



LI5600シリーズ デジタルロックインアンプ

DIGITAL LOCK-IN AMPLIFIER

高速応答・広帯域・高安定度



用途にあわせて選べる4モデル



株式会社 エヌエフ回路設計ブロック

NFのロックインアンプシリーズ

広帯域 最高11MHz

2周波数同時測定

分数調波測定



▶ 走査型プローブ顕微鏡

▶ スピントロニクス

▶ テラヘルツ分光

...など最先端研究分野に

デジタルロックインアンプ **LI5600** シリーズは、位相検波以降のデジタル処理により、高い安定度を実現。最高100dBの優れたダイナミックリザーブ、更新レート約1.5Mサンプル/s (LI5660/LI5655)、振幅分解能16ビットの高速で滑らかな出力応答など微小信号測定の信頼性を高める基本性能を網羅しました。

さらに2周波数同時測定*や分数調波測定などの新機能を搭載し、さまざまな応用分野の高度な測定ニーズに対応します。

*LI5645は除く

特長

● 周波数範囲

LI5660: 0.5Hz～11MHz* *HF入力端子使用時

LI5655: 0.5Hz～3MHz

LI5650/LI5645: 1mHz～250kHz

● 電圧測定

LI5660: 10nV～10V* F.S. *C入力端子使用時

LI5655/LI5650/LI5645: 10nV～1V F.S.

● 電流測定

LI5660/LI5655/LI5650: 10fA～1μA F.S.

● 最小時定数

LI5660/LI5655: 1μs

LI5650/LI5645: 5μs

● アナログ出力最高更新レート

LI5660/LI5655: 約1.5Mサンプル/秒

LI5650/LI5645: 約780kサンプル/秒

● 2周波数同時測定 (LI5660/LI5655/LI5650)

2位相検波器を2系統装備し、2つの周波数成分を同時測定

● 分数調波測定

基本波の分数倍の周波数 (1～63) / (1～63) で測定

● 外部10MHz同期入力

外部基準周波数を用いて、他の機器の周波数基準と同期可能

● 測定パラメタ X, Y, R, θ , DC, NOISE

● 通信インタフェース USB, GPIB, RS-232, LAN

● 薄型2Uサイズ (88mm)

ラインナップ

4つのモデルをご用意しました。

LI5660は最高測定周波数11MHz (HF入力端子使用時)、LI5655が3MHzと従来機種に比べ、高周波領域をカバーしています。また、LI5650/LI5645は、1mHzの低周波から250kHzまでの測定に対応します。

◎: 装備あり —: 装備なし

| | LI5660 | LI5655 | LI5650 | LI5645 |
|---------------|---|---|--|------------------------------------|
| 周波数範囲 | 0.5Hz～11MHz | 0.5Hz～3MHz | 1mHz～250kHz | 1mHz～250kHz |
| 信号入力 | 電圧(A, A-B, C, HF)、電流(I) | 電圧(A, A-B)、電流(I) | 電圧(A, A-B)、電流(I) | 電圧(A, A-B) |
| 10V入力 | ◎ (C入力端子、0.5Hz～3MHz) | — | — | — |
| 高周波入力 | ◎ (HF入力端子、10kHz～11MHz) | — | — | — |
| 感 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～1μA F.S. | 10nV～1V F.S. (0.5Hz～3MHz) 10fA～1μA F.S. | 10nV～1V F.S. (1mHz～250kHz) 10fA～1μA F.S. | 10nV～1V F.S. (1mHz～250kHz) — |
| 入力換算雑音 | 4.5nV/√Hz(参考値) | | | |
| PSD (位相検波) | 2位相・2周波数 | 2位相・2周波数 | 2位相・2周波数 | 2位相・1周波数 |
| ダイナミックリザーブ | 100dB | | | |
| 時定数 | 1μs～50ks | 1μs～50ks | 5μs～50ks | 5μs～50ks |
| アナログ出力最高更新レート | 約1.5Mサンプル/秒 | 約1.5Mサンプル/秒 | 約780kサンプル/秒 | 約780kサンプル/秒 |
| 2周波数同時測定 | ◎ | ◎ | ◎ | — |
| 分数調波測定 | ◎ 基本波の(1～63)/(1～63) | | | |
| 外部10MHz同期 | ◎ | | | |
| 測定パラメタ | X, Y, R, θ , DC, NOISE | | | |
| 外部制御 | USB, GPIB, RS-232, LAN | | | |
| 税抜価格 | ¥1,390,000 | ¥1,040,000 | ¥872,000 | ¥693,000 |

高速応答・高安定度

●時定数

検波部の最小時定数は、 $1\mu\text{s}^*$ (LI5660/LI5655) です。 * LI5650/LI5645 は $5\mu\text{s}$
ロックインアンプ本体の性能向上により、高周波かつ高速応答を実現しました。

●同期フィルタ

信号の整数周期の同期（移動平均）フィルタを搭載しています。この機能により検波に伴う測定信号のリプルを低減できます。同期フィルタは時定数フィルタとは独立した動作のため、時定数を大きくすることなく SN 比を改善でき、結果として高速な応答を得られます。

●低い周波数でも高速にロック

デジタル方式の採用により、低周波（数 Hz 以下）では、約2周期で参照信号にロックします。

●優れたダイナミックリザーブ

位相検波とそれ以降の処理のデジタル化により、アナログ方式に比べて高利得時の出力ドリフトが小さく、最高 100dB のダイナミックリザーブが得られます。（信号フルスケールの 100,000 倍の雑音下で測定が可能です。）



時定数設定

多彩な参照信号源と検波モード

■2 周波数同時測定 2 位相 ($R\cos\theta$ 、 $R\sin\theta$)、2 系統（主検波器、副検波器）

●2 つの周波数成分を同時測定 ●レシオ演算 ●位相検波器の縦続接続

LI5660/LI5655/LI5650 は、2 位相検波器 (PSD) を 2 系統装備し、1 つの入力信号に含まれる 2 つの周波数成分を同時に測定できるので、従来なら 2 台のロックインアンプが必要だったデュアルビーム法などの測定が 1 台で可能です。また、測定値と基準値の比を求めるレシオ演算や、主検波器に副検波器を縦続接続して、信号を主検波器で検波後、さらに副検波器で検波することも可能です。



2 周波モード (DUAL1) 設定

■分数調波測定 基本波の分数倍の周波数 ($1\sim 63$) / ($1\sim 63$)

基本波の分数倍の周波数が測定できます。LI5660/LI5655/LI5650 の 2 周波数モードでは、主検波器に与える周波数を基本波の n/m 倍の値に、副検波器に与える周波数を基本波の n 倍にして測定することが可能です。



分数調波設定

高調波測定は 2 つの測定周波数の間が整数倍 ($f_2 = f_1 \times n$) です。この場合、 f_1 側の信号にひずみがあると整数倍の周波数（高調波）となり、 f_2 の信号と区別できなくなります。分数調波測定ならば、 $f_2 = f_1 \times n/m$ の関係で測定できるので、 f_1 にひずみが発生しても、 f_2 に影響のない周波数を設定でき、 f_1 の高調波の影響を受けずに f_2 の高感度測定が可能になります。

