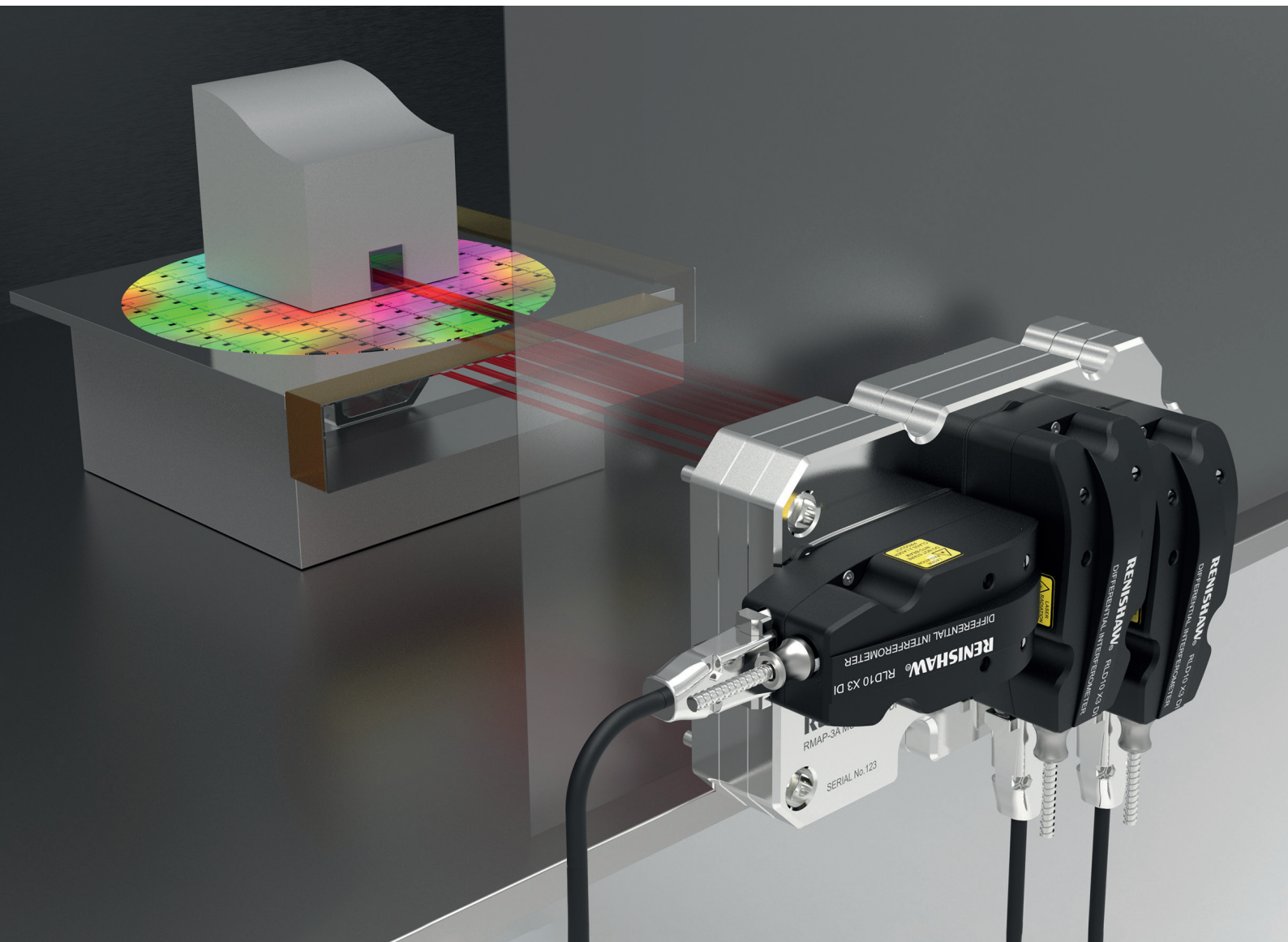




アプリケーションノート: 半導体分野や科学分野の厳しい要求 に応える UHV 対応エンコーダ



オーバーヘッドウェハ搬送システム (OHT)
を備えたクリーンルームでの半導体製造

ハイエンド半導体の製造工程では、製作中の半導体ウェハおよびトランジスタ内で不具合を起こす異物が製造環境に存在しないことが求められる。半導体業界が形状の小型化、ウェハの大型化、そして工程増を伴う部品の複雑化が進むにつれて、ウェハへの異物混入に対する許容度が下がってきている。

