

# 光MEMSスキャナの計測

＝量産化に向けて生産工程でのアプローチを解説＝

エーエルティー(株) 高野 裕

## 1. はじめに

光MEMSスキャナはMEMS (Micro Electro Mechanical System) 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為、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があるが、こちらについては光MEMSスキャナによるスキャン方式の他にDMDやLCOSを使用したプロジェクション方式もある。後者については画像面を投射するのでフォーカス調整が必要であるし、画像に関わらず光源は点灯しているので省電力化が図りづらい。

また光源としてはLEDとレーザがあるがLEDは発光面積が大きく、放射角が大きいので効率が悪くなり、発光波長からの色再現性も劣る。従って、小型化、省電力、色再現性ではレーザのスキャン方式が優れているが、画像品質としてはスペckルノイズを低減するなどの工夫も必要となってくる。

本稿ではこれらに使用される光MEMSスキャナの量産に向けた計測方法について述べる。

## 2. 光MEMSスキャナの種類と特性

光MEMSスキャナは現在色々な方式が提案されているので、その構造と特性について述べる。

### 2-1 電磁タイプムービングコイル形

多くのメーカーが採用している一般的な方法で、磁石で構成される静磁界の中に可動コイルを配置した構造になっている。

半導体プロセスで製造されたミラーにはコイルが形成され、細い梁で磁界の中に配置される。代表的な特性としては周波数500～8 kHz、振り角10度～70度(光学角)が得られ設計自由度が高い。主に共振構造で振幅をとる方法で入力正弦波又は矩形波であるが、直流入力のDCタイプも振幅は小さいものの光スイッチなどに応用されている。一次元タイプのほかに二次元タイプも可能で、二次元タイプについてはメーカーにより磁気回路の構成が異なる。

### 2-2 電磁タイプムービングマグネット形

ムービングコイルとは逆にマグネットを動かすタイプで、構造が単純であり従来から用いられたレゾナントスキャナにも同様の方式を採用しているメーカーがある。マグネットを動作させるのでそのイナーシャから高速動作は難しいが、シンプルな構造から量産時のコストが下げられるメリットがある。

### 2-3 静電形

静電吸引、反発力を利用したMEMSスキャナで通常は面積を稼ぐ為に楕円形電極構造を用いておりMEMS本来の微細構造技術が発揮される。高い電圧が必要であるがインピーダンスが大きいので電力としては小さく、最近では50 V以下でのドライブも可能である。微細構造であるためオープンタイプでは埃などの影響を受ける為、気密パッケージされる場合が多い。

### 2-4 ピエゾ形

圧電材料に電圧を印加した場合の変形を利用するMEMSスキャナで色々なタイプが提案されている。一

つの素子を使用するだけでなく複数の素子を使用し異なる印加電圧を加えて、高速、大振幅を得る工夫をされているものも開発されている。量産で低コストが見込まれるが静電タイプと同様に高い電圧が必要である。電磁タイプについては磁気回路が必要なことと、静電型でも対向電極が必要でウエファーレベルでの検査において piezo 方式は素子で完結しているの、検査がしやすいメリットがある。

また駆動方式によらないが、プロジェクター用途では副走査（低速側）の共振は使いにくいので非共振とするものが開発されている。ただこれらも共振周波数は存在するので製品設計には注意が必要である。

### 3. 光MEMSスキャナの計測

光MEMSスキャナによるレーザスキャンはテレビジョンのようなラスタースキャンの他に、両方の共振を使用したりサーージュのようなスキャンがある。いずれの方式にしてもスキャン出力が歪み無く、均一にスキャンでき何時も同じ場所にスキャンすることが必要であるのでこれに対する評価が必要になる。

#### 3-1 ジッタ

主走査方向（高速側）については走査毎に走査速度が異なると出力の歪となる。このパラメータがジッタで通常走査幅での時間の変動をパーセントで表す。測定方法としては走査内に2つのレーザ検出センサを設けてその時間を連続計測する。高速の検出センサと100 ps以下の分解能を持つ時間計測システムが必要である。

#### 3-2 ウォブル

副走査方向（低速側）について走査ごとに走査位置が異なると出力の歪となる。このパラメータがウォブルで通常一定回数の走査内での副走査方向の変動の最大値とそれの中の最大偏差をP-P及び隣接として評価する。光MEMSスキャナの場合には走査位置によって変動することがあるので、走査域内で複数の位置で確認する必要がある。

