LI5600系列

数字锁相放大器

DIGITAL LOCK-IN AMPLIFIER

根据用途可供选择的4种型号

0.5Hz～11MHz LI5660

2相位 | 2频率 | HF输入 | 10V输入

0.5Hz～3MHz LI5655

2相位 | 2频率

1mHz～250kHz LI5650

2相位 | 2频率

1mHz～250kHz LI5645

2相位 | 1频率

株式会社 NF回路设计

NF 的最新型锁相放大器

双频同时测量 **分数谐波测量** **外部10MHz同步输入**

锁相放大器可检测到被噪声掩盖的非常细微的交流信号，被广泛应用于扫描探针显微镜，太赫兹光谱仪，自旋电子学等最尖端研究领域。NF 的最新锁相放大器 LI5600 系列通过相位检波以后的数据处理，实现高稳定性。最高 100 dB 的优秀动态保留，刷新率约 1.5 M 个样本 /s（LI5660/LI5650），振幅分辨率达到 16 位的高速而平稳的输出响应，具备了提高微小信号测量可靠性的各种基本性能。LI5660 的最高测量频率为 11MHz（配备 HF 输入端子），LI5655 为 3MHz，与原来机型相比，覆盖了高频区域。
另外，LI5650/LI5645 可对应从 1 mHz 的低频至 250 kHz 的测量。并且配备了双频同时测量* 和分数谐波测量等新功能，可支持各种应用领域的高水平测量需求。

*不包含 LI5645

- **频率范围**
  LI5660:　0.5 Hz〜11 MHz*　*使用 HF 输入端子时
  LI5655:　0.5 Hz〜3 MHz
  LI5650/LI5645:　1 mHz〜250 kHz
- **电压测量**
  LI5660:　10 nV〜10 V* F.S.　*C 输入端子时
  LI5655/LI5650/LI5645:　10 nV〜1 V F.S.
- **电流测量**
  LI5660/LI5655/LI5650:　10 fA〜1 μA F.S.
- **最小时间常数**
  LI5660/LI5655: 1 μs
  LI5650/LI5645: 5 μs
- **模拟输出最高刷新率**
  LI5660/LI5655:　约 1.5 M 个样本 ／秒
  LI5650/LI5645:　约 780 k 个样本 ／秒
- **双频同时测量**（LI5660/LI5655/LI5650）
  配备 2 套 2 相位检波器，同时测量 2 个频率分量
- **分数谐波测量**
  按基波分数倍的频率（1〜63）／（1〜63）进行测量
- **外部 10 MHz 同步输入**
  使用外部基准频率，可与其他设备的频率标准保持同步
- **测量参数**　X, Y, R, θ, DC, NOISE
- **通讯界面**　USB, GPIB, RS-232, LAN
- **薄型 2U 尺寸**（88 mm）

■产品一览

◎：配备　—：非配备

		LI5660	LI5655	LI5650	LI5645
频率范围		0.5Hz〜11MHz	0.5Hz〜3MHz	1mHz〜250kHz	1mHz〜250kHz
信号输入		电压（A, A-B, C, HF）、电流	电压（A, A-B）、电流	电压（A, A-B）、电流	电压（A, A-B）
	10V 输入	◎（C 输入端子、0.5Hz〜3MHz）	—	—	—
	高频输入	◎（HF 输入端子、10kHz〜11MHz）	—	—	—
灵敏度		A, A-B : 10nV〜1V F.S.（0.5Hz〜3MHz） C : 1mV〜10V F.S.（0.5Hz〜3MHz） HF : 1mV〜1V F.S.（10kHz〜11MHz） I : 10fA〜1 μA F.S.	10nV〜1V F.S.（0.5Hz〜3MHz） 10fA〜1 μA F.S.	10nV〜1V F.S.（1mHz〜250kHz） 10fA〜1 μA F.S.	10nV〜1V F.S.（1mHz〜250kHz） —
入力换算雑音		4.5nV/$\sqrt{Hz}$（参考值）	4.5nV/$\sqrt{Hz}$（参考值）	4.5nV/$\sqrt{Hz}$（参考值）	4.5nV/$\sqrt{Hz}$（参考值）
PSD（相位检波）		2相位・2 频率	2相位・2 频率	2相位・2 频率	2相位・1 频率
动态保留		100dB	100dB	100dB	100dB
时间常数		1μs〜50ks	1 μs〜50ks	5 μs〜50ks	5 μs〜50ks
模拟输出最高刷新率		約 1.5M 个样本／秒	約 1.5M 个样本／秒	約 780k 个样本／秒	約 780k 个样本／秒
分数谐波测量		◎基波分数倍（1〜63）／（1〜63）	◎ 基波分数倍（1〜63）／（1〜63）	◎ 基波分数倍（1〜63）／（1〜63）	◎ 基波分数倍（1〜63）／（1〜63）
双频同时测量		◎	◎	◎	—
外部 10MHz 同步输入		◎	◎	◎	◎
测量参数		X, Y, R, θ, DC, NOISE	X, Y, R, θ, DC, NOISE	X, Y, R, θ, DC, NOISE	X, Y, R, θ, DC, NOISE
通讯界面		USB, GPIB, RS-232, LAN	USB, GPIB, RS-232, LAN	USB, GPIB, RS-232, LAN	USB, GPIB, RS-232, LAN

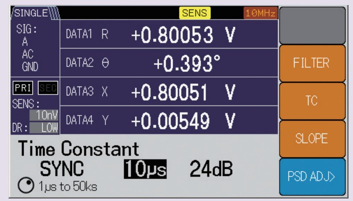
高速响应・高稳定度

●时间常数
检波部的最小时间常数在 LI5660/LI5655 上为 1 μ。(LI5650/LI5645 为 5 μs)。
通过提升锁相放大器自身的性能，实现了高频与高速响应。

●同步滤波器
配备了信号的整数周期的同步（移动平均）滤波器。通过这项功能，可减轻伴随检波而产生的测量信号纹波。同步滤波器和时间常数滤波器是各自独立工作的，因此无需增大时间常数就能改善 SN 比，最终得到高速响应的结果。

