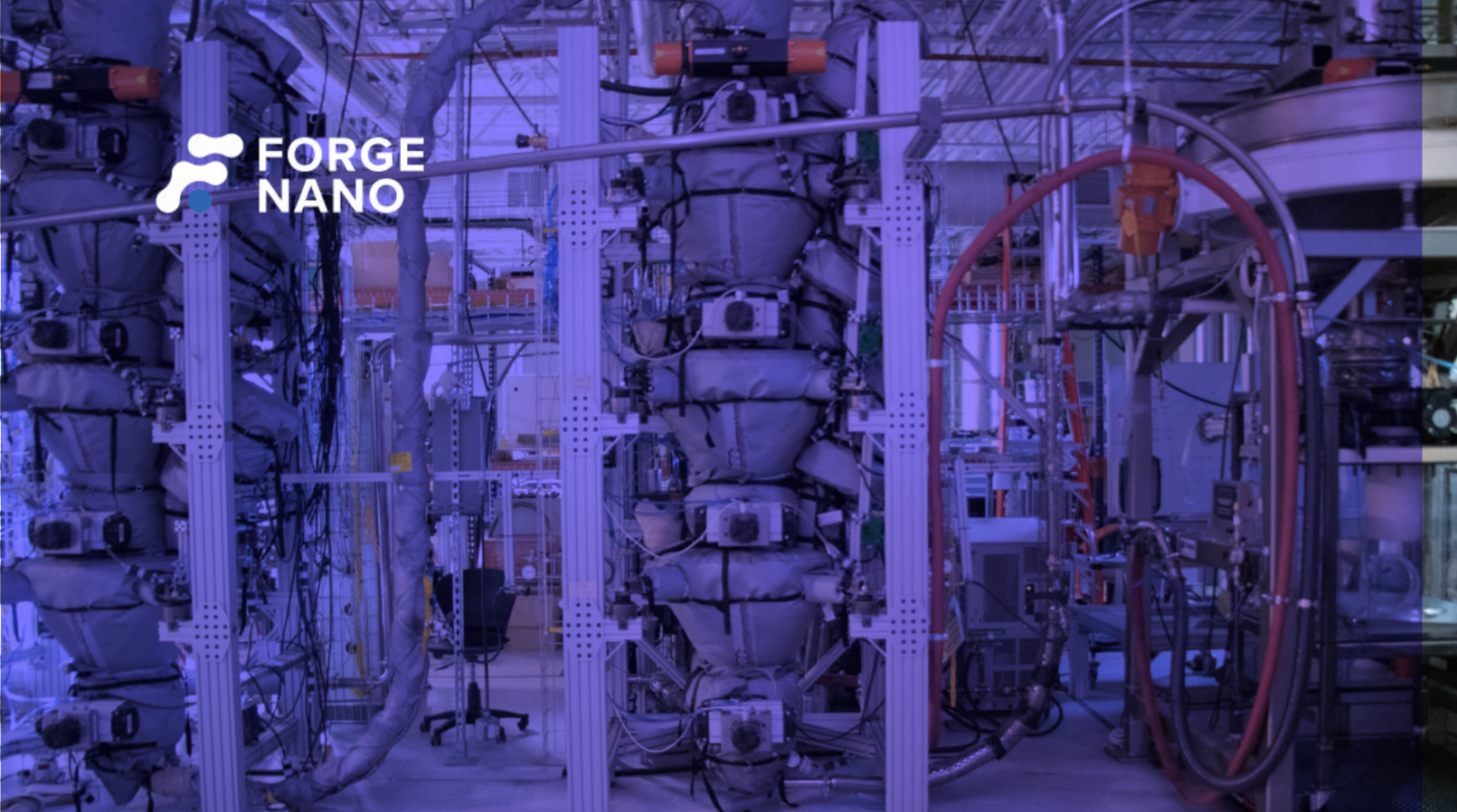
CIRCE

连续振动床 生产型 PALD 系统

Forge Nano 的连续振动反应器系统将我们在材料处理方面的专业知识与对 ALD 的深刻理解相结合，提供强大而可靠的工业机器。CIRCE 系统旨在以无与伦比的厚度和一致性控制涂覆每个颗粒，而不会聚集颗粒。连续振动系统可让您以紧凑的占地面积最大限度地提高连续化生产能力。

设备配置

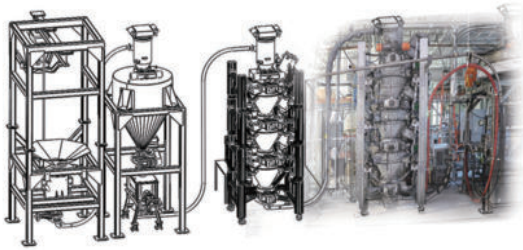
| 技术参数 | |
|----------|--------------------|
| 粉末处理量 | 50-500L (最多 1 吨)/次 |
| 最大工艺温度 | 200 或 400°C |
| 工艺管道耐受温度 | 200°C |
| ALD 周期数 | 无限制 |
| 原位在线表征 | 在线质谱监测 |
| 前驱体通道 | 最多 4 路 (标配 2 路) |
| 粉末处理 | 旋转床配合辅助手段 |
| 系统尺寸 | ~3×2×3m |
| 可选功能 | |
| 其它处理模块 | 动力泵, 收集料斗, 散装袋装载机 |
| 前驱体补充 | 从储存室小批量补充, 减少停机时间 |
| 消耗品及配件包 | 包含常用易损品以及备件 |



