

工业制造中的耳朵

# 光学麦克风

无膜 非接触 宽带超声探测传感器及应用设备



工艺过程监控

超声无损检测

声场特征评估

天津普来曼科技发展有限公司

## 工业制造中的新耳朵——光学麦克风

倾听一个工艺制造过程，可以揭示大量的相关信息。

作为光学过程监测的一种补充，工艺过程的声发射监测是一种很有前途的替代方案。然而，声波探测器在过程控制中还没有得到广泛的应用，原因之一是它们的频率带宽有限。

一种基于激光的新型声学传感器克服了现有麦克风的缺点，为工业声学过程监测开辟了新的前途。



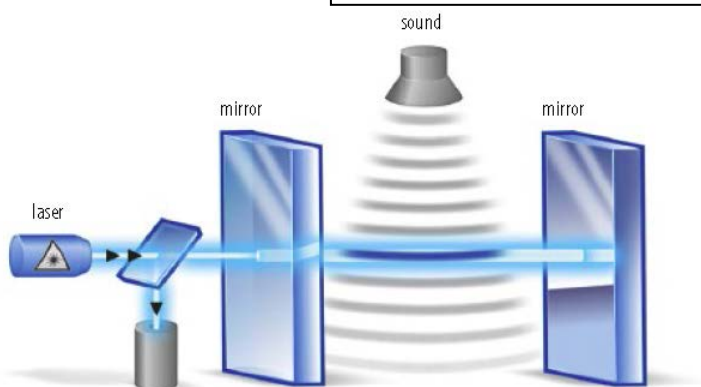
### Xarion

连接光纤的传感器头：

光学麦克风的中心器件是如图右侧所示的微型法布里-珀罗标准具。声音通过镜面之间的气隙进入标准具。小尺寸和坚固的玻璃元件，防止机械振动在全测量范围内低于传感器自身噪声带来的影响。

### Xarion

光学传声器工作原理：超声信号通过法布里-珀罗标准具内折射率的变化进行光学检测。



新的传感器是一个空气耦合（非接触式）声学换能器，它不受巨大的背景噪音影响。这种声学过程监测技术的特性是：

- 在线过程监控，不干扰和影响既有工艺过程
- 易于在现有的工厂实施
- 测量的统计学稳定性、不受背景或邻近机器噪音或电磁干扰的影响
- 抗灰尘、污垢和液体
- 低交叉敏感，要监测的参数是唯一可识别的
- 少而精的数据量，以降低控制软件的复杂性

# XARION 的 Eta 100 Ultra 无膜光学麦克风

使用单个传感器头可以覆盖 10 Hz 到 1MHz 的声频率带宽。  
该系统的设计还适用于高达 180 dB (A) SPL 的超高声压级。

## 特性

- 无膜光学麦克风
- 适用于非常高的声压级
- 频率范围: 10 Hz – 1 MHz（声波和超声波）
- 动态范围: 80 – 180 dB (A) SPL



## 声学

传感器类型	无膜，光学
频率范围	10 Hz – 1 MHz
动态范围	100dB
自有噪声-	1.5m Pa（BW:1Hz, @1KHz）
自有噪声-全带宽	1.5Pa
最大声压 THD<3%	12KPa
最大声压水平 THD<3%	176dB rel. 20μPa
损伤阈值	>194 dB rel.20μPa
灵敏度	0.35 mV/Pa @ 1KHz（0dB gain,50Ω）
极性	全方向
声场优化	自由场和压力场
校准	带有标准校准器用适配器

## 通用

最大输出电压	±15 V (高阻抗), ±7.5 V (50 Ω)
输出阻抗	50 Ω
输出端子	BNC
传感器头尺寸	直径: 5 mm; 长度:33 mm
传感器头重量	10 g
光纤长度	5 m（可指定）
信号处理装置尺寸	220 mm x 330 mm; 高: 95 mm
信号处理装置重量	8 kg
电压	230/120 V ±5%; 50/60 Hz
功率	< 50W

## 环境

储存温度	-20°C – 80°C (0°F – 175°F)
工作温度.传感器头	-20°C – 100°C (0°F – 210°F)
工作温度.信号处理装置	15°C – 30°C (60°F – 90°F)
环境湿度	无结露

# XARION 的 Eta 250 Ultra 无膜光学麦克风

使用单个传感器头可以覆盖 10 Hz 到 1MHz 的声频率带宽，非常适合过程监控。  
专为低自噪声要求的应用而设计。

## 特性

- 无膜光学麦克风
- 低自噪声水平
- 频率范围: 10 Hz – 1 MHz（声波和超声波）
- 动态范围: 50 – 150 dB (A) SPL



## 声学

传感器类型	无膜，光学
频率范围	10 Hz – 1 MHz
动态范围	100dB
自有噪声-	50 $\mu$ Pa（BW:1Hz, @1KHz）
自有噪声-全带宽	50 mPa
最大声压 THD<3%	400 Pa
最大声压水平 THD<3%	146 dB rel. 20 $\mu$ Pa
损伤阈值	>194 dB rel.20 $\mu$ Pa
灵敏度	10 mV/Pa @ 1KHz（0dB gain,50 $\Omega$ ）
极性	全方向
声场优化	自由场和压力场
校准	带有标准校准器用适配器

## 通用

最大输出电压	$\pm 15$ V (高阻抗), $\pm 7.5$ V (50 $\Omega$ )
输出阻抗	50 $\Omega$
输出端子	BNC
传感器头尺寸	直径: 5 mm; 长度:33 mm
传感器头重量	10 g
光纤长度	5 m（可指定）
信号处理装置尺寸	220 mm x 330 mm; 高: 95 mm
信号处理装置重量	8 kg
电压	230/120 V $\pm 5\%$ ; 50/60 Hz
功率	< 50W

## 环境

储存温度	-20°C – 80°C (0°F – 175°F)
工作温度.传感器头	-20°C – 100°C (0°F – 210°F)
工作温度.信号处理装置	0°C – 50°C (30°F – 120°F)
环境湿度	无结露