●锁相周期
通过采用数字方式，在低频（数 Hz 以下）时，按照约 2 个周期对参照信号锁定。

●优秀的动态保留
通过把相位检波及随后的处理实行数字化，与模拟方式相比，高增益时的输出漂移小，可获得最高 100 dB 的动态保留。
（可在信号满量程的 100,000 倍的噪声下进行测定。）



时间常数设置

宽带　高频输入端子，最高 11 MHz（LI5660）

电压测量除单端（A）及差分（A-B）输入外，在 LI5660 上还配备有 10 Vrms 输入（C），高频输入（HF）的端子。采用 HF 输入端子最高可进行 11 MHz 的测量。


LI5660
信号输入端子

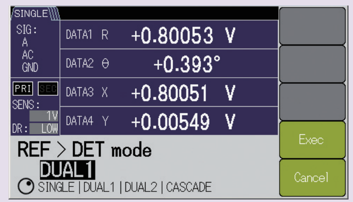
丰富的参照信号源与检测模式

■分数谐波测量　按基波分数倍的频率（1〜63）／（1〜63）
可按基波的分数倍的频率进行测量。在 LI5660/LI5655/LI5650 的双频模式下，可将提供给主检波器的参照信号频率按主频率的 n/m 倍，将提供给副检波器的参照信号频率按 n 倍或不同于主频率的值进行测量。

谐波测量是 2 个测量频率之间为整数倍（f2=（f1×n））。在这种情况下，f1 侧的信号如有失真，就会成为整数倍的频率（谐波），从而无法与 f2 的信号区别。如果是分数谐波测量，可按照 f2 = f1×n/m 的关系进行测量，因此即便 f1 中产生了失真的谐波，也可以设定对 f2 没有影响的频率，从而不受 f1 的谐波的影响，对 f2 进行高灵敏度测量。

分数谐波设置

■双频同时测量　2 位相（Rcos θ, Rsin θ），2 系統（主検波器，副検波器）
●同时测量 2 个频率分量　●比例运算　●相位检波器的级联
配备了 2 套 2 相位检波器（PSD），可同时测量 1 个输入信号中包含的 2 个频率分量，因此用 1 台设备就能进行双光束法等测量，而以往则需要 2 台锁相放大器。
另外，可求出测定量与基准值之比的比例运算，以及在主检波器上进行副检波器的级联，可在主检波器对信号进行检波后，再用副检波器进行检波。



双频模式 (DUAL1) 设置

检测模式	主检波器	副检波器	功能
SINGLE*	基波／分数谐波	无	1 个频率，2 相位检波
DUAL1	基波／分数谐波	基波／谐波	同时测量 1 个输入信号中包含的基波及其谐波分量
DUAL2	主频率	副频率	同时测量 1 个输入信号中包含的独立的 2 个频率分量
CASCADE	主频率	副频率	对主检波器与副检波器进行级联

*LI5645 为 2 相位・1 个频率值，仅有 SINGLE 模式

■外部 10MHz 同步　使用外部基准频率，可与其他设备的频率标准保持同步
使 LI5660/LI5655 按通用的 10 MHz 频率源与信号发生器等其他设备同步运行，不使用外部参照信号（REF IN），与任意的频率（数值设定）同步。

外部 10 MHz 基准频率输入设置

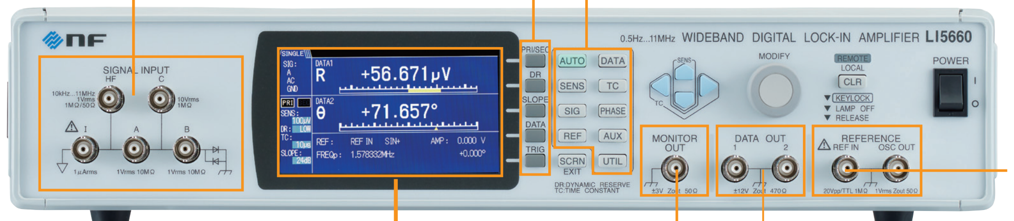
薄型而小巧的外壳内凝缩了各种各样的功能

信号输入端子
A: 电压输入（最大 1 Vrms，10 MΩ、单端）
A-B: 电压输入（最大 1 Vrms，10 MΩ、差分）
C: 电压输入（最大 10 Vrms，1 MΩ）
HF: 高频输入（最大 1 Vrms，10 kHz～11 MHz，1 MΩ/50 Ω）
I: 电流输入（最大 1 μArms，I-V 变换增益 1 M/100 M V/A）

操作画面：软键
测量画面：简易操作键
操作画面选择键

Front

LI5660



参照信号系
REF IN　外部参照信号输入端子
OSC OUT　内部振荡器输出端子

监示器输出端子
相位检波器的输出信号

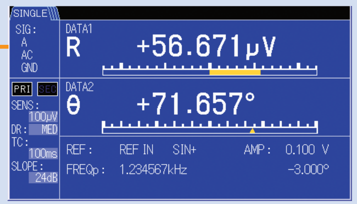
DATA1，DATA2 输出端子

LI5655/LI5650

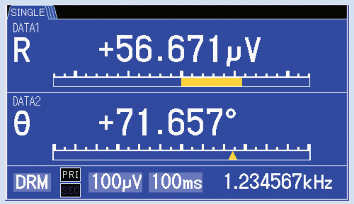
未配备 C 输入端子和 HF 输入端子。

LI5645

未配备 C 输入端子和 HF 输入端子和 I 输入端子。



标准测量画面



放大测量画面

详细测量画面

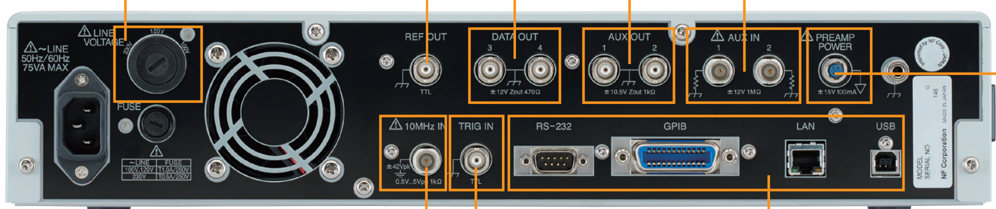
REF OUT　参照信号输出端子

DATA3，DATA4 输出端子

电源电压切换
AC100 V/120 V/230 V

AUX OUT1，AUX OUT2　直流电压输出端子

AUX IN1，AUX IN2　直流电压输入端子



前置放大器电源输出端子
±15 V，100 mA max.

