

テクニカルハンドブック スキャン計測

2021年6月

エーエルティー株式会社

〒176-0014東京都練馬区豊玉南 1-21-10
TEL 03-5946-7336 FAX 03-5946-7316
http://www.alt.co.jp e-mail:info@alt.co.jp

目次

1. 走査ビームのプロファイル計測と光 MEMS スキャナへの応用

光アライアンス2016年1月

2. ダイナミックビーム計測へのアプローチ

光アライアンス2015年1月

3. 走査レーザビームの計測

光アライアンス2013年1月

4. 2次元走查 LRF

光アライアンス2012年4月

5. レーザビーム径の測定

光アライアンス2010年1月

6. レーザ走査による外形測定器の試作

トランジスタ技術2009年12月

7. 産業界で使用されているビームプロファイラー

光アライアンス2009年1月

製品特集:レーザ-ビームプロファイラ

OA1510-12

裕

走査ビームのプロファイル計測と 光MEMSスキャナへの応用

ミダイナミックビーム計測へのアプローチョ

エーエルティー㈱ 髙野

1. はじめに

ダイナック ビーム計測のニーズとして従来はレーザープリンタや複写機の生産ラインからの要求が多かった。これらにはLSU (レーザースキャニングユニット) が使用されており、印字幅内のスポットサイズを検査する場合、従来のポリゴンスキャナを停止させてビームプロファイラによって各走査位置でのビーム径を検査する検査ではタクト時間が長かったためである。

ただ近年の高解像度化や高速化によってダイナミックで計測できるのは一部であった。

これに対して最近要求が出てきているのが光MEMS スキャナでMEMSはMicro Electro Mechanical Systemsの略でこのスキャナは超小型、省電力で機械スキャナとしては長寿命という特性を持っている(写真1 OPUS社の光MEMSスキャナ)。

現在ピコプロジェクターと呼ばれる超小型のプロジェクターやHUD(ヘッドアップディスプレイ)、三次元エリアセンサで商品化されているが小型、省電力からウエアラブルディスプレイへの応用が期待されている。

このデバイスはシリコンで形成された数mmのミラーを電磁力などで加振し一次元または二次元でスキャンする構造となっているが共振周波数を上げようとするとミラーが薄くなり平面度の維持が問題となっている

これに対してダイナミックにビーム径を測定したり、 平面度を計測したり「する試みが行われているが製品 としては実用化されていない⁽¹⁾。ただ近年このミラー にも駆動機構を追加し焦点可変ミラーとする研究が行

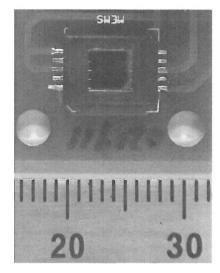


写真 1 MEMS

われ、測定の要求が高まっている。

2. 焦点可変ミラー

光MEMSスキャナは半導体プロセスで製作されるので微細な構造が取れる。ディスプレイ用の二次元光MEMSはØ1 mm程度のミラーを梁で支えて共振で高速に走査する高速軸とさらにそれと直交する低速軸とで構成され、ラスタースキャンが容易なように低速軸は非共振で構成される場合が多い。

それらの駆動力は電磁力ではムービングコイルとム

0917-026X/16/¥500/論文/JCOPY

ービングマグネットの構成があるがミラーが振動する ので空間が必要なため磁気回路の工夫がされている。

静電力を用いるタイプはミラーの付近に櫛葉の電極 を設けて、静電力により駆動する。

このタイプでは駆動力を上げようとすると100 V以上の電圧が必要になる場合があるが電流は小さいので電力としてはそれほど大きくない。

もう1つは圧電力を用いるものでピエゾ薄膜の伸縮を利用して駆動する。このタイプも電磁式と比較すると比較的大きな電圧が必要であるが、消費電力は小さく角度検出用のセンサも同じプロセスで製作することができるので量産性に優れている。従来の2軸の駆動の他に同様プロセスを用いてミラーを同芯状に変形することにより凸面、凹面ミラーが形成されビームの光学特性もコントロールすることができる。

この技術は光学システムを大幅に簡略できる可能性 があり、製品への応用が期待されている。

写真2は東北大学 羽根・佐々木研究室で試作され

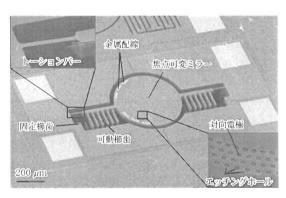
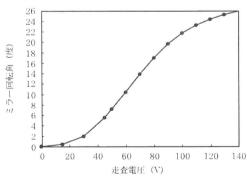


写真2 ミラー製作



(a) ミラー回転角の電圧依存性

た写真であるが図1のような構造になっており、図2 はその特性である。

ミラー回転軸に対しての駆動電圧と回転角および焦点可変ミラーへの駆動電圧と表面形状が示されているが、駆動電圧によりミラーの曲率が変化しているのが分かる。

ミラーの表面形状は放物面に近似でき曲率半径は $-4~{\rm m}^{-1}$ から $20~{\rm m}^{-1}$ まで変化できたと報告されている $^{(2)}$ 。

3. 焦点可変ミラーの応用分野

ミラーの表面形状の制御は大型の反射望遠鏡などで

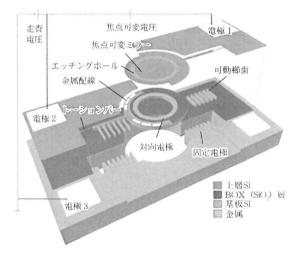
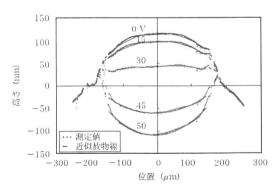


図1 ミラー構造



(b) 電圧に対するミラーの表面形状

図2 ミラー特性

ミラーの歪を補正するために行われたことはあったが、制御はほとんど静的であった。

ダイナミックにミラー形状を変えることは一部実用 化されている焦点可変レンズに置き換えることもでき 種々の応用が期待できる。

羽根・佐々木研究室では光学コヒーレントトモグラフィー(OCT)への応用をあげている。OCTは光干 渉断層計とも呼ばれ照射したレーザーのエコー情報を再構成して断面形状を計測するもので非接触に体内部が観測できるものである。これに焦点位置を調整できる機能が付加されると深さ方向の精度が向上する。提案されている内視鏡用のOCTへッドは図3である。

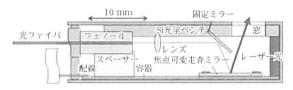


図3 内視鏡の構造

レーザープリンタではLSUの小型化、低価格化、共通化からf θ レンズのないタイプの研究がされている。

これはレーザーのコリメーションユニットに焦点可変レンズを用い、光MEMSスキャナでスキャンすることにより $f\theta$ レンズをなくし、像面湾曲は焦点可変レンズのフォーカス調整で $f\theta$ エラーについてはクロック補正で行うというものである。ただ焦点可変レンズは現状応答度が低く形状も大きく実用化の壁となっていた。光MEMSによる焦点可変ミラーは原理的には高速駆動が可能なので将来的に期待される。

またディスプレイではレーザースキャン方式はDMD に代表されるマイクロミラーアレーの方式やLCOSで の液晶シャッター方式と比較してフォーカスフリーの メリットがある。

これはDMDやLCOSはアレイ面に形成された画像を 照射面に転送するため焦点合わせが必要であるが、レ ーザースキャン方式はレーザーの広がり角とスキャン の広がり角がほぼ等しいためどこでも焦点が合う構成 となっている。

ただ現状の720P解像度から解像度が上がってきた場合にはフォーカスフリーの関係が満足できない場合が想定されるので、これにつてもフォーカス調整機能があれば解像度の向上が期待できる。

4. ダイナミック ビーム計測の技術動向

上述のようにダイナミックなビーム制御のためには ダイナミックなビーム径計測またはミラー曲率測定が 必要である。

特許公報からその技術動向を調査するとダイナミックなビーム径計測には以下の3方法が出願されている。

(1) CCDカメラによる方法

CCDカメラを高速シャッターで取り込み画像からビーム径を計算する方法

特願平06-034329 ビーム径測定補方法

富士ゼロックス

特願平06-258587 ビーム位置検出方法

富士ゼロックス

特願平09-021968 レーザー走査光学系のビーム

径測定装置及び方法

富士ゼロックス

特願2001-221614 走査レーザービームのビーム

径測定方法 旭光学

(2) 走査ビームに対し角度の異なる 複数スリットを介して取り込む方法

CTと同様に複数の角度でビームを切り出し後で合成する方法

特願20000-310559 走査ビーム径測定方法及び装

置

リコー光学

特願2006-029806 走査レーザービーム径測定方

注

エーエルティー

(3) 主走査ラインPD副走査ラインCCD方式

主走査はラインPDで副走査はラインCCDから計算で求める方法

特願平06-102087 レーザービーム径測定装置

117-

特願2003-254862 光学特性測定装置及び光学特

性測定方法

キャノン

特願2007-033364 走査レーザービーム径測定装

置

エーエルティー

ダイナミックな平面度測定につては静的な測定で用いられる干渉計をパルスで行う方法が出願されている

特開2010-71751 ミラーの平面度検査装置

日立ビアメカニクス

5. ピコプロジェクターの要求仕様

現在市販されているピコプロジェクターは解像度が720Pと呼ばれる水平解像度1280ピクセル、垂直解像度720ピクセルが主流となっており、これにWVGAの848×480ピクセルおよびVGAの640×480ピクセルが対応可能という仕様が多い。

こちらに対応する光MEMSスキャナとしてはミラーサイズ Ø1 mm強で主走査が共振タイプで共振周波数約30 KHz走査角約30度、副走査が非共振で周波数約60 Hz走査角17度くらいが必要となる。

光MEMSスキャナの共振動作では走査速度は正弦波状になっており最外周では走査速度はゼロとなるため最大振幅の70%くらいしか使用できない。そのため最大振幅は主走査方向では43度以上必要になる。

これを外部から測定しようとした場合ミラー反射位置から測定点までの距離により走査速度が変化するので測定距離300 mmとした場合に最大速度は約2,4000 m/sとなる。

CCDカメラによる方法では最近のハイスピードカメラでは露光時間が100 ns以下の製品も出てきており、この場合でも上記速度では2.4 mmの移動量となってしまう。また感度が低いので光量も必要となる。

走査ビームに対して複数スリットで取り込む方法ではスリットによってビーム径を切り出す波形が必要である。仮に Φ 0.1 mmのビーム径を測定しようとした場合その立ち上がり時間は4 nsとなりこの立ち上がり波形をADコンバーターで取り込もうとするとGHz帯の帯域が必要となってしまう。

