



Technical Information

半導体・電子業界におけるリニアモータ用のエンコーダ

半導体業界や自動化製造装置業界において、小型化、品質および製造コストの面で増加する市場の要求に対応し続けるために、より高精度でかつ高速性を備えた機械の要求がますます高まってきております。

リニアモータは、短軸または多軸において高い動的特性を要求されるアプリケーションにおいて、徐々にその重要度が増してきております。リニアモータを使用する優位性は磨耗部品が少ない、つまりメンテナンスの必要な部品が少ないことと高い生産性です。しかしながら、これらを実現するためには制御系、モータ、移動軸に使用される機械部品およびエンコーダを最適化された状態で使用することが必要です。リニアモータの特性は位置決めエンコーダの選定とその位置信号の質に影響を与えるリニアモータの設置場所に大きく依存します。

最適化されたエンコーダ信号により、

- ・ 機械フレーム自身の振動が低減
- ・ 速度に依存して発せられるモータの音を起因とする不要なノイズが削減
- ・ モータの発熱が抑制
- ・ モータにおいて最大推力を実現

といった特性が得られます。

したがって、リニアモータ効率、位置決めエンコーダの選定により大きな影響を受けます。光学走査方式のエンコーダは、精度、速度安定性、リニアモータの熱変位において、良い結果を与えます。ハイデンハインは、半導体・電子業界におけるリニアモータ用として特別に設計された技術的特性をもつ選択肢の広いリニアエンコーダを提供しています。

ダイレクトドライブの利点

ダイレクトドライブ技術の決定的な利点は、他の摩擦などの機械的に接触した構成部品が少ない、送り構成要素への剛性の高い動力の伝達です。これにより、コントロールループにおいて、従来の駆動方式に比べて非常に高いゲインを得ることができます。

ダイレクトドライブにおける速度測定

ダイレクトドライブにおいて、速度を測定するための専用のエンコーダは存在しません。位置と速度の両方を位置決めエンコーダ（リニアモータ用リニアエンコーダ、もしくは回転軸用角度エンコーダ）によって測定します。ダイレクトドライブにおいては速度用のエンコーダとモータ間に機械的に伝達する部品が存在しないためそのエンコーダは高い分解能を持つ必要があります。それにより特に低速において

正確で安定した速度制御が可能になるのです。速度は単位時間あたりの移動量から計算されます。これは通常のボールネジの様でも同様ですが、信号に付随されたノイズや周期的な雑音も増幅され、微分された形で表されます。通常、ダイレクトドライブで使用される非常に高いコントロールループゲインと不十分な信号の質のエンコーダの組み合わせでは、ドライブ特性を大きく低下させてしまいます。



電子電気業界におけるリニアモータ用のエンコーダ 要求される点とその効果について

位置決め用エンコーダの信号の 質について

最近のエンコーダはパルスをカウントするインクリメンタル・タイプと絶対位置を計測するアブソリュート・タイプの2種類に大別することができます。しかし両方のエンコーダとも、90度位相のずれた2つの正弦波信号をエンコーダ内部で内挿分割し必要とされる分解能を作り出しています。汚れや信号レベルの低下などは理想的な正弦波信号に対して信号の劣化を引き起こします。内挿処理を行う際、周期的に発生する短波長の誤差はエンコーダの一信号周期内に発生します。この誤差を"一信号周期誤差"もしくは"内挿誤差"と呼び、ハイデンハインの高い品質を持ったエンコーダは一般的に信号周期の最大で1%以内もしくは2%以内の内挿誤差を含んでおります。

熱と雑音の生成

内挿誤差の周波数が増加すると、送り駆動は誤差曲線に追従しなくなります。しかしながら、内挿誤差によって生じた電流成分は、モータ雑音とモータからの発熱を引き起こします。