LI5660　10 MHz 输入端子　外部触发输入端子　通讯界面
RS-232，GPIB，LAN，USB

Rear

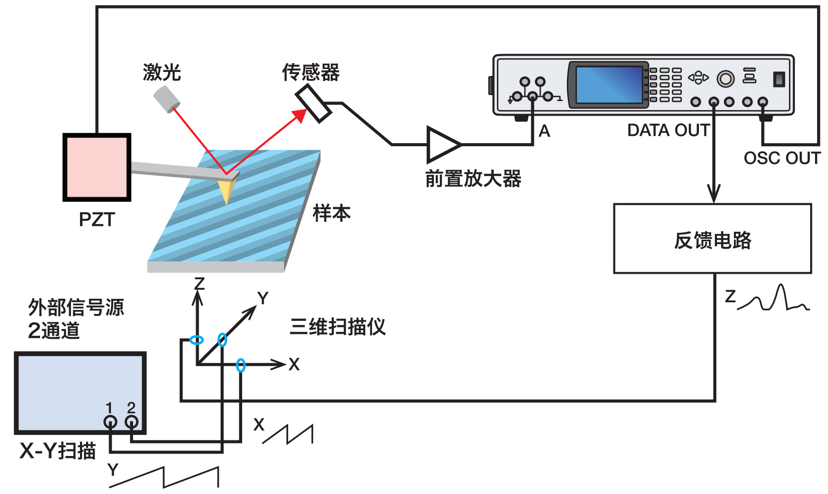
※LI5655 的后面板与 LI5660 相同。

对最尖端研究中的微小信号测量提供强有力支持

SPM（扫描探针显微镜）的信号处理

高频　时间常数 1 μs　同步滤波器

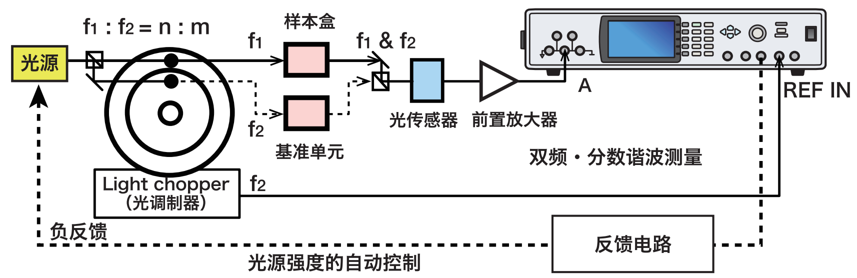
以 STM（扫描隧道显微镜）和 AFM（原子力显微镜）为代表的扫描探针显微镜使用纳米级的探针在样本表面上扫描，检测探针与样本之间的信号，观察样本表面的电子状态和结构、物理及化学性质。
锁相放大器用于控制样本与探针的距离等。
如采用 LI5660/LI5655，不仅能支持 MHz 范围的高谐振频率的悬臂，还可通过缩小时间常数（1 μs～）实现高速扫描，并可短时间内形成图像。
另外，通过同步滤波器，大幅降低相位检波输出的波动，不仅提高速度，还有助于实现高画质。
除 STM 和 ATM，锁相放大器还应用于 KFM（表面电位显微镜）的调制信号解调等信号处理。



透光量的测量（光源波动的消除）

双频同时测量　分数谐波测量　外部 10 MHz 同步

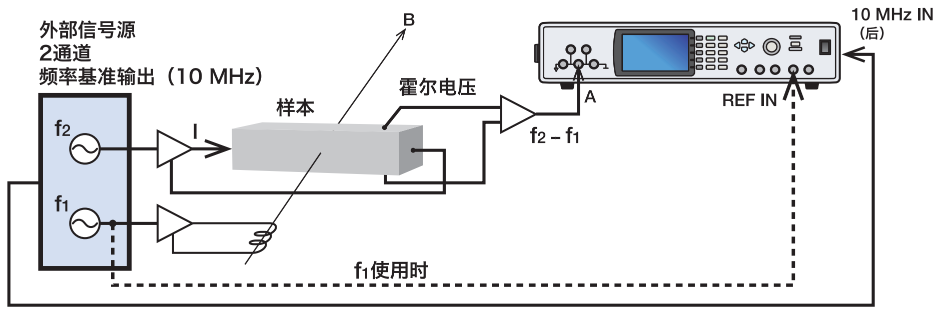
如并用双频同时测量和分数谐波测量的功能，则 1 台 LI5660 或 LI5655 就可进行双光束法（比例测量）的光源等的波动校正。
通过基准单元的信号施加负反馈，还可实现光源强度的稳定化。
可以设定参照信号频率的整数倍（n 倍）、整数分之一（1/m 倍）、分数比（n/m 倍），因此可灵活对应光调制的频率比。另外，在整数比的情况下，与信号失真引起的谐波分量无法区别，而采用分数比就不受谐波的影响。
并且采用 10 MHz 同步功能与外部的信号发生器保持同步后，还可进行采用任意 2 个频率的检测。