# Eta 450 Ultra 是 XARION 公司最灵敏的设备

它是为无接触超声材料测试而设计的。频率带宽从 50 kHz 到 2 MHz，使该传感器与宽带激光超声激励完美匹配。这种小型和无触点测试装置特别适用于复合材料、焊点和粘接接头的特性表征。

## 特性

- 无膜光学麦克风
- 频率范围: 50 kHz – 2 MHz
- 自噪声水平: 5 $\mu$ Pa (BW: 1 Hz, 测量@ 500 kHz)
- 最大声压 THD < 3%: 40 Pa
- 动态范围: 30 – 130 dB SPL @ 50kHz - 2mhz



## 声学

传感器类型	无膜，光学
频率范围	50 kHz – 2 MHz
动态范围	100dB
自有噪声-	5 $\mu$ Pa (BW:1Hz, @500Hz)
自有噪声-全带宽	10 mPa
最大声压 THD<3%	40 Pa
最大声压水平 THD<3%	126 dB rel. 20 $\mu$ Pa
损伤阈值	>194 dB rel.20 $\mu$ Pa
灵敏度	10 mV/Pa @ 1KHz (0dB gain,50 $\Omega$ )
极性	全方向
声场优化	自由场和压力场
校准	带有标准校准器用适配器

## 通用

最大输出电压	$\pm 15$ V (高阻抗), $\pm 7.5$ V (50 $\Omega$ )
输出阻抗	50 $\Omega$
输出端子	BNC
传感器头尺寸	直径: 8.8 mm; 长度:35 mm
传感器头重量	10 g
光纤长度	5 m (可指定)
信号处理装置尺寸	220 mm x 330 mm; 高: 95 mm
信号处理装置重量	8 kg
电压	230/120 V $\pm 5\%$ ; 50/60 Hz
功率	< 50W

## 环境

储存温度	-20°C – 80°C (0°F – 175°F)
工作温度.传感器头	10°C – 40°C (50°F – 100°F)
工作温度.信号处理装置	0°C – 50°C (30°F – 120°F)
环境湿度	无结露



moving sounds without moving parts

热声发射器(TAE)是一种独特的空气耦合超声源，用于在宽频率范围内进行超声激励。换能器通过快速电子放电产生狄拉克形状的空间聚焦超声脉冲。TAE 的操作没有运动部件，因此可以完美匹配 XARION 的光学麦克风。换能器的应用包括材料的非接触式超声评估(NDE)和声谱学应用。

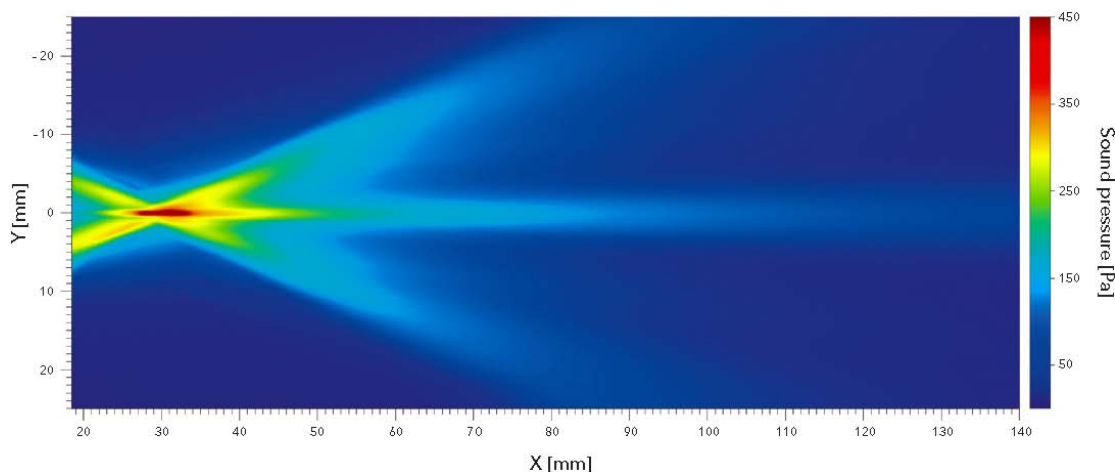
## 特点

- 脉宽:  $1\mu\text{s}$  (FWHM)
- 峰值压力: 1000 Pa (154 分贝 rel.  $20\mu\text{Pa}$ )
- 焦距: 20 或 30mm
- 频率范围: 10kHz - 1MHz
- 焦点尺寸: 1mm
- 用于空气耦合超声测试和声波光谱的生成

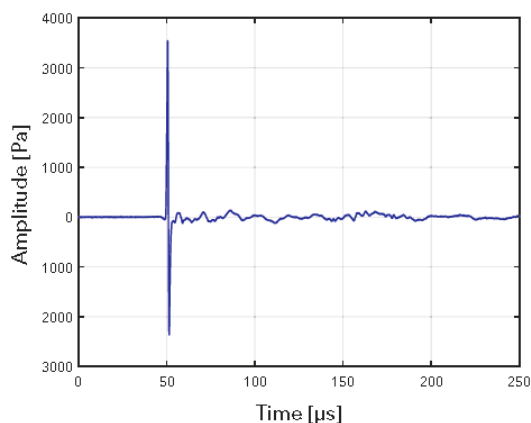
## 特性

发射器类型	热声
频率范围	10 kHz – 1 MHz
峰值压力	>2000 Pa (>160 dB <sub>SPL</sub> )
脉宽	1 $\mu\text{s}$ (FWHM)
声场	聚焦