●検波モードと 2 周波数同時測定／分数調波測定

| 検波モード | 主検波器 | 副検波器 | 機能 |
|-------------|----------|--------|----------------------------------|
| SINGLE * | 基本波／分数調波 | なし | 1 周波数、2 位相検波 |
| DUAL1 | 基本波／分数調波 | 基本波／調波 | 1 つの入力信号に含まれる基本波とその調波成分を同時測定 |
| DUAL2 | 主周波数 | 副周波数 | 1 つの入力信号に含まれる独立した 2 つの周波数成分を同時測定 |
| CASCADE | 主周波数 | 副周波数 | 主検波器に副検波器を縦続接続 |

* LI5645 は SINGLE モードのみ

■外部 10MHz 同期 外部基準周波数を用いて、他の機器の周波数基準と同期可能
信号発生器など他の機器とロックインアンプを共通の 10 MHz 周波数源に同期して動作させると、外部参照信号 (REF IN) を用いずに、任意の周波数 (数値設定) で同期できます。



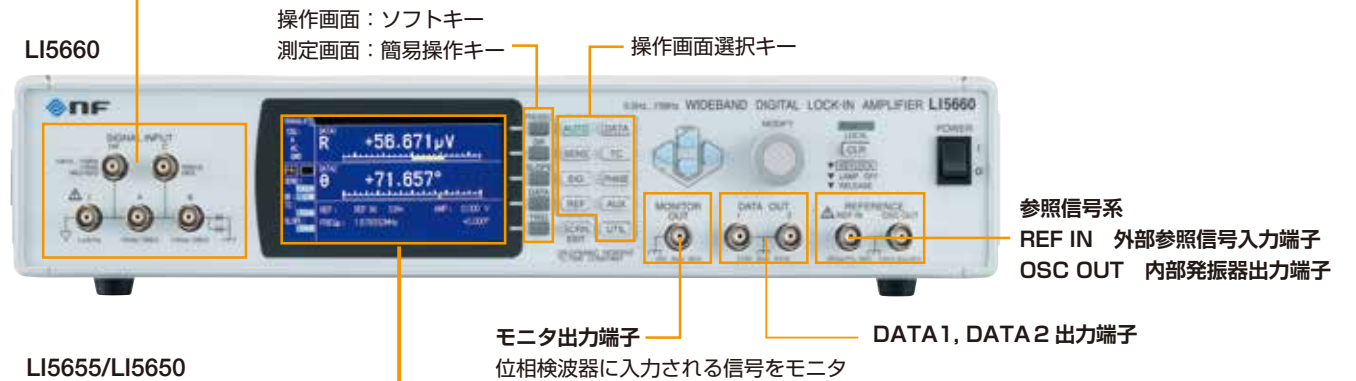
外部 10MHz 基準周波数入力設定

薄型・コンパクトな筐体に、多彩な機能を凝縮

Front

信号入力端子

A: 電圧入力 (最大 1Vrms, 10M Ω 、シングルエンド) HF: 高周波入力 (最大 1Vrms, 10kHz \sim 11MHz, 1M Ω / 50 Ω)
A-B: 電圧入力 (最大 1Vrms, 10M Ω 、差動) I: 電流入力 (最大 1 μ Arms, I-V 変換利得 1M/100M V/A)
C: 電圧入力 (最大 10Vrms, 1M Ω)



LI5655/LI5650



C 入力端子と HF 入力端子を装備していません。

LI5645



C 入力端子、HF 入力端子、I 入力端子を装備していません。

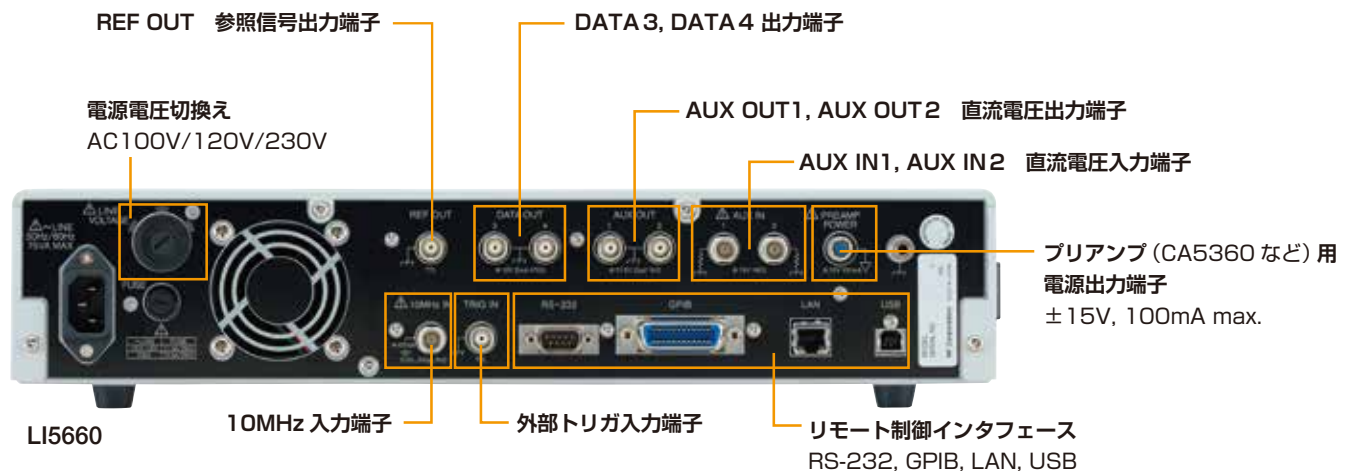


標準測定画面

拡大測定画面

詳細測定画面

Rear



* LI5655/LI5650/LI5645 のリアパネルの外観は同じですが、性能の一部は異なります。

ポンププローブ分光法によるテラヘルツ波の測定

高周波

時定数
1 μ s

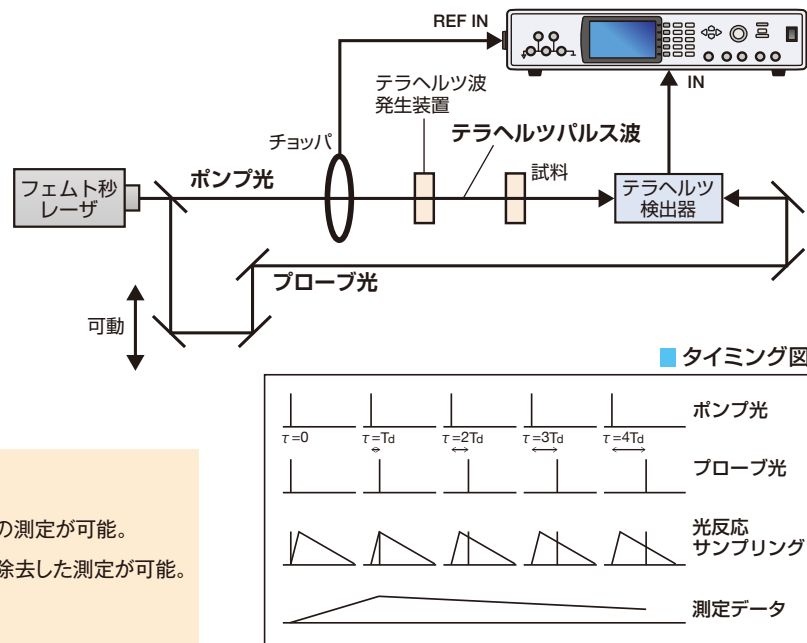
ポンププローブ分光法は、テラヘルツ波の時間領域の現象を検証するための測定手段の一つです。テラヘルツ波で物質を励起させ、プローブ光パルスでテラヘルツ波を検出します。ポンプ光とプローブ光のタイミングを変化させることで、光反応の開始から終了までを追跡できます。テラヘルツパルス波の直接測定は困難なため、測定例では、一定の繰り返し周期のポンプ光をレーザー光源から出力しています。