霍尔系数的测量（差频的测量）

分数谐波测量　外部 10 MHz 同步

霍尔电压与 2 种信号（电流与磁场）之积成正比，其频率为 2 种信号之差（或和）频。使产生电流和磁场的外部信号源和 LI5660/LI5655 在外部 10 MHz 下同步，针对任意不同的 2 个频率，即使没有外部参照信号（差频），也可进行差频信号的测量。（如使用配备有双通道输出和频率基准输出的信号发生器等）
如果原有的频率为整数＊比，则还可利用分数谐波测量功能进行差频信号的测量。无论如何，都可以避免由于外部参照信号而造成的串扰。



规格

标有“公称值”、“代表值”、“参考值”、“约”的数值，只是在使用产品时作为参考的补充数据，不用于保证性能。

测量信号系统

输入耦合	A，A-B：AC ／ DC 切换 交流耦合为 1 次 HPF（fc：0.1 Hz（公称值））的 2 段级联 I：进行电压变换后 AC ／ DC 切换 C（仅 LI5660）：直流耦合（随时自动消除直流成分） HF（仅 LI5660）：交流耦合 输入阻抗为 50 Ω 时 50 Ω 终端设置后进行 AC 结合、fc:1k Hz（公称值）
信号地线	浮动／连接到机壳 切换 浮动电压（对地容许电压）：±1 Vpk max. (DC+AC) 对机壳阻抗：10 kΩ (浮动)、11 Ω (连接到机壳上)
电源频率滤波器	通过 (无效)、基波除去 (50 Hz 或 60 Hz)、2 次谐波除去 (100 Hz 或 120 Hz)、基波与 2 次谐波均除去 衰减量：20 dB 以上 (f0 情况下) ※ 输入 C，HF 时为总是通过 (无效)

●电压测量

	LI5660	LI5655	LI5650	LI5645
输入端子	BNC (前面板 A，B，C，HF)	BNC（前面板 A，B）		
输入形式	A，C，HF (单端)、 A-B (差分)	A（单端）、A-B（差分）		
频率范围	A, A-B, C： 0.5 Hz ～ 3 MHz HF：10 kHz ～ 11 MHz	A, A-B： 0.5 Hz ～ 3 MHz	A, A-B： 1 mHz ～ 250 kHz	
灵敏度	A，A-B：10 nV ～ 1 V F.S.1-2-5 可选量程			
	C：1 mV ～ 10 V F.S. 1-2-5 可选量程	—		
	HF：1 mV ～ 1 V F.S. 1-2-5 可选量程	—		

电压精度

	LI5660	LI5655
A, A-B	±0.5%（1 kHz、信号电平 ≧ 1 mV [*1]、23 ± 5 ℃） ±2%（1 kHz、信号电平 ≧ 1 μV [*1]） ±0.5%（≦ 20 kHz、灵敏度 100 mV ～ 1 V [*2]、23 ± 5 ℃） ±1%（≦ 50 kHz、灵敏度 100 mV ～ 1 V [*2]） ±2%（≦ 100 kHz、灵敏度 100 mV ～ 1 V [*2]） ±3%（≦ 1 MHz、灵敏度 100 mV ～ 1 V [*2]） ±5%（≦ 3 MHz、灵敏度 100 mV ～ 1 V [*2]） *1 动态保留 LOW、灵敏度 F.S. 的 30% 以上情况下 *2 直流耦合、动态保留 LOW、灵敏度 F.S. 情况下	
C	±0.5 % (≦ 20 kHz) ±1 % (≦ 50 kHz) ±2 % (≦ 100 kHz) ±3 % (≦ 1 MHz) ±5 % (≦ 3 MHz) 动态保留 LOW、 灵敏度 1 V ～ 10 V、灵敏度 F.S. 情况下	——
HF	±3% (≦ 1 MHz，输入阻抗 1 MΩ) ±5% (≦ 10 MHz，输入阻抗 1 MΩ) ±7% (≦ 10 MHz，输入阻抗 50 Ω) ±14% (≦ 11MHz，输入阻抗 50 Ω) 动态保留 LOW、灵敏度 100 mV ～ 1 V、 灵敏度 F.S. 情况下	——

	LI5650 / LI5645
A, A-B	±0.5%（1 kHz、信号电平 ≧ 1 mV [*1]、23 ± 5 ℃） ±2%（1 kHz、信号电平 ≧ 1 μV [*1]） ±0.5%（≦ 20 kHz、灵敏度 100 mV ～ 1 V [*2]、23 ± 5 ℃） ±1%（≦ 50 kHz、灵敏度 100 mV ～ 1 V [*2]） ±2%（≦ 100 kHz、灵敏度 100 mV ～ 1 V [*2]） ±3%（≦ 250 kHz、灵敏度 100 mV ～ 1 V [*2]） *1 动态保留 LOW、灵敏度 F.S. 的 30% 以上情况下 *2 直流耦合、动态保留 LOW、灵敏度 F.S. 情况下

电压精度温度漂移

A, A-B	± 100 ppm / ℃ (参考值) 1 kHz、动态保留 LOW、A 输入、灵敏度 1 V、F.S. 信号情况下的参考值

输入阻抗

	LI5660	LI5655 / LI5650 / LI5645
A, B	10 MΩ (公称值)、并联 50 pF (参考值)	
C	1 MΩ (公称值)、并联 50 pF (参考值)	——
HF	1 MΩ (公称值)、并联 50 pF (参考值) 从 50 Ω (公称值) 中选择	——

输入换算噪声

A, A-B	4.5 nV/ $\sqrt{Hz}$ (参考值) 动态保留 LOW、灵敏度 1 mV 以下、频率 1 kHz、输入短路时

CMRR（共模抑制比）

A-B	100 dB 以上 交流耦合、50 Hz ～ 1 kHz、信号源阻抗 0 Ω、动态保留 LOW 并且灵敏度 20 mV 以下 (或 MED 并且 2 mV 以下) 情况下