空気などの気体の存在が製品の品質に影響を及ぼすことから、重要なこれらの工程は真空環境で実施される。精密なモーションコントロールが求められる半導体製造などでは、位置フィードバックを確立するために真空対応の光学式エンコーダが必要となる。真空室にエンコーダを配置することで、測定装置が稼働環境に極限まで近づくため、誤差が最小まで抑えられる。

真空室に取り付ける光学式エンコーダ (リードヘッドとスケール) には、以下のような特徴がある。

- 超高真空 (UHV) でのベークアウトに耐えられる高温耐性 (>100℃)
- 表面に指紋、油分、潤滑剤がつかない高い清浄度
- プロセスチャンバ内への異物放出の少なさ
- リードヘッド内部の空気を完全に除去するための空気穴
- PTFE 絶縁と銀メッキ銅撚りのケーブル

ガス放出の少なさと精度の高さは、大半の UHV 用途での大事な要件である。これらの要件を満たしたうえで、各ソリューション候補が伴うライフサイクルコストとリスクを検討する必要がある。コンポーネントの品質、販売前および販売後のサポート、そして納期は、エンコーダの総所有コストに大きく影響する。

ウェハ検査

ウェハ検査は、半導体ウェハのパターニングプロセス全体を通じて実施される。プロセスコントロールにおいて重要な工程であり、高い歩留まりの維持に役立つ。

ウェハのモーションステージには、少なくとも 2 本の直線 (X、Y) 軸があり、サーボ軸制御ループは、エンコーダフィードバックを用いて高い位置決め精度を実現している。

光学検査ヘッドには、暗視野照明源と明視野照明源を別々に有する高解像度カメラが備わっており、自動検査の際、このヘッドがウェハを検査し、撮影した各画像と「ゴールデン」またはモデル参照画像を比較して欠陥を検出する。

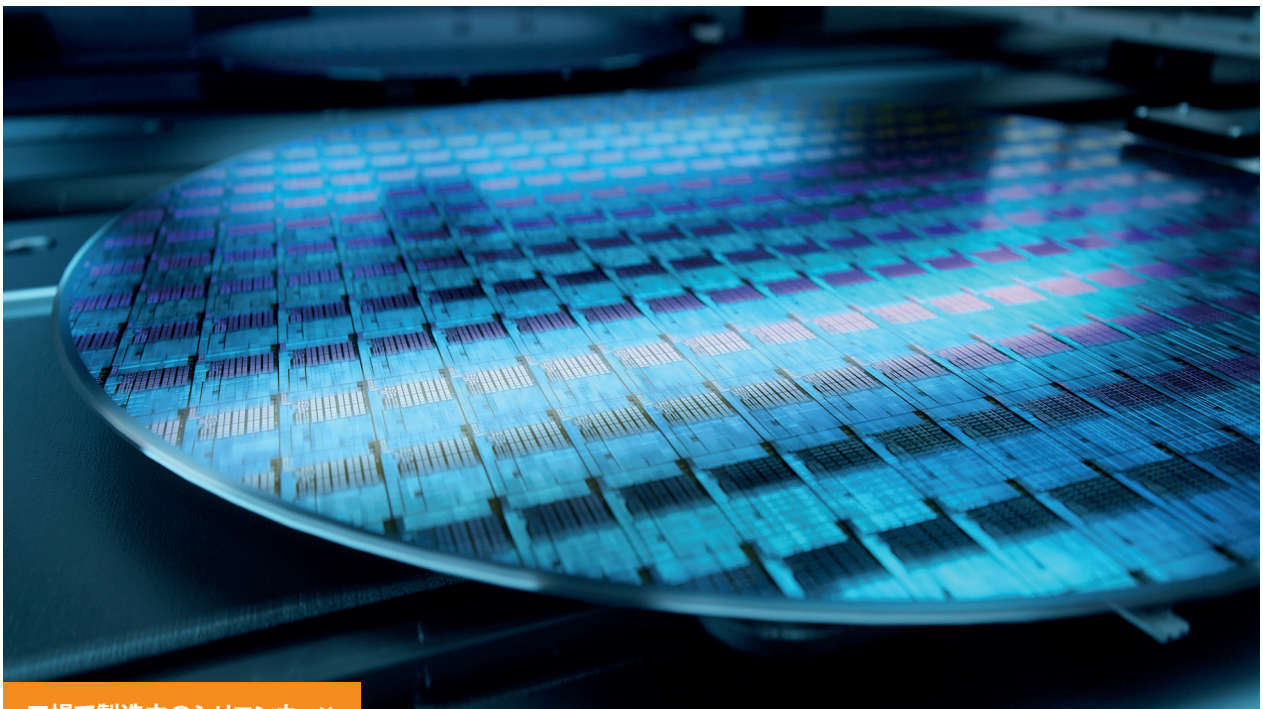
ヘッドは固定で、ウェハステージが高速で移動して対象物を撮影する。位置決めを高速化し、スループットの最大化に役立つのが高性能エンコーダである。