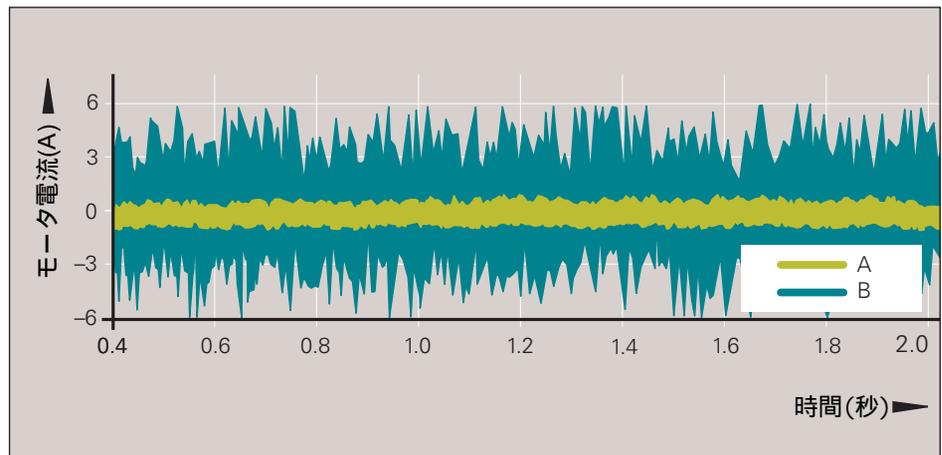
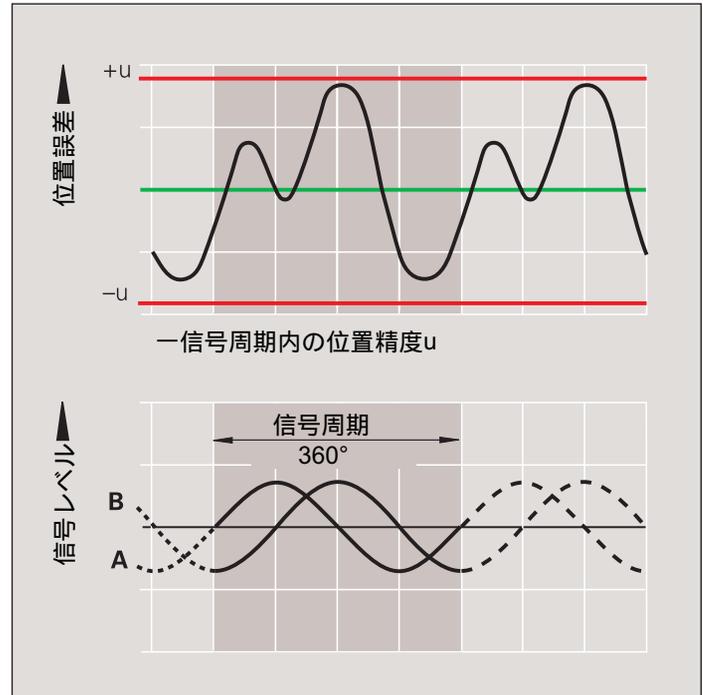
リニアモータにおいてリニアエンコーダの内挿誤差の大小が与える影響の比較試験を行いました。LIDAシリーズのエンコーダを使用した場合、モータ電流に与える影響は非常に小さく、モータ自体は正常に稼動し、わずかな発熱に抑えることが可能です。

しかし、同じLIDAシリーズのエンコーダで最適に調整されていない場合は内挿誤差が増加します。制御のパラメータは同じでかつ、同じエンコーダを使用する場合でも、モータ電流に非常に大きなノイズが発生していることがわかります。そしてモータが作り出す雑音が大きく、発熱の度合いも非常に大きいことがわかります。(右図参照)

動的特性

ダイレクトドライブにおいて位置制御をよりスムーズにするため、デジタルフィルターがしばしば使用されます。しかし、特に速度制御においては、そのフィルターによって生じる位相ずれを最小限に抑える必要があります。もし最小限に抑えることができなければ動的精度が低下してしまいます。