また同様に主走査ラインPD副走査ラインCCDの方法でもADコンバーターの帯域は同様であるのとラインCCDにも高速が求められ実現するには難しい要素が多い。

6. おわりに

ダイナミックビーム計測やダイナミックミラー平面 度計測は従来のレーザープリンタの要求からさらに厳 しい光MEMSスキャナの計測へと変わりつつある。

従来提案されている方法はどれも仕様、システム価格から企業での研究開発、製造現場での適用は難しいと考えられ、新しい方式でのシステム構築が求められている

今後の展開を期待したい。

〈赫文文献〉

- (1) 高野裕:ダイナミックビーム計測へのアプローチ、光アライアンス、26巻1号(2015.1)
- (2) 東北大学 大学院 羽根・佐々木研究室 ホームページ http://www.mech.tohoku.ac.jp/labs/detail.php?cid=9&pid=450

【筆者紹介】

髙野 裕

エーエルティー株 代表取締役

ダイナミックビーム計測へのアプローチ

走査中のビームプロファイル計測と光MEMSスキャナへの応用=

エーエルティー㈱ 髙野 裕

1. はじめに

ダイナックビーム計測のニーズとして従来はレーザ プリンタや事務所などに設置されている複合機の生産 ラインからの要求が多かった。

これらにはLSU(レーザスキャニングユニット)が使用されており、レーザとポリゴンスキャナ、 $f\theta$ レンズで構成されている。特にプラスチックの $f\theta$ レンズは形状も大きいこともあり、傷、気泡、異物の他に成形条件によって脈理を生じて印字品質に悪影響を及ぼすことがある。

この検査には現在ポリゴンスキャナを回転させて、 走査のジッタ、副走査の変動やトリガ信号を検査する 動的な検査と、ポリゴンスキャナを停止させてビーム プロファイラによって各走査位置でのビーム径とディ ストーションを検査する静的な検査が行われている。

この検査工程ではポリゴンミラーをプランジャーなどによって外部から所定角度に回転し、相当する走査位置にビームプロファイラのヘッドをステージで移動して測定する方法で行われている。こちらも測定ポイントが増えれば検査時間がかかるのでコストダウンからタクトタイムの削減が求められているし、数万回転に達している精密な空気動圧軸受やオイル動圧軸受のポリゴンスキャナを停止状態で強制的に回転させることによる信頼性の問題からもダイナミックな測定が求められている。

ただ最近では解像度が600 dpi(インチ当たりのドット数)や1,200 dpiになってきているので測定範囲が $10{\sim}200 \mu \text{m}$ になり、レーザ走査のスキューやボー

が生じると測定ヘッドを単に走査方向に移動させるだけでなく副走査方向にも制御する必要が出てきたり、LSUの小型化から走査角度が大きくなっているので走査端でと中心ではセンサへの入射角度がかなり変化していることからのビーム径やディストーションのエラーが生じて生産ラインで使用できるものは限られたスペックとなっている(い)。

これに対して近年要求が多くなってきているのが光 MEMSスキャナの検査である。

光MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) スキャナは半導体プロセスで製造され、通常は共振型によって超小型、省電力で機械スキャナとしては長寿命という特性を持っている(写真 1 OPUS社の光MEMS スキャナ)。

現在ピコプロジェクターと呼ばれる超小型のプロジ

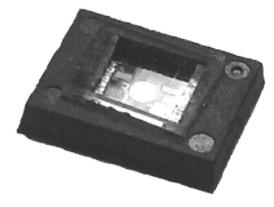


写真 1 OPUS社の光MEMSスキャナ

ェクターやHUD(ヘッドアップディスプレイ)で商品化されているが小型、省電力からウエアラブルディスプレイへの応用が期待されているし、三次元エリアセンサへの応用も研究されている。このデバイスはシリコンで形成された数mmのミラーを電磁力、静電力、ピエゾの変形力で加振し一次元または二次元でスキャンする構造となっている。

従来のポリゴンスキャナやガルバノスキャナではミラーの剛性は高く、よほどの高回転でない限り停止している状態と動作している状態でのミラーの平面度は大きく変わらなかった。

これに対して、光MEMSスキャナでは共振周波数を上げようとするとミラーのイナーシャを減らさなくてはいけないので、ミラーサイズが決まっている場合には厚さを減らす方向となってしまう。現在では有限要素法などコンピュータシミュレーションが発達しているので、色々な構造でこちらを解決しようとしているが720Pのディスプレイ用では共振周波数が25 kHz前後となるため平面度の維持が問題となっている。

光MEMSスキャナでは静止状態の平面度と動作状態での平面度が異なる場合があり、これを実際のレーザビームをスキャンすることにより測定する手立てが要求されている。

2. ダイナミックビーム計測の方法

レーザプリンタ用LSUでは近年高速化が進んでいるのでポリゴンスキャナ回転数40,000 rpm、焦点距離 100~mmとすると走査速度は870~m/秒となり600~dpiでのレーザ点灯時間は50~ns程度、スポットサイズ $50~\mu\text{m}$ 、レーザ波長は780~mmでパワーは0.2~mW程度が測定対象となる。

光MEMSディスプレイでは走査周波数25 kHzで測定距離500 mmとすると720P解像度で走査速度22,000 m/秒レーザ点灯時間10 ns、スポットサイズ500 μ m、波長450,520,640 nmでパワー数10 mWが測定対象となる。

これらに対して現状では以下の測定方法が製品化されている。

2-1 二次元撮像素子を用いる方法

CCDやCMOSなどの撮像素子を用いる方法でビームをパルス点灯しシャッターを同期して露光する方法である。

2-2 スリット方式

ビームをスリットやナイフエッジ、ピンホールなど で遮蔽することで生じるビーム光量の時間変化を測定 し複数データからプロファイルを合成する方法である。

2-3 上記に分類されない方法

複数センサを用いて測定する方法や、平面度計測で ストロボ干渉計やシャックハルトマン型波面センサを 用いる方法などが提案されている。

ダイナミック測定に影響を与える要素としてはスキャンの変動とレーザの点灯方法である。

スキャンの変動についてはポリゴンスキャナではジッタによる主走査方向の変動、ミラーの面倒れなどに 起因する副走査方向の変動とポリゴンスキャナの面毎 の反射率によるパワー変動がある。

光MEMSスキャナについてのスキャン変動はポリゴンスキャナと同様にジッタ、ウォブルの他にミラー平面度変化がパラメータとなり、モノミラーなのでポリゴンスキャナの面毎の変動は生じない。

レーザの点灯方法の影響についてはレーザドライバーによる光出力の立上り、立下り特性とスイッチング 周波数が高くなることでビデオクロックの伝送ジッタ も変動の要因となる。

またレーザの放熱が不十分の場合には点灯パターン によってレーザ素子の温度変化に伴うパワー変動が生 じる場合もありレーザ自身のドループ特性が影響する 場合もある。

3. 二次元撮像素子を用いる方法

CCDやCMOSの撮像素子を用いたビームプロファイラは数多く商品化されているが精度を上げるためには市販のカメラは使用できない。

市販のカメラには撮像素子の前にカバーガラスや可 視光カットフィルターが入っておりこれらが測定に悪 影響を及ぼす。ゆえに、各社工夫をしている⁽²⁾。

さらにビーム入射角度の依存性の精度向上を図ると 撮像素子に直接FOP(ファイバオプティクプレート) を配置するタイプも商品化され、旧フォトン社から Platen Profiler model 2424Sとして販売されたこと もあった⁽³⁾。

撮像素子を用いたデメリットとしては上記 パルス 点灯での影響を受けることとパルス幅が狭くなってく るとエネルギーが低下して1パルスでの測定ができな くなることである。

現状では、複数回で光量を累積すると上記走査変動 がデータに入ってくるので精度が低下してくる。

ただ撮像素子の高解像度化や高速化、高感度化は進んでおり、二次元をワンショットで計測できるメリットは大きく今後も発展が期待できる。

4. スリットを用いる方法

スリット方式はビームを複数の方向で断面計測をした後で三次元に合成する方法で医療でのCTやMRIで使用されているトモグラフィックスキャンニグ(断面撮影法)を用いている。

当社でもダイナビーム(準)としてビームの走査速度センサを内蔵したタイプの商品化をした(写真2)。



写真2 ダイナビーム

このシステムの問題点としてはアナログ信号からデジタルに変換するA/Dコンバータにシステムの性能が依存することである。

5 GS/秒のA/Dコンバータを用いたが走査速度として実用上は500 m/秒程度であり、1ポイント測定に5方向のスリットを用いることで時間がかかるためスキャン変動、ドリフトも測定値に影響する。

このA/D高速化の問題点を解決する手段としてアナログ信号を2値化してパルスの時間間隔を測定することで高速化を図る試みも報告されている⁽⁴⁾。

スリット法のメリットはレーザ光源がCWで測定できることでレーザのパルス点灯に関わるエラーを除去できることである。

デメリットはリアルタイム性が低下して走査変動やドリフトに関わる測定ができにくいことである。こちらもA/Dコンバータの高速化やパルス時間計測の高精度化が進んでいるので今後の改善が期待できる。

5. 新しいアプローチ

当社ではその中の新しい選択肢としてラインPINフォトダイオードとラインCCDを組み合わせたハイブリッド構成のスーパーダイナビームを開発した(写真3)。



写真3 スーパーダイナビーム

主走査方向は幅 $10~\mu$ m、長さ30~mmのPINフォトダイオードを用い副走査方向は $4.7~\mu$ mピクセルで30~mmのラインCCDを用い、これらを10~mm間隔で配置した。

センサユニットとして20 mmピッチで最大16個の300 mm幅を2 kHzで連続データの取り込みが可能である。

ただこちらもA/DコンバータやCCDの読み出しクロックの制限で走査周波数がポリゴンスキャナでは4 kHz、光MEMSスキャナでは2 kHzとなっている。

光MEMSスキャナの平面度計測についてはダイナミックに計測するためいくつかの方法が提案されている。 1つは従来の干渉計をストロボ駆動することで光 MEMSスキャナのあるタイミングでの平面度を測定しようとするものである。

干渉方式の問題点としては測定波長の1/2を超える場合には測定できなくなるため、位相をシフトすることなどにより補っている。

また短いパルスの光源で測定するので投光パワーと 受光感度の関係に工夫が必要となってくる⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

またシャックハルトマン型波面センサを用いて測定する試みも報告されている。これはCCDカメラとマイクロレンズアレイで入射波面のスポットフィールドがCCDセンサ上に形成されることによりこのスポットフィールの変化から平面度を計測する方法である。

ストロボ干渉計との比較で同様の結果が出ることも 報告されている⁽⁷⁾。

注:ダイナビームはエーエルティー株の登録商標である。

6. おわりに

ダイナミック ビーム計測はポリゴンスキャナによるLSUと光MEMSスキャナでは仕様が多少異なるものの、高速の走査速度、微小なスポットサイズ、低パワーレーザ出力と要求される測定範囲、測定分解能、リアルタイム性など相反する項目が多い。

