

## OptiSense与新能源电池

二十多年前，OptiSense公司从Fraunhofer Institute分拆而来。如今，Haltern的制造商被认为是小型化测量解决方案的市场领导者，其质量和技术被众多用户称为“德国设计和制造”的代表之一。

本白皮书展示了光热“预警系统”是如何创建应用锂离子电池单元的测量。OptiSense开发的特殊测试技术用于提升品质、减少废品并持续改进电池生产

## 电池生产的质量保证 锂离子电池在线测试技术

为了使锂离子电池具有竞争力，它必须廉价制造，具有高能量密度，并尽可能长时间持久使用。当制造数百万单位的电池时，高质量极为重要；因为在极端情况下，错误的生产会导致电池自毁和起火。因此，最重要的是，电池必须是安全的。

产线集成测试系统，且与智能数据概念完美结合，正日益成为有效质量保证和电池生产成本效益提高的核心要素。

是涂层厚度测量领域的市场领导者，可提供光热涂层厚度测量系统，为锂离子电池的成本降低、资源节约和安全性做出重要贡献。

# 锂离子电池在线测试技术

专门开发的光热在线测试技术不断优化电池生产质量：  
从浆料在箔膜上的涂覆测试（左）· 测量电池外壳上的绝缘漆涂层厚度（右）



## 高性能和低成本的储能是竞争中的关键因素

锂离子电池的生产所面临重大挑战，是快速增长的需求加上不断增长的质量要求和低廉的价格。世界各地的电池制造商面临压力，要求必须不断提高工艺效率和稳定性，并进一步确保未来几年的竞争力和可持续性。

然而，当试图实现这些目标时，现有的方法已经达到了极限。为了将来更广泛使用用于移动或固定能量存储的锂离子电池，必须进一步降低电池的单元生产成本。更少的制造故障和相关的低废品率是经济生产的中心要求。

## 电池生产中的拒收率是一项核心要求

为了确保电池生产过程中的最佳质量，应在制造过程的早期即进一步加工之前进行缺陷检测。到目前为止，只是在电池制造过程结束时，

进行了生产终点检查。即使在终点，也几乎没有任何测试程序可用于这些苛刻的任务，因为传统的测量方法（如涡流传感器）会通过直接机械接触损害工艺流程。借助OptiSense开发的光热测量技术，锂离子电池制造商现在可以在生产过程中进行电池组件的“预警测试”。

## 光热法在电池生产过程中的测试

为了在早期阶段及早检测各种电池的制造故障，德国OptiSense公司开发了一种测试系统，该系统主要依靠光热能量，以非接触和非破坏的方式确定涂层厚度（在本例中为电极和电池单元的绝缘）。利用涂层和基体的不同热传导特性用于确定绝对涂层厚度。

在涂层表面用一个短而强烈的光脉冲进行加热，将热量将散发到更深的区域而再次冷却。涂层越薄，温度下降

越快。随时间变化的温度曲线用快速、高灵敏度的红外传感器记录，并转换成相应的涂层。

得益于微小的测量点，可以精确测量最小部件的角和边缘。获得的数据与生产线其它设备进行整合，并做出评估和优化，使电池制造商能够识别故障模式、优化生产流程并建立全面的生产数据管理。这为电池生产中的全新质量标准 and 标准铺平了道路。