可動部を調整することで、光路長を伸縮しポンプ光に対するプローブ光の遅延時間を決定します。

決定したポンプ光とプローブ光の遅延時間での特性をロックインアンプで継続して観測することで、光反応のサンプリングが可能です。

LI5600 シリーズならば…

- ポンプ光パルスに適した周波数（数百 kHz～数 MHz）の測定が可能。
- 100dB 以上のダイナミックリザーブによって、外乱光を除去した測定が可能。
- 最小時定数 1 μ s により、測定の高速化が期待できる。



TMR（トンネル磁気抵抗）効果の測定

高周波

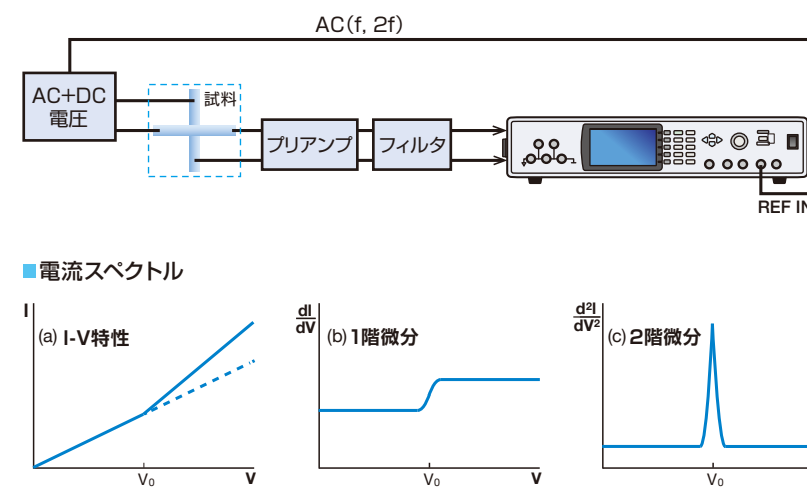
分数調波
測定

トンネル磁気抵抗効果とは、絶縁体を挟んでいる二層の強磁性体の磁化の向きによって電気抵抗が変化する現象です。磁気ヘッドや次世代不揮発性メモリ等に応用されています。トンネル磁気効果の評価では、絶縁層の中の電子の流れを調べるために電流分光法が用いられます。

電子の流れをみる I-V 特性の測定では、特定の電圧 V_0 の前後で電流値が変化しても、その変化が小さいため検出が難しくなります。そこで、I-V 特性の微分または 2 階微分を行うことで変化を捉えやすくなります。

ロックインアンプを用いてこれを行う場合、直流に交流を重畳した信号を試料に印加し、試料からの電流を測定します。試料に印加される交流信号はロックインアンプの参照信号とします。印加電圧の交流分は直流分に対して微小変動し、ロックインアンプで測定する微小電流はその点における微分値とみなせます。

また、参照信号の 2 倍の周波数測定（2 階微分出力）も可能です。



LI5600 シリーズならば…

- 最高測定周波数 11MHz により、重畳交流信号の高周波化が行える。
- 分数調波測定により、2 階微分出力が可能。
- 最大出力電圧 10V により比較的大きな電圧も直接測定可能。

広がる応用分野…

- 超音波診断装置
- 光吸収度測定
- ジャイロセンサ
- セラミックアクチュエータ
- セラミックセンサ
- 半導体レーザー

SPM（走査型プローブ顕微鏡）の信号処理

高周波

時定数
1 μ s同期
フィルタ

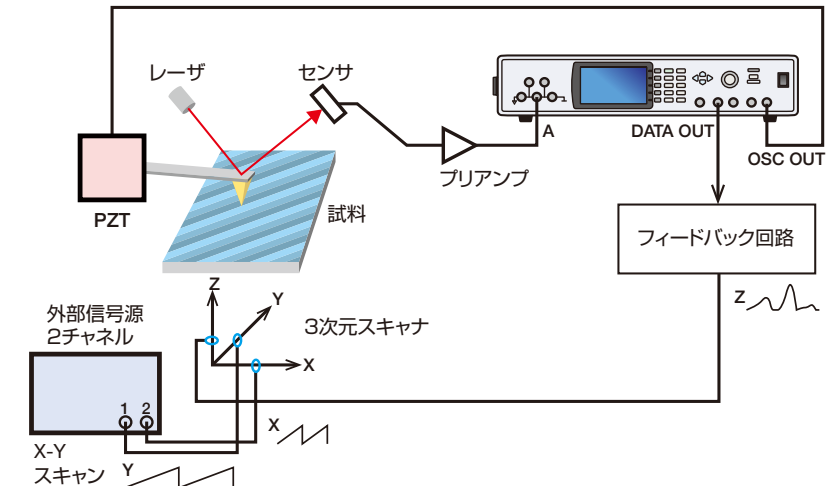
走査型プローブ顕微鏡は、先端がナノスケールのプローブを試料の表面上で走査し、プローブと試料間の信号を検出して、試料の表面の電子状態や構造、物理的・化学的性質を観察します。

ロックインアンプは、試料とプローブとの距離の制御などに使用されます。STMやAFMのほか、KFM(表面電位顕微鏡)などでも、変調信号の復調などの信号処理にロックインアンプが利用されています。

また、同期フィルタにより、位相検波出力のリップルを大幅に低減することで、高速化に加え、高画質化にも寄与します。

LI5600 シリーズならば…

- MHz 領域の高い共振周波数のカンチレバーにも対応可能。
- 時定数を小さくすることで（1 μ s～）、高速スキャンが可能になり、短時間で画像化ができる。



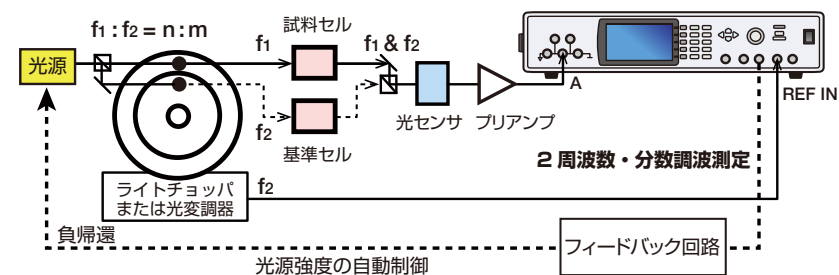
光透過量の測定（光源変動のキャンセル）

2 周波数
同時測定分数
調波測定外部
10MHz
同期

2 周波数同時測定と分数調波測定の機能を併用すると、LI5660/LI5655/LI5650 1 台で、デュアルビーム法（レシオ測定）による光源などの変動補正が可能です。基準セルの信号で負帰還をかけて、光源強度を安定化することもできます。