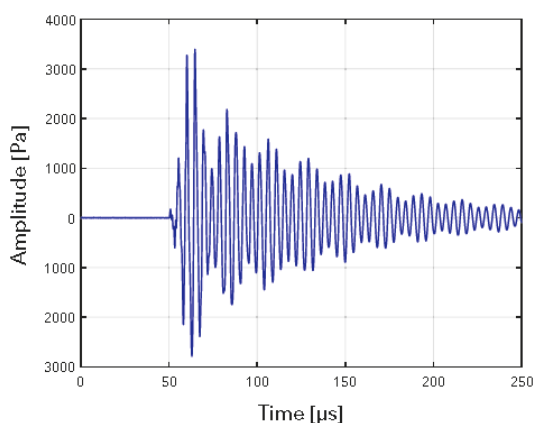
焦点尺寸	$\Phi$ 1 mm
焦点距离	20 or 30 mm
工作电压	0 – 750 V
尺寸	$\Phi$ 42 mm / 52 mm
重量	250 g / 400 g



用光学麦克风测量热声发射器的声场



热声发射器的脉冲响应



压电发射器的脉冲响应

在声学过程监测中，采用该技术的产品系统主要由两部分组成：

- 包括全光传感器头和由激光器和探测器组成的驱动单元
- 支持高速采集的模数转换器、软件和数据管理系统，通过测量数据进行在线过程控制

# 非接触声音过程监控系统

传感器  
硬件

**Eta250 Ultra 光学麦克风**  
带宽 10Hz-1MHz 空气传播的声音  
紧凑型光纤耦合传感器头(直径 5 毫米)  
模拟电压输出，设计为 50 欧姆和高阻抗  
可定制电缆长度(标准配置：5 米)  
用于工艺环境中传感器定位的传感器安装系统



数据  
采集

**HF-MES 数据采集和分析系统**  
基于 FPGA 的实时全声谱图显示，可达到每秒 30,000 个声谱  
允许时长 1 小时最高达 4 MHz / 24 位和 6 TB 存储的数据流  
工业通信总线和原始数据导出  
机载数据分析，如能量计算和模式识别  
坚固、可运输式箱体





## 功能

### 通过空气检测和分析高达 1 MHz 的声学过程特征。

光学麦克风可以真正实现工业过程监控。无需固体或液体耦合，也不依赖于对振动表面的直接光学照射。

高频声发射在空气中传播只有几十厘米。放置在该过程附近的光学麦克风，直接聆听其超声发射，而来自环境的背景噪声被强烈抑制。

声学信号的数据流很小，这个特点使得强大的实时分析和机器学习方法得以实现。3D-Pattern 识别算法可以自动区分“好的”和“坏的”声学特征，实现在生产线的每个阶段 100% 的过程质量控制。

## 特点

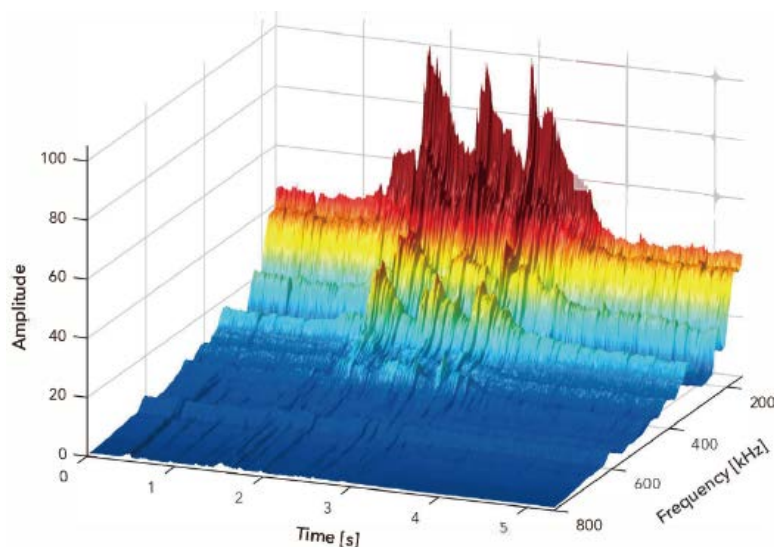
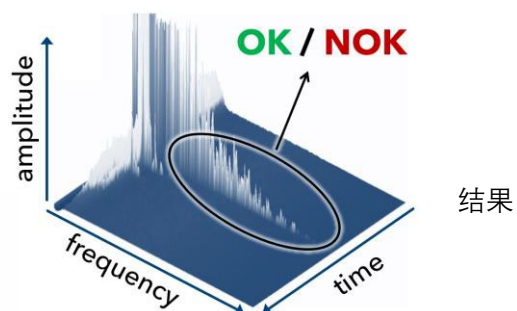
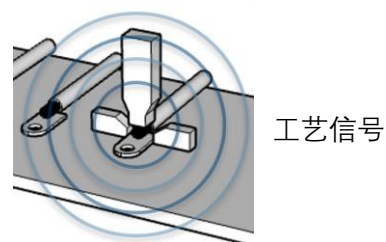
100%现场、实时过程监控

识别工艺不规范、裂纹、缺陷等

不受临近机器设备的噪音和电磁干扰

紧凑的传感器尺寸确保可以直接集成到现有的设备中

无需与被加工部件耦合



激光焊接工艺的空气传播超声图谱



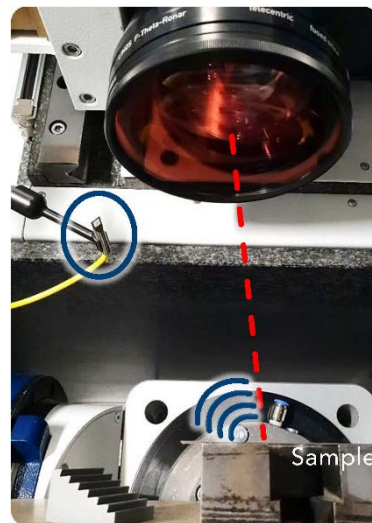
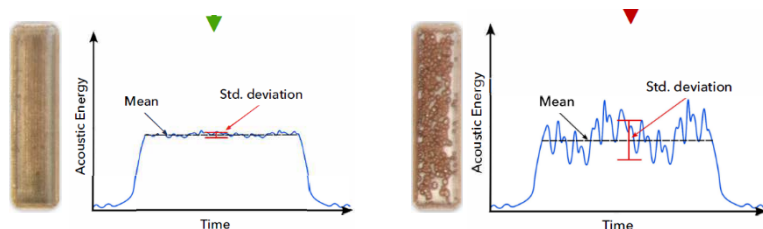
# 非接触声音监控的应用