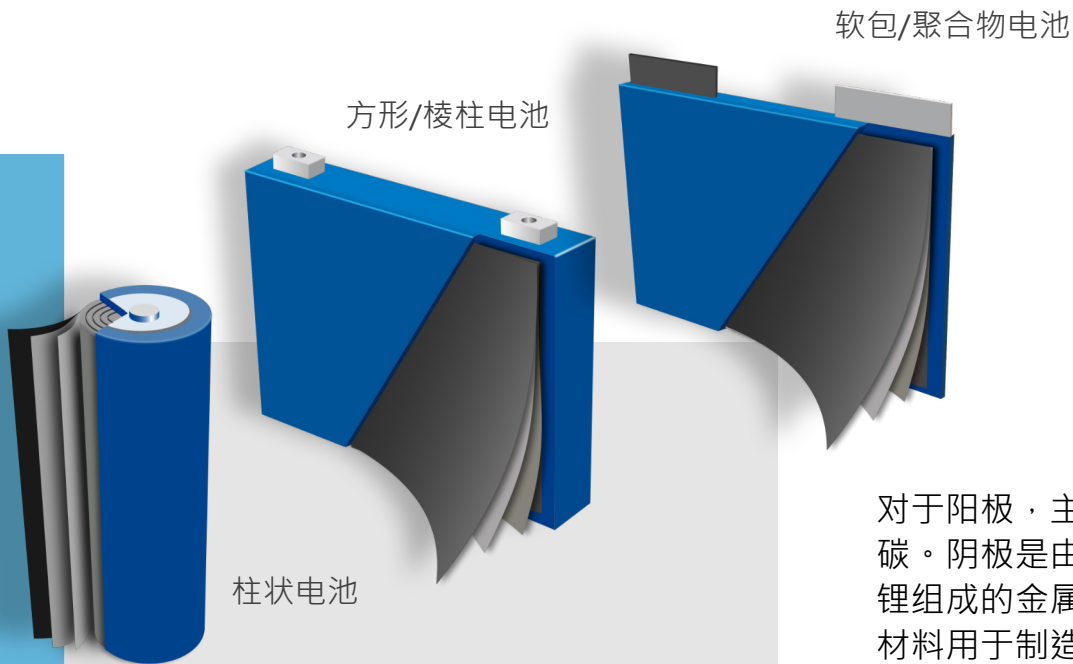
## 电池制造工艺

在以下所示的电池制造流程中，可以使用OptiSense测量方法在不同的生产阶段测试电池。在线检测系统，在生产过程中可以检测涂层厚度缺陷，而无需接触敏感表面。

## 浆料涂覆层的测量

在第一步中，将电极的粉末状原料与水 and 溶剂混合

为确保电池生产质量尽可能高，废品最少，  
必须在制造过程中尽早发现缺陷



## 电池及其电池格式

### 柱状、方形/棱柱、软包/聚合物电池

锂离子电池模组由几个电池单元组成。每个电池都包含一个阳极、一个阴极、一个隔膜和液体离子导电电解质。锂离子通过液体电解质从一个电极移动到另一个电极。这种情况发生在完全的真空中。

电池单元执行电池的核心任务：储存和释放能量。根据应用的不同，例如在娱乐电子产品或汽车行业中，单元格的大小和格式不同。目前主要有三种形式：圆柱形、方形/棱柱形和薄而灵活的软包/聚合物电池。

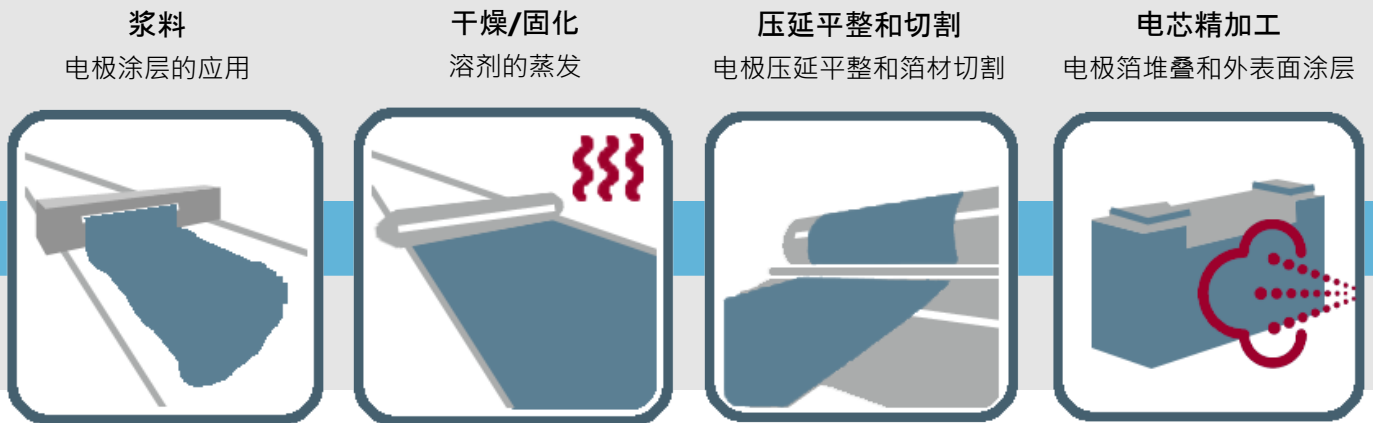
不同的电池形式是以类似的方式制造的，但在制造过程中有一个关键区别：圆柱形电池，电极和隔板是缠绕的；在软包/聚合物电池，它们是堆叠的。单元层可以是平的或堆叠的。棱柱状电池的外壳由坚固的材料组成，通常是金属。