谐波失真

A, A-B	−80 dBc 以下 (10 Hz ～ 5 kHz、2 ～ 3 次谐波、各次) 动态保留 LOW、灵敏度 1 V、F.S. 的 30%的信号情况下

最大输入电压（线性工作范围）

	LI5660	LI5655 / LI5650 / LI5645
A, B, A-B	± 3 V (直流耦合时各端子电压及差分电压) 动态保留 HIGH、灵敏度 1 V 情况下	
C	± 30 V 动态保留 HIGH、灵敏度 10 V 情况下	——
HF	± 3 V 动态保留 HIGH、灵敏度 1 V 情况下	——

非破坏最大输入电压

	LI5660	LI5655 / LI5650 / LI5645
A, B	交流耦合：10 Vrms (正弦波)、DC ± 42 V 直流耦合：± 14 V	
C	± 42 V	——
HF	± 5 V	——

●电流测量 ※LI5645 上未配备。

输入端子	BNC（前面板 I）
输入形式	单端
频率范围	LI5660 / LI5655：0.5 Hz ～下表显示的上限值（公称值、3 dB 低点） LI5650：1 mHz ～下表显示的上限值（公称值、3 dB 低点）

LI5660 / LI5655

Cs 信号源容量＋连接电缆容量	变换增益 1 M (10^6) [V/A]	变换增益 100 M(10^8)[V/A]
无	1 MHz	10 kHz
150 pF	1 MHz	10 kHz
1000 pF	150 kHz	1.5 kHz

LI5650

Cs 信号源容量＋连接电缆容量	变换增益 1 M (10^6) [V/A]	变换增益 100 M(10^8)[V/A]
无	250 kHz	10 kHz
150 pF	250 kHz	10 kHz
1000 pF	150 kHz	1.5 kHz

电流精度	±1% 23±5℃、动态保留 LOW、灵敏度 1 μA (电压 / 电流转换增益 1M [V/A], 1 kHz) 及灵敏度 10 nA (电压 / 电流转换增益 100 M [V/A], 125 Hz) 灵敏度 F.S. 的 30% 以上均为典型值
灵敏度	100 fA ～ 1 μA F.S. (变换增益 1 M [V/A] 时) 1-2-5 可选量程 10 fA ～ 10 nA F.S. (变换增益 100 M [V/A] 时) 1-2-5 可选量程
电流精度温度漂移	± 150 ppm / ℃ 动态保留 LOW、(变换增益 1 M [V/A]、1 kHz) 及 (变换增益 100 M [V/A]、125 Hz) 条件下的参考值
输入换算噪声	150 fA/ $\sqrt{Hz}$ (变换增益 1 M [V/A]、1 kHz) (参考值) 15 fA/ $\sqrt{Hz}$ (变换增益 100 M [V/A]、125 Hz) (参考值)
输入阻抗	1 kΩ（变换增益 1 M [V/A]） (参考值) 100 kΩ（变换增益 100 M [V/A]） (参考值)
最大输入电流（线性工作范围）	±3 μA 直流耦合、动态保留 HIGH、变换增益 1 M [V/A]、灵敏度 1 μA 情况下
非破坏最大输入电流	±10 mA

●噪声密度测量

灵敏度	**LI5660 / LI5655 / LI5650** 电压 20 nV/ $\sqrt{Hz}$ ～ 1 V / $\sqrt{Hz}$ (A, A-B) 1 mV/ $\sqrt{Hz}$ ～ 10 V / $\sqrt{Hz}$ (C*) 1 mV/ $\sqrt{Hz}$ ～ 1 V / $\sqrt{Hz}$ (HF*) 电流 1 pA/ $\sqrt{Hz}$ ～ 1 μA/ $\sqrt{Hz}$ (1M [V/A] 时) 100 fA/ $\sqrt{Hz}$ ～ 10 nA/ $\sqrt{Hz}$ (100M [V/A] 时) 全部 1-2-5 可选量程 * 仅 LI5660 配备 **LI5645** 电压 20 nV/ $\sqrt{Hz}$ ～ 1 V / $\sqrt{Hz}$ 1-2-5 可选量程

相位检测部

PSD (相位检波器)	**LI5660 / LI5655 / LI5650** 2 相位 (Rcosθ、Rsinθ)、2 系统 (主检波器、副检波器) **LI5645** 2 相位 (Rcosθ, Rsinθ)、1 系統 (主検波器)
PSD 设置项目	灵敏度、时间常数、相位调整、XY 偏置调整、动态保留
检测模式	见下表

检测模式	测量频率 主检波器	测量频率 副检波器 [*1]
SINGLE [*2]	基波／分数谐波	无
DUAL1 [*1 *3]	基波／分数谐波	基波／谐波
DUAL2 [*1 *4]	主频率	副频率
CASCADE [*1 *5]	主频率	副频率

*1 LI5645 上未配备
*2 1 个频率、2 相位检波
*3 同时测量 1 个输入信号中包含的基波及其谐波分量
*4 同时测量 1 个输入信号中包含的独立的 2 个频率分量（主频率与副频率）
*5 将副检波器级联到主检波器上，用主检波器对信号进行检波后，再用副检波器进行检波

动态保留	100 dB 以上 (参考值) LOW ／ MEDIUM ／ HIGH 3 点切换 (主检波器和副检波器通用)
时间常数滤波器	**LI5660 / LI5655** 时间常数： 1 μs ～ 50 ks (1-2-5 可选量程) 衰减斜率： 6, 12, 18, 24 dB/oct **LI5650 / LI5645** 时间常数： 5 μs ～ 50 ks (1-2-5 可选量程) 衰减斜率： 6, 12, 18, 24 dB/oct
同步滤波器	开／关
相位噪声	**LI5660 / LI5655** 0.001° rms (1 kHz、衰减斜率 18 dB/oct 以上) 0.003° rms (100 kHz、衰减斜率 12 dB/oct 以上) 0.01° rms (3 MHz、衰减斜率 12 dB/oct 以上) 参照信号为外部正弦波 1 Vrms、时间常数 100 ms、同步滤波器关的情况下的参考值 **LI5650 / LI5645** 0.001° rms (1 kHz、衰减斜率 18 dB/oct 以上) 0.003° rms (100 kHz、衰减斜率 12 dB/oct 以上) 0.01° rms (250 kHz、衰减斜率 12 dB/oct 以上) 参照信号为外部正弦波 1 Vrms、时间常数 100 ms、同步滤波器关的情况下的参考值
相位温度漂移	**LI5660 / LI5655** ±0.01° / ℃ (100 Hz ≦ 频率 ≦ 10 kHz) ±0.03° / ℃ (10 kHz < 频率 ≦ 100 kHz) ±0.2° / ℃ (100 kHz < 频率 ≦ 3 MHz) A 输入、外部参照信号均为正弦波 1 Vrms 条件下的参考值 **LI5650 / LI5645** ±0.01° / ℃ (100 Hz ≦ 频率 ≦ 10 kHz) ±0.03° / ℃ (10 kHz < 频率 ≦ 100 kHz) ±0.2° / ℃ (100 kHz < 频率 ≦ 250kHz) A 输入、外部参照信号均为正弦波 1 Vrms 条件下的参考值