参照信号周波数の整数倍（ n 倍）、整数分の 1（ $1/n$ 倍）、分数比（ n/m 倍）を設定できますので、ライトチョッパの周波数比に柔軟に対応します。また、整数比の場合、信号ひずみにより発生する高調波成分との区別ができませんが、分数比では高調波の影響を受けません。

さらに、10 MHz 同期機能を用いて外部の信号発生器と同期すると、任意の 2 周波数による検出も可能です。

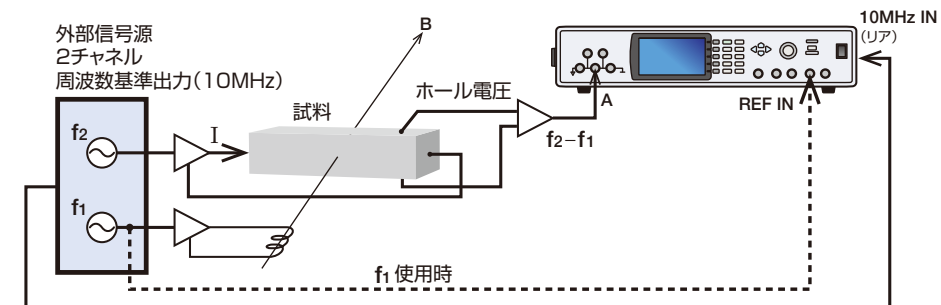


ホール係数の測定（差周波数の測定）

分数
調波測定外部
10MHz
同期

ホール電圧は、2 信号（電流と磁界）の積に比例し、その周波数は 2 信号の差（および和）周波数になります。

電流と磁界を発生する外部信号源と LI5600 シリーズを外部 10 MHz に同期させると、異なる任意の 2 周波数に対して、外部参照信号（差周波数）を用意せずとも、差周波数信号の測定が可能です（2 チャンネル出力と周波数基準出力を備えた信号発生器を使用した場合）。もとの周波数が整数比であれば、分数調波測定機能を利用して差周波数信号を測定することも可能です（点線）。どちらでも、外部参照信号からのクロストーク妨害を避けられます。



●「公称値」「代表値」「参考値」「約」の表記がある値は、製品を使用するにあたり参考となる補足データを示し、性能を保証するものではありません。
●1-2-5 シーケンス：*1,2,5,10,20,50,100,200,500・・・のように繰り返す数列。

■ 測定信号系

| | |
|-----------|--|
| 入力結合 | ・A, A-B：AC／DC 切換え、AC結合は1次HPF（fc：0.1Hz（公称値））の2段カスケード ・I：電圧に変換後にAC／DC 切換え ・C（LI5660のみ）：DC結合（常時自動的に直流成分キャンセル） ・HF（LI5660のみ）：AC結合、入力インピーダンス50Ωの時は50Ω終端後にAC結合。fc：1kHz（公称値） |
| 信号グラウンド | フロート／筐体に接続 切換え フローティング電圧（対接地許容電圧）：±1Vpk max.（DC+AC） 対筐体インピーダンス：10kΩ（フロート、公称値）、11Ω（筐体に接続、公称値） |
| 電源周波数フィルタ | 通過（無効）／基本波除去（50Hzまたは60 Hz）／2次高調波除去（100Hzまたは120Hz）／基本波と2次高調波の両方を除去のいずれかを選択 減衰量：20dB以上（f ₀ にて） ※入力C, HFのときは、常に通過（無効） |

●電圧測定

| | | LI5660 | LI5655 | LI5650 | LI5645 |
|---------------------|-----------|---|--------|--------------------|---|
| 入力端子 | | BNC（正面パネル A, B, C, HF） | | BNC（正面パネル A, B） | |
| 入力形式 | | A, C, HF（シングルエンド）、A-B（差動） | | A（シングルエンド）、A-B（差動） | |
| 周波数範囲 | | A, A-B, C：0.5Hz～3 MHz HF：10kHz～11MHz | | A, A-B：0.5Hz～3MHz | A, A-B：1mHz～250kHz |
| 感 度 | | A, A-B：10nV～1 V フルスケール 1-2-5 シーケンス | | | |
| | | C：1mV～10 V フルスケール 1-2-5 シーケンス | | ―― | |
| | | HF：1mV～1 V フルスケール 1-2-5 シーケンス | | ―― | |
| 電圧確度 | A, A-B | ± 0.5%（1kHz、信号レベル ≥ 1mV *1、23 ± 5℃） ± 2%（1kHz、信号レベル ≥ 1μV *1） ± 0.5%（≤ 20kHz、感度 100mV～1V *2、23 ± 5℃） ± 1%（≤ 50kHz、感度 100mV～1V *2） ± 2%（≤ 100kHz、感度 100mV～1V *2） ± 3%（≤ 1MHz、感度 100mV～1V *2） ± 5%（≤ 3MHz、感度 100mV～1V *2） | | | ± 0.5%（1kHz、信号レベル ≥ 1mV *1、23 ± 5℃） ± 2%（1kHz、信号レベル ≥ 1μV *1） ± 0.5%（≤ 20kHz、感度 100mV～1V *2、23 ± 5℃） ± 1%（≤ 50kHz、感度 100mV～1V *2） ± 2%（≤ 100kHz、感度 100mV～1V *2） ± 3%（≤ 1MHz、感度 100 mV～1V *2） |
| | C | ± 0.5%（≤ 20kHz） ± 1%（≤ 50kHz） ± 2%（≤ 100kHz） ± 3%（≤ 1MHz） ± 5%（≤ 3MHz） ダイナミックリザーブ LOW、 感度 1V～10V、信号フルスケールにて | | ―― | |
| | HF | ± 3%（≤ 1MHz、入力インピーダンス 1MΩ） ± 5%（≤ 3MHz、入力インピーダンス 1MΩ） ± 7%（≤ 10MHz、入力インピーダンス 50Ω） ± 14%（≤ 11MHz、入力インピーダンス 50Ω） ダイナミックリザーブ LOW、 感度 100mV～1V、信号フルスケールにて | | ―― | |
| 電圧確度 温度ドリフト | A, A-B | ± 100ppm / °C（参考値） 1kHz、ダイナミックリザーブ LOW、A 入力、感度 1V、感度フルスケールにおける参考値 | | | |
| 入力 インピーダンス | A, B | 10MΩ（公称値）、並列に 50pF（参考値） | | | |
| | C | 1MΩ（公称値）、並列に 50pF（参考値）―― | | | |
| | HF | 1MΩ（公称値）、並列に 50pF（参考値）―― または 50Ω（公称値）から選択 | | | |
| 入力換算雑音 | A, A-B | 4.5nV/√Hz（参考値） ダイナミックリザーブ LOW、感度 1mV 以下、周波数 1kHz、入力短絡時 | | | |
| CMRR （コモンモード除去比） | A-B | 100dB 以上 AC 結合、50Hz～1kHz、信号源インピーダンス 0Ω、ダイナミックリザーブ LOW かつ 感度 20mV 以下（または MED かつ 2mV 以下）にて | | | |
| 高調波ひずみ | A, A-B | －80dBc 以下（10Hz～5kHz、2～3 次高調波、各次） ダイナミックリザーブ LOW、感度 1V、感度フルスケールの 30%の信号にて | | | |
| 最大入力電圧 （線形動作範囲） | A, B, A-B | ± 3V（DC 結合における各端子電圧および差動電圧） ダイナミックリザーブ HIGH、感度 1V にて | | | |
| | C | ± 30V ダイナミックリザーブ HIGH、感度 10V にて | | ―― | |
| | HF | ± 3V ダイナミックリザーブ HIGH、感度 1V にて | | ―― | |
| 非破壊 最大入力電圧 | A, B | AC 結合：10Vrms（正弦波）、DC ± 42V DC 結合：± 14V | | | |
| | C | ± 42V | | ―― | |
| | HF | ± 5V | | ―― | |