对于阳极，主要是石墨，即碳。阴极是由镍、钴、锰和锂组成的金属氧化物。这些材料用于制造电极浆料，称为浆料。该浆料将涂覆在薄箔的金属载体之上。阴极浆料放在铝箔上，阳极浆料放在铜箔上。在OptiSense方法的帮助下，可以在工艺的早期检查涂层厚度的质量。该方法已在实验室的系列测试中成功地在电极上进行了测试。

### 浆料应用的特殊性

浆料被涂覆在箔的两侧，然后在气垫上的干燥机中盘旋。通过检测有缺陷的涂层并避免干燥龟裂。仔细的控制该处理步骤，可以节省大量成本。基于“Paint Checking Industrial Tube”传感器的强大功能，且模块化的系统特别适合于这一要求苛刻的任务。它能够无缝集成到生产线的自动化过程中。

# 电池制造过程中的不同工艺阶段



## 使用OptiSense技术进行电极测试

在接下来的流程中，涂覆的箔经过轧机/压延机。在此过程中，向涂层施加200吨压力，使涂层厚度均匀；所允许的公差为几个微米。OptiSense技术可以检查轧制箔的涂层厚度，即铜箔上的阳极材料（石墨）和铝箔上的阴极材料（锂化合物）。OptiSense技术的短测量时间非常适合锂离子电池生产中压延过程的非接触式在线表征。为此，传感器可安装在轧机上的不同位置。通过将多个单独的传感器组合成传感器阵列，使测量可靠性提高。同时，该系统出现错误测量的概率极低。

## 卷材测试

箔带对于电池单元来说仍然太宽，因此被切成窄条。这条又长又窄的电极带被机器切割成合适的长度。安装在两个电极之间的白色隔膜也

被切割成一定长度。除了干燥和压延过程之外，OptiSense光热检测系统还可以检测不均匀的涂层而不接触表面，从而避免成本高昂的废品。

## 电池封装

涂覆的电极箔干燥、轧制并切割成一定尺寸后，将其组装成电池单元。特殊机械将不同的箔堆叠在一起，从而形成电池单元。特殊机械将不同的箔堆叠在一起，从而形成电池单元。

多余的箔被切断，从而使电极达到均匀的尺寸。突起形成电池的正负极。通过激光焊接。在聚合物电池中，成品电池堆用铝箔包裹，在密封防水。聚合物电池很灵活，可以很容易地通过它的大表面散热。在圆柱形电池中，电池组封装在密封的金属外壳中。外壳上有一层油漆涂层，将最终电池组件中