## 激光加工

空气传播的超声发射可被用于实时监测工业激光材料加工过程的质量。如：

激光焊接、成型或激光切割

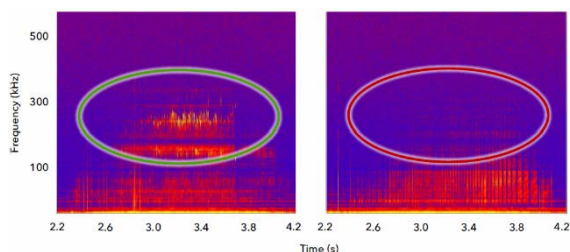
增材制造，如粉床融合和直接能量沉积等。



## 听取差异

在空气中对工艺超声发射的宽带检测可以揭示刀具磨损、表面状况、工艺不规范等。

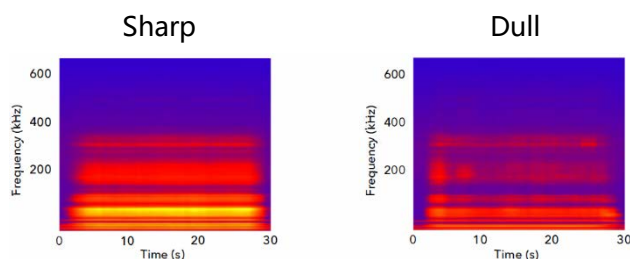
利用高超声范围内的声学特征，可以从可听到的背景噪声中进行分析。



## 机床刀具磨损

XARION 的光学麦克风可以通过分析干加工过程中空气中的声音来监测工具的锐度。

与钝工具相比，锋利工具表现出更强的宽带声发射。



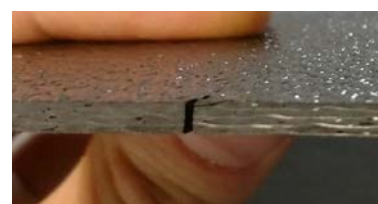
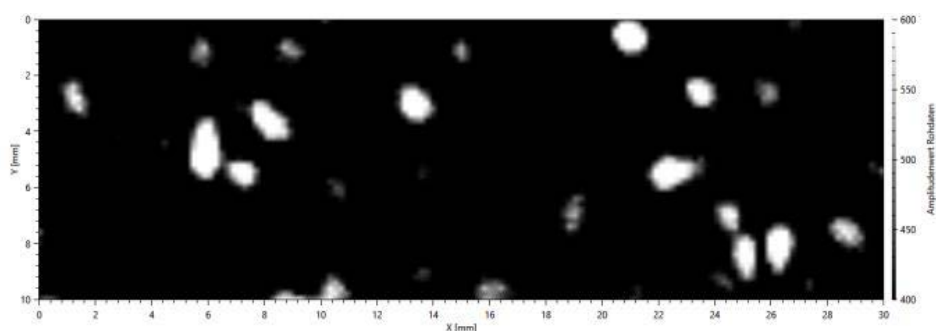
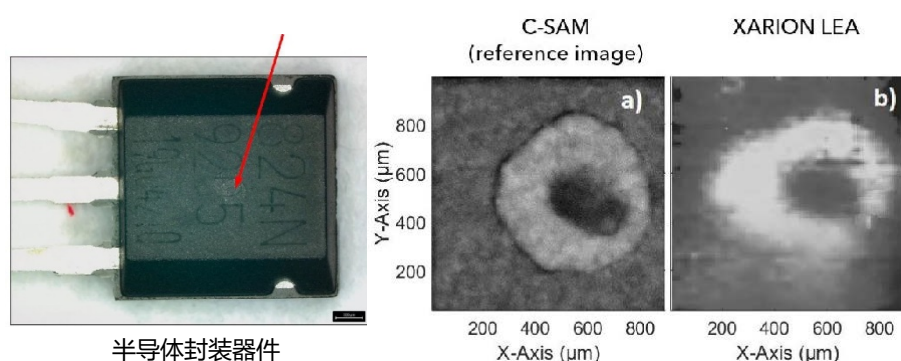
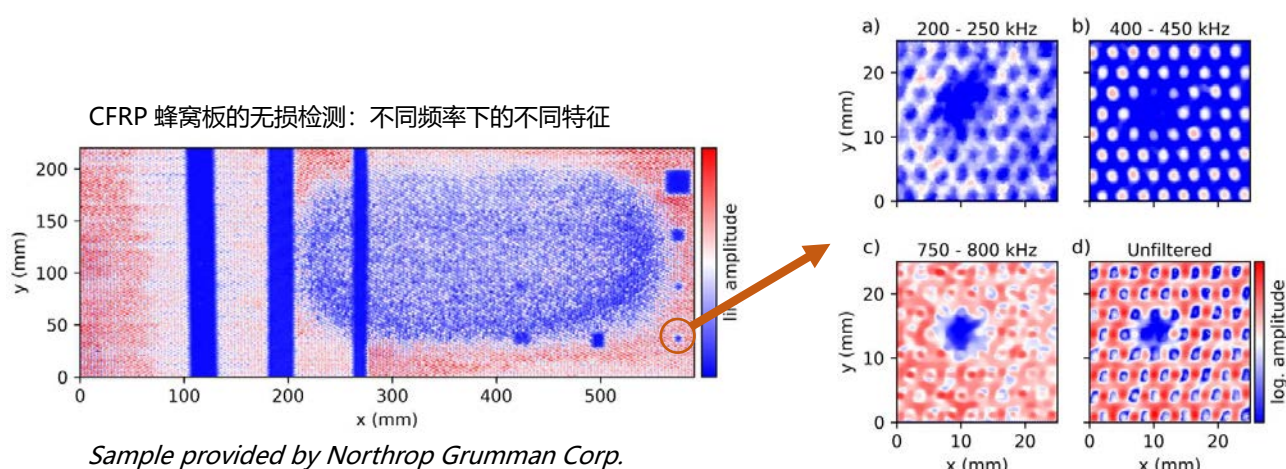
用于无损检测领域的超声波检测技术，包括液体耦合压电式超声换能器技术，以及替代技术空气耦合超声或激光超声(LUS)。但要么需要并不总是实用的液体耦合剂，也并不经济；要么缺乏所需的灵敏度和分辨率，或非常昂贵、大、对材料的表面条件和性能敏感。