*1 ダイナミックリザーブ LOW、信号フルスケール（感度）の 30%以上にて

*2 DC 結合、ダイナミックリザーブ LOW、信号フルスケールにて

●電流測定 ※LI5645 には装備されていません。

| | LI5660 | LI5655 | LI5650 |
|----------------|---|---------------------------|-------------------------------------|
| 入力端子 | BNC（正面パネル I） | | |
| 入力形式 | シングルエンド | | |
| 周波数範囲 | 0.5Hz～下表に示す上限値（公称値、3dB 低下点） | | 1mHz～下表に示す上限値（公称値、3dB 低下点） |
| | Cs | 変換利得 | Cs |
| | 信号源容量+接続ケーブル容量 | 1M（10 ⁶ ）[V/A] | 100M（10 ⁸ ）[V/A] |
| | なし | 1MHz | 10kHz |
| 感 度 | 150pF | 1 MHz | 10kHz |
| | 1000pF | 150kHz | 1.5kHz |
| | 100fA～1μA フルスケール（変換利得 1M [V/A] 時） | 1-2-5 シーケンス | 10fA～10nA フルスケール（変換利得 100M [V/A] 時） |
| 電流精度 | ±1% 23±5℃、ダイナミックリザーブ LOW、感度 1μA（変換利得 1M [V/A]、1kHz） および感度 10nA（変換利得 100M [V/A]、125Hz） 感度フルスケールの 30%以上にてどちらも代表値 | | |
| 電流精度温度ドリフト | ± 150ppm / °C ダイナミックリザーブ LOW、（変換利得 1M [V/A]、1 kHz） および（変換利得 100M [V/A]、125Hz）における 参考値 | | |
| 入力換算雑音 | 150fA/√Hz（変換利得 1M [V/A]、1 kHz）（参考値）、15 fA /√Hz（変換利得 100M[V/A]、125Hz）（参考値） | | |
| 入力インピーダンス | 1 kΩ（変換利得 1M [V/A]）（参考値）、100kΩ（変換利得 100M [V/A]）（参考値） | | |
| 最大入力電流（線形動作範囲） | ±3μA DC 結合、ダイナミックリザーブ HIGH、変換利得 1M [V/A]、感度 1μA にて | | |
| 非破壊最大入力電流 | ± 10mA | | |

●雑音密度測定

| | LI5660 | LI5655 | LI5650 | LI5645 |
|-----|--|--|---|---|
| 感 度 | 電圧 20nV/√Hz～1V /√Hz（A、A-B） 1mV/√Hz～10V /√Hz（C*） 1mV/√Hz～1V /√Hz（HF*） | 電流 1pA/√Hz～1μA/√Hz（1M [V/A] 時） 100fA/√Hz～10nA/√Hz（100M [V/A] 時） | 電圧 20nV/√Hz～1V /√Hz（A、A-B） 1-2-5 シーケンス | 電圧 20nV/√Hz～1V /√Hz（A、A-B） 1-2-5 シーケンス |
| | | すべて 1-2-5 シーケンス | *LI5660 のみ装備 | |

■ 位相検波部

| | LI5660 | LI5655 | LI5650 | LI5645 |
|------------|--|---------------|---|-------------------------------|
| PSD（位相検波器） | 2 位相（Rcosθ, Rsinθ）、2 系統（主検波器、副検波器） | | | 2 位相（Rcosθ, Rsinθ）、1 系統（主検波器） |
| PSD 設定項目 | 感度、時定数、位相調整、XY オフセット調整、ダイナミックリザーブ | | | |
| 検波モード | 検波モード | 測定周波数 | *1 LI5645 には装備されていません *2 1 周波数、2 位相検波 *3 1 つの入力信号に含まれる基本波とその調波成分を同時測定 *4 1 つの入力信号に含まれる独立した 2 つの周波数成分（主周波数と副周波数）を同時測定 *5 主検波器に副検波器を縦続接続して、主検波器で信号を検波した後、さらに副検波器で検波 | |
| ダイナミックリザーブ | SINGLE *2 | 主検波器 | 副検波器*1 | |
| | | 基本波/分数調波 | なし | |
| | | DUAL1 *1 *3 | 基本波/調波 | |
| 時定数フィルタ | DUAL2 *1 *4 | 主周波数 | 副周波数 | |
| | | CASCADE *1 *5 | 副周波数 | |
| | | | | |
| 位相ノイズ | 0.001° rms（1kHz、減衰傾度 18dB/oct 以上） 0.003° rms（100 kHz、減衰傾度 12dB/oct 以上） 0.01° rms（3MHz、減衰傾度 12dB/oct 以上） 参照信号が外部正弦波 1Vrms、時定数 100ms、同期フィルタ オフにおける参考値 | | | |
| 位相温度ドリフト | ± 0.01° / °C（100Hz ≤ 周波数 ≤ 10kHz） ± 0.03° / °C（10kHz < 周波数 ≤ 100kHz） ± 0.2° / °C（100kHz < 周波数 ≤ 3MHz） A 入力、外部参照信号が共に正弦波 1Vrms における参考値 | | | |

■ 参照信号系

| | | |
|-------|---|-------------|
| 参照信号源 | ・REF IN 外部参照信号（検波モード SINGLE, DUAL1*, DUAL2*では主検波器の周波数、CASCADE*では副検波器の周波数） ・INT OSC 内部発振器 ・SIGNAL 測定信号（HF 入力では使用不可） | *LI5645 は除く |
|-------|---|-------------|