■ 中试及生产级 PALD 方案

MORPHEUS

多级流化床生产型 PALD 系统



连续化生产是粉末工程提升到工业处理能力的重要途径。Morpheus 采用独创的空间 ALD 技术弥合了从小规模到商业规模 PALD 的鸿沟，可实现每年千吨级的亚纳米级涂层包覆粉末的加工，使商业规模的原子层沉积成为现实。Morpheus 可以根据产能进行定制从而实现半连续化生产。我们将 Morpheus 设计为模块化的多级流化床系统，根据使用需要进行堆叠或重组。

设备配置

| 技术参数 | |
|--------|------------------------|
| 粉末处理量 | 1000-6000 吨/年 |
| 最大工艺温度 | 50-200°C |
| 前驱体通道 | 2 路 |
| 装料/卸料 | 散装袋或气动装载 |
| 粉末处理 | 多级流化床 |
| 系统尺寸 | ~20' L x 12' W x 16' H |
| 可选功能 | |
| 其它处理模块 | 粉末装载/卸载处理、惰性装载/卸载 |



产品行业应用



01

电池材料包覆改性



更好的电池, 更好的世界

电池工作时, 内部产生的有害反应如过渡金属溶解、锂损失和固体电解质膜 (SEI) 过度生长, 会导致电池性能下降, 甚至带来安全隐患。原子层沉积 (ALD) 工艺可以提供最精确、可重复、可扩展的高性价比涂层, 以削弱有害反应的危害并提高电池的性能。ALD 可应用于多种正负极粉末材料, 具有延长电池周期寿命、减少气体生成、减少锂不可逆损耗和高电压工作稳定性等优势。

正负极粉末上的 ALD 涂层可提高电池性能。ALD 涂层可减少金属溶解, 减少 SEI 形成, 减少锂损失。这些影响可根据应用提供以下好处:

| | |
|---|-------------------------|
|  | 更高的工作电压 (高容量) |
|  | 更长的使用寿命 |
|  | 更长的循环周期寿命 |
|  | 减少气体生成 |
|  | 减缓循环后的阻抗增加提高容量保持率 |
|  | 增强安全性更高的热失控起始温度 ARC 测量等 |

02

催化剂涂层构筑

多相催化剂对于石油炼制、塑料制造、食品和生物燃料生产以及许多化学制造工艺至关重要。然而在催化剂的使用过程中，活性物质的热解或烧结会导致催化性能下降甚至失活，带来制造成本的大幅上升。更有数据表明，很多企业每年需要花费数十亿美元的用于再生或替换废催化。因此，对催化剂成分和结构的调控对提升催化性能有积极意义。ALD 提供了一个创造表面活性催化剂位点的方式，从而创造出传统合成方法无法实现的高性能催化剂。用以提供固有的稳定性、选择性和性能的原子层沉积(ALD)已被证明具有成本效益，并在可以显著提升催化剂的性能。

ALD 提升催化剂性能

ALD 涂层的作用是多方面的，一方面可以提高催化剂的选择性和使用寿命，从而提高催化剂的性能。另一方面可有效减少金属催化剂的析出或烧结，从而避免反应的比表面积和性能下降。

ALD 对催化剂的增益效果

减少金属纳米颗粒析出

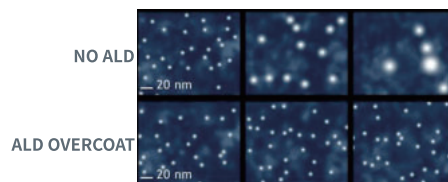
更高的催化活性

减少热分解

减少活性组分烧结

钝化包覆，催化剂寿命增加

400°C 4 Hour 400°C 4 Hour 400°C 4 Hour



03

金属/陶瓷粉末

金属/陶瓷技术在医疗、牙科、汽车、半导体，航空航天和国防工业中都有重要的应用，该技术的应用依然面临不小的挑战，主要包括原料粉末流动性差，金属粉末氧化，有害副产物、夹杂物，以及成品的缺陷等。ALD 技术为 3D 金属/陶瓷粉末原料提供了多种改进方案：粉末流动性、绝缘、防潮/抗氧化性、烧结改善界面、减少夹杂物。

ALD 涂层对金属粉末的增益

流变学：改善耐湿性、流动性、压实度、分散性、内聚力

降低反射率

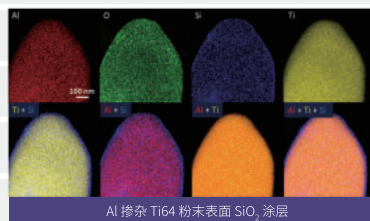
减少氧化

促进烧结

获得更小且均匀的晶界

减少夹杂物

氧化物溶解成散装材料的好处





美国总部

1172 W Century Dr#240 Louisville, CO 80027
(720)259-8579
www.forgenano.com

复纳中国总部

上海市闵行区申滨路 88 号丽宝广场 T5-704、705
400-857-8882



扫码关注送 Application Note

FORGENANO