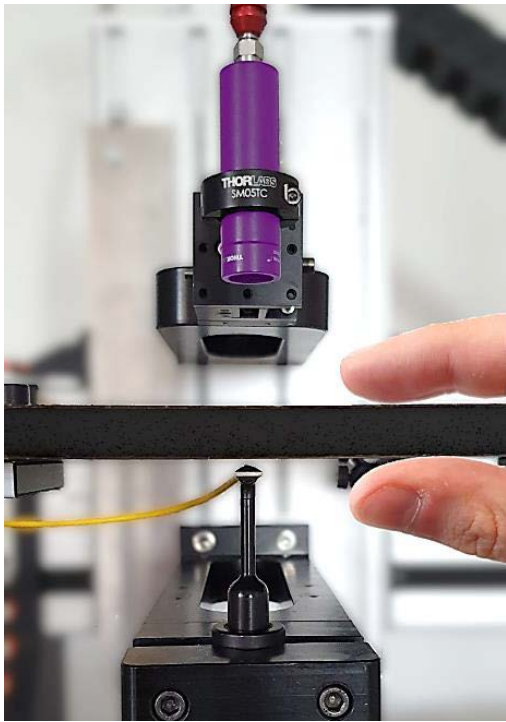
## Xarion 激光激发声学(LEA)无损检测技术

结合了液体耦合和非接触式超声技术的优势，非常适合在工业环境中进行无损检测

在 LEA 中，激励激光器作为脉冲发生器产生超声信号，光学麦克风作为接收器。激发激光器是光纤耦合，使得单面俯仰捕捉和穿透传输装置的传感器头设计非常紧凑。

LEA 超声检测过程不受样品表面的光学质量(如粗糙度)的影响，这使其能够应用于 LUS 技术无法实现的广泛的材料和几何形状。





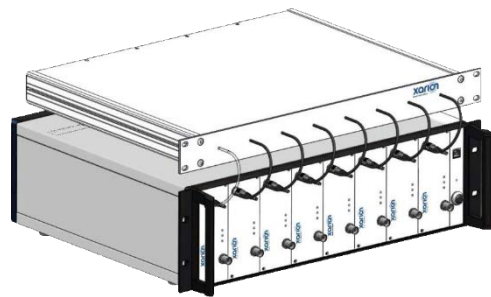
穿透式扫描：激发激光与光学麦克风可布置在被测物两侧



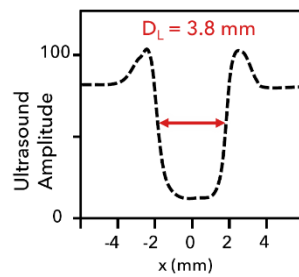
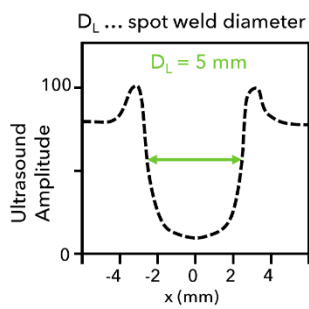
单侧扫描：激发激光与光学麦克风一体式布置在被测物的同一侧



8 通道集成式光学麦克风  
实现快速无损检测扫描



8 通道信号处理装置



焊点检测

# LEAsys

... 无接触超声检测





# 功能

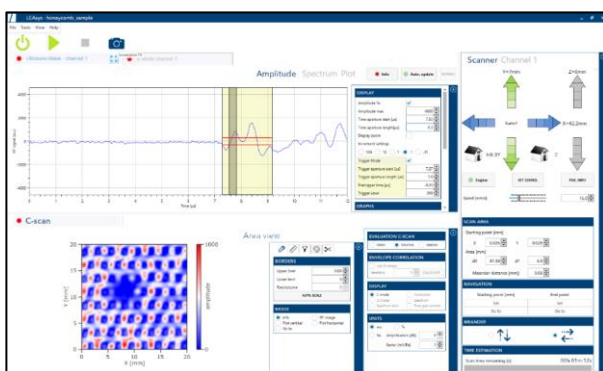
XARION独特的激光激发声学(LEA)技术可以实现高分辨率的非接触超声检测。通过激光脉冲的超声激发和XARION专有的超声检测器的结合实现了两个世界的最佳：它在灵敏度和分辨率上与当今标准的液体耦合UT相匹配，同时它不需要水或耦合凝胶。

LEAsys是一种集成扫描仪解决方案，将创新的LEA技术与高分辨率x-y扫描仪和实时数据分析软件相结合。

LEAsys是研发实验室从事复合材料、金属和粘接件无损检测的完美工具。可采用反射和透射两种方式进行检测。

## 硬件性能

- 100, 400, 或10000Hz 脉频激光
- 探测器：2MHz带宽 Eta450 Ultra 光学麦克风
- 最小步距：10  $\mu$ m
- 扫描范围：530\*500mm 或 530\*1000mm
- 数据采集：14 bit 50MHz

