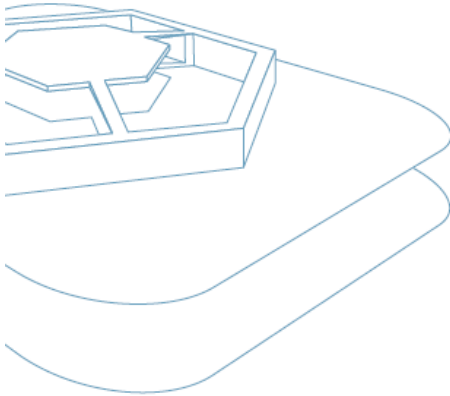


Dynamic characterization of MEMS and MOEMS



デジタルホログラフィック顕微鏡 (DHMTM) は以下の特徴をもつ、MEMS あるいは MOEMS の評価に理想的なツールです。

- 3D トポグラフィー: 焦点面内と外
- サンプルの動作解析
- 早い画像取得
- ストロボスコピック画像取得モード

ここでは、2 軸マイクロ ミラーの共振周波数を検証して、その動的な応答の線形、非線形、共振の定義を可能にします。

MEMS と MOEMS 開発は、干渉計の解像度を持つ静的と動的な特徴付けの両方を必要とします。カンチレバー、湾曲ジョイント、マイクロブリッジまたはメンブレンのような構造の共振周波数解析から、例えば、幾何学的な因子効果、ヤング率、平均残留応力、空気除振効果、またはマイクロ構造物の劣化の研究に有効です。MEMS と MOEMS を開発するとき、効率的に、実際のマイクロデバイス動作と数値シミュレーションを比較することと、幾何学的な特性を変更することで、生産工程を適合させるために一定の必要性があります。

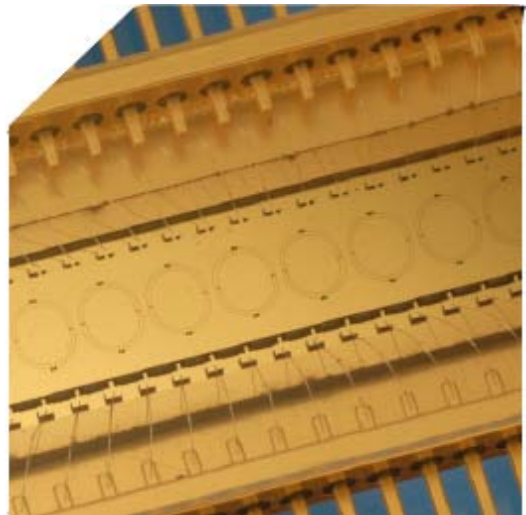
マイクロ構造物の動作の光学測定は、マイクロ構造物の機械的な特性を特徴付ける方法で、一般的に行われています。ほとんどの方法は、焦点面外の振動のポイント測定だけを提供します、そして、時間のかかるサンプルの機械的な移動か、またはビームのスキャンが、マイクロデバイスの数箇所まで振動の振幅を得るために必要です。それらの測定は、干渉写真の位相シフト干渉法 (PSI) か、または ファーストフォーリエ変換 (FFT) 解析を使い、ストロボスコピックシステムのような非常に望ましい十分に記録された測定技術で、振

動に非常に影響されます。それにもかかわらず、それらの速度は、限られ、相対的に長時間で取られたいくつかの干渉写真からの情報を結びつける時に、振動に過敏になります。

デジタルホログラフィック顕微鏡 (DHMTM R 1000) は、ナノメートルスケールの垂直解像度で、単一の画像取得から完全な三次元情報を引き出すことを可能にします。いくつかの重要な特徴は、MEMS と MOEMS 分野の特徴付けするためのユニークなツールを DHMTM システムから作り出します:

- 短い取得時間 (数マイクロ秒) は、外部の振動に影響されません。
- デジタル処理は、2 つの連続する測定間のあらゆる上下運動または、周囲の振動に関係したサンプルの傾斜を補正することを可能にします。DHMTM は、研究開発と製造ラインで、費用効率のよい解決策として防振台なしに操作できます。

- リアルタイム測定(15 フレームまで)は、標準カメラの使用で行えます。より早いフレームレートは、高速度カメラの使用で達成できます、そして、後で再構築を行えます。
- 最大周波数 25 MHz まで、マイクロデバイスの全体の動作周期にしたがって、光学的なトポグラフィーを取得するためにマイクロデバイス駆動信号とカメラ画像取得を同期させることによって、ストロボスコーピックモードを実行できます。