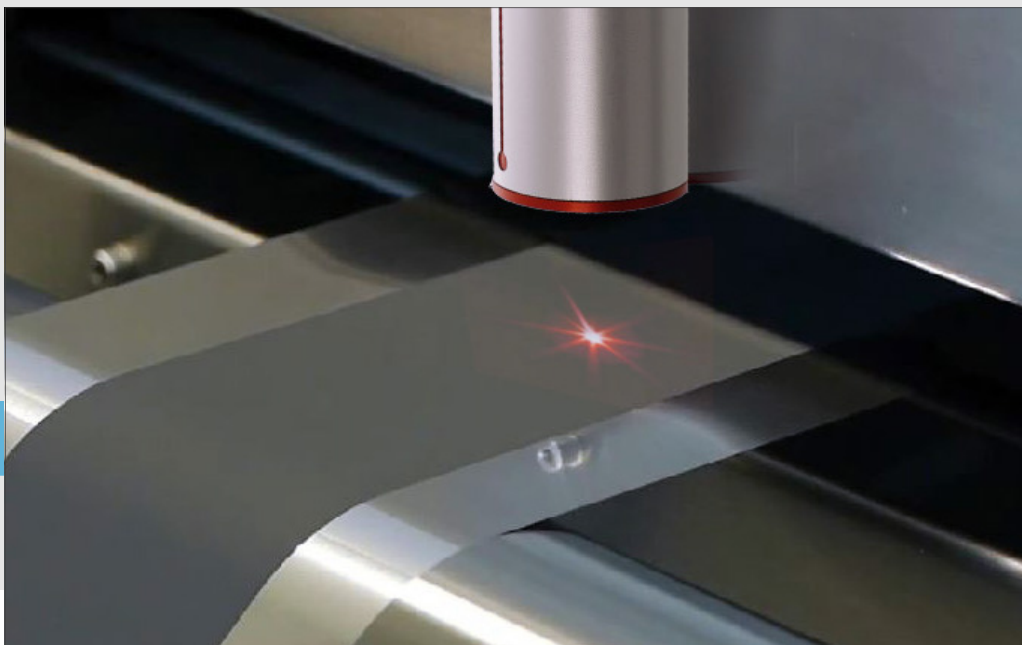
的电池彼此隔离。目前已经有多条生产线上采用OptiSense光热传感器进行了绝缘层厚度的在线测试。

## 从电池单体到电池模组

许多汽车制造商在他们的电子汽车上使用扁平的袋式电池，因为由于其柔性外壳，这些电池可以制造和折叠成任何形状。为了防止损坏和散热，电池有一个坚固的铝外壳，该外壳是密封的激光焊接。外壳通常涂有光固化涂料，然后在紫外线室中直接固化。这些电池中的几个被组合在一起形成一个电池模块。这些模块的尺寸和数量最终决定了车辆的性能和续航里程。高达800伏的电压比家用电源插座的电压高得多。因此，电池必须相互隔离，以可靠地防止短路和整个电池可能烧坏。

为此，电池的外部配备了涂层，该涂层必须既能保护表

OptiSense技术 检测金属箔·细长的电极带



面，又能起到必要的绝缘功能。涂层厚度是一个与安全相关的参数，在生产中必须严格把控。使用OptiSense的光热技术可以精确的检查涂层厚度。

### 电池外部的涂层厚度是与安全相关的重要特性

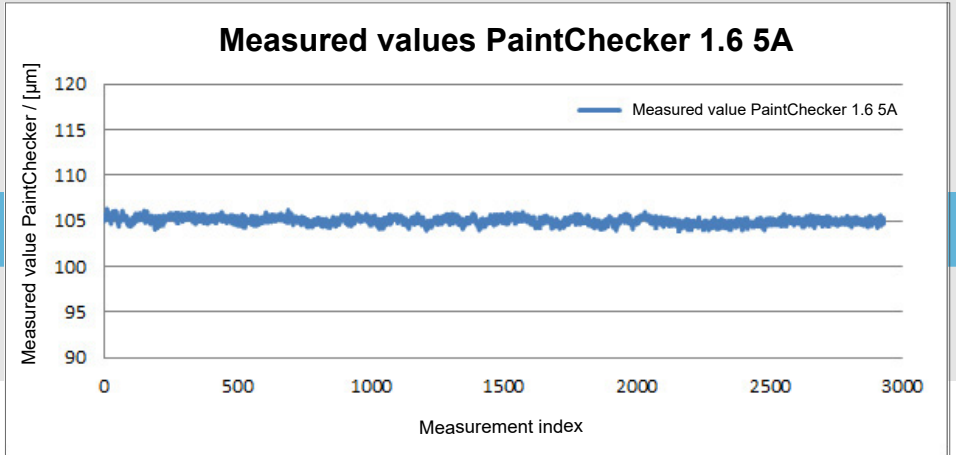
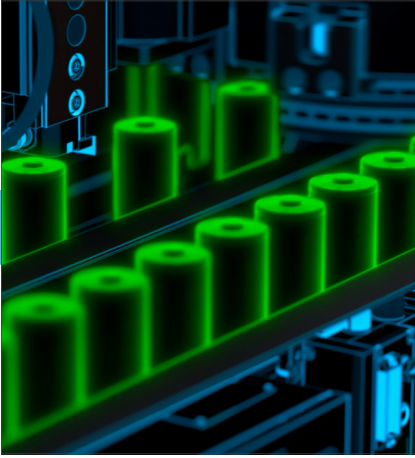
涂层厚度是功能关键特性，因此必须可靠地检测各种类型的涂层缺陷，如由油漆流动造成的涂层不均匀，以及损坏、划痕、裂纹或灰尘或棉绒等截留颗粒。因此，非接触式、100%的测试是品控所严格要求的：涂层后，每个单体电池立即在传送带上移动到测量站。在不接触电池的情况下，通过OptiSense系统在几个位置检查涂层的厚度。利用光热测量方法，可以快速、定量地测定涂层厚度，从而提供精确、可重复的结果。然而，短的循环时间和有限的空间经常带来难以想象的特殊挑