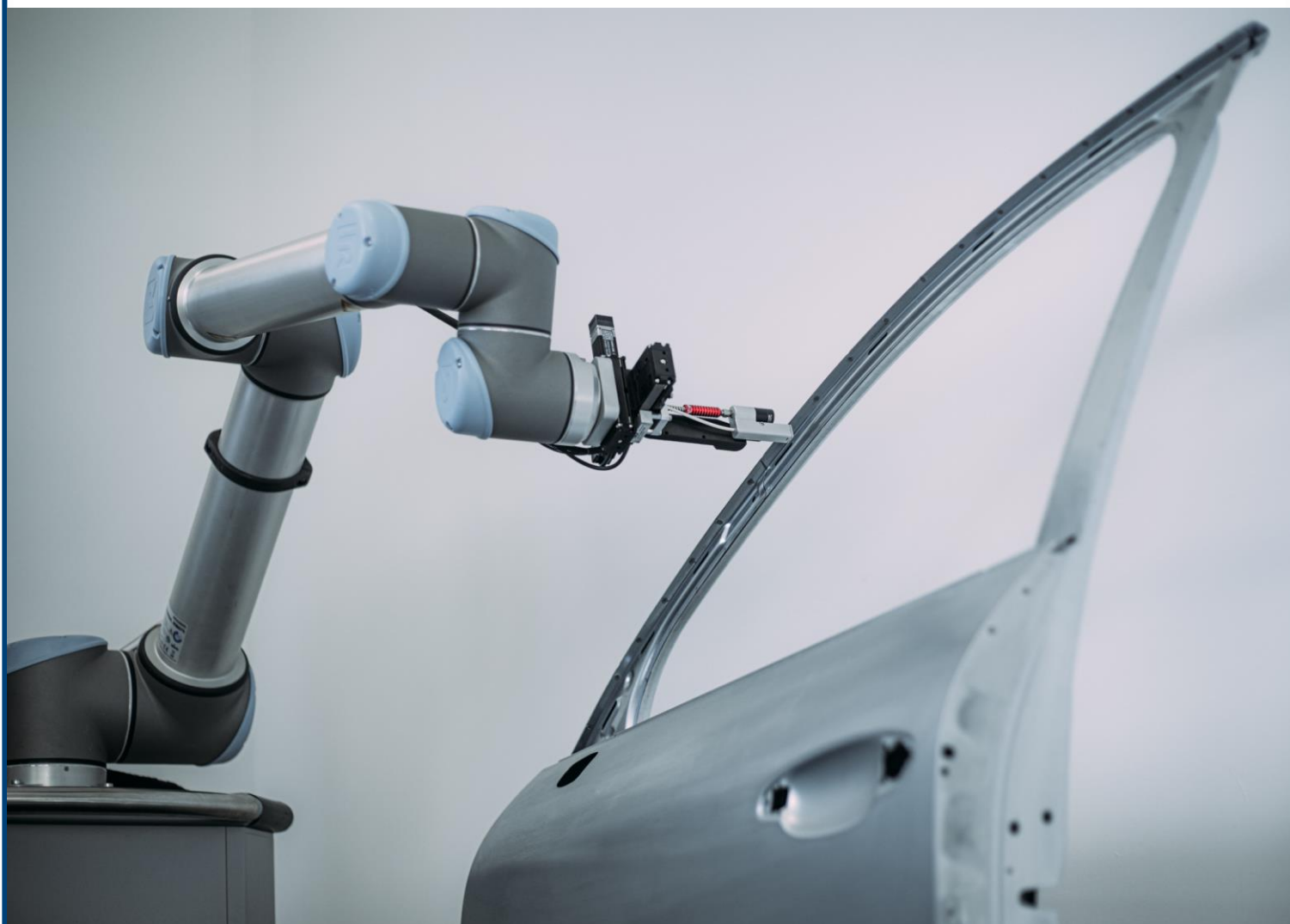


## 软件性能

- 系统控制及数据分析
- A-, B-, C-扫描 (实时)
- FFT, 声谱分析 (F-scan)
- 数据输出格式CSV

# 焊点检测

... 专为自动化检测而设计

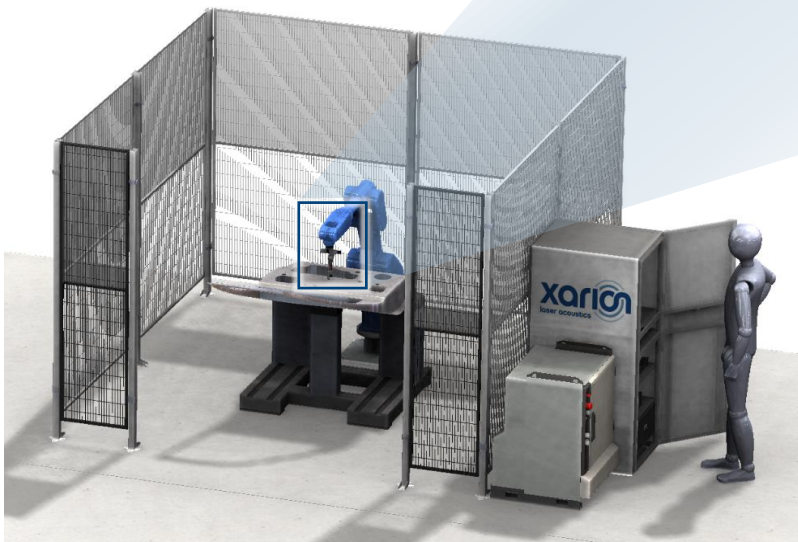


# 功能

XARION的点焊检测方法与其他方式截然不同:它距离工件几毫米外工作,与车身没有物理接触。这种方法从一开始就是为机器人检测设计的,而不是为了满足机器人使用而调整的原始手工检测方法。这带来了一个根本的优势:它的位置容许偏差可达到几毫米,这在其他情况下是无法实现的。因此,XARION的点焊检测系统是现实生产环境中工业机器人的天然伙伴。与最先进的人工检测相比,这种全自动高速解决方案可以将检测成本降低90%。