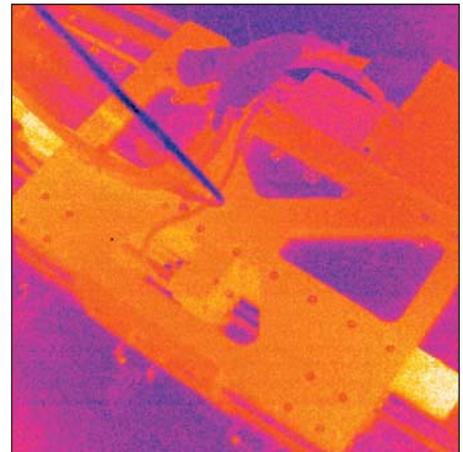
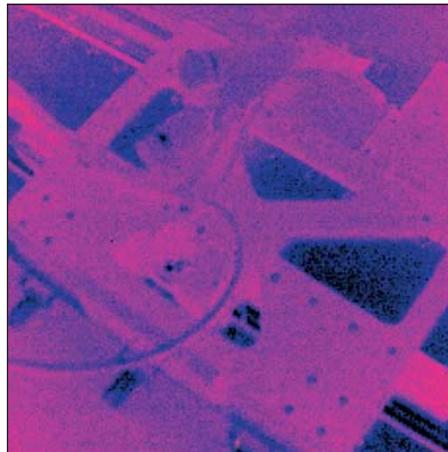
最適な信号品質をもった位置決め用エンコーダを使用することはフィルターの必要性を削減し、制御におけるバンド幅を維持することができるのです。



エンコーダを使用したダイレクトドライブモータにおけるモータ電流の振る舞い

A:内挿誤差の小さい場合

B:内挿誤差の大きい場合



サーモグラフィック計測での内挿精度の違いによるリニアモータの発熱温度分布

A:内挿誤差の小さい場合

B:内挿誤差の大きい場合

ダイレクトドライブ用位置決めエンコーダ

内挿誤差の小さくかつ高い信号品質を作り出すリニアエンコーダは電子電気製造装置業界におけるダイレクトドライブモータの最高の性能を引き出すためには必要不可欠な製品です。精密な目盛構造を持った光電走査方式エンコーダはこの目的において最適な製品です。

従ってこのような光電走査方式のエンコーダは、ダイレクトドライブモータの性能を十分に引き出すことによりその重要な目的を演じることができるのです。

精密な目盛構造

光電走査方式のハイデンハインエンコーダは、周期的な構造の目盛格子をスケール本体としております。その基板材料は、ガラス、スチール、あるいは、スチールテープ（長尺の場合）です。これらの微細な目盛格子（目盛間隔は通常、40umから1umまで）は、フォトリソグラフィ製造工程により作られます。そしてその目盛格子は鮮明なエッジ部分とその均質で安定した品質を持っています。これは小さい内挿誤差を得るためには不可欠な要素となります。これにより高いコントロール・ループゲインとスムーズな特性を生み出すことができます。