当面は限られたスペックで必要な場所で計測されていくと思われるが、新しいアイデアで顧客の要求に答えられるものが開発されるのを期待したい。

〈参考文献〉

 吉川浩史・他:動的ビームプロファイル測定技術Ricoh technical report、No.27 (2001)

- (2) 中野哲寿:高性能デジタルカメラ対応型ピームプロファイラ LEPAS-12、光アライアンス、Vol.19、No.1 (2008.01)
- (3) http://www.ophiropt.com/user_files/laser/beam_profilers/ IST2005_NIP21_Paper.pdf
- (4) 大石篤・他:レーザ画像機器のためのレーザビーム形状計測技術、 Konica technical report、Vol.12 (1999)
- (5) 特開 2003-222508
- (6) 特開 2007-240344
- (7) Margaret Brown, et al.: Measurement of the dynamic deformation of a high frequency scanning mirrorusing a Shack-Hartmann wavefront sensor: Proc. SPIE 4451, Optical Manufacturing and Testing IV, 480 (December 27, 2001)

- 【筆者紹介】 -

髙野 裕

エーエルティー株 代表取締役

走査レーザビームの計測

=TIAを使用した走査ビームの計測と応用=

エーエルティー㈱ 髙野 裕

1. はじめに

走査レーザビームの評価として走査時間計測がある。 レーザプリンタでは走査ジッタとも呼ばれ、この特性 が悪いと画像で縦ラインが揺らぎ画像品質が劣化する。

この計測には走査ビーム上に2つの光センサを設けてその時間差を連続計測する方法が取られてきた。近年ではレーザプリンタの印字速度が速くなり1ドットに有する時間は数10nsになってきており、この計測には1 ns以下の分解能が求められるとともに、繰返し周波数も数10 kHzくらいまで対応することが必要になってきている。

これらを計測するものとして従来からTIA (<u>Time</u> <u>Interval Analyzer</u>) 又はTDC (<u>Time to Digital Converter</u>) と呼ばれる計測器が用いられてきた。

本稿ではそれらの概要と応用について記載する。

2. TIAの歴史と原理

TIAは当初の用途として質量分析用に開発された。これはノーベル賞を受理された島津製作所の田中氏の原理にもなっている、加速された荷電粒子の飛行時間を計ることによって対象の質量を測定する分析器である(い)。その後レーザプリンタなどの走査ビーム形の情報出力機器の計測に用いられるとともに、時間計測のダイナミックレンジの広さから計測量を変換して測定する用途にも用いられるようになった。これは例えば長さ計測などでは最小分解能に対して測定レンジは3~4桁くらいであるが、時間計測では分解能0.1 nsで

測定レンジ10 msなど9桁くらいのレンジが取れることによる。

1970年代からアジレント(旧ヒューレットパッカード)が5371A、5110A、5372Aなどを発売しStanford Research Systems, Inc. SR620などのスタンドアローンタイプの他にGuide Tech GT658PCIなどのPC用のボードとしても発売された。

日本では横河電機が1990年代から参入しTA-320、TA-520、TA-720などを発売した(2)。これらはほとんどがスタート入力、ストップ入力の2チャンネルでスタートからの時間を基準クロックでカウントし、端数になった部分の時間を端数時間計測回路にて計測する構成になっている。端数時間計測回路は精密な電流原から供給される定電流を漏れ電流の少ないコンデンサに充電して、その電圧をAD変換することにより100 ps以下の分解能で時間計測するように構成されているものが一般的である。

その他にもノギスの原理のように周波数がわずかに 異なる2つの周波数の一致をカウンタで検出する方法 など色々な方法が提案されている。

近年ではこれらのアナログ方式ではなく、デジタルで構成される方法も提案されており、ヒッグス粒子の発見で注目をあびた加速器による分析のLHCアトラス実験グループではATLAS TDCとして半導体プロセスでの開発が行われてきた(3)。これは高速のリングカウンタを用いるもので現在では宇宙探査でのLIDARへの応用として受光回路を含めたASICがLIDAR×04としてJAXAで開発されている(4)。

0917-026X/13/¥500/論文/JCOPY

3. 情報出力機器用TIA

レーザプリンタなどの計測では走査ジッタの他に走査の副走査方向の変動も測定する必要がある。これはポリゴンスキャナの面倒れなどの影響によるものであるが、この変位測定を三角スリットなどによる時間に置き換えた場合TIAの入力が2チャンネルでは足りなくなり4チャンネルの入力が必要になる(図1)。

このため当社では4チャンネルのTIAボードALT-9441を2000年に開発した。その後レーザブリンタのカラー化が増えることにより、YMCKの各色でのLSUを持つプリンターシステムでは各走査の同期が必要でさらに多くの入力チャンネルが求められるようになった。また印字速度の高速化から走査するポリゴンスキャナの回転数が上がり、40,000rpm以上になってくるとポリゴンスキャナも従来のオイル動圧軸受けでは対応できないことが出てきた。この対応としてマルチビームという方法で1回の機械走査で複数のレーザビー

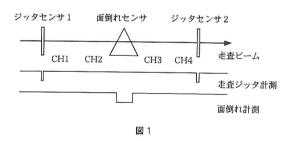


表1 仕様

测定	測定分解能	81 ps
	内部ジッタ	300 ps以下
	測定範囲	30 ns∼655 ms
	最小パルス幅	30 ns
	最大計測データ数	1,048,576データ
入力	入力チャンネル数	16ch (最大22ch)
N/J	入力	LVDS
	トリガチャンネル	任意チャンネル設定可能
	入力モード	立上りトリガ、立下りトリガ、 パルス幅
インターフェース	インターフェース	USB2.0
	USBドライバ対	windows, windows7 (32bit)
その他	ウォームアップ時間	5分以上
	電源電圧	AC100/220 V
	センサ用電源出力	5 V、200 mA
	外形	W300×D300×H100 mm

ムを走査する方法も開発され、これによってもさらに 多くの入力チャンネルが求められるようになった。

これらの要求に対応するため、当社では16チャンネルのTIAユニットALT-9C15を2011年に開発した。ALT-9C15は標準16チャンネル(最大22チャンネル)を有するTIAユニットで連続最大100万データを収集することができる。入力は従来の50オーム系では電流が大きくなるのでLVDS入力を採用し省電力、省スペースを図っている。インタフェースはUSB2.0で収集データを高速でホストに転送することが出来る。

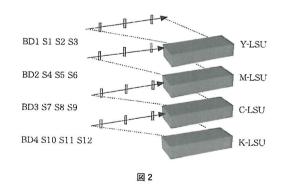
主たるスペックを表1に示す。

4. TIAを用いた計測

4-1 フルカラーLBP

タンデム形のフルカラーレーザプリンタは図2のようにシアン、マゼンタ、イエロー、ブラックに応じたLSUが配置されている。各LSUには書き出しのタイミング信号であるBD信号が出力される。走査面には印字サイズに応じた印字幅の左側、中央、右側の走査デテクタセンサが配置されている。

TIA入力としてはLSUごとに4チャンネルの合計16 チャンネルが入力され、各ユニットのBD同期精度、 走査面でのジッタ、及び走査レンズのfのエラーを含む 走査幅を一度に計測することが出来る。



4-2 ポリゴンスキャナの面内ジッタ

ポリゴンスキャナのポリゴンミラーは精密に切削されて面精度が確保されているが、厳密にはミラーの周辺部はダレやハネが生じて複雑な面形状となっている。この面でレーザビームを走査すると走査速度が一定とならず走査ジッタを生じる。

図3のようにセンサを連続的に並べることにより面形状の変化による走査変動を計測することが可能となった。また高回転ポリゴンスキャナでは遠心力によりポリゴンミラーが変形してミラーの面精度が低下することがあるが、この現象もこの計測方法により確認することができる。

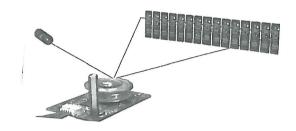


図 3

4-3 光MEMSスキャナの走査速度分布

光MEMSスキャナはMEMS (<u>M</u>micro <u>E</u>electro <u>M</u>echanical <u>S</u>ystems) の技術で製作された光を走査するデバイスである。

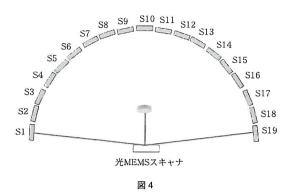
通常は半導体プロセスで製造されるので振動するミラーはシリコンの梁で保持されているため、弾性疲労が無く、機械スキャナであっても長時間の寿命を確保することができる。また構造として共振を利用しているものが多いので省電力が図れるメリットがある。現在商品化されているものとしてはピコプロジェクターやヘッドアップディスプレイがあるが、DMDやLCOSを使用したプロジェクション方式に対してフォーカスフリーや画像部分だけ点灯している為省電力という特徴がある。ただディスプレイ用の光MEMSスキャナは二次元走査をするためミラーが水平軸と垂直軸で保持され、それぞれが別に駆動される構造となっている為、共振といっても単純ではなく場合によっては複共振のように動作して走査速度が変動することがある。

図4はセンサを円弧状に19個並べた場合で、走査 内での速度分布を連続測定でき、往路での速度分布と 復路での速度分布が異なる場合にも対応できる。

また中央、左右2箇所のセンサをウォブルセンサに 変えることにより、走査分布とウォブルとを同時に測 定することもできる。

4-4 fθレンズのリニアリティー測定

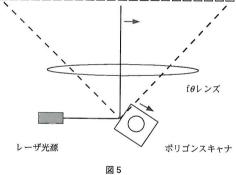
レーザプリンタ用の $f\theta$ レンズはPMMAで成形製作されるため、条件によっては面精度が悪くなったり、内



部に脈理が生じてこれによる屈折率の変化からリニア リティーが悪くなったりする。また成形以外にも汚れ、 異物の混入、打痕などによってもリニアリティーが悪 化するのでできるだけ多くの測定点で測定する必要が ある。

図5は21個のセンサを配置した例であるがTIAユニットの入力モードでパルス幅の測定モードがあるので、各センサの時間間隔だけで無くパルス幅を測定することによりビーム径の変化もある程度計測することができる。

S1 2 3 4 5 6 7 8 9 101112131415161718192021



多チャンネルの時間計測では初期のセンサ間隔の設定が問題になることがあるが、これにはジッタが非常に小さい基準ポリゴンスキャナを用いることにより校正することができる。

4-5 ガルバノスキャナのミラー動作計測

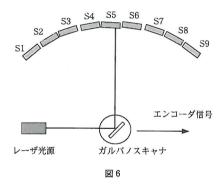
ガルバノスキャナはプリント基板用のレーザドリリングに多く使用され、タクト短縮から高速性と高精度を求められている。最近では従来のアナログ角度セン