●外部参照信号

| | LI5660 | LI5655 | LI5650 | LI5645 |
|-----------|--|---|--|---|
| 波形 | SIN POS, TTL POS, TTL NEG | | | |
| 入力端子 | BNC（正面パネル REF IN） | | | |
| 入力インピーダンス | 1 MΩ（公称値） 並列に 100 pF（参考値） | | | |
| 入力電圧範囲 | SIN：0.3～20Vp-p（正弦波） TTL：0～5V、High 2.6V 以上、Low 0.8V 以下（方形波） | | | |
| パルス幅（方形波） | 40ns 以上（高レベル、低レベル 共） | | | |
| 非破壊最大入力電圧 | ± 15V | | | |
| 同期周波数範囲 | 信号入力 A A-B C I 検波モード SINGLE DUAL1 DUAL2 CASCADE 外部参照信号波形 SIN POS TTL POS TTL NEG 同期周波数範囲 0.3Hz～3.2MHz | 信号入力 A A-B I 検波モード SINGLE DUAL1 DUAL2 CASCADE 外部参照信号波形 SIN POS TTL POS TTL NEG 同期周波数範囲 0.3Hz～3.2MHz | 信号入力 A A-B I 検波モード SINGLE DUAL1 DUAL2 CASCADE 外部参照信号波形 SIN POS TTL POS TTL NEG 同期周波数範囲 0.3Hz～260kHz 0.5mHz～260kHz | 信号入力 A A-B I 検波モード SINGLE 外部参照信号波形 SIN POS TTL POS TTL NEG 同期周波数範囲 0.3Hz～260kHz 0.5mHz～260kHz |
| 同期時間 | 2 周期 + 50ms（参考値） | | | |
| 周波数表示分解能 | 6 桁（< 100Hz では 0.1mHz） | | | |
| 周波数測定精度 | ±（40ppm + 1 カウント） | | | |

●内部発振器

| | LI5660 | LI5655 | LI5650 | LI5645 |
|-------------------------|--|---|---|--|
| 周波数 (主周波数) (副周波数) | 0.3Hz ～ 3.2MHz (A, A-B, C, I) 8kHz ～ 11.5MHz (HF) | 0.3Hz ～ 3.2MHz | 0.5mHz ～ 260kHz | |
| | ・ 分解能： 6 桁 (< 100Hz では 0.1mHz) | | | |
| | ・ 確度： ± 40ppm | | | |
| | ・ 検波モード DUAL2*、CASCADE*の時は独立した 2 つの周波数（主周波数、副周波数*）を発振 | | | |
| 基準周波数源 | | 内部／外部切換え | | |
| 外部基準 | 周波数範囲 10MHz ± 0.2 % | | | |
| 周波数 | 波形 | 正弦波 または 方形波（デューティ 45% ～ 55%） | | |
| | 信号レベル | 0.5Vp-p ～ 5Vp-p | | |
| | 非破壊最大入力電圧 | 10Vp-p | | |
| | 入力インピーダンス | 1kΩ（公称値） | | |
| | 入力結合 | AC | | |
| | フローティング電圧 | ± 42Vpk max. (DC+AC)（対接地許容電圧） | | |
| 正弦波 出力 | 周波数 | 主周波数（検波モード SINGLE, DUAL1*の時）、主周波数／副周波数*（検波モード DUAL2*, CASCADE*のときに選択可能） | | |
| | 振 幅 | 0～10.00mVrms（分解能 0.01mVrms）／ 0～100.0mVrms（分解能 0.1mVrms）／ 0～1.000Vrms（分解能 0.001Vrms） >3.2MHz（LI5660/LI5655）、または>260kHz（LI5650/LI5645）のときは設定にかかわらず 0Vrms | | |
| | 振幅確度 | ±（設定の 2%+1mV） ≤ 20kHz | | ±（設定の 2%+1mV） ≤ 20kHz |
| | | ±（設定の 3%+1mV） ≤ 100kHz | | ±（設定の 3%+1mV） ≤ 100kHz |
| | | ±（設定の 4%+2mV） ≤ 1MHz | | ±（設定の 4%+2mV） ≤ 250kHz |
| | | ±（設定の 7%+5mV） ≤ 3.2MHz | | |
| | 最大出力電流 | ± 15mA | | |
| | 出力インピーダンス | 50Ω（公称値） | | |
| | 高調波ひずみ (出力電圧設定 1Vrms、参考値) | －80dBc 以下（20Hz ≤ 周波数 ≤ 5kHz、無負荷、2～5 次） －70dBc 以下（5kHz < 周波数 ≤100kHz、無負荷、2～5 次） －60dBc 以下（100kHz < 周波数 ≤1MHz、50Ω、2～3 次） －50dBc 以下（1MHz < 周波数 ≤3MHz、50Ω、2～3 次） | | －80dBc 以下（20Hz ≤ 周波数 ≤ 5kHz、無負荷、2～5 次） －70dBc 以下（5kHz < 周波数 ≤100kHz、無負荷、2～5 次） －60dBc 以下（100kHz < 周波数 ≤250kHz、50Ω、2～3 次） |
| | 方形波 出力 | 周波数 | 主周波数（検波モード SINGLE, DUAL1*の時）、主周波数／副周波数*（検波モード DUAL2*, CASCADE*のときに選択可能） | |
| 信号レベル | | TTL（0 ～ 3.3V, 無負荷時の公称値）, ±8mA max.（参考値） >3.2MHz では出力レベルは高レベルまたは低レベルに固定（LI5660/LI5655 のみ） | | |
| 調波測定 | 検波モード SINGLE | 検波器に与える参照信号の周波数を主周波数の n/m 倍にして測定 n 範囲（高調波）1 ～ 63、m 範囲（低調波）1 ～ 63 | | |
| | 検波モード DUAL1* | 主検波器に与える参照信号周波数を主周波数の n/m 倍に、副検波器に与える参照信号周波数を n 倍にして測定 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 | | |
| | 調波測定可能 周波数範囲 | 参照信号源 | 基本波の周波数範囲 | 調波の周波数範囲 |
| | | REF IN | 外部参照信号への同期周波数範囲 | 同左 |
| | | INT OSC | 内部発振器の周波数設定範囲 | 同左 |
| | | SIGNAL | 外部参照信号への同期周波数 | n/m 設定に関わらず常に 1/1 倍で動作 |
| | 参照信号移相量 | | －180.000° ～ +179.999°（分解能 0.001°） | |
| 直交性 | | ± 0.001°以内（参考値） | | |
| 位相確度 | ± 1°（DC 結合、≤10kHz） ± 2°（DC 結合、≤100kHz） ± 5°（DC 結合、≤1MHz） ± 10°（DC 結合、≤3MHz） | | ± 1°（DC 結合、≤10kHz） ± 2°（DC 結合、≤100kHz） ± 5°（DC 結合、≤250kHz） | |
| | A 入力（感度 1V）、外部参照信号入力ともに正弦波 1Vrms における参考値 | | | |

* LI5645 は除く

■演算処理

| | | | |
|----------------------------------|--|---------------------|---|
| オフセット調整 | X, Y：感度の ± 105%（分解能 0.001%） 主検波器および副検波器*共に設定可 | | |
| 拡大（EXPAND） | 倍率 X, R：1, 10, 100（X と R の倍率は共通） Y：1, 10, 100 ・主検波器、副検波器*ともに設定可能 ・見かけの感度（信号フルスケール）は、1 / EXPAND 倍率 ・ノーマライズまたはレシオ演算実行時は不可 | | |
| ノーマライズ (ノーマライズ演算なし、または右記から選択) | % 値 = (測定値 ÷ 標準値) × 100 dB 値 = 20 × log ₁₀ (測定値 ÷ 標準値) %FS 値 = (測定値 ÷ 感度) × 100 ・検波モード SINGLE、DUAL1*、DUAL2*の時、上記の測定値 = 主検波器出力（X または R） ・検波モード CASCADE*の時、上記の測定値 = 副検波器出力（X または R） 標準値範囲：電圧 1nV ～ 10V、電流* 1fA ～ 1μA、分解能 6 桁 ・拡大またはレシオ演算実行時は不可 | | |
| レシオ (レシオ演算なし、または右記から選択) | 測定値 A と基準値 B の比 レシオ = K × A ÷ B K： 0.1 ～ 10（分解能 0.00001） A, B：右表の組み合わせから選択 ※B の最高更新レートは約 10k サンプル/s ・拡大またはノーマライズ演算実行時は不可 | | |
| | | A（測定値） | B（基準値） 検波モード |
| | | 主検波器出力（X, Y, R）/ 感度 | AUX IN 1 測定値 / 10V SINGLE, DUAL1*, DUAL2* |
| | | 主検波器出力（X, Y, R）/ 感度 | 副検波器 X 出力 / 感度 DUAL1*, DUAL2* |
| | | 副検波器出力（X, Y, R）/ 感度 | AUX IN 1 測定値 / 10V CASCADE* |