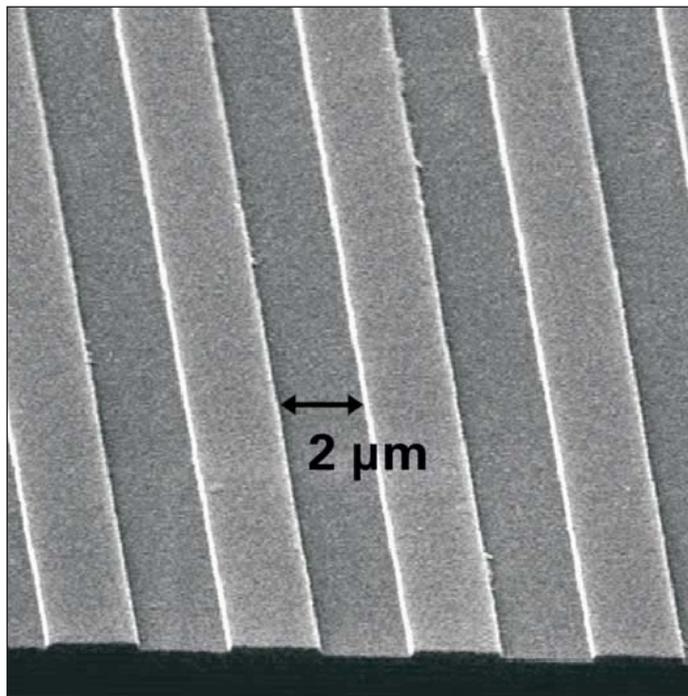
精密目盛の信頼性

その製品の特性、構造上オープンタイプのリニアエンコーダは外的環境に対して保護の少ない状況にあります。ハイデンハインはそれゆえ特殊な製造工程で製造された丈夫な目盛を常に使用しています。

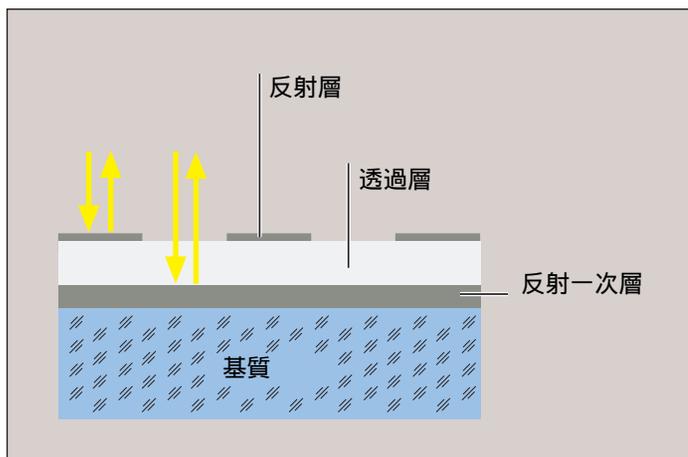
DIADURの製造工程では硬いクロム層をガラスもしくはスチールの上に構成します。AURODURの製造工程では金をスチールテープ上に構成し硬い金による目盛構造を持っております。

SUPRADURの製造工程では、スケール基板上に構成された光を反射させる層を作成し、その上に光を透過させる層を構成します。そして、非常に薄くかつ硬いクロム層を構成します。SUPRADUR目盛付きスケールは、その目盛の高さが低い構造をしており、蓄積するほこり、汚れあるいは水粒子を、実際に表面に残さないの、特に汚れに対して強いということが証明されています。

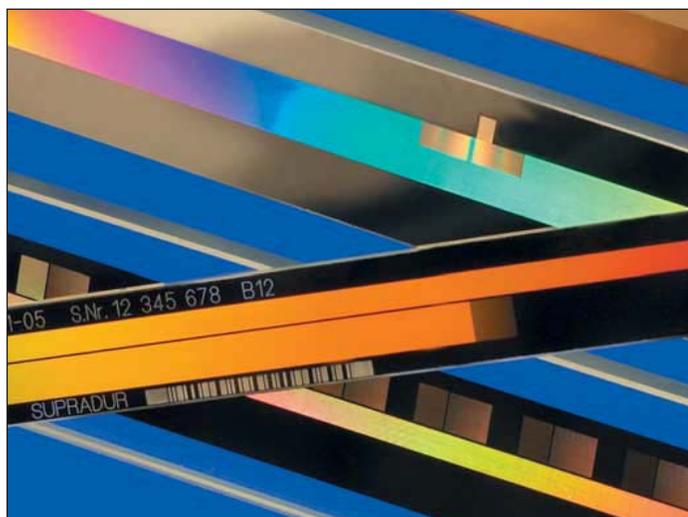
このように、ハイデンハインの生産技術は、特にダイレクトドライブを要求する装置において、その使用を促進する永続的に高い信号の質を確実なものとしています。



