

# 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

=ダイナミックビーム計測へのアプローチ=

エーエルティー(株) 高野 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ープリント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ル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<sup>(1)</sup>。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

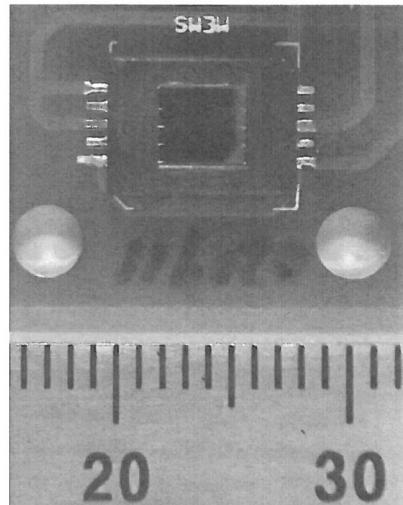


写真1 MEMS

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 $\phi 1\text{ mm}$ 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

一ピ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心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

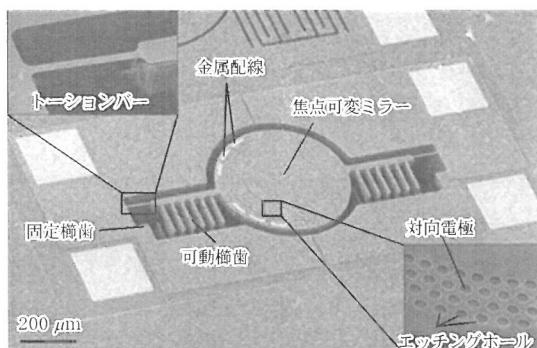
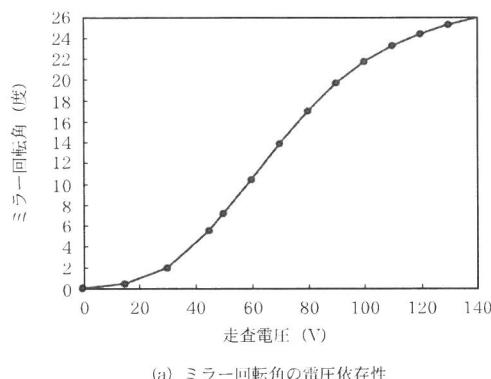


写真2 ミラー製作



(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 $-4 \text{ m}^{-1}$ から $20 \text{ m}^{-1}$ まで変化できたと報告されている<sup>(2)</sup>。

### 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

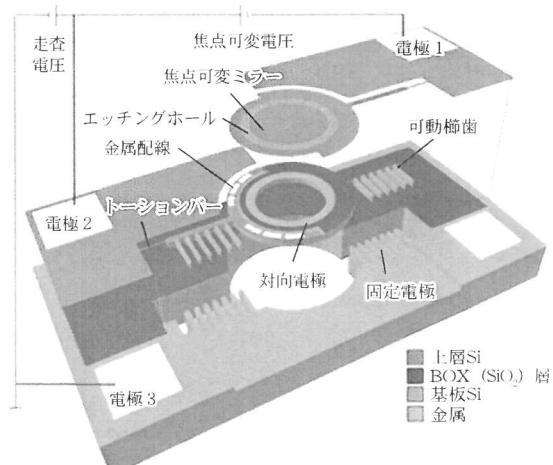
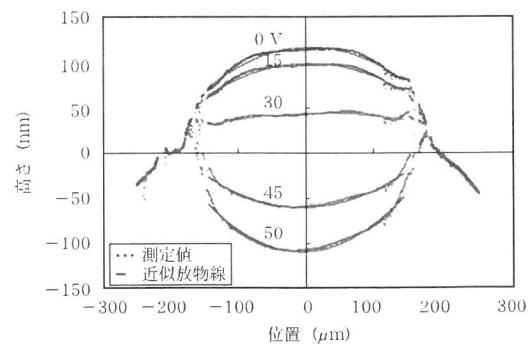


図1 ミラー構造



(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は光干涉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ヘッドは図3である。

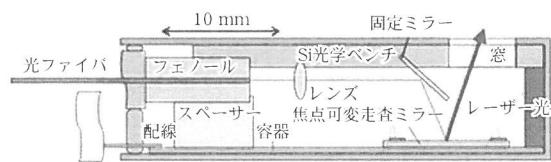


図3 内視鏡の構造

レーザープリンタではLSUの小型化、低価格化、共通化からfθ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fθ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fθ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ナ方式は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、レーザースキャナ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法

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

リコー

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い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  
日立ビームテクニクス

## 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 $\phi$ 1 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 $\Phi$ 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。

### 〈参考文献〉

- (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】

高野 裕  
エーエルティー株 代表取締役