サから高精度、高安定のデジタル角度センサが用いられるとともに制御回路もデジタル制御になったデジタルガルバノスキャナが注目されている。

ただこの制御も駆動軸の中心に駆動系があり、端部の角度センサとの関係においては非常に精度の良い制御ができていたとしても反対側のミラーホルダーを介したミラーについては制御はされていない。従ってミラーサイズが大きい場合かなりのイナーシャを高速に駆動するため、駆動軸からミラーホルダーまでの軸ねじれ、ミラーホルダーの変形やミラー自身の変形が懸念される。

これらを検証するために図6のようにセンサ信号と エンコーダの複数のデジタル信号をTIAで分析するこ とにより制御性以外の要因を分析することができる。

この場合も光MEMSスキャナと同様にセンサをウォブルセンサに変えることにより動作中のウォブル変化も検出でき、軸の倒れ方向の影響を検証することができる。



5. おわりに

情報出力機器や製造装置におけるレーザ走査は性能向上やタクト短縮から益々高速、高精度になりつつある。高速性と高精度は場合によってはトレードオフの関係になったり、加工精度や組立精度から製造コストに大きく影響したりすることがある。

これらの解決には要因を分析するために測定することが必要で、当社のTIAユニットALT-9C15がその一端を担えれば幸いである。

〈参考文献〉

- (1) (株島津製作所web
 - http://www.an.shimadzu.co.jp/ms/axima/princpl1.htm
- (2) 横河技報: Vol.14、No.1 (1997)
- (3) ATLAS TDC web http://atlas.kek.jp/tdc/
- (4) Development of a ROIC for LIDAR on planetary landerby CMOS technology, 水野他: Laser Radar Technology and Applications XVII. Edited by Turner, Monte D.: Kamerman, Gary W. Proceedings of the SPIE, Vol.8379, pp.837910-837910-7 (2012)

【筆者紹介】

髙野 裕

エーエルティー株 代表取締役

〒176-0014 東京都練馬区豊玉南1-21-10 TEL: 03-5946-7336 FAX: 03-5946-7316

E-mail: htakano@alt.co.jp

二次元走査型LRF

=LRFの測定原理及び走査光学系の方式=

エーエルティー㈱ 河村 達也

1. はじめに

LRF (Laser Range Finder) とはレーザ光を用い た測距装置のことである。同様に距離を測定するもの にLIDAR (Light Detection And Ranging) があるが 概ね計測レンジが100 m以下の近距離用をLRF、それ 以上の遠距離用はLIDARと呼ばれている。

LRF単体では奥行き方向の一次元情報のみであるが、 ポリゴンスキャナやガルバノスキャナ、光MEMS等の 光走査装置と組合わせることで広範囲を高速に三次元 計測可能である。

近年、これらの装置はロボットや無人搬送車のよう な自立移動体の視覚センサとしてや自動車の衝突防止 装置、進入監視などのセキュリティーシステム等、様 々な分野に応用されている。本稿ではLRF (LIDAR) について測定原理及び二次元走査する際の走査光学系、 光偏向器について述べる。

2. 測定方式

LRFの代表的な測定方式としては、TOF方式、AM 変調方式、FM-CW方式の3種類がある。以下に各々 の原理、特徴について説明する。

2-1 TOF (Time Of Flight) 方式

パルス発光させたレーザ光を対象物に照射し、反射 して戻ってくるまでの飛行時間から距離を求める手法 である。対象物までの距離Lは、光速をc、レーザ光を 発射し戻ってくるまでの飛行時間を∆/とすると式(1)で 表される。

0917-026X/12/¥500/論文/JCOPY

···(1) $L = \frac{c\Delta t}{2}$

L:対象物までの距離 (m) c :光速 (3×10⁸) (m/s)

 Δt : 飛行時間 (s)

TOF方式の特徴としては、パルス幅の短いレーザ 光を測定に使用しているため安全規格IEC 60825-1で 定められているクラス1を超えない範囲においても、 1パルス当りの発光強度を高くすることができるため より長距離の計測が可能となっている。 クラス1とは 人体に影響を与えない低出力なもので目に安全であり、 どのような条件下でも最大許容露出光量 (MPE) を超 えないレベルのことである。

しかしながら計測ポイントは信号の立上がり部分に しかなく、ごく短い時間を測定しなければならない。 このため測定精度は広帯域アンプ、演算回路の速度、 精度に大きく依存し、より高精度な距離測定を行うに は高価な部材が必要となってくる。

仮にサンプリング周波数が1 GHzの場合、サンプリ ング時間は1 nsとなり、この間に光は往復で300 mm 移動するのでこのときの分解能は150 mmとなる。逆 に分解能10 mmとした場合、サンプリング速度は15 GSPS必要となり技術的にも難しくなってくる。1パ ルス当りの発光強度を高くできる点や測定分解能の点 からより長距離での使用に有利な方式と言える。

2-2 AM変調 (Amplitude Modulation) 方式

正弦波状の強度変調をかけたCWレーザ光を対象物 に照射し、反射して戻ってきた光と参照光との位相差 から距離を求める手法である。AM変調方式での対象 物までの距離Lは、位相差を $\Delta\phi$ 、変調周波数をfとする と式(2)で表される。

$$L = \frac{c\Delta\phi}{4\pi f} \qquad \cdots (2)$$

L :対象物までの距離 (m) c :光速 (3×10⁸) (m/s)

 $\Delta \phi$:位相差(一)

f : 変調周波数 (Hz)

式(2)より変調周波数fを上げることにより距離変化 ΔL に対する位相差 $\Delta \phi$ が大きくなり測定精度が向上することが分かる。

AM変調方式ではTOF方式と比べ低いサンプリング 周波数を用いて高精度な測定ができるため比較的安価 な部品で構成できる。また計測ポイントを多く取れる ため計測点数をNとすると√N倍でS/Nを向上させるこ とができる。

1種類の変調周波数を用いた場合、位相遅れが変調周波数の1周期を越えると前の周期と判別不能となり正確な距離が測定できなくなるため、距離と精度を両立させるために2種類以上の周波数を用いる。1周期を越え位相差 $\Delta\phi$ が0となるのは対象物までの距離Lがc/2fの倍数になったときである。仮に変調周波数を100 MHzとすると位相差が0となり計測不能となる距離Lは1.5 mとなる。また変調周波数を3 MHzとすると計測不能となる距離Lは50 mである。変調周波数としてこの2つの周波数を組合わせることで計測不能となる距離はそれらの最小公倍数となり、この場合150 mまで計測距離を伸ばすことが可能となり測定精度は周波数の高い100 MHzの信号により決定される。

2-3 FM-CW (<u>frequency-Modulated</u> <u>C</u>ontinuous <u>W</u>ave) 方式

のこぎり波状の周波数変調をかけたCWレーザ光を対象物に照射し、参照光と反射光の周波数差(ビート周波数)から距離を求める手法である。図1は参照光を基準にしたとき、遅れ時間2L/cで干渉した反射光と参照光の関係である。

FM-CW方式での対象物までの距離Lは、変調周期をT、ビート周波数をfb、周波数掃引幅を Δf とすると式(3)で表される。

$$L = \frac{cTfb}{2\Delta f} \qquad \cdots (3)$$

L :対象物までの距離 (m) c :光速 (3×10^8) (m/s)

T :変調周期 (s)

fb: ビート周波数 (Hz) Δf: 周波数掃引幅 (Hz)

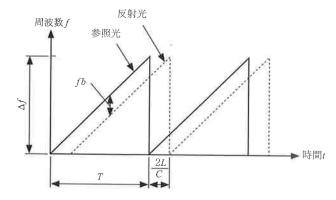


図1 FM-CW法における参照光と反射光の関係

FM-CW方式は測長パラメータに周波数値を利用することで外乱ノイズの影響を受けにくいという特徴があり、計測に必要な受光レベルを抑えられ、反射率の低い対象物でも高精度な測長が可能である(1)。

3. 走查光学系方式

LRFの実際の応用に関しては1方向のみの距離測定だけではなく空間を三次元的に捉え、より高次な情報を得る要求が多くなっている。三次元的に捉えるためにはレーザ光を二次元走査する必要があり、また走査方向に視野を持ち受光素子に光を導かなくてはならない。走査型LRFの光学系としては大きく分けて下記3つの方式がある。

3-1 投受光同軸走査

投光軸と受光軸をビームスプリッターなどで同軸とし、1つの光偏光器で走査する方式である。同軸にする方法はこのほかにもカセグレン光学系の副鏡位置に小型ミラーを置き同軸にする方法や、受光レンズ前に投光光学系を直接設置する方法などがある。

メリットとしては投受光方向が常に一致しているため、ビームサイズに合わせ視野を絞ることができ、受 光素子に入射する外乱光を最小限に抑えることが可能 である。

3-2 投受光非同軸走査

投光軸と受光軸を独立した光偏光器で走査する方式である。同軸走査では受光光学系の前にミラー等を設置するため受光光量に損失があった。非同軸ではその損失はなく同じ受光光量とした場合、受光口径を小さくでき、光偏光器のミラーもより高速に動作できる。

しかし、投受光視野を一致させるためには双方の光 偏光器を高精度に同期させ駆動させる必要があり要求 仕様によっては難しい場合もある。

3-3 投光走査、受光固定

投光側のみ走査し受光側は固定の光学系で構成され た方式である。受光光学系は投光側走査範囲と同等の 視野を持ち対象物からの反射光を受光素子に集光する。 受光素子としては逆バイアスを印加することにより光 電流が増倍される高速・高感度のAPD(Avalanche Photodiode) がよく使われる。より高速な応答が必 程度のものを使用することが多い。このような受光面 が小さい素子1つに対して視野範囲を大きくとること は難しく、狭視野の光学系を扇形に配置し視野範囲を 確保する方法や広視野の光学系にAPDアレイを使用す る方法などがある。他の方式と比べ常に光学系は広い 視野を持つため外乱光の影響を大きく受けるが、投光 走査角度に合わせAPDのチャンネルを切替えることで 対応している。また、外乱光の影響を減らすために通 常BPF (Band Pass Filter) が用いられるが、受光固 定式の場合、反射光は垂直入射だけではなく投光走査 角度に応じた角度でBPFに入射する。BPFは入射角度 に応じて透過波長帯が短波長側にシフトするため、狭 帯域のBPFが設定できなく外乱光の影響を受けやすく なる。この方式のメリットとしては光偏光器のミラー サイズに依存せず受光口径を比較的大きく取れる点が あげられる。

4. 光偏光器

ミラーを使用した光偏光器として代表的なものにはポリゴンスキャナ、ガルバノメータスキャナ、光MEMSスキャナがある。以下にこれら光偏光器の特徴について説明する。

4-1 ポリゴンスキャナ

ポリゴンスキャナは多面鏡を連続的に回転させ光を 走査する光偏光器である。

ミラー面数を増やし回転数を上げることで走査周波数は大きくなるが、最大偏光角は小さくなる。一定速度の高速走査に適しているため二次元のラスタースキャンを行う場合は高速軸にポリゴンスキャナを使用し、低速軸をガルバノメータスキャナにする場合が多い。