0.25μmの目盛高さを持ったDIADUR製法による光干渉タイプの目盛構造



SUPRADUR工程：光学式三次元の位相格子



最適化された走査方式

走査方式と高い目盛精度は小さい内挿誤差を得るための重要な要因です。この目的に適した有効な走査方式としてハイデンハインが提供するオープンタイプのエンコーダに採用されたシングルフィールド走査方式があります。出力信号は一つの走査エリアで作成されます。大きな走査エリアとそのフォトセンサーとレチクルの構造を持つ特別な光学フィルターが全測定長に渡っての安定した高品質の信号を作り出します。これによって以下のことが実現されます。

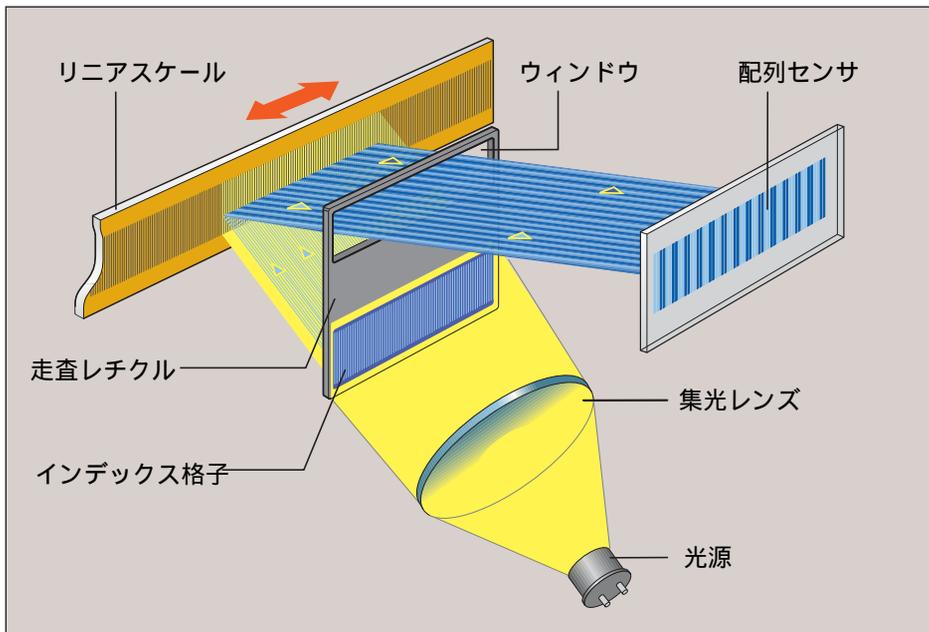
- ・小さい信号ノイズ
- ・小さい内挿誤差
- ・早い走査速度
- ・ダイレクトドライブモータにおける良好な制御ループ特性
- ・低モータの発熱の低減

投影走査方式による信号の作成 (LIDA400)