* LI5645 は除く

■測定値出力部・表示部

| パラメタ | 出力／表示 | 検波モード | |
|------|-----------------|--------------------------|--|
| | | SINGLE | 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 |
| | 備考：X, Y, R, θ添字 | n：調波（調波設定時、末尾に n、例：Xn） | p：主検波器 s：副検波器 n：調波（調波設定時末尾に n、例：Xpn） |

* LI5645 は除く

| | LI5660 | LI5655 | LI5650 | LI5645 |
|--------|---|---|--|-----------------------------|
| アナログ出力 | フルスケール電圧 | ± 10V（両極性信号）、+10V（片極性信号） | | |
| | 出力電圧範囲 | ± 12V（無負荷時） | | |
| | 最大出力電流 | ± 10mA | | |
| | 出力インピーダンス | 470Ω（公称値） | | |
| | 出力電圧確度 | ±（0.3% + 10mV）対 測定値対応電圧値 | | |
| | 最高更新レート | DATA OUT 1/DATA OUT2（正面） 312.5k サンプル／s DATA OUT 3/DATA OUT4（背面） 1.5625M サンプル／s | DATA OUT 1/DATA OUT2（正面） 156.25k サンプル／s DATA OUT 3/DATA OUT4（背面） 781.25k サンプル／s | |
| 測定画面表示 | ・標準：測定値（DATA1, DATA2）と主要な設定を表示 ・拡大：測定値（DATA1, DATA2）を大きく表示 ・詳細：測定値（DATA1, DATA2, DATA3, DATA4）と詳細な設定を表示 標準または拡大のときは測定値を数値とバーグラフで表示 | | | |
| 数値表示 | パラメタ | 数値表示 | | アナログ出力のフルスケール電圧に 対応する測定値 |
| | | 範囲 | 分解能 | |
| | X, Y | 感度 / EXPAND 倍率の ±120% | 6 桁 感度フルスケールにて | ± 感度 / EXPAND 倍率 |
| | R | 感度 / EXPAND 倍率の 0 ～ 120% | 6 桁 感度フルスケールにて | 感度 / EXPAND 倍率 |
| | θ | －180.000°～+179.999° | 0.001° | ± 180° |
| | NOISE（雑音密度） | 感度の 0 ～ 120% | 6 桁 感度フルスケールにて | 感度 |
| | AUX IN 1, 2 | ± 12V | 0.001V | ± 10V |
| | レシオ | ± 2.4 | 0.00001 | ± 2 |
| | ノーマライズ % | ± 240% | 0.001% | ± 200% |
| | ノーマライズ %FS | ± 120% of FS | 0.001% of FS | ± 100% of FS |
| | ノーマライズ dB | ± 120dB | 0.001dB | ± 100dB |

■ モニタ出力

| | |
|-----------|----------------------------------|
| モニタ信号 | 位相検波器入力信号 |
| 最大出力 | 最大出力電圧 ±3V（無負荷時） 最大出力電流 ±20mA |
| 出力インピーダンス | 50Ω（公称値） |

■ 補助入力（AUX IN 直流電圧測定）

| | |
|----------------|---|
| チャンネル数 | 2 |
| 最大入力電圧(線形動作範囲) | ± 12V |
| 非破壊最大入力電圧 | ± 42V |
| 入力インピーダンス | 1MΩ（公称値）、並列に 50pF（参考値） |
| 電圧測定確度 | ±（0.3% + 10mV）、信号グラウンドが筐体電位に等しいとき |
| 周波数帯域 | 最高 5kHz（－3dB）（参考値） |
| サンプリングレート | 最高 125k サンプル /s |
| フローティング特性 | 信号グラウンド 対接地最大電圧（非破壊）：± 42Vpk max. (DC+AC) 接地インピーダンス：1MΩ（公称値） 信 号 対接地許容電圧：± 42Vpk max. (DC+AC) |

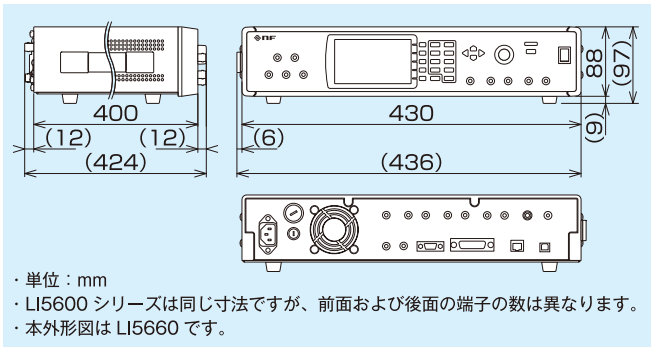
■ 補助出力（AUX OUT 直流電圧出力）

| | |
|-----------|-----------------------|
| チャンネル数 | 2 |
| 出力電圧範囲 | ± 10.500V（分解能 0.001V） |
| 最大出力電流 | ± 5mA |
| 出力インピーダンス | 1kΩ（公称値） |
| 出力電圧確度 | ±（0.3% + 10mV）、無負荷時 |

■ 自動設定項目

| | |
|-------|----------------------------------|
| 測定 | 下記の項目「時定数」、「感度」、「位相」を実行 |
| 時定数 | 参照信号の周波数に合わせて、時定数、減衰傾度を設定 |
| 感度 | 入力信号に合わせて、感度とダイナミックリザーブを設定 |
| 位相 | Y および位相出力 θ がゼロになるように参照信号の移相量を設定 |
| オフセット | X、Y 出力がゼロになるように、各オフセットを設定 |