## 特点

- 检测成本降低90%
- 检测时间: 5 秒/焊点
- 检测效率: 8000 点/天
- 测量误差: 优于 300  $\mu\text{m}$
- 位置容许偏差: 5 mm
- 强大的抗表面不均匀性能





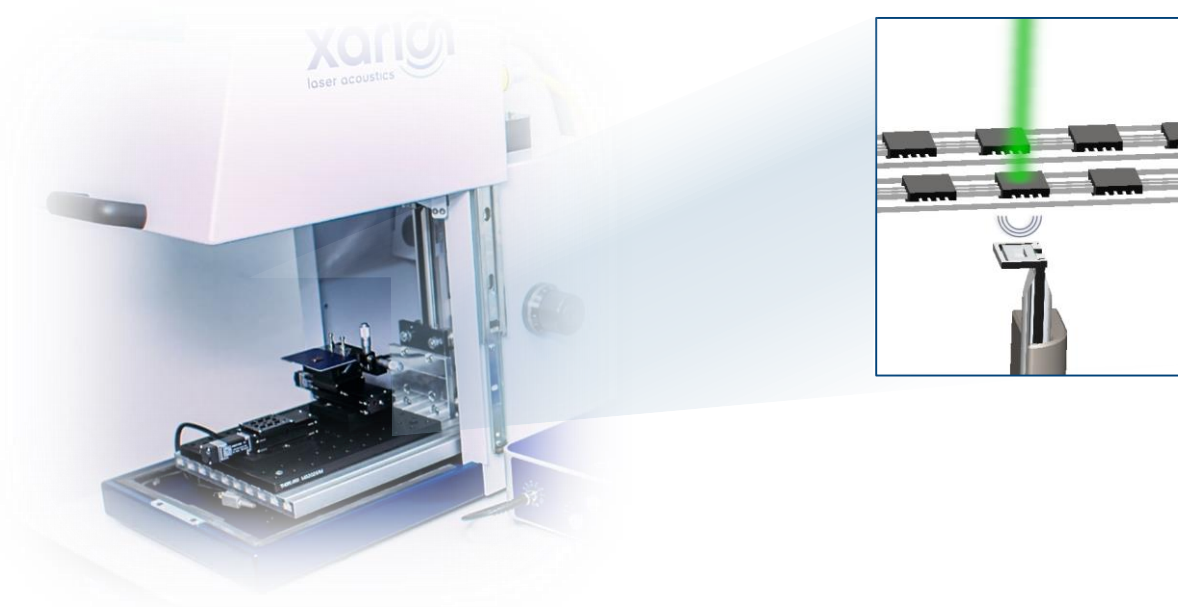
# 非接触 超声检测仪



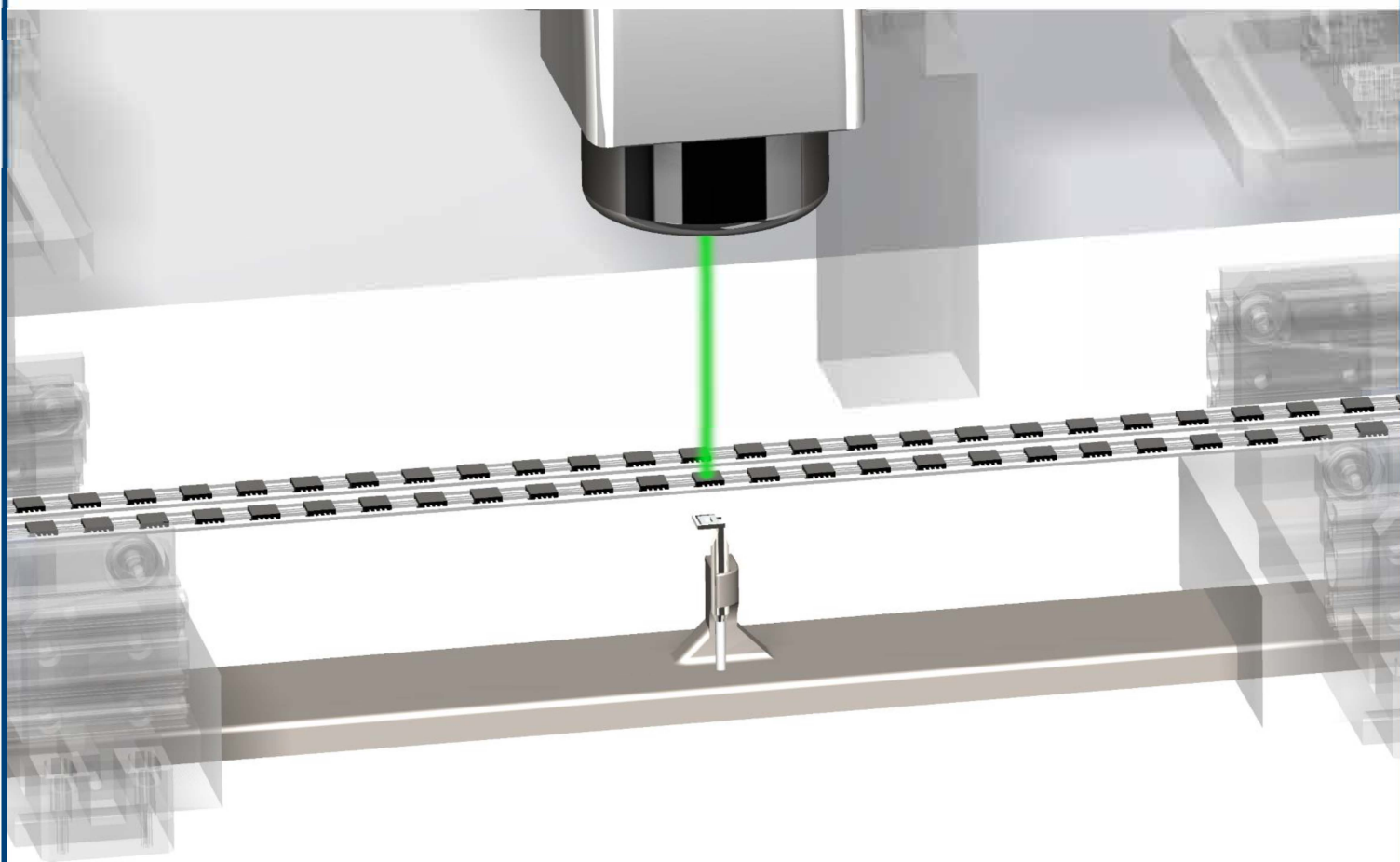
# 功能

XARION独特的基于激光的技术可以在没有任何耦合液的情况下对半导体部件进行超声波检测。该传感器技术集成到一个独立的桌面工具中，提供两种操作模式:高速非接触成像模式，以及每秒可处理1000件的超快单发评估模式。两种模式都允许对分层和其他内部缺陷进行无损检测。XARION的技术提高了故障分析的生产率和生产的可靠性。

- 紧凑和用途广泛的台式工具，用于半导体器件的超声波检查
- 独特的非接触式传感器技术，无需液体耦合介质
- 高速成像模式，高达10000成像点/秒
- 单次检测模式，可达1000件/秒



# 高速 非接触 超声在线检测



# 功能

XARION 基于激光的技术可以在没有任何耦合液的情况下对半导体器件进行超声波检测。单个激光脉冲生成每个样本的声学指纹，以每秒高达 1000 个样本的处理能力揭示内部分层和缺陷。完全非接触式传感器技术可以轻松集成到大批量生产线中，节省离线分析成本，并确保 100% 的产品检测，例如 用于汽车行业的封装器件。

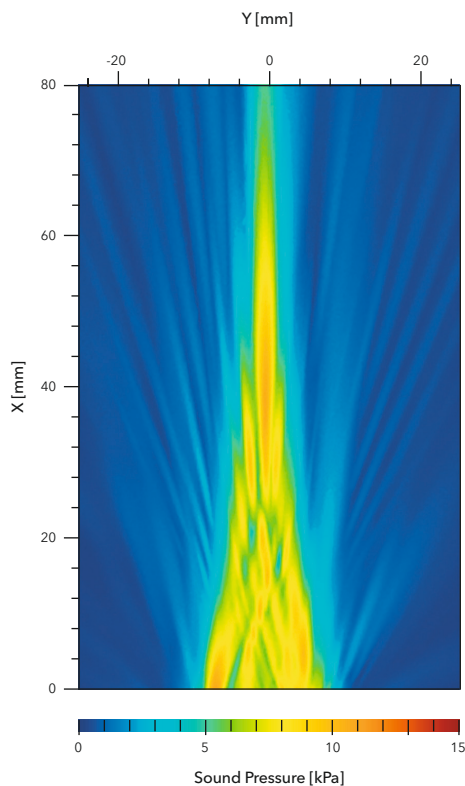
## 特点

- 为您的客户提供100%记录的保障
- 独特的非接触式单次超声技术
- 全自动在线检测 高达1000样本/秒
- 易于集成到高速生产环境
  - 无耦合 不需要干燥样件