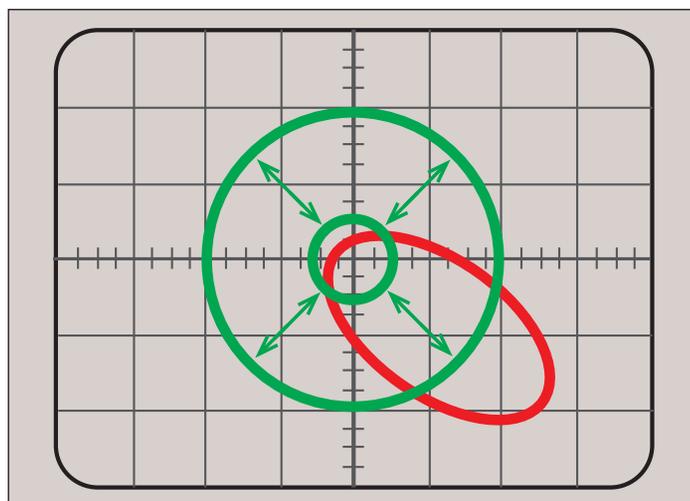
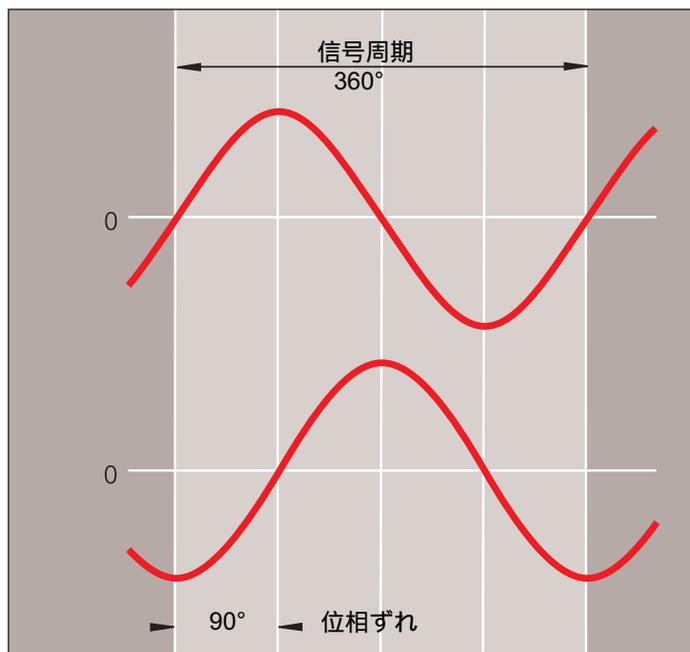
簡単に説明すると投影走査方式の原理は投影された光を信号へ変換する方法です。つまり間隔の等しい2つの格子(スケール側と走査レチクル側)へ光を投射し、相対的に移動させることで得られる投影光の強弱を信号とする方式です。走査レチクル側の目盛は、透明材質上につけられますが、スケール側の目盛は透明材質(透過型)か、反射材質(反射型)上につけられます。平行な光が格子を通過すると、特定の区間で明るい面と暗い面が投影されます。そこに同じ格子間隔を持つ相手格子が置かれています。2つの格子がお互いに相対移動すると、入射光は変調します。格子が揃うと、光は通過しますが、一方の格子が他方の格子が無い部分に一致すると光は遮られます。投影光を受ける複数の受光素子はこれらの光の強さの変化を電気信号(出力信号)に変換します。走査レチクルの格子は出力信号が正弦波波形となるように作られています。

オシロスコープのXY表示では、リサージュ波形として表示されます。理想的な出力信号は真円です。真円に対する偏差は1信号周期内の位置誤差として測定結果に直接影響します。円の大きさは出力信号の振幅と一致し、一定であれば測定精度に影響を及ぼすことはありません。

ダイレクトドライブモータにおいてこのような真円に対する偏差は雑音、コントロールゲインの低下および発熱として現れてまいります。



シングルスキニングフィールドから成る投影走査方式を用いた光電走査(LIDA400)



汚れに対しての耐性強化

半導体産業用製造設備および搬送装置においては、高加速度および小型設計が要求されています。そのような要求に対して、摩擦なしで作動することのできるオープンタイプのリニアエンコーダは最適です。また、それらはハウジングがありませんので、非常にコンパクトで、軽量の設計となっています。エンコーダがハウジングにより密閉されていないため、汚れに対して十分に耐性を維持するために、特別な走査方式および生産技術が使用されます。

ハイデンハイン製オープンタイプリニアエンコーダは、シングルフィールド走査方式で作動しています。1つの大きな走査範囲によって走査信号を生成されています。スケール本体上の局所的な汚染(例えば取付け時の指紋あるいはガイドからの油分の付着)は、走査ユニット光源の光の強度、つまり走査信号に影響を及ぼします。出力信号は、それらのオフセットや位相ではなく、振幅のみが変化します。それらは高分解能へ内挿分割可能な状態であり、内挿誤差は正常な状態と同等レベルを維持します。