レーザーエンコーダではナノレベルの位置測定が可能で、複数の走査型電子顕微鏡 (SEM) 画像を繰り返し同じ箇所で重ね合わせて多層欠陥レビューを行うことができる。

一方で UHV 対応の高性能光学式エンコーダはそれよりも粗い位置フィードバックではあるものの、ウェハステージが指示どおりに最小限のトルクリップルで動き、滑らかに加減速することに寄与する。

ウェハ検査で求められるエンコーダの要件:

- アナログ信号出力が可能であること (最高水準の内挿分割と分解能を実現するため)
- ジッタが 1nm 以下であること (画像の比較と結合に必要とされる優れたサーボ制御と静的および動的安定性を実現するため)
- 非接触測定が可能であること (アッペ誤差と機械誤差を除去するため)
- 超高真空環境で動作可能であること
- 機能安全 (FS) とウェハスキャンモーション用のデュアルアナログおよびデジタル出力を備えていること



工場で製造中のシリコンウェハ



RLE 2 軸平面鏡システム

ウェハ検査に適したエンコーダ

レニショーの RLE 光ファイバ式レーザーエンコーダは、高分解能の位置フィードバックを提供する干渉計ベースのシステムである。

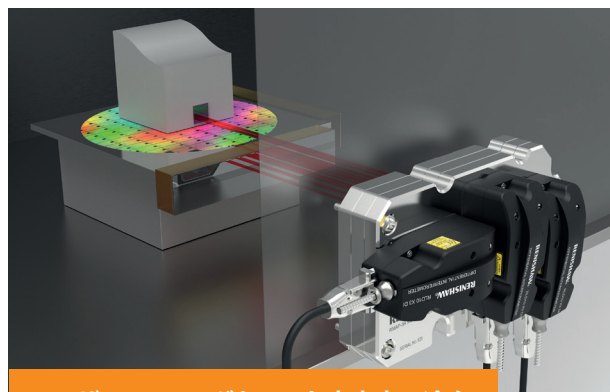
ディファレンシャル干渉計ヘッド (RLD10) は、プロセスチャンバの外壁に直接取り付けられるように設計されており、独自の光学機構によって低い周期誤差と高い精度を実現しており、38.6pm の出力分解能を誇る。内蔵しているビームステアラにより、セットアップ中にピッチとヨーの調整が可能で、効率的にアライメント作業を行える。

TONiC の UHV 対応タイプは、 10^{-10} Torr までの UHV 条件に適したエンコーダである。低い周期誤差と 1nm の分解能で優れたモーションコントロール性能を実現する。真空対応の材料と接着剤で構成されており、低いガス放出率を実現することから、多くの半導体用途に適している。TONiC UHV は、機能安全バージョン (SIL2/PLd) や、カメラなどのデバイスをモーション軸と同期できるアナログとデジタルのデュアル出力のオプションも展開している。直線軸に利用できるスケール材料としては、温度変化に影響されずに高精度を実現できる ZeroMet™ などがある。