走査範囲をより広くするためにモノゴン(1面鏡)を使用する場合もある。モノゴンの場合はレーザ光をミラーの回転軸方向(垂直方向)から入れ水平方向に走査するため原理的には360°走査可能である。

また多面多角度の傾斜ポリゴンを使用することで擬似的に二次元走査を行う方式もある。但しこの場合、 走査線の数はミラー面数に限られる。



写真1 ポリゴンスキャナ

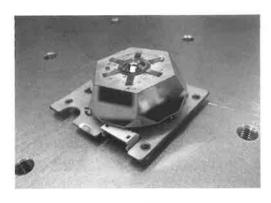


写真 2 傾斜ポリゴン 傾斜角度が各々異なる 6 面ポリゴンミラー

4-2 ガルバノメータスキャナ

可動コイルの軸にミラーを取付けた構造となっている。この磁界中にある可動コイルに電流を流すことで電磁力を発生させ、電流に応じたトルクが得られることを利用しミラーの回転角度を制御している。非共振型であるため数Hzといった低速走査も可能で、正弦波以外の信号で駆動させたり任意の位置に停止させたりすることもできる。

二次元走査を行う場合は通常2軸を使用しなければならず装置が大きくなるという欠点があるが、近年では1枚のミラーに2軸を設けたコンパクトな非共振型の二次元走査型アクチュエータの開発も行われている⁽²⁾。

4-3 光MEMSスキャナ

MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術で製作された光偏光器である。通常は半導体プロセスで製造され、単結晶シリコンからエッチングによりミラー、トーションバー、保持枠を一体加工しているため、弾性疲労がなく機械スキャナであっても長時間の寿命を確保することができる。また構造として共振を利用しているものが多いので省電力が図れるメリット



写真3 ガルバノスキャナ

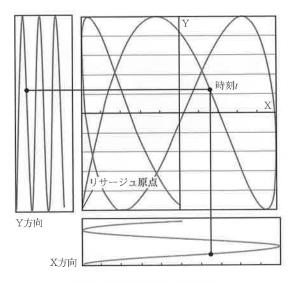


図2 ECOSCANの走査位置(4)

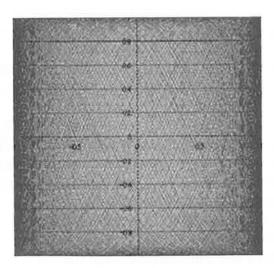


図3 リサージュ走査の軌跡(4)

がある(3)。駆動方式としては電磁型、静電型、ピエゾ 型がある。それぞれの方式において二次元タイプも開 発されており小型軽量化に貢献している。二次元走査 を2軸共に共振型スキャナを用いる場合、水平方向と 垂直方向の共振周波数を変えることで図2、図3のよ うなリサージュ走査を行い各走査角における距離計測 を実現している(4)。

5. おわりに

本稿ではLRF (LIDAR) について測定原理及び二 次元走査する際の走査方式、光偏光器について説明し た。現在では様々な分野でLRF装置が使用されまた活 躍しているが、今後、光MEMSのような新しいデバイ スと共に益々計測技術が発展することを期待したい。

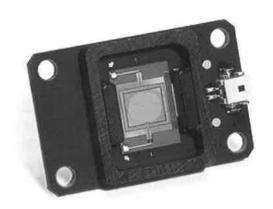


写真4 光MEMSスキャナ⁽⁴⁾

〈参考文献〉

- (1) 石岡昌人・栗林志頭真:反射ターゲットを用いない高精度レーザ測 長技術、三菱重工技報、Vol.38、No.5、274(2001)
- (2) 山田真人・山口光隆・前納良昭・市浦秀一:非共振型二次元光走査 用アクチュエータの開発、電子情報通信学会、C-5-2 (2010)
- (3) 高野裕:光MEMSスキャナの計測、生産化に向けて生産工程でのア プローチ、光アライアンス、Vol.23、No.1、50 (2012.1)
- (4) ECOSCAN、距離画像センサ、http://www.ecoscan.jp、日本信号

- 【筆者紹介】

河村達也

エーエルティー(株) 開発部

〒176-0014 東京都練馬区豊玉南1-21-10 TEL: 03-5946-7336 FAX: 03-5946-7316

E-mail: tkawamura@alt.co.jp

|製品特集: レーザビームプロファイラの進取性と革新性に迫る

OA0910-05

レーザビーム径の測定

=走査中のビーム径測定へのアプローチ=

エーエルティー(株) 井上 裕幸

1. はじめに

レーザビーム径を測定する方法は大きく分けて、回転 スリットタイプとカメラタイプがある。

それぞれの方式には利点と欠点があるので、特徴を説明する。

回転スリットタイプは、測定できるレーザパワーのレンジが広く、測定分解能が高いので安定したビーム径が 測定できるのが利点であるが、パルス点灯や走査中のビーム径は測定できない。また、二次元プロファイルが複数のスリット角度による光量変化データから合成しているので変形ビームの測定値は実際と異なる場合がある。

カメラタイプは、パルス点灯や走査中のビーム径が測定でき、二次元プロファイルを直接的に測定できるのが利点である。また、回転スリットタイプよりも安価で購入できる。

しかし、測定できるレーザパワーのレンジが狭く、NDフィルタ等でレーザパワーを減衰させたり、測定分解能が画素サイズで制限されるので、測定分解能が悪くなり、小さいビーム径を測定するには、レンズでレーザビームを拡大しなければならない。ビーム径を測定する場合は、どのような状態のレーザビームを測定したいのか使用目的に合わせて、ビーム径測定器を選ぶ事が必要になる。

2. 市場の現状と要求

当社では、レーザプリンタの基幹パーツであるLSU(レーザスキャンユニット)の検査装置を長年手がけてきた。

0917-026X/10/¥500/論文/JCLS

検査装置としては2種類あり、スタティック検査装置では、LSUが停止した状態で、ビーム径を測定する。ダイナミック検査装置では、LSUが駆動した状態で、面倒れとジッタを測定する。

スタティック検査装置においてビーム径測定は従来、デファクトスタンダードな市販の回転スリットタイプのビーム径測定器を使用していた。カメラタイプの方が安価であるが、LSUの場合、ビーム径が60 μm程度と小さいので、分解能が十分ではなかった。ところが最近では、ユーザーニーズとして生産工程と工程時間の両方を削減する為に、LSUを駆動させた状態で、全ての項目を測定する要求が大きくなってきた。そのニーズに対応するため、走査中のレーザビーム径を測定するには、CCDカメラもしくはCMOSカメラで測定する方式が取られている。

しかしながらこの方式では、パルス点灯するタイミング信号を作らなければならない。

その為、レーザを必要なタイミングで高速にパルス点灯しなくてはならない。また、カメラの感度が足りない場合が多く、複数回のパルス点灯を露光するので、スキャナの面倒れ、ジッタの影響で、実際のビーム径より大きく測定される場合がある。

面倒れが大きい場合は、副走査方向のビーム径が大きくなり、ジッタが大きい場合は、主走査方向のビーム径が大きくなる。同様に、タイミング信号がばらついたり、レーザのパルス点灯が高速で点灯できない場合も、主走査方向のビーム径が大きくなる。カメラタイプが持つこれらの問題点を解決する手段が必要となっている。

3. 解決手段 1

カメラタイプが持つこれらの問題点を解決するため、スリットタイプを検討する。

LSUの場合、ビームが一方方向に、かつ一定速度で移動するので、ビームを切断する為にスリットを回転させる必要がない。但し、このままでは、主走査方向のビーム径のみでしかプロファイルデータが取得できないので、ビームを切断する角度を変更して、副走査方向のビームプロファイルを合成する。

この方法で開発をしたのが、ダイナビーム(型式: ALT-8180)(写真1)である。

具体的な構成は図1のようになる。

センサーヘッドは、高速受光基板の前にナイフエッジスリットを取り付け、回転ステージでナイフエッジスリットの角度を変化させる。さらにビームの走査速度を測定する為に、受光センサーを2個設置している。

コントロールは、PCで行なう。ナイフエッジスリットの角度を設定しながら、プロファイルデータを高速AD

ボードで取得し、副走査方向のビームプロファイルを合成する。後は、ビームの走査速度から、ビーム径を計算する。

この場合、ビームの走査速度は3,000 m/s程度まで対応可能であるが、副走査方向のビーム径を測定する為に、同一スキャンでのビーム径を測定する事は難しく、複数回スキャンでの合成されたビームプロファイルとなる。つまり、カメラタイプと同様に、面倒れやジッタの影響を受けてしまう。

4. 解決手段 2

先に述べた誤差要因を取り除く為には、1スキャンで 1データを取得しなければならない。

そこで、主走査方向のプロファイルデータを $10~\mu$ m幅のPDで取得し、副走査方向のプロファイルデータをラインCCDで取得する。この方法で開発をしたのが、スーパーダイナビーム(型式:ALT-9B30)(写真2)である。

具体的な構成は図2のようになる。

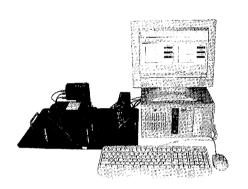


写真 1 ALT-8180

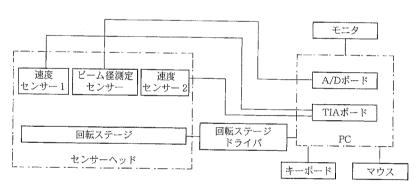


図1 構成

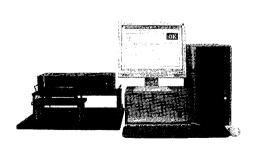


写真 2 ALT-9B30

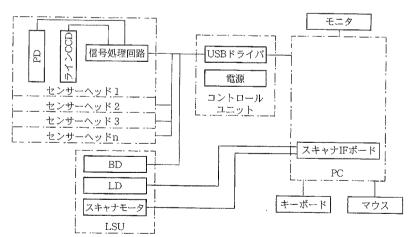


図2 構成

センサーヘッドは、新規製作 $10~\mu m$ 幅のPDと市販の 4.7 μm ピッチラインCCDを使用し、信号処理回路を通してUSB通信ボードにデータを送ります。センサーヘッドは16個まで増設可能である。

PCとはUSBにて通信し、高速にデータを転送するので、ほぼリアルタイムにプロファイルを測定できる。この構成にする事により、1スキャンでビーム径を測定でき、面倒れやジッタの誤差要因を軽減できる。

現状では、PDサンプリング速度とメモリの制限から、走査速度が1,000 m/s未満で、ビーム径が200 μm 以下の仕様になる。さらに、PDとCCDを同じ位置に設置できないために、主走査方向のビーム径と副走査方向のビーム径を測定する位置が10 mmずれている。