#### 3-3 最大振り角

スキャナとして最大の走査角度は重要なパラメータである。ただ共振形では最大振り角は走査の折り返し点でもあり、走査速度はゼロとなる。副共振が加わると最大振り角も変動することがあるので正確に最大振り角を位置として測定するのは難しい場合がある。

共振での位置は通常正弦波形となっているので角度の分かっている2点間の時間を計測することにより、最大振り角を時間換算で算出する方法もとられている。

#### 3-4 共振周波数

最大振り角は共振点で得られるのと、通常同一ロット内であっても共振周波数がばらつくため、個別に共振周波数の測定が必要である。

測定開始周波数とステップ周波数、ステップ時間と周波数の変化方向のパラメータで測定する。いかに短い時間内で共振周波数を測定するにはデバイスの特性を把握しておく必要があり、デバイスによっては非線形の共振を使用しているものもあるので注意が必要である。

## 4. ウェーハレベルでの計測

光MEMSスキャナは通常半導体プロセスで製作されるため、製品規格に適合しないものはできるだけ源流で検査する必要がある。その要求からウェーハレベルでの検査が必要になってくるが集積度が高いのでセンサ類の配置に制限があり難しい検査となっている。

光MEMSスキャナの検査には色々な方法があるが実画像から評価する方法が提案されている。図1はフラウンフォーファー（ENAS）のHendrik Spectなどによって提案されている方法で（a）原画像データと投影画像データを比較して色々な投射パターンから各パラメータを検査しようというものである。これをウェーハ検査に適用するものが図2である。