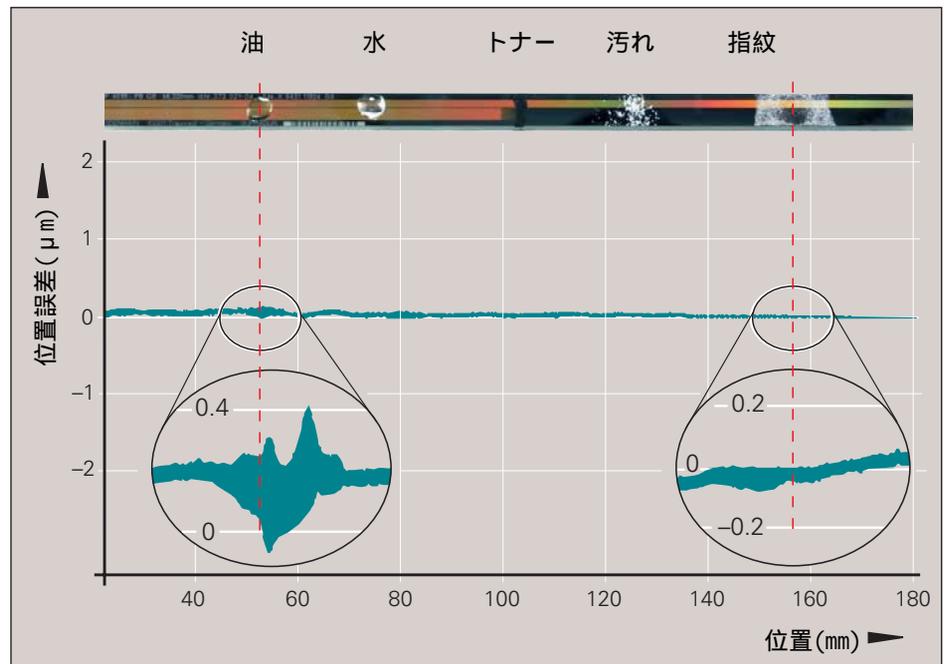
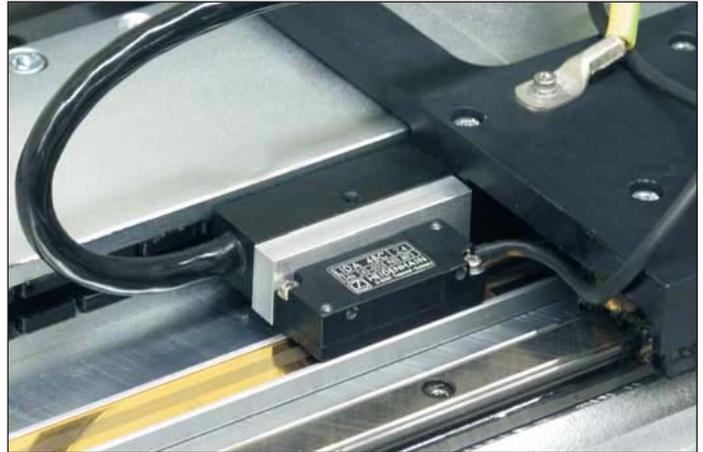
また、広いスキャンニングフィールドとすることで、汚れに対し、より安定した出力信号を得ることができます。これは、多くの場合において、エンコーダの走査ミスを防ぐことができます。例えばLIDA400とLIF400においては目盛格子と比較して非常に広い(14.5mm²)の走査面積を持っています。たとえ汚れの直径が3mm以上であってもエンコーダは質の高い信号を出力し続けます。そのためスケール本体の精度等級で規定されている値より小さい(良い)レベルで位置精度を維持することができるのです。