5. おわりに

これまでは、LSU用のビーム径測定方法を検討してきた。

ところが最近、光MEMSを使用したスキャナが登場してきた。光MEMSスキャナの場合、ミラーが薄いので、駆動している時のミラーの歪みをチェックする事が必要になる。

そこで、走査中のビーム径を測定したいという要求が出てくる。なぜならば、光MEMSスキャナは共振させないとミラーが動作せずミラーを止める事がでないので任意の位置でビーム径を測定するには、走査中に測定しなければならない。

一次元の光MEMSスキャナであれば、ダイナビームおよびスーパーダイナビームを改善すれば、対応可能である。具体的には、光MEMSスキャナは共振しているので、往復スキャンとなる。

これに対応するには、レーザを片側スキャンのみ点灯 するか、片側スキャンの信号のみ取り込む方法がある。

これに対して二次元の光MEMSスキャナは、プロジェクタの用途が多く、走査速度が非常に高速である。従って、センサー自体の応答が問題となり、センサーが応答したとしてもダイナビームでは、ナイフエッジスリットの角度を変更している間に副走査するので、受光できない。

二次元の光MEMSスキャナのビーム径を測定するには、カメラタイプで、1パルスで十分感度が取れる事が必要になる。

【筆者紹介】

井上裕幸

エーエルティー㈱ 開発部 グループリーダー 〒176-0014 東京都練馬区豊玉南1-21-10 TEL: 03-5946-7336 FAX: 03-5946-7316

『日・韓・英』技術用語ハンドブック

B6判·390頁 5

定価:2,625円

『日・中・英』技術用語ハンドブック

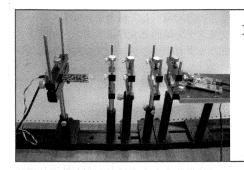
B6判・400頁

定価:2,625円

「建築・土木」、「電気・電子」、「機械」、「コンピュータ・情報処理・通信」、「環境」の六分野の頻出用語を収録。

日本工業出版(株)

フリーダイヤル 🚾 0120-974-250 netsale@nikko-pb.co.jp



光学スキャナ・モジュールを使ってみよう

レーザ走査による 外形測定器の試作

高野 裕 Hiroshi Takano

昨今,携帯電話やディジタル・カメラに小型プロジェクタが組み込まれるようになりました。実用化されている小型プロジェクタの方式は、画素数分の小型ミラーを集積した構造のDMD(Digital Mirror Device)や液晶シャッタを用いるLCOS(Liquid Crystal on Silicon),そしてレーザを小型スキャナで走査して画像を出すものがあります。

画像の解像度や色の再現性からはレーザ・スキャンの方式が優れているといわれており、このキー・パーツとなるのが光MEMS(Micro Electro Mechanical System)スキャナです。MEMSは、マイクロマシンといわれる技術で、電子回路や機械などを集積した小さい素子のことです。

今回, 市販のレーザ・スキャナ・モジュールを使い, 走査幅 20 mm, 分解能約 $5 \mu \text{m}$ の外形測定器を試作しました. **写真1** に全体の外観を示します.

レーザ・スキャンの特長と応用例

レーザなどの光ビームを走査することを, レーザ・スキャンといい, 古くから身近なものにも応用されて

います。例えば、レーザ・プリンタは40年近くの歴史があり家庭でも使われるようになりました。事務所やコンビニエンス・ストアのコピー機も、レーザ・プリンタが使われています。スーパマーケットでレジにあるバーコード・リーダもレーザを走査してバーコードを読み取っています。

このほかにも,工業用では,レーザ顕微鏡や光造形,外形測定器,プリント基板の穴あけのシステムに利用されています.距離計と組み合わせて踏み切り内の安全管理や宇宙での惑星探査などにも使われています.

● メリットは…高分解能,高速,測定パラメータの時間変換が可能

例えばレーザ・プリンタは、家庭用のものでも分解能 600 dpi です。600 dpi は 1 インチ (25.4 mm) 当たり 600 ドットという意味です。1 ドットが 0.042 mm と非常に小さいので、文字だけでなく画像もきれいに出力できます。また、家庭用の製品でも A4 サイズの紙を 1 分当たり 20 \sim 30 枚出力できます。このときレーザが走査する速度は 1 km/s以上です。

もう一つのメリットとしては測定パラメータを時間



写真1 製作したレーザ外形測定器

に変換できるということです.

例えば長さを時間に変換できるので、外形測定器などでは高精度で広い範囲が測定できます。また、高速で計測できるので工場の組み立てラインに入れることもできます。

通常,長さ測定では,マイクロメータで精度良く読もうとしても**.**mmと有効数字が4けたです.1 ns精度を得ることは簡単なので時間に置き換えれば簡単に $6\sim9$ けたを実現できます.

● レーザ・スキャンの動作例

レーザ・スキャンの応用製品として,生産数の多い レーザ・プリンタの構成について簡単に説明します.

レーザは半導体レーザを使用し、通常は赤外の波長 780 nm を使用します。レーザから出た光はコリメータ・レンズで平行光に変換され、ポリゴン・スキャナというモータに多面体ミラーを乗せた光学スキャナで走査ビームになります。

ポリゴン・スキャナは高速に走査するため、最近では1分間に数万回転以上と高速で回転しています.

この後エフシータ・レンズといわれる走査速度を一 定にする特性を持ったレンズを通って感光ドラムに照 射されます.

半導体レーザは印字データに基づいて高速にスイッチングされ、感光ドラムには光が当たった場所と当たらない場所で電位差ができます. これにトナーを付け

て紙に転写して, 熱で定着して出力されます.

カラー・プリンタでは同じようにシアン,マゼンタ,イエロー,ブラックと四つのプロセスを経て出力されます.

レーザ・スキャンを応用した 外形測定器の構成

光学スキャナは、ちょっと実験してみたいというと 入手が難しかったり、産業機器向けで高価であったり します。これは光学スキャナのほとんどが特注品で特 定の製品向けに設計/製造されていたり、産業機器向 けで非常に精度が高い製品だったりするためです。

そのなかでも比較的安価にインターネットで入手で きるレゾナント・スキャナを使って,レーザ外形測定 器を試作してみました.

● スキャナ・モジュール LSM100M(L) の構成

レーザ光源とドライバが一体になった1次元スキャナ・モジュールLSM100M(L)(レーザークリエイト)を使います⁽⁴⁾. 写真2に外観を、図1に構成を、表1に主な仕様を示します。このモジュールの光学スキャナは構造的にはムービング・マグネット・タイプの電磁型です。完全なMEMS構造ではありませんが、14 mm角程度の非常に小さな形状となっています。

レーザ光源の後ろにレゾナント・スキャナがあり, こちらで走査角約40°, 周波数95 Hzでレーザが走査

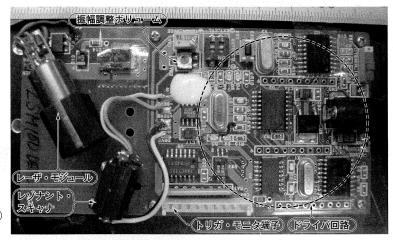


写真 2 スキャナ・モジュール LSM100M(L) の外観



図1 スキャナ・モジュール LSM100M(L) の構成

表1 スキャナ・モジュール LSM100M(L)の主な仕様

構成	1 次元スキャナ + レーザ + レーザ・ホルダ + 回路 基板
制御方法	PWM 制御,フィードバック制御
振れ角	10°~50°(~40°推奨, ボリュームにて任意設定)
分解能	振れ角× 1/10000 精度:振れ角× 1/1000
ジッタ	0.01 %以下(短期, ただし振れ角~40°以内)
消費電力	約 0.8 W (3 mW 赤色レーザ, スキャン角 40° 時)
基板寸法	105 × 55 × 16 mm, 各界より(3, 3)の位置に固定用穴 ϕ 2.2 あり
CPU	PIC16F84 × 2, PIC16F88
搭載レーザ	外径φ10.5 赤色 1 次元レーザ 外径φ10.5 緑色レーザ(オプション)

されます.レーザ光源はコリメーション・レンズを内蔵したレーザ・ダイオードです.レーザ・ダイオードの放射状のビームをコリメーション・レンズで平行にします.レーザ・ダイオードはAPC(Auto Power Control)回路で安定に駆動されています.

レゾナント・スキャナはドライバ回路でユーザが指定した振り角で安定して動作するように制御されています。この放射状に振れているレーザ・ビームをレンズ系を用いて平行光で細いビームになるように絞り込みます。検出物を配置する図2に示す中央部は、走査速度が一定であることが必要です。

レゾナント・スキャナは共振を利用しているので、最大振り角で速度ゼロとなる正弦波の速度分布を持っています。この速度特性を光学的に補正するのがアークサイン・レンズですが、こちらは難しくなってしまうので今回は振り角の中央付近だけを使用することにします。最大振り角の50%を使用した場合、この中での最大の速度偏差は86%になります。

レーザの走査ビームが検出物に当たると、検出物の幅分の影ができます。検出物に当たらず通過したレーザ・ビームは入射と同じ光学系で集光されPINフォトダイオードに入力されます。

PINフォトダイオードの出力を時間経過とともに見ると遮光の時間が検出物の幅になり、走査端からの時間が検出物の位置になります。LSM100M(L)にはトリガ信号が用意されており、1周期に1サイクルの5Vのディジタル信号がコネクタから出力されています。

● 光学ベンチ

使用した1次元スキャナ・モジュールLSM100M(L) にはレーザ・コリメーション・ユニットが搭載されており、カタログから波長635 nm で出力が $1\,\mathrm{mW}$ となっています。ビーム径は記載されていませんが実測から $\phi\,3\,\mathrm{mm}$ とします。

かつて、大きなパワーのレーザ・ポインタが目の安

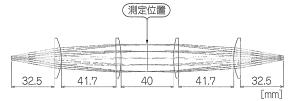


図2 市販のレンズを使って光学シミュレータ ZEMAX で設計したレーザ・ビーム



写真3 製作した受光回路の外観

全性の点で問題になったことがありますが、このモジュールではクラス2に分類されるレーザが使われ、安全です。ただし直接のぞき込むことは避けた方が良いです

レーザ・ビームは、市販のレンズを使い**図2**のように光学シミュレータ ZEMAX で設計しました⁽⁵⁾. レンズは、シグマ光機製の標準品の平凸レンズ2種類を4枚使っています。表面の反射をなくすために AR (Anti-Reflection) コートをしているタイプもありますが、今回はコートなし品でも問題ありません.

光学シミュレーションでは走査幅の約 20 mm で $20 \text{ }\mu\text{m}$ のスポット径が得られる計算になりました. スポットはガウス分布をしているので, ビーム径はピークを 100 %として 13.5 % のエネルギの径で定義しています.