光学ビームステアリング用ミラーアレイパッケージ
Colibrys 提供



DHM™ R 1000 で得られたシーケンス画像

2 軸マイクロミラー動作の半周期。フレームは、垂直軸にそって動作します。

ミラーは、水平軸によって、フレームに連動されます。両軸に 60 Hz の駆動周波数で、駆動電圧は、30 V です。

Micro-system description and movement characterization of micro-mirrors

ここで特徴付けられた MOEMS は、2 軸のマイクロミラーです。光学スイッチや、2D スキャンやプロジェクターなどの様々なアプリケーションに使われています。各マイクロミラーは、4 つの吊るした制御電極上に湾曲に保持された $1.5 \times 2.0 \text{ mm}^2$ (図 1a) のシリコンプレートから成ります。この研究の目的のために、湾曲の幾何学的なパラメータを変えました。反射面と接合するパッドを作成するために薄い金の層をシリコンダイで退けます。研究の目的は、両軸に沿った異なった共振周波数の結合した効果を調べることです。ミラーは、DHM™ R 1000 の能力に関して、低い操作周波数である 100 から 200 Hz の間に共振周波数を持っています。5 つの異なった領域の垂直移動の測定を実行しました。図 1a は、これらの領域の位置を示します。中心の 1 つとミラーの両回転軸の各端の 2 つです。この選択は、それぞれの軸の特性を区別することを可能にします。図 1b は、周波数 $\nu = 60 \text{ Hz}$ で、3 から 30 V の間の範囲で正弦波のように動作する電圧でのこれらの領域の相対的な移動を示します。

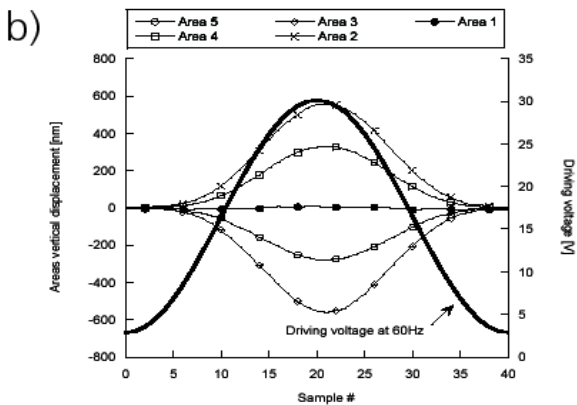
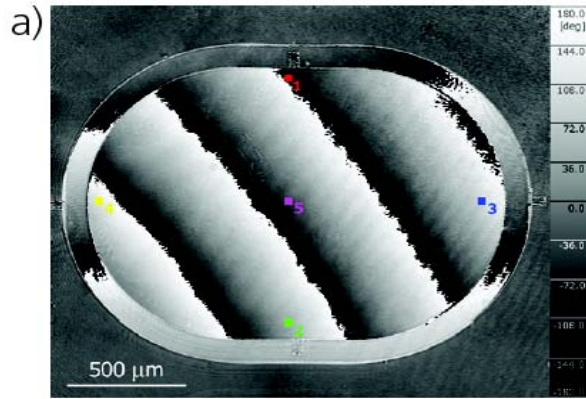


図 1: (a) 2 軸マイクロミラーの DHM 位相画像。b) 励起周波数 $\nu = 60 \text{ Hz}$ で、ピーク電圧 $V = 30 \text{ V}$ での正弦波駆動電圧(右 Y 軸)用の領域の垂直変位(左 Y 軸)

図 2 は、3 から 30 V の間の範囲で正弦波駆動電圧と 10 Hz から 240 Hz までの範囲の周波数での領域 3 の垂直方向の変位を示します。3 つの異なる特徴を見分けられます。60 Hz (図 2a) より少ない周波数では、領域の垂直方向の移動が、動作する電圧に線形です、60 Hz から 120 Hz の間の範囲の周波数では、動作する信号周波数と動的な動作による振動増加の振幅が、より複雑な特徴を明確に示します、そして最後の 120 Hz 以上の周波数では、非対称の共振モードの展開を観察します。