以上のように汚れに強い光学式エンコーダに不可欠な条件として最適な走査方式、広いスキャンニングフィールドおよび汚れに強い目盛格子が挙げられます。

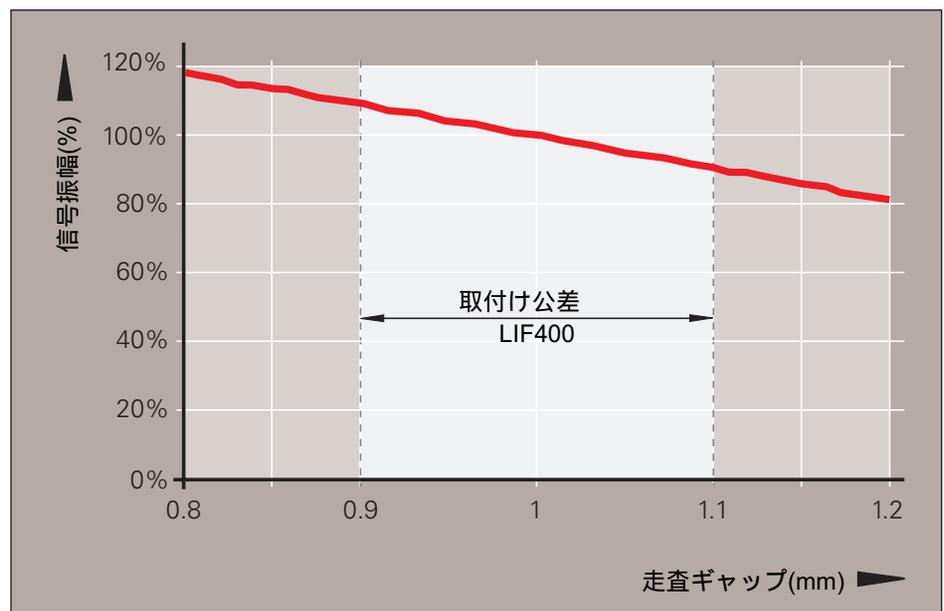
取付け容易な大きな公差

格子間隔が狭く信号周期が小さい場合、走査ヘッドとスケール間の取付け公差は非常に狭くなります。LIF400の回折干渉方式とLIDA400に代表されるインデックス格子の発明により、小さい信号周期であるにもかかわらず、広い取付け公差を可能となりました。そのため取付けによる誤差は信号レベルに与える影響はありません。

以上の結果、ハイデンハイン製のオープンタイプリニアエンコーダは高い信頼性を保つことができます。



LIF400の汚れによる影響



リニアモータ用位置決めエンコーダ

ハイデンハイン製のオープンタイプリニアエンコーダは半導体分野や自動化製造装置で要求されている高速で高精度の機械に最適なエンコーダです。機械的にはスケール表面が外的環境に晒されている状態ではありますが汚れに強く、長寿命および容易に短時間に取付けが可能であるという特徴を持っています。特にリニアモータの分野においてその軽量性およびコンパクトに設計されたLIF、LIPおよびLIDAがあります。

アプリケーション	信号周期	最大内挿誤差	インターフェース	モデル
高精度	0.128μm	・0.001μm	□ TTL	LIP372
			~ 1Vpp	LIP382
	2μm	・0.02μm	□ TTL	LIP471
			~ 1Vpp	LIP481
	4μm	・0.04 μm	□ TTL	LIP571
			~ 1Vpp	LIP581
・容易な取付け ・リミットスイッチと ホーム機能付き	4μm	・0.04 μm	□ TTL	LIF471
			~ 1Vpp	LIF481
・高速の走査速度 ・リミットスイッチ	20μm	・0.2μm	□ TTL	LIDA 47X
			~ 1Vpp	LIDA481

ダイレクトドライブモータ用のハイデンハインの位置決めエンコーダ:
信号周期に対しての最大の内挿誤差



HEIDENHAIN

本社
〒102-0073

東京都千代田区九段北4-1-7
九段センタービル10F
TEL (03)3234-7781
FAX (03)3262-2539

名古屋営業所
〒470-1132
愛知県豊明市間米町
敷田1225-12
TEL (0562)95-1160
FAX (0562)95-1166

大阪営業所
〒532-0011
大阪市淀川区
西中島6丁目1-1
TEL (06)6885-3501
FAX (06)6885-3502

九州営業所
〒802-0001
北九州市小倉北区
浅野2-13-23
TEL (093)511-6696
FAX (093)551-1617