● 受光回路

製作した受光回路の外観を写真3、回路を図3に示します。

受光回路はビームが ϕ 3 mm くらいに集光されるので、大型のPIN フォトダイオードを使います。 浜松ホトニクス製の S6968 は ϕ 14 mm のレンズ付きで遮断周波数 50 MHz の特性を持っています。

スキャナの共振周波数は95 Hz で振り角40°の約50% を使用することから、20 mm での走査時間は約1.75 msとなり、走査速度は11.4 m/sとなります.

0.05 mm の物体を検出しようとすると遮光時間は $4.4 \mu s$ となるので、上記の PIN フォトダイオードの逆バイアス電圧を下げても応答は間に合いそうです。

PINフォトダイオードの電流信号をトランス・インピーダンス回路で電圧変換して増幅します。受光光量は光源が1mWですが、レゾナント・スキャナのミラ

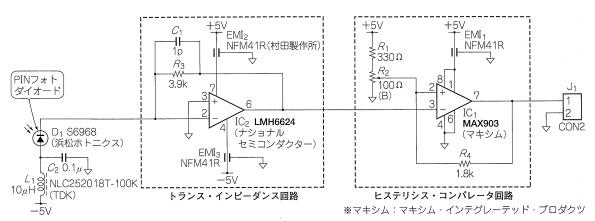


図3 製作した受光回路

ーの反射率が80%とARコートしていないレンズの各面での透過率が96%くらいで8面あるので最終的には約0.5mWになります.

PIN フォトダイオードの変換効率は波長 635 nm で 0.45 A/W なので 0.23 mA の電流が期待できます。この電流で 1 V くらいの電圧を得ようとするとフィード

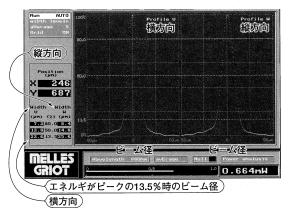


図4 測定位置でのビーム径がシミュレーション結果と合っているかを確認(縦軸: ピークに対するエネルギ比 20 %/div, 横軸: ビーム径 25 μ m/div)

測定器はビーム・アナライザ 13SKP7(メレスグリオ)

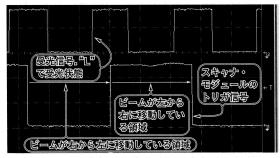


図5 スキャナ・モジュールの出力と同様に受光回路出力も "L", "H" 時間が同じになるよう受光回路基板の配置を調整する (2 V/div, 2 ms/div)

バック抵抗は4.3 kΩと算出できます.

トランス・インピーダンス用の OP アンプは高速で 低ノイズの LMH6624 を使用します.

この波形をヒステリシス・コンパレータでディジタル化します. こちらも高速のものが望ましいのでMAX903を使用します.

レーザ外形測定器の試作と動作実験

製作

レンズは実験用として光学ベンチに組んでいきます. レンズの中心を合わせてレンズの間隔をシミュレータ で設計した数値に仮設定していきます.

図4に示すように、スキャナ・モジュール側の2枚のレンズを設定できたら測定位置でビーム径を測定してみて、シミュレーションに近い値が出れば大丈夫です。

次に受光回路側の2枚のレンズを設定して、図5のように往復する受光信号時間が同じになるようにオシロスコープを見ながら受光基板の配置を調整します.

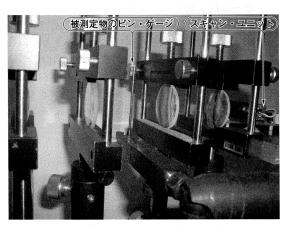
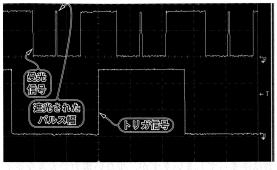
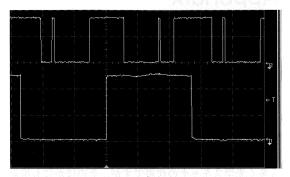


写真4 試作したレーザ外形測定器でピン・ゲージの径を測定しているようす

レーザ走査による外形測定器の試作

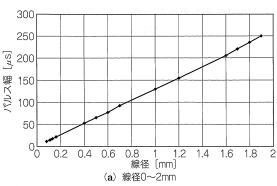






(b) 右にずらした場合

図6 被測定対象のピン・ゲージの位置を変えて測定したようす(2 V/div, 2 ms/div)



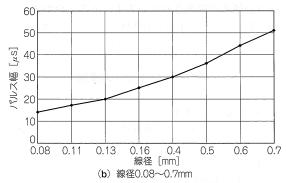


図7 測定物の線径対パルス幅は約0.1~2 mm にてリニアな特性が得られている

レゾナント・スキャナのトリガ信号は, 走査の端で信号が変化し "L" 時が右から左, "H" 時が左から右に走査している時間になります.

● 実験結果

調整が終わったら検出位置にいろいろな径の測定物体を置いて実験です。写真4に示すように ϕ 1.6 mmのピン・ゲージを中央に入れると、図6(a)に示す受光信号が出力されます。遮光されたパルス幅が測定物体の外形を表し、トリガ信号からの時間が測定物体を入れた位置になります。

検出物の位置を右にずらしたようすが図 6(b)です. 走査方向が左右に入れ替わっているので,位置が走査 方向に応じて変化しているのが分かります.

測定物の線径とパルス幅をプロットしたものが図7です. 髪の毛の $0.1 \, \text{mm}$ から $2 \, \text{mm}$ くらいまでリニアな特性が得られています.

櫛歯のようなものでもそれぞれのパルス幅とパルス 間隔を測ることにより一度に測定でき,不良があった 場所も特定できることが特徴です.

精度を上げるためには、走査方向で生じている走査 速度の不均一性による誤差や、検出位置に対しての時

間の補正が必要になります. レーザの深度方向については, 検出範囲に応じてビーム径の均一化が必要になります.

今回は時間をディジタル・オシロスコープで測定しましたが、時間間隔を正確に測定するタイム・インターバル・アナライザを用いると精度が向上します.

最近ではTDC(ACAM)といわれる専用のチップも 出ていて⁽⁶⁾、100 ps以下の分解能を持っています。高 速にスキャンして測定することも可能になってきました。

● 参考文献 ●

- (1) エーエルティー㈱のウェブ・ページ http://www.alt.co.jp/html/sub2_3.htm#alt9a44
- (2) 井上 裕幸; MEMSスキャナの測定, 光アライアンス, 2008 年1月,日本工業出版.
- (3) エーエルティー㈱のウェブ・ページ http://www.alt.jp/
- (4) (前レーザークリエイトのウェブ・ページ http://www.lasercreate.com/products/scaner/scaner.html
- (5) ベンチャーフォーラム三重のウェブ・ページ http://www.vfm.co.jp/
- (6) ACAMのウェブ・ページ http://www.acam.de/

Appendix

光を走査させる光学スキャナの種類と原理

レーザをスキャンするための光偏向器を光学スキャナと呼びます.

レーザ・プリンタ用のポリゴン・スキャナは生産量 も多く光学スキャナの代表ですが、そのほかにも用途 に応じて色々なスキャナが開発されてきました.

特に近年では、光MEMSスキャナの開発が盛んで 色々な構造が提案されています。大きく分類すると、 鏡を何らかの形で振らせる機械スキャナと音響光学効 果や電気光学効果を用いた電気スキャナになります。

光学スキャナの種類

● ポリゴン・スキャナ

ポリゴン・スキャナは多面体ミラーをモータの軸に 取り付けた形状をしています.

通常のモータと異なるのは回転数が1分間に30000回転以上と高回転のため、一般で使用されているボール・ベアリングが使用できずオイル動圧軸受や空気動圧軸受を使っています。また多面体ミラーのそれぞれの面はレーザを反射するため精度の良い平面が必要で鏡面切削という加工方法で製造され、それぞれの面の回転中心に対しての平行度は角度として秒単位で(3600 s が1°)管理されています。

ミラーでは反射によって角度が倍になるため、6面のポリゴン・スキャナでは1面当たり60°回転しますので120°の角度で走査できます.

ポリゴン・スキャナはモータの回転で走査するため, 走査方向は一方向で,止めることはできません.

● ガルバノ・スキャナ

ガルバノ・スキャナの構造はモータと似ておりミラーの付いたロータに磁石が配置され、外部のコイルで回転方向を制御します。通常は回転角度を検出するセンサが付いていてPID制御により高精度の位置決めができます。走査角度はミラーの大きさや駆動周波数で変わりますが、通常60°くらいで100 Hz 位まで使用できます。

このスキャナの特徴は、直流で制御できるので、ある角度で止めることができ、X, Yの2軸でベクトル走査をできることです。

レーザ・ショーなどで各色のレーザが色々な模様を描いていますがこのスキャナが使われています.

● レゾナント・スキャナ

レゾナント・スキャナは構造的にはガルバノ・スキャナとほぼ同じですが、共振を利用しています。周波数は決まってしまいますが、少ない電力で大きな走査角を得ることができます。後で述べる光MEMSスキャナもこの構造をしています。

小型で構造も簡単なため、ハンディ型のバーコード・リーダなどにも使われています.

● 電気偏向器

電気的にレーザ・ビームを振る方法の一つに音響光 学素子(AOD: Acousto - Optic Deflector)の使用が あります.

これは結晶やガラスに圧電素子を貼付けて内部に超音波を発生させ、その超音波定在波でレーザをブラッグ反射させます。角度は数度以下で小さいですが1 MHz などの高速で走査できるので、レーザ顕微鏡などに使われています。

もう一つは電気光学素子(EOD: Electro-Optic Deflector)で結晶に高電圧をかけてポッケルス効果で偏向させます。

角度は小さいですが高速で走査することができ、最近ではこの仲間のKTN(タンタル酸ニオブ酸カリウム)という結晶を使用したものが比較的大きな走査角度が得られるので注目されています。

光 MEMS スキャナの原理

光 MEMS スキャナのほとんどがレゾナント・タイプですが、用途に応じて仕様が異なります.

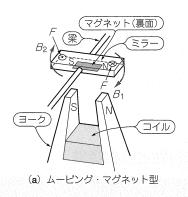
レーザ・プリンタ用では周波数 $2\,\mathrm{kHz}$, 走査角 50° で約 $4\,\mathrm{mm}$ のミラー・サイズが必要ですが,ディスプレイ用としてはミラー・サイズ約 $1\,\mathrm{mm}$, 周波数が主走査 $30\,\mathrm{kHz}$ 以上,副走査 $60\,\mathrm{Hz}$ 以下と広い範囲が必要です.