战：为了评估涂层的整体质量，如上所述，在几个位置进行测量。但由于物理原因，测量时间不能任意缩短。传统的单点传感器从一个测量点移动到下一个测量点会消耗很长时间，而且市场上现有的传统传感器太大，无法同时进行多点测量...，所有的这些局限，严重的影响了生产节奏。

生产的需求即是技术进步的推动力。OptiSense开发了全新的自动化系统，该系统可以同时测量多个点，并且极大的缩小传感器的物理尺寸，可以在有限的空间中相邻放置。PaintChecker工业n型测量仪，一种用于非接触、无损涂层厚度测量的光热测量系统，可以同时控制多个传感器头。它适用于金属、橡胶和陶瓷上的油漆、清漆和粉末等浆状有机涂层和固化的有机涂层。该系统由一个中央系统控制，最多

# 测量设备的能力证明

测量值的极低离散性证明了光热涂层厚度测量的高质量



可连接八个传感器。Paint-Checker工业n型仪表具有与上游PLC的联接的各种接口，可将测试系统和控制软件完全整合和集成到生产线中。

## 电迁移应用的性能参数

通过将光学器件的光路折叠90°，可以缩短传感器头，使其适应极其狭窄的安装环境。

使用重量仅为150克的角度传感器，可以在40毫米的安装深度内快速、准确、可重复地测量高达300微米的涂层厚度。目前多条涂层生产线配备了新的OptiSense测试系统，并立即取得了令人满意的结果。

作为一个关键性的质量参数，涂层厚度对测量的准确性和再现性有严格的要求。作为测量设备能力分析的一部分，Optisense的光热测量

过程再次证明了其先进性。

经过6个半小时的耐久性测试，超过2900个测量周期，测量的标准偏差低于半微米，因此远比传统涡流或磁感应测量方法更准确。

## 电池生产数字化

伴随着工业生产数字化转型的过程，电池单元和模组生产的网络化、数字化生产对质量保证发挥着越来越重要的作用。工业制造的数字化是优化整个生产链从而提高企业竞争力的关键。

OptiSense正在测试创新的数据驱动方法，用于行业相关试验线的过程监控、控制和质量保证。通过这种方式，可以以模块化和基于需求的方式设计电池生产流程，以显著提高产品质量并提高电池生产的利润率。

## 结论

本白皮书介绍了在大规模生产制造三种形式锂离子电池（圆柱、方形/棱柱、软包/聚合物电池）几个阶段的解决方案：浆料应用、电极箔生产、电池精加工和外壳涂层。利用OptiSense开发的光热测量技术，锂离子电池制造商可方便、快捷、低成本地拥有一个“预警系统”，可以在固化前测试电池电极，并在几个关键生产步骤中进一步测试，从而大大减少产品不良率。密切监测涂层厚度是电池生产许多方面的关键因素之一，可以大大提高成本降低、资源节约和产品安全性。OptiSense测试解决方案的成功应用和独有设计为有竞争力的电池制造奠定了坚实的基础，从而在电池生产领域奠定了可持续和长期的定位。



OptiSense GmbH & Co. KG  
Annabergstraße 120  
45721 Haltern am See  
GERMANY  
Phone +49 23 64 50 882-0  
[info@optisense.com](mailto:info@optisense.com)  
[www.optisense.com](http://www.optisense.com)