参照信号系

参照信号源	· REF IN 外部参照信号 (检测模式 SINGLE，DUAL1*，DUAL2* 下主检波器的频率、CASCADE* 下副检波器的频率) · INT OSC 内部振荡器 · SIGNAL 测量信号 (HF 输入下不能使用) * LI5645 除外

●外部参照信号

波形	SIN POS, TTL POS, TTL NEG
输入端子	BNC（前面板 REF IN）
输入阻抗	1 MΩ（公称值）并联 100 pF (参考值)
输入电压范围	SIN：0.3 ～ 20 Vp-p（正弦波） TTL：0 ～ 5 V, High 2.6V 以上 , Low 0.8V 以下（方波）
脉冲宽度 (方波)	40 ns 以上（高水平、低电平均是）
非破坏最大输入电压	±15 V
同步频率范围	见下表
同步时间	2 周期 + 50 ms (参考值)
频率显示分辨率	6 位（< 100 Hz 情况下 0.1 mHz）
频率测量精度	± (40 ppm + 1 读数)

同步频率范围 LI5660

信号输入	检测模式	外部参照信号波形	同步频率范围
A A-B C I	SINGLE DUAL1 DUAL2 CASCADE	SIN POS TTL POS TTL NEG	0.3 Hz ～ 3.2 MHz
HF	SINGLE DUAL1 DUAL2	TTL POS TTL NEG	8 kHz ～ 11.5 MHz
	CASCADE	SIN POS TTL POS TTL NEG	0.3 Hz ～ 3.2 MHz

同步频率范围 LI5655

信号输入	检测模式	外部参照信号波形	同步频率范围
A A-B I	SINGLE DUAL1 DUAL2 CASCADE	SIN POS TTL POS TTL NEG	0.3 Hz ～ 3.2 MHz

同步频率范围 LI5650

信号输入	检测模式	外部参照信号波形	同步频率范围
A A-B I	SINGLE DUAL1 DUAL2 CASCADE	SIN POS	0.3 Hz ～ 260kHz
		TTL POS TTL NEG	0.5 mHz ～ 260 kHz

同步频率范围 LI5645

信号输入	检测模式	外部参照信号波形	同步频率范围
A A-B	SINGLE	SIN POS	0.3 Hz ～ 260kHz
		TTL POS TTL NEG	0.5 mHz ～ 260 kHz

●内部振荡器

频率（主频率 副频率）	· 振荡 2 个独立的频率 (主频率、副频率 [*1]) (检测模式 DUAL2 [*1]、CASCADE [*1] 时) · 设置范围 ：LI5660 / LI5655 0.3 Hz ～ 3.2 MHz (A, A-B, C [*2], I) 8 kHz ～ 11.5 MHz (HF [*2]) LI5650 / LI5645 0.5 mHz ～ 260 kHz · 分辨率 ：6 位 (< 100 Hz 情况下 0.1 mHz) · 精度 ：± 40 ppm *1 LI5645 除外 *2 仅 LI5660 配备
基准频率源	内部／外部切换

外部基准频率

频率范围	10 MHz ± 0.2 %
波形	正弦波或方波（占空比 45 ～ 55%）
信号电平	0.5 Vp-p ～ 5 Vp-p
非破坏最大输入电压	10 Vp-p
输入阻抗	1 kΩ（公称值）
输入耦合	AC
浮动电压	± 42 Vpk max.（DC+AC）（对地容许电压）

正弦波输出

频　率	主频率（检测模式 SINGLE，DUAL1* 时） 主频率／副频率（检测模式 DUAL2*，CASCADE* 时可选择） * LI5645 除外	
振　幅	0 ～ 10.00 mVrms ／ 0 ～ 100.0 mVrms ／ 0 ～ 1.000 Vrms > 3.2 MHz 时，与设置无关，0 Vrm（LI5660/LI5655 のみ）	
振幅確度	**LI5660 / LI5655** ±（设置的 2%+1 mV）≦ 20 kHz ±（设置的 3%+1 mV）≦ 100 kHz ±（设置的 4%+2 mV）≦ 1 MHz ±（设置的 7%+5 mV）≦ 3.2MHz	**LI5650 / LI5645** ±（设置的 2%+1 mV）≦ 20 kHz ±（设置的 3%+1 mV）≦ 100 kHz ±（设置的 4%+2mV）≦ 260 kHz
最大输出电流	± 15 mA	
输出阻抗	50 Ω（公称值）	
谐波失真（输出电压设置 1Vrms、参考值）	**LI5660 / LI5655** －80 dBc 以下（20 Hz ≦ 频率 ≦ 5 kHz、无负载、2 ～ 5 次） －70 dBc 以下（5 kHz < 频率 ≦ 100 kHz、无负载、2 ～ 5 次） －60 dBc 以下（100 kHz < 频率 ≦ 1 MHz、50 Ω、2 ～ 3 次） －50 dBc 以下（1 MHz < 频率 ≦ 3 MHz、50 Ω、2 ～ 3 次） **LI5650 / LI5645** －80 dBc 以下（20 Hz ≦ 频率 ≦ 5 kHz、无负载、2 ～ 5 次） －70 dBc 以下（5 kHz < 频率 ≦ 100 kHz、无负载、2 ～ 5 次） －60 dBc 以下 (100 kHz < 频率 ≦ 250 kHz、50 Ω、2 ～ 3 次)	