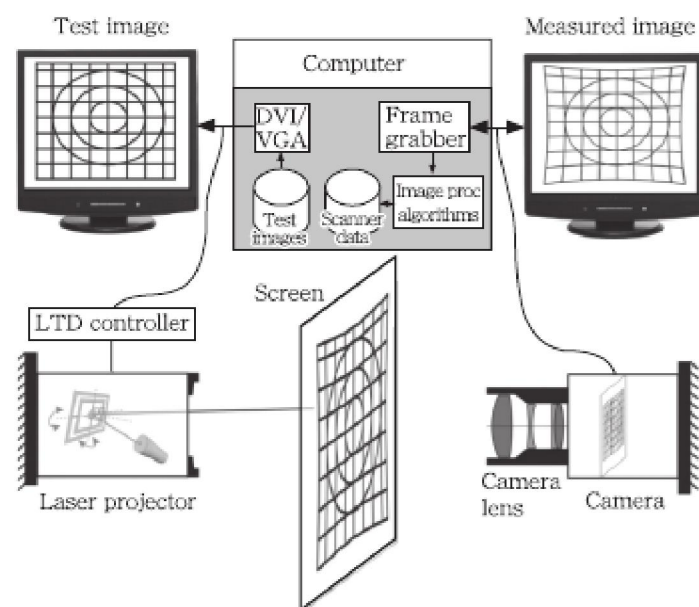


図 1

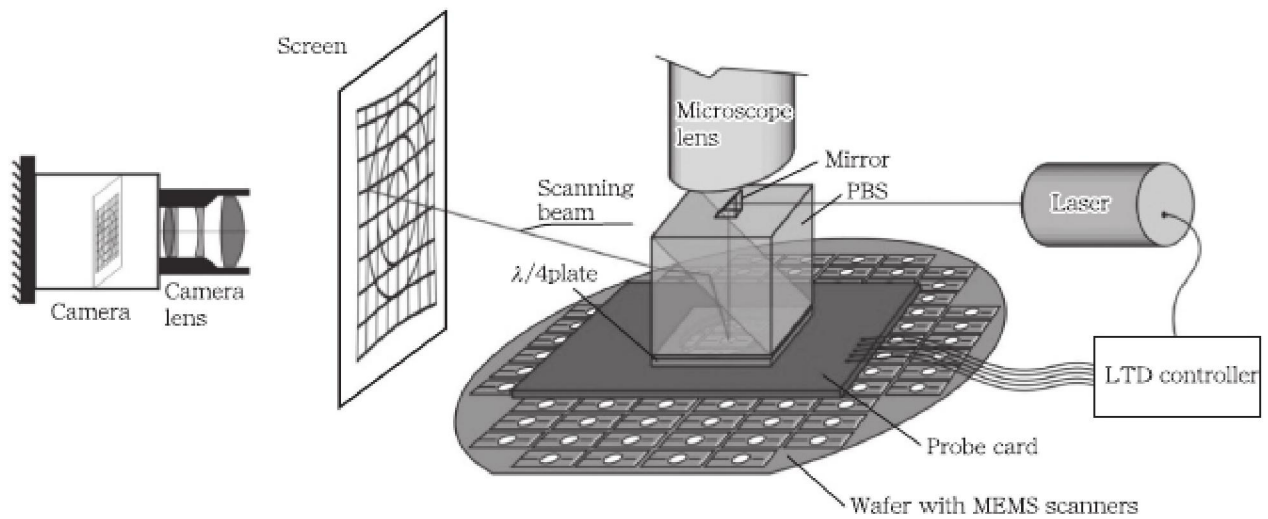


図 2

## 5. デバイス単体での計測

デバイス単体では光MEMSスキャナ用の検査システムを使用することができる。

エーエルティー株式会社のモデルALT-9A44 (b) (写真1) は各パラメータを測定するとともに、オプションとして共振パラメータである圧力、温度を変えられるチャンバーや耐久試験にも対応している。タクトタイム10秒以下も可能で、インラインでの検査も可能である。主な仕様は以下である。

### ●基本計測方式

ウォブル：3角スリット時間変化検出方式

ジッタ：2点間タイムインターバル検出方式

### ●測定対象

対象品種：1軸MEMS (2軸MEMSオプション対応)

光学振り角：±15°以上 (オプションで微小角対応可)



写真 1

ミラーサイズ：1.2×1.2 mm以上

駆動周波数：60～30 kHz (オプションで30 kHz以上対応可)

測定用光源：670 nm、2 mW

### ●測定項目

ジッタ：測定分解能 0.1 ns

ウォブル：測定分解能 1 μm

最大振り角：測定分解能 0.1 ns

共振周波数：測定分解能 0.1 ns

測定温度：測定分解能 0.1 °C

## 6. アプリケーションでの計測

デバイス単体で良品でもアプリケーションに組み込むことによって特性が変化することがある。

例えばオープン型の光MEMSスキャナでは空気が負荷となっている為、スキャナを狭い空間に設置すると空気の負荷量が増加して共振特性が変化してしまう。

従って製品検査には光MEMSスキャナの特性を考慮した計測が必要となってくる。

応用製品としてはピコプロジェクター、ヘッドアップディスプレイ、バーチャルキーボードなどの投射ディスプレイが期待されている。

近年これらはスマートレーザディスプレイと呼ばれることもあり、小形省電力から携帯電話、ポケットパソコン、ノートパソコン、デジタルカメラ、デジタルビデオ、携帯メディアプレーヤ、ゲーム機などへの搭載も検討され、2023年には23兆円の新たなマーケットが予想されている。

これらについては投射パターンや投射ビーム特性を計

測することで画像の劣化要因を計測することができる。

ヘッドマウントディスプレイやRIDと呼ばれる網膜走査ディスプレイや眼科検査システムは直接網膜に画像を形成するので計測方法に注意が必要である。

また距離、エリアセンサでの応用も研究されているがこちらは赤外レーザーでレーザーもパルス駆動や高周波変調されることが多いので計測方法に工夫が必要である。

さらに受光回路への迷光など他のシステムに無い考慮が必要である。

---

## 7. おわりに

---

光MEMSスキャナは日本の将来技術のなかでも重要な技術と考えられる。

従来から築かれてきた微細加工技術とともにその応用技術はこれから世界の中で日本の担う役割にも関連し、益々の発展を期待したい。

当社でも“明日を拓く、光MEMSスキャナ”の専用サイトを立ち上げ（d）情報の提供を行っており、デバイスメーカー、アプリケーションメーカー、ユーザー間の橋渡しができればと考えている。

### <参考文献>

- (1) Image based test methodology for laser display scanners The Smart Systems Integration conference in 2010
- (2) 光MEMSスキャナ評価、検査システムALT-9A44紹介ウェブサイト、<http://www.alt.co.jp/pdf/alt9a44.pdf>
- (3) スマートレーザーディスプレイ動向調査報告書2011年版、レーザー学会、レーザーディスプレイ技術専門委員会（オプトロニクス社）
- (4) 明日を拓く光MEMSスキャナ、ウェブサイト：  
<http://www.alt.jp/>

---

### 【筆者紹介】

#### 高野 裕

イーエルティール 代表取締役

〒176-0014 東京都練馬区豊玉南1-21-10

TEL：03-5946-7336 FAX：03-5946-7361