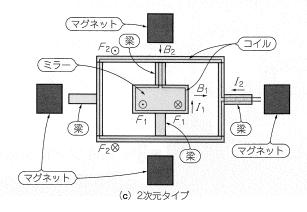
● 電磁型

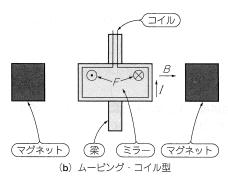
ミラーを動作させる側が磁石とコイルとでムービング・マグネット型とムービング・コイル型に分類できます.

ムービング・マグネット型は、図A(a)のようにシンプルな構造で安価に構成できます。ただ磁石が可動側に付くためその重量で高い共振周波数を得るのには

レーザ走査による外形測定器の試作







図A 電磁型光 MEMS スキャナのしくみ

向いていません.

ムービング・コイル型は、図 A(b)のようにコイルが可動側なので軽量化が図れますし、半導体プロセスで細かいコイルを形成できます。

回転の中心となる梁はシリコンで製造した場合,疲労が無いので機械スキャナでも寿命が非常に長くなっています。またポリゴン・スキャナのように高速回転での騒音が無く,省電力で電池のアプリケーションも可能になりました。1方向だけの1次元タイプと図A(c)のような一つのパッケージの中に主走査と副走査を組み込んだ2次元タイプがあります。

● 静電型

静電吸着力を使用するのが静電型です.吸着力は面積に比例するため、通常は櫛歯型の電極を組み合わせた構造となっています.この微細な構造もMEMS技術で作られています.

静電力は電圧に比例するので,近年は低くなったとはいえ数十Vの電圧が必要です.ただ,負荷インピ

ーダンスは高いので電力としては小さくなっています。 電磁型と比較すると、磁気回路が無いぶん小型にでき、2次元タイプでは軽量小型化が可能です。

● ピエゾ型

圧電素子に電圧を加えると素子が伸びたり縮んだりします.この特性を利用しているのがピエブ型です. 構造がシンプルで量産性に優れているので期待されていますが,ヒステリシスやドリフトが発生するのでコントロールが難しいです.

こちらも静電型と同じように高い電圧が必要ですが 電力も低くなっています.

複数の素子を機能的に組み合わせるなど色々な構造が提案されています.

要求される光学的/電気的な精度

ジッタと呼ばれる走査方向での速度変動は、画像に した場合、横方向のひずみになります.変動は0.1% 以下であることが要求されます.

ウォブルと呼ばれる副走査方向での変動(ポリゴン・スキャナでの面倒れと同じ)は、画像では縦方向のひずみや濃度ムラになるので、角度で数十秒以下が要求されます。

共振特性は電気のLC共振回路と同じように共振周波数とQを管理する必要があります.

これらを測定するのは汎用測定器では難しく,ALT-9A44(エーエルティー) $^{(1)}$ (2)など専用の測定器が市販されています.

エレ基礎シリーズ

位相/複素数/フーリエ変換・・・10のツールで信号の性質と動きを捉える

合点!電子回路超入門

ロ井 聡 者 B5 変型判 228 ページ 定価 2,520 円(税込)

CQ出版社 〒170-8461 東京都豊島区巣鴨1-14-2

販売部 TEL.03-5395-2141

振替 00100-7-10665

産業界で使用されているビームプロファイラ

=ダイナミック計測へのアプローチ=

エーエルティー(株) 髙野 裕

1. はじめに

産業界ではビームプロファイラはレーザプリンタ、バーコードリーダー、レーザディスプレーなどに使用されているが、近年になって調整、検査タクトの短縮から、ビーム走査中のビームプロファイル計測(ダイナミック計測)が求められている。

また、従来無かった光MEMSスキャナーについてはその特性上、ダイナミック計測が必要になってきている。 ビームの測定方法についてはISO11146に可変アパーチャ 法、ナイフエッジ法、可動スリット法が紹介されている が、最近安価なシステムとしてCCDやCMOSのカメラベースなどのシステムが実用化されている。

ただデータの再現性を追及していくとカメラベースについては検出面と保護層、カバーガラスなどの干渉の問題から[®] 高価なFOP素子を使用しなくてはならない場合もあり用途に応じて選択する必要がある。

2. 生産ラインでのビームプロファイラ

レーザプリンタにおいてビームプロファイラは生産ラインで使用されている以外に部品検査としても使用されている。

特にプラスチックの $f\theta$ レンズは形状も大きいこともあり、傷、気泡、異物の他に成形条件によって脈理を生じて印字品質に悪影響を及ぼす。

外観検査だけで品質を維持できないものについては実際の走査系と同様の設備でビーム径を測定することによりレンズ特性を検証する。

この作業は走査方向と深度方向にかなりの測定ポイントが必要となるため計測の高速化が求められている。

0917-026X/09/¥500/論文/JCLS

生産ラインでのビームプロファイラは一つにはコリメータ調整工程であり、半導体レーザにコリメータレンズを取り付けて焦点及び芯出し調整を行う。

通常は調整後、紫外線硬化接着剤で固定されるので、 タクトの短縮から応答の速いビームプロファイラが求め られる。

もう一つビームプロファイラが使用される工程は、LSU(レーザスキャンユニット)の最終検査工程である。こちらはポリゴンスキャナーを回転させて、走査のジッタ、副走査の変動やトリガ信号を検査する動的な検査と、ポリゴンスキャナーを停止させてビームプロファイラによって各走査位置でのビーム径とディストーションを検査する静的な検査が行われている。

この検査工程ではポリゴンミラーをプランジャーなど によって外部から所定角度に回転し、相当する走査位置 にビームプロファイラのヘッドをステージで移動して測 定する方法で行われている。

こちらも測定ポイントが増えれば検査時間がかかるのと、数万回転に達している精密な空気動圧軸受やオイル動圧軸受のポリゴンスキャナーを停止状態で強制的に回転させることによる信頼性の問題からもダイナミックな測定が求められている。

3. 光MEMSスキャナーでの ビームプロファイラ

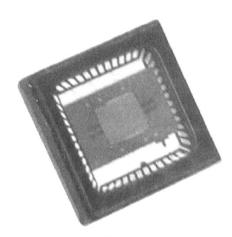
レーザプリンタ、レーザディスプレーで光MEMSスキャナーが使用され始めているが、従来のポリゴンスキャナーやガルバノスキャナーではミラー自身の剛性は高く、よほどの高回転で無い限りは停止している状態と動作している状態でのミラーの平面度は大きく変わらなかった。

MEMS (Micro Electro Mechanical System) のスキャ

ナーは半導体プロセスで製造され、通常は共振型によって 超小型、省電力で機械スキャナーとしては長寿命という特 性を持っている(写真1)。

ただ非常に薄いミラーをディスプレー用では数10 kHz という高速で振動させるため平面度の維持が問題となるがこれの検証の手段が確立されていない。

一つの方法としてダイナミックな状態でのビームプロファイルを計測することにより平面度を推測することが 行われている。



メズ

は、 る。

ポ よっ

査す

など

位置

て測

るの

イル

回転

な測

Sスキ

、キャ

高く、

が作し

った。

スキャ

写真 1 OPUS社のMEMSスキャナー

4. ダイナミック測定の問題点

ダイナミック測定に影響を与える要素としてはスキャンの変動とレーザの点灯方法である。スキャンの変動については主にスキャナーのジッタによる主走査方向の変動、スキャナーの面倒れなどに起因する副走査方向の変動とポリゴンスキャナーの面毎の反射率によるパワー変動である。

LSUとしての評価では近年印字速度が上がっているため走査速度は数1,000 m/sに達し、ビデオクロック周波数も100 MHzを超えるものが出てきている。

ただビームパワーは1 mW以下となるものが多く、カメラタイプではCCDが高感度ではあるが1ドットで画像を得ることは難く、通常では複数スキャンから感度を稼ぐが、その際に前述の変動によってスポットが滲むことで正確なビーム径を得ることができなくなっている。

またビデオクロック周波数が高くなることによってレーザON/OFF時の光出力立上り、立下り特性も影響して、こちらのばらつきも主走査方向ビーム径の変動となる。カメラタイプで測定精度を上げるためには画像処理やデータ補正に工夫が必要である②。

5. ダイナビーム*による計測

当社ではスリット方式でのビームプロファイラを開発、販売(写真2)しているが、この測定原理は図1のように走査ビームを複数の方向からスリットで切り出し合成するものである。レーザは連続点灯でビーム検出センサの直近に走査速度を測るセンサが配置されており、測定毎に走査速度を計っている。

主な仕様は表1の通りである。



写真2 ダイナビーム

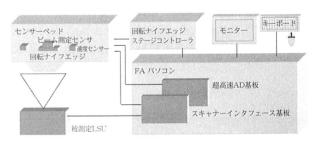


図 1 測定原理

表1 主な仕様

測定範囲	40~200 μm
測定分解能	0.5 μm
ビーム速度	1,000 m/s以下
走查周波数	2∼10 kHz
受光パワー	0.2~0.3 mW
測定波長	600~800 nm
計測時間	約25 s

* "ダイナビーム" はエーエルティー株式会社の登録商標です。

このシステムの問題点としては高速のA/Dが必要なこ とで現状最大5 GS/sのサンプルレートとなっている。また 測定値は平均値でリアルタイムの測定は難しい。

6. おわりに:今後の展開

産業界で使用されるビームプロファイラは前述のよう な制限から用途によって価格、スペックから選択されて いくものと思われる。

当社ではその中の新しい選択肢としてラインPINフォト ダイオードとラインCCDを組み合わせたハイブリッド構 成のスーパーダイナビームを開発中である(写真3)。

センサは20 mmピッチで最大16個の300 mm幅を2 kHz で連続データの取り込みが可能である。

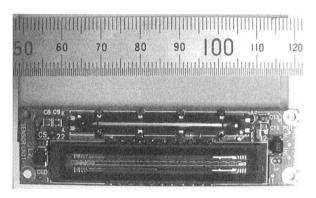


写真3 スーパーダイナビーム

専用のUSB2.0による高速データ転送でLSU検査におい ては10秒以下の $タクト時間を実現し、<math>f\theta$ レンズ検査にお いてもその高速性を発揮できるものと期待している。

〈参考文献〉

- (1) 中野哲寿: "高性能デジタルカメラ対応型ビームプロファイラ"、光 アライアンス、2008年1月号
- (2) 吉川浩史・他: "動的ビームプロファイル測定技術"、リコーテクニ カルリポート、No.27

【筆者紹介】

髙野 裕

エーエルティー株 代表取締役

〒176-0014 東京都練馬区豊玉南1-21-10 TEL: 03-5946-7336 FAX: 03-5946-7316

ネット書店 17技術誌 最新目次 バックナンバー 立ち読み 日本工業出版WEB http://www.nikko-pb.co.jp/ 日工塾

ベンダーズリスト

ご意見・ご要望・お問い合わせは

ニュース

WEB講座

セミナー

info@nikko-pb.co.jp netsale@nikko-pb.co.jp

日本工業出版

検索

ご購入・ご注文は