方波输出

频　率	主频率（检测模式 SINGLE，DUAL1* 时） 主频率／副频率 *（检测模式 DUAL2*，CASCADE* 时可选择） * LI5645 除外
信号电平	TTL（0 ～ 3.3 V，无负载时的公称值），±8 mA max. > 3.2 MHz 情况下，输出电平固定在高电平或低电平上（仅适用于 LI5660/LI5655）

谐波测量

检测模式 SINGLE	提供给检波器的参照信号的频率按主频率的 n/m 倍进行测量 n 范围（谐波）1 ～ 63 m 范围（谐波）1 ～ 63
检测模式 DUAL1 (LI5645 除外)	提供给主检波器的参照信号频率按主频率的 n/m 倍进行测量， 提供给副检波器的参照信号频率按 n 倍进行测量 n PRI 範囲（主検波器側高調波）1 ～ 63 m PRI 範囲（主検波器側低調波）1 ～ 63 n SEC 範囲（副検波器側高調波）1 ～ 63
可进行谐波测量频率范围	见下表

参照信号源	基波的频率范围	谐波的频率范围
REF IN	与外部参照信号的同步频率范围	同左
INT OSC	内部振荡器的频率设置范围	同左
SIGNAL	与外部参照信号的同步频率	与 n/m 设置无关总是按 1/1 倍运行

参照信号相移量	− 180.000° ～ +179.999°（分辨率 0.001°）	
正交性	± 0.001° 以内（参考值）	
相位精度	**LI5660 / LI5655** ± 1°（直流耦合、≦ 10 kHz） ± 2°（直流耦合、≦ 100 kHz） ± 5°（直流耦合、≦ 1 MHz） ± 10°（直流耦合、≦ 3 MHz）	**LI5650 / LI5645** ± 1°（直流耦合、≦ 10 kHz） ± 2°（直流耦合、≦ 100 kHz） ± 5°（直流耦合、≦ 250 kHz）
	A 输入（灵敏度 1 V）、外部参照信号输入均为在正弦波 1 Vrms 条件下的参考值	

运算处理

偏置调整	X，Y：灵敏度的 ± 105% (分辨率 0.001%) 主检波器和副检波器 * 均可设置 * LI5645 除外
放大 (EXPAND)	X，R：1，10，100 (X 与 R 的倍率通用) Y：1，10，100 · 主检波器、副检波器均可设置 · 表观灵敏度 (信号 F.S.) 为 1 / EXPAND 倍率 · 执行规范化或比值运算时不可 * LI5645 除外
规范化 (无规范化运算，或从右侧当中选择)	% 值 = (测量值 ÷ 标准值) ×100 dB 值 = 20 × $\log_{10}$| 测量值 ÷ 标准值 | %FS 值 = (测量值 ÷ 灵敏度) ×100 · 检测模式为 SINGLE，DUAL1*，DUAL2* 时、上述的测量值 = 主检波器输出 (X 或 R) · 检测模式为 CASCADE* 时，上述的测量值 = 副检波器输出 (X 或 R) 标准值范围：电压 1 nV ～ 10 V、电流 1 fA ～ 1 μA*、分辨率 6 位 · 放大或进行比值运算时不可 * LI5645 除外

比值	测量值 A 与基准值 B 之比　比值 = K × A ÷ B K：　0.1 ～ 10（分辨率 0.00001） A, B：　从下表的组合中选择

A（测量值）	B（基准值）	检测模式
主检波器输出（X，Y，R）／灵敏度	AUX IN 1 测量值／10 V	SINGLE
主检波器输出（X，Y，R）／灵敏度	副检波器 X 输出／灵敏度	DUAL1* DUAL2*
副检波器输出（X，Y，R）／灵敏度	AUX IN 1 测量值／10 V	CASCADE*

※B 的最高刷新率约 10 k 个样本 /s　　* LI5645 除外
・放大或进行规范化运算时不可

测量值输出部・显示部

参　数

输出／显示	检测模式 SINGLE	检测模式 DUAL1*, DUAL2*, CASCADE*
DATA1	X, R, AUX IN 1, NOISE	Xp，Rp，Yp，θp，Xs，Rs，AUX IN 1，NOISE
DATA2	Y, θ, AUX IN 1, AUX IN 2	Yp，θp，Xs，Rs，Ys，θs，AUX IN 1，AUX IN 2
DATA3	X, R	Xp，Rp，Yp，θp，Xs，Rs
DATA4	Y, θ	Yp，θp，Xs，Rs，Ys，θs
备 注 X，Y，R，θ 下标	n：谐波 （进行谐波设置时， 末尾带 n 例：Xn）	p：主检波器 s：副检波器 n：谐波（进行谐波设置时末尾带 n 例：Xpn）

* LI5645 除外

模拟输出

满量程电压	± 10 V（双极性信号），+10 V（单极性信号）
输出电压范围	± 12 V（无负载时）
最大输出电流	± 10 mA
输出阻抗	470 Ω（公称值）
输出电压精度	±（0.3% + 10 mV）输出电压值对应值
最高刷新率	**LI5660 / LI5655** DATA OUT 1/DATA OUT2（前面）312.5 k 个样本／s DATA OUT 3/DATA OUT4（后面）1.5625 M 个样本／s **LI5650 / LI5645** DATA OUT 1/DATA OUT2（前面）156.25 k 个样本／s DATA OUT 3/DATA OUT4（后面）781.25 k 个样本／s
测量画面表示	标准：显示测量值（DATA1，DATA2）与主要设置 放大：放大显示测量值（DATA1，DATA2） 详细：显示测量值（DATA1，DATA2，DATA3，DATA4）与详细设置 在标准或放大时，以数值和条形图的形式显示测量值