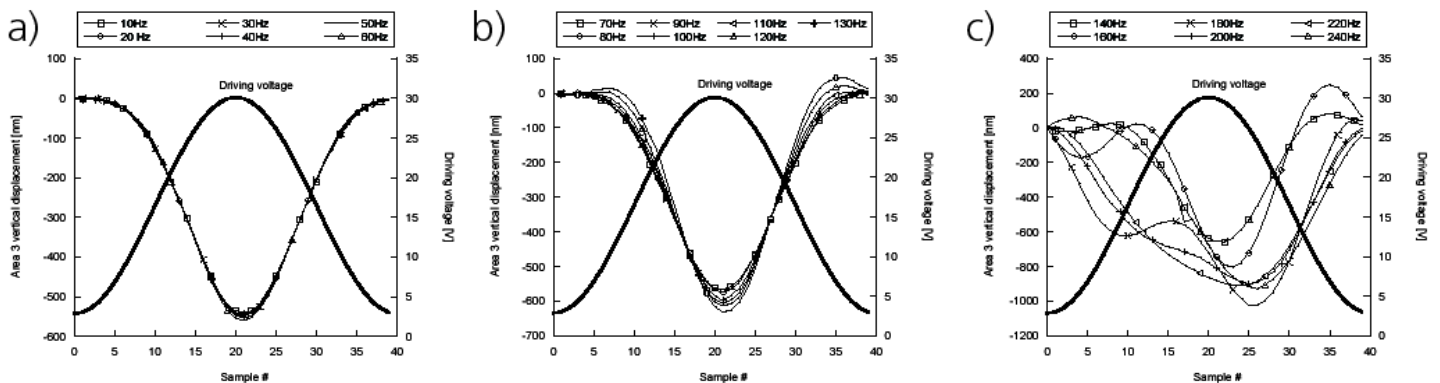


図 2: 3 から 30 V の正弦波電圧によって駆動するマイクロミラーの動的な変位。(a) 60 Hz 以下の線形動作範囲 (b) 60 Hz から 120 Hz の間の非線形動作範囲、そして、(c) 120 Hz 以上の共振範囲

DHM™ R 1000 測定は、システムの動的な変位と駆動パラメータの関係で明確に示します。追加試験を正弦波のピーク電圧 $V = 45 \text{ V}$ と 60 V で実行しました。結果は、励起周波数の関数として変位の振幅を示す 図 3 に要約されます。このような動的な応答の解析は、マイクロデバイスの操作パラメータの決定を可能にします。

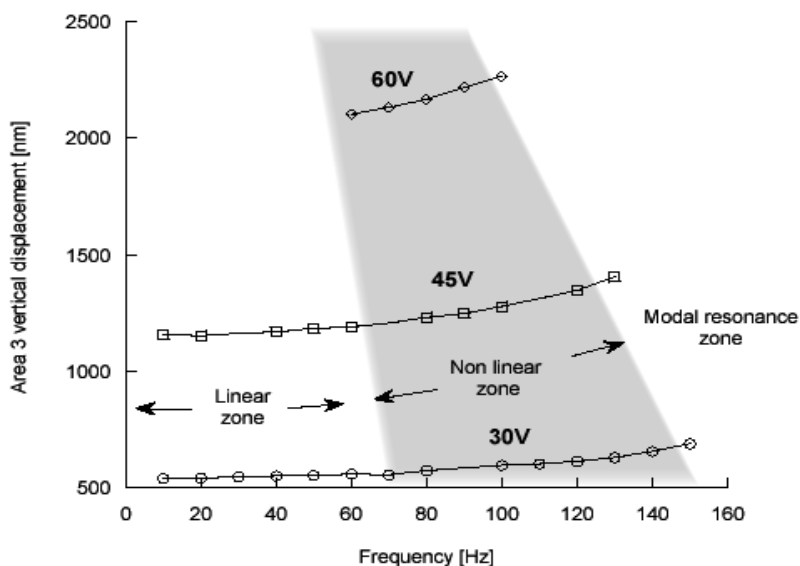


図 3: マイクロミラーの動的な応答は、マイクロ構造物の線形、非線形、そして共振範囲を区別できます。

Conclusion

DHM™ R 1000 は、高速度カメラ接続して、またはストロボスコープ取得モードでの使用は、マイクロ構造物のダイナミクスを調べるために非常に速くて効率的になります。共振モードは、解析されましたが、DHM™ R 1000 は、駆動電圧と振動周波数の両方の関数としてミラーの変形を測定することも可能にします。

References

Y. Emery et al., "Digital Holographic Microscopy (DHM) for metrology and dynamic characterization of MEMS and MOEMS", SPIE Proceeding Strasbourg 2006

<http://www.lynceetec.com/downloads/>

 **lyncee tec**^{DHM}
PSE-A
1015 Lausanne
Switzerland
info@lynceetec.com
www.lynceetec.com



株式会社 デジタルマイクロシステムズ

〒603-8167

京都市北区小山西大野町 82-2

Tel: 075-417-3311 Fax: 075-432-3116

e-mail: sales@digitalmicrosystems.co.jp

<http://www.digitalmicrosystems.co.jp>