  - 不影响其他工艺步骤
- 可结合离线非接触式成像，对缺陷部件进行进一步分析



# 超声场表征

使用光学麦克风进行精密声学测量



用光学麦克风对压电发射器的超声场进行扫描

moving sounds without moving parts

**xarion**  
laser acoustics

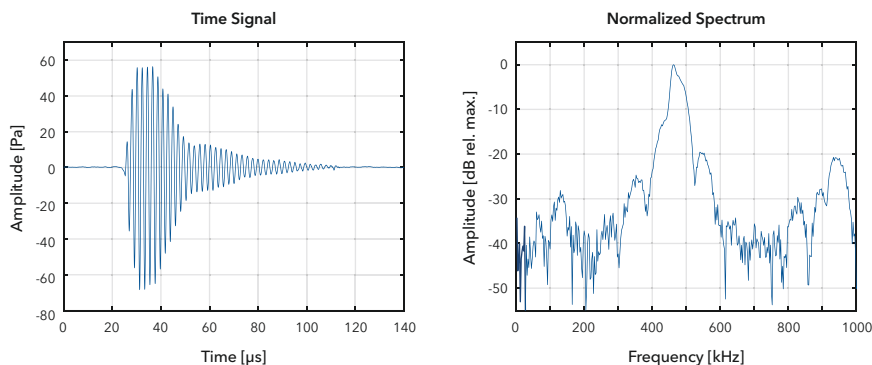
# 特点

频率范围	10 Hz - 1 MHz
动态范围	100 dB
主动感应区域	0.6 mm <sup>2</sup>

## Specifications

	Eta 100 Ultra	Eta 250 Ultra
灵敏度@ 1 kHz	0.35 mV/Pa	10 mV/Pa
自噪声(BW: 1 Hz at 1 kHz)	1.5 mPa	50 µPa
最大声压水平THD < 3% (rel. 20µPa)	176 dB	146 dB

XARION的无膜光学麦克风是表征超声发射器时间信号和频谱的理想选择。基于无机械运动部件的全光学检测原理，光学麦克风提供了真实的脉冲响应，并提供了帕斯卡绝对声压级。单个传感器可以覆盖10Hz到1MHz频率范围内的任何发声器。它的探测体积小，可以绘制具有高空间分辨率的复杂声场。XARION光学麦克风适合在空气和其他气体中使用，传感器可以承受超过180dB(rel.20µPa)的极端声压级，还可选择具有抗电磁干扰能力的非金属探头。



用光学麦克风测量压电发射器的时间信号和归一化频谱

moving sounds without moving parts





moving sounds without moving parts

天津普来曼科技发展有限公司  
liangxm@primen.com.cn  
15320100736