数值显示

参　数	数值显示 范围	数值显示 分辨率	相对于模拟输出的全量程电压的测量值
X, Y	灵敏度 /EXPAND 倍率的 ±120%	6 位灵敏度 F.S. 情况下	± 灵敏度 /EXPAND 倍率
R	灵敏度 /EXPAND 倍率的 0 ～ 120%	6 位灵敏度 F.S. 情况下	灵敏度 /EXPAND 倍率
θ	-180.000 ～ +179.999 °	0.001 °	± 180 °
NOISE（噪声密度）	灵敏度的 0 ～ 120%	6 位灵敏度 F.S. 情况下	灵敏度
AUX IN 1, 2	± 12 V	0.001 V	± 10 V
比值	± 2.4	0.00001	± 2
规范化 %	± 240 %	0.001 %	± 200 %
规范化 %FS	± 120 % of F.S.	0.001 % of F.S.	± 100 % of F.S.
规范化 dB	± 120 dB	0.001 dB	± 100 dB

监示器输出

监示器信号	相位检波器输入信号
最大输出	最大输出电压 ± 3 V（无负载时）、最大输出电流 ± 20 mA
输出阻抗	50 Ω（公称值）

自动设定项目

测　量	执行下述项目“时间常数”、“灵敏度”、“相位”
时间常数	根据参照信号的频率，设置时间常数、衰减斜率
灵敏度	根据输入信号，设置灵敏度和动态保留
相　位	设置参照信号的相移量，使 Y 及相位输出 θ 为 0
偏　置	设置各个偏置值，使 X、Y 的输出为 0

本产品手册的内容更新至 2018 年 1 月 18 日。
●有时会未经预告就对外观规格做出部分变更。
●购买时请确认最新的规格价格交期。

辅助输入（AUX IN 直流电压测量）

通道数	2
最大输入电压	（线性工作范围）± 12 V
非破坏最大输入电压	± 42 V
输入阻抗	1 MΩ（公称值）并联 50 pF（参考值）
电压测量精度	±（0.3% + 10 mV），信号地线与机壳电位相等时
频　带	最高 5 kHz（-3 dB）（参考值）
采样率	最高 125 k 个样本 /s
浮动特性	信号地线 对地最大电压（非破坏）：± 42 Vpk max.（DC+AC） 接地阻抗：1 MΩ（公称值） 信号　对地容许电压：± 42 Vpk max.（DC+AC）

辅助输出（AUX OUT 直流电压输出）

通道数	2
输出电压范围	± 10.500 V（分辨率至 0.001 V）
最大输出电流	± 5 mA
输出阻抗	1 kΩ（公称值）
输出电压精度	±（0.3 % + 10 mV），无负载时

数据存储器

记录数据	每个样本，可从记录数据中任意选择最多 5 字
记录容量	缓冲区 1、2：16 ～ 8192 个样本 缓冲区 3：　16 ～ 65536 个样本（FIFO）
触发信号	内部计时器／外部触发／远程控制命令／手动触发 接到触发信号时记录 1 个样本
采样 间隔	**LI5660 / LI5655** 内部计时器 范围：1.92 μs ～ 20 s 按相等间隔重复，分辨率：640 ns，6 位 max. 外部触发／远程控制命令／手动触发 范围：≧ 2.6 μs 任意间隔、内部延迟抖动 640 ns（公称值） **LI5650 / LI5645** 内部计时器 范围：9.6 μs ～ 20 s 按相等间隔重复，分辨率：640 ns，6 位 max. 外部触发／远程控制命令／手动触发 范围：≧ 10 μs 任意间隔、内部延迟抖动 640 ns（公称值）
外部触发	信号电平：TTL（阈值 0 ～ 5 V、High 2.6 V 以上、Low 0.8 V 以下） 最小脉冲宽度：500 ns（High、Low 均是） 有效边沿：下降、输入阻抗：10 kΩ（公称值） 非破坏最大输入电压：± 15 V
触发延迟时间	0 ～ 100 s（分辨率：640 ns, 6 位 max.）

通讯界面

USB	USBTMC, USB 2.0 高速
RS-232	4800 / 9600 / 19200 / 38400 / 57600 / 115200 / 230400 bps
GPIB	依照标准 IEEE 488.1，IEEE 488.2
LAN	10BASE-T / 100BASE-T，TCP/IP

一般事项

显示屏	4.3 英寸，WQVGA，彩色 LCD
电　源	AC 100 V ± 10 % / 120 V ± 10 % / 230 V + 10 %，- 14% 但 250 V 以下 50 Hz / 60 Hz ± 2 Hz、电耗 75 VA 以下，过电压类别 II
工作温度・湿度范围	0 ～ +40 ℃ 5 ～ 85 %RH 但绝对湿度为 1 ～ 25 g/m^3，无结露
预热时间	30 分钟
设置存储器	9 组
恢　复	通电时恢复到最后的设置
前置放大器用电源输出	± 15 V（公称值） 100 mA max.（后面板 PREAMP POWER）
外形尺寸（mm）	430（W）× 88（H）× 400（D）突出部除外
质　量	约 7.5 kg 配件除外

配件・选购件

配　件	使用说明书、CD-ROM（远程控制驱动等） 电源线组（3 相，2 m） 保险丝（时间滞后，1.0 A / 250 V，φ5.2×20 mm） 保护帽 *（电流输入端子用）　* LI5645 除外
选购件	PA-001-2779 机架安装套件（EIA） PA-001-2780 机架安装套件（JIS）

株式会社 **NF回路设计**
日本国神奈川县横滨市港北区纲岛东6-3-20（邮编 223-8508）
http://www.nfcorp.com.cn/
▼全国统一服务热线　400-620-1177

东莞市力高大同自动化设备有限公司
地址：东莞市莞城万科中心2栋516室
TEL ：0769-22802588