ウェハの取扱い

半導体ウェハは壊れやすく高価であることから、製造工程で損傷しないように丁寧に扱う必要がある。そのため、プロセス装置内での半導体ウェハの移動には、ウェハハンドリングロボットが広く使用されている。

ウェハハンドリングロボットは、複数の自由度を有し、本体、複数の関節を有するアーム、そしてウェハ保持ツール (パドル) で構成される。ハンドリングロボットは、移送室間またはプロセスステップ間でウェハを移動させる役割を担うのが一般的で、その処理量は、半導体製造工場の総合的なパフォーマンスに直結する。

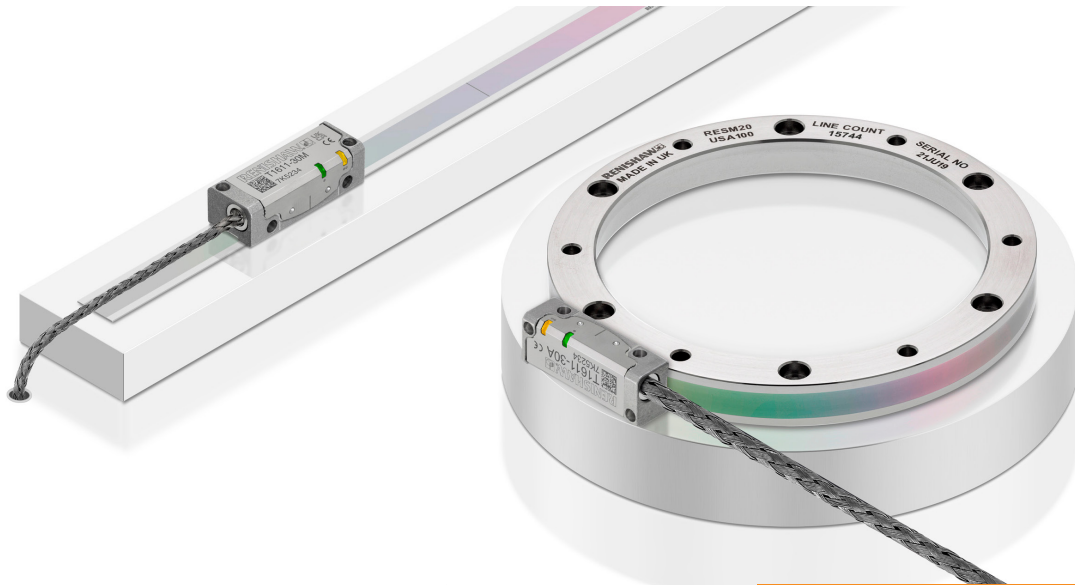


レーザーエンコーダを用いた真空室用途向けの多軸セットアップ

ウェハハンドリングロボットの動作は、直線的か回転かにかかわらず、接触してウェハ表面を傷めたり汚したりしないよう正確でなければならない。

ロボットアームの制御は、モータ駆動の上腕プーリと上腕スピンドルが、肩関節を腕の肘と手首の関節にリンクするエンドレスベルトを動かすことによって行われる。

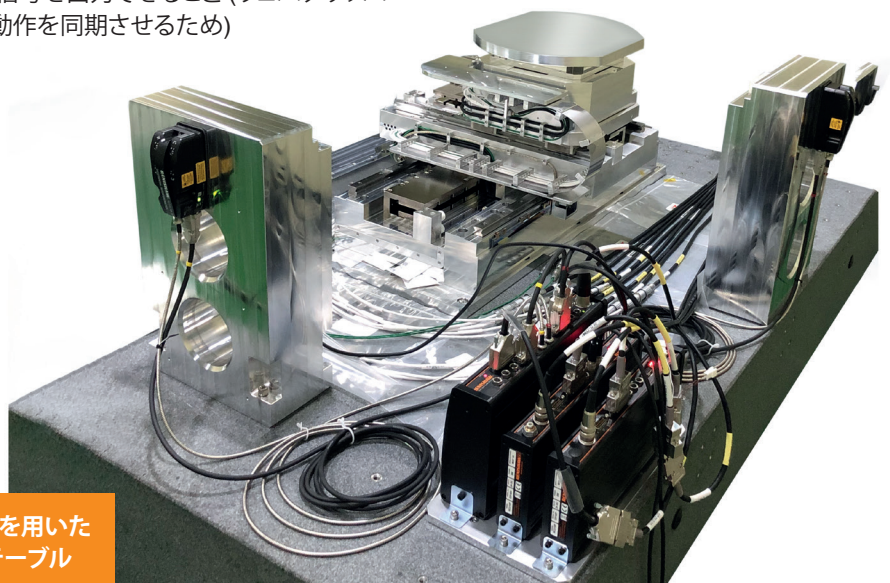
マスターとスレーブの関係により、一方のモータの位置コマンドが他方のモータからの位置フィードバックによって決定される必要がある。アームの動きを制御する各モータを正確に連動させるうえで、良質なエンコーダフィードバックが不可欠なのである。