■ 外形寸法図（LI5660）



■ データメモリ

| | |
|----------|---|
| 記録データ | 1 サンプルあたり、記録データから最大 5 ワードまで任意に選択可 |
| 記録容量 | バッファ 1, 2：16 ～ 8192 サンプル バッファ 3：16 ～ 65536 サンプル (FIFO) |
| トリガ信号 | 内部タイマ／外部トリガ／リモート制御コマンド／手動トリガ トリガ信号を受けた時点で 1 サンプル記録 |
| サンプリング間隔 | LI5660 / LI5655 内部タイマ 範囲：1.92μs ～ 20s 等間隔で繰り返し、分解能：640ns, 6 桁 max. 外部トリガ／リモート制御コマンド／手動トリガ 範囲：≥ 2.6μs 任意間隔、内部遅延ジッタ 640ns（公称値） |
| | LI5650 / LI5645 内部タイマ 範囲：9.6μs ～ 20s 等間隔で繰り返し、分解能：640ns, 6 桁 max. 外部トリガ／リモート制御コマンド／手動トリガ 範囲：≥ 10μs 任意間隔、内部遅延ジッタ 640ns（公称値） |
| | 外部トリガ 信号レベル：TTL（0～5V, High2.6V 以上, Low0.8V 以下, 方形波） 最小パルス幅：500ns（High、Low とも） 有効エッジ：降下 入力インピーダンス：10kΩ（公称値） 非破壊最大入力電圧：± 15V |
| | トリガ遅延時間 0 ～ 100s（分解能：640ns, 6 桁 max.） |

■ 一般事項

| | | |
|------------|---|---|
| インタフェース | USB | USBTMC, USB 2.0 ハイスピード |
| | RS-232 | 4800 / 9600 / 19200 / 38400 / 57600 / 115200 / 230400 bps |
| | GPIO | 準拠規格 IEEE 488.1, IEEE 488.2 |
| | LAN | 10BASE-T / 100BASE-TX, TCP/IP |
| 表示器 | 4.3 インチ、WQVGA, カラー LCD | |
| 電 源 | AC 100V ± 10 % / 120V ± 10 % / 230V + 10 %, -14% ただし 250V 以下 | |
| | 50Hz / 60Hz ± 2Hz、消費電力 75VA 以下、過電圧カテゴリ II | |
| 動作温度・湿度範囲 | 0 ～ +40℃ 5 ～ 85%RH ただし絶対湿度は 1 ～ 25g/m³、結露がないこと | |
| ウォームアップタイム | 30 分 | |
| 設定メモリ | 9 組 | |
| レジューム | 電源投入時に最後の設定に復帰 | |
| プリアンプ用電源出力 | ± 15V（公称値） 100mA max.（背面パネル PREAMP POWER） | |
| RoHS | Directive 2011/65/EU | |
| 安全性および EMC | EN 61010-1:2010, EN 61010-2-030:2010, EN 61326-1:2013, EN 61326-2-1:2013 | |
| 外形寸法（mm） | 430(W) × 88(H) × 400(D) ただし突起部を除く | |
| 質 量 | 約 7.5kg ただし付属品を除く | |

■ 付属品・オプション

| | |
|-------|--|
| 付属品 | 取扱説明書、CD-ROM（リモート制御用ドライバ他）、 電源コードセット（3 極、2m）、 ヒューズ（タイムラグ、1.0A / 250V, φ5.2×20mm） 保護キャップ*（電流入力端子用） |
| オプション | PA-001-2779 ラックマウントキット (EIA) PA-001-2780 ラックマウントキット (JIS) |

低雑音増幅器

世界最高レベルの低雑音性能で、高精度な信号処理

SA-200/ SA-400シリーズ

幅広い信号源に対応

電圧
入力

SA-251F6



SA-440F5

- 低雑音
入力換算雑音電圧 $0.25\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (SA-251F6)
- 広帯域 DC～最高 500MHz
- 周波数帯域、入力形式、
入力インピーダンスによって、
11 モデルをラインナップ

SA-600シリーズ

高利得かつ広帯域、安定した動作

電流
入力



1T V/A モデル追加

- 高利得と広帯域を両立
- センサ・接続ケーブルの容量に対して
安定動作
- 利得・帯域によって 6 モデルを
ラインナップ
10M/100M/1G/10G/100G/1T V/A

SAシリーズの性能を確実に
引き出す低雑音直流電源

LP5394

- 出力雑音電圧 $10\mu\text{Vrms}$ 以下 typ.
- 高安定度 (低ドリフト) $\pm 10\text{ppm}/^\circ\text{C}$ typ.



LP5392

- 出力雑音電圧 $10\mu\text{Vrms}$ 以下 typ.
- 高安定度 (低ドリフト) $\pm 20\text{ppm}/^\circ\text{C}$ typ.



プログラマブル電流増幅器

放射光施設をはじめ、量子エレクトロニクス・半導体・バイオ等の研究に

各種微小電流計測に

CA5351



- 高利得 $10^3\text{ V/A} \sim 10^{10}\text{ V/A}$
(8レンジ、 $\times 10$ ステップ)
- 広帯域 DC $\sim 500\text{kHz}$ (10^6 V/A)、
DC $\sim 70\text{kHz}$ (10^9 V/A)
- 高速応答 $0.7\mu\text{s}$ (10^6 V/A)
- GPIO、USB、LAN

CA5350



- 高利得 $10^4\text{ V/A} \sim 10^{10}\text{ V/A}$
(7レンジ、 $\times 10$ ステップ)、
最大 10^{11} V/A
- 広帯域 DC $\sim 500\text{kHz}$ (10^6 V/A)、
DC $\sim 70\text{kHz}$ (10^9 V/A)
- GPIO、USB

低雑音プリアンプ

CA5360



ロックインアンプの感度向上に

- 利得 100 倍 (40dB)
- DC $\sim 1\text{MHz}$
- 入力換算雑音 $5\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- LI5600 シリーズから電源供給可能
(LP 電源推奨)

機器組込みに

低雑音増幅器モジュール



- 電圧入力 / 電流入力タイプ
- 入力形式、周波数帯域で選べる豊富なバリエーション

精密低雑音直流電圧源

センサ・デバイスを高精度制御

低雑音・高安定・高精度

LP6016-01/LP6016-01P



- 出力雑音電圧 $10\mu\text{Vrms}$ 以下 typ.
- 出力安定度 $\pm 10\text{ppm}/^\circ\text{C}$ typ.
- 出力電圧
LP6016-01: $0 \sim \pm 16.1\text{V}$ (正・負出力)
LP6016-01P: $0 \sim +16.1\text{V}$ (2 出力)
設定分解能 $500\mu\text{V}$
設定精度 $\pm (0.03\% + 250\mu\text{V})$

ライトチョッパ

5584A



- ロックインアンプと組み合わせて、
微弱光や外乱光中の光を検出する
際に用いる光ビームチョッパ
- 4Hz \sim 400Hz、40Hz \sim 4kHz

※このカタログの記載内容は、2025年4月1日現在のものです。
●お断りなく外観・仕様の一部を変更することがあります。
●ご購入に際しては、最新の仕様・価格・納期をご確認ください。

株式会社 エヌエフ回路設計ブロック

本 社・営業本部 〒223-8508 横浜市港北区綱島東6-3-20 045-545-8111

■ 東 北 022-722-8163 ■ 北関東 028-305-8198 ■ 首都圏 03-6907-1401
■ 東 京 045-545-8132 ■ 横 浜 045-545-8136 ■ 名古屋 052-777-3571
■ 大 阪 072-623-5341 ■ 広 島 082-503-5311 ■ 九 州 092-411-1801

● <https://www.nfcorp.co.jp/>

■ 取扱代理店

なんでも
計測HOTLINE
☎ 0120-545838
いいヒント、アドバイスあります。
受付時間 9:30～17:30 (土・日・夜間を除く)