ウェハハンドリングロボットで求められるエンコーダの要件:

- アブソリュートエンコーダが最適な場合あり (原点復帰サイクルが不要であり、停電後もペイロードを確実に制御できるため)
- 周期誤差が小さい良質な位置決めフィードバックを確立できること (スムーズな速度制御と高精度を目的とした最小トルクリップルを確保するため)
- 位置決めをチェックするアルゴリズムを備え、拡張的な安全機能を実装していること (一般的な不具合を回避するため)
- 高い動作速度で高分解能を実現するアブソリュートまたはインクリメンタルエンコーダであること
- アナログおよびデジタルの両方の信号を出力できること (ウェハグリッパまたはキャリブレーションカメラの動作を同期させるため)
- UHV 対応であること (必要に応じ)

TONiC UHV エンコーダシステム
(ロータリスケールとリニアスケール)



RLE レーザーエンコーダシステムを用いた
半導体ウェハ検査用の真空対応テーブル

ウェハハンドリングに適したエンコーダ

RESOLUTE UHV は、 10^{-9} Torr までの超高真空環境に対応したアブソリュートエンコーダで、処理量を向上させ、損傷のリスクを低減しながら、信頼性を高められる。

測定性能は非常に高く、UHV において最高 1nm という分解能を幅広い速度で実現する。

TONiC UHV は、オプティカルフィルタ機構と動的信号処理による低周期誤差によって、高精度のモーションコントロールを可能にするエンコーダである。TONiC UHV と RESOLUTE UHV のどちらにも、SIL2 および PLd への機能安全認証を必要とするシステム向けの機能安全バージョンが存在する。

シンクロトロンミラーの屈曲

シンクロトロンは、科学研究に使用される非常に強力な X 線源を提供する粒子加速器の一種である。

実験時に高度かつ効果的に利用するには、適切なビーム処理技術が必要となる。実験試料の照射には、ミラーとチョップパ(シャッタ)によるビーム軌道と露光時間の制御が不可欠である。

集光ミラーは楕円球面の形状のものが理想的だが、その製造は容易ではない。そこで、互いに垂直に配置された一対のミラーを使用してビームを 2 次元に集束させるという代替手法が用いられている。その一例として有名なのが、カークパトリックベイズ (K-B) ミラーシステムである。

K-B システムは、モーションステージや真空対応モーションステージに取り付けられるのが通例で、ステージがエンコーダからの位置決めフィードバックを使用して、ビーム内のミラーの平行移動と回転を正確に制御する。各ミラーに対する X 線の入射角が小さいため、屈曲力を加えて正しいミラー形状を実現する。各ミラーの端部に取り付けられたアクチュエータも、ミラー形状を正確に制御するのにエンコーダからのフィードバックが必要である。

シンクロトロンで求められるエンコーダの要件:

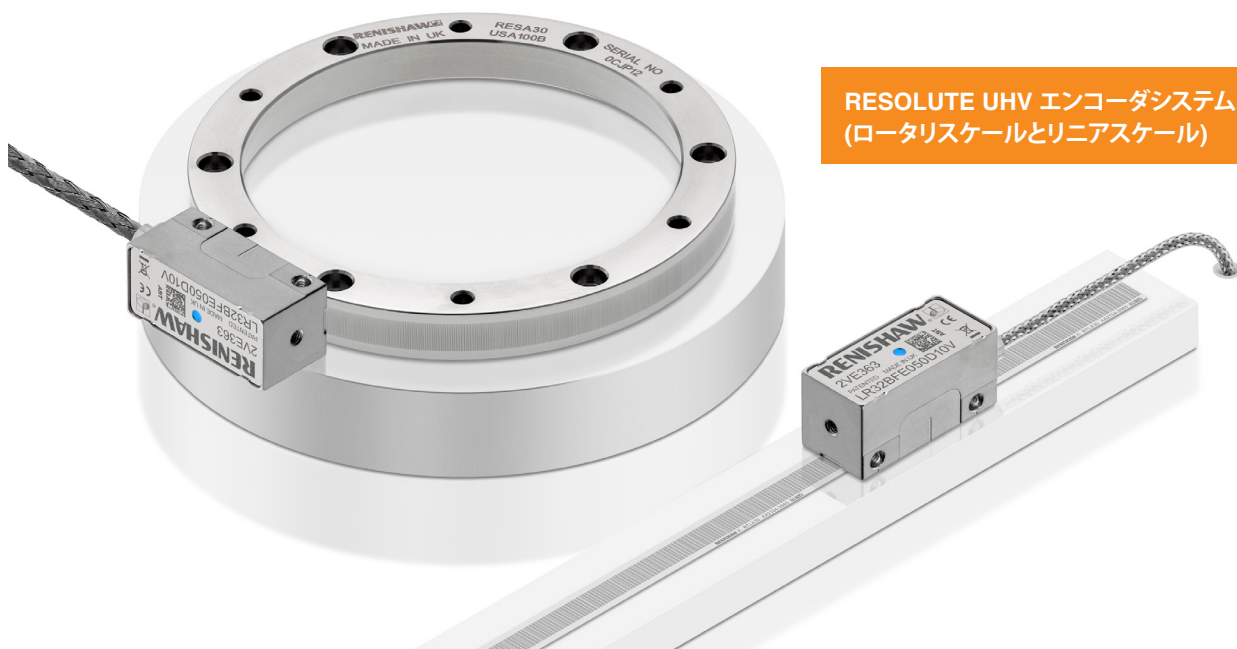
- 0.5 μ m を上回る平行移動精度
- 最小 0.1 μ rad の角度分解能
- 大きな振動に耐えられる堅牢な設計
- UHV 対応であること、120°C までの温度に耐性があること



ウェハハンドリングロボット

ミラーベンダーに適したエンコーダソリューション

RESOLUTE UHV エンコーダは、UHV エンクロージャ内での使用に適しており、半導体、科学分野での使用を想定した高性能なエンコーダである。



RESOLUTE UHV エンコーダシステム
(ロータリスケールとリニアスケール)

最後に

半導体および科学分野で使用する位置決めエンコーダを選定するにあたっては、一般的な検討事項の多くが該当する。具体的には、アブソリュート方式がよいかインクリメンタル方式がよいか、他のモーションシステムコンポーネントとの通信方式、測定要件、熱などの環境面の課題、取付けと試運転はどのように行うか、などである。

このような問いに答えを出すには、強力なアプリケーションサポートと世界全体をカバーするカスタマーサポートが欠かせない。まさにここに、レニショーが選ばれる理由がある。

レニショーは、各地域の迅速なローカルチームと柔軟なサプライチェーンを通じて顧客をサポートし、エンコーダ製品に伴うライフサイクルコストの削減に貢献する。

www.renishaw.com/uhv-encoders



#renishaw



03-5366-5315



japan@renishaw.com

© 2024 Renishaw plc. 無断転用禁止。RENISHAW® およびブローブシンボルは、Renishaw plc の登録商標です。レニショー製品の名称および呼称ならびに「apply innovation」マークは、Renishaw plc およびその子会社の商標です。その他のブランド名、製品名または会社名は、各々の所有者の商標です。Renishaw plc. イングランドおよびウェールズにおいて登録。会社登録番号: 1106260.

登録事務所: New Mills, Wotton-under-Edge, Glos, GL12 8JR, UK.

本書作成にあたり細心の注意を払っておりますが、レニショーは、法律により認められる範囲で、いかなる保証、条件提示、表明、損害賠償も行いません。

パーツ No.: PD-6517-9095-01-A