

## Characterization of micro optics with Digital Holographic Microscopy

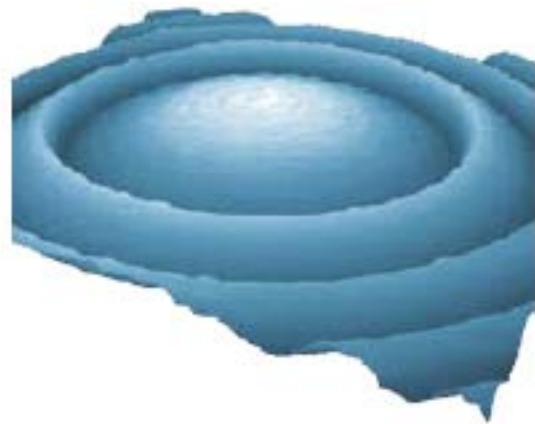
DHM™ と Koala ソフトウェアシステムは、簡単にマイクロ光学の測定を提供します。リアルタイム干渉の正確さは、以下を可能にします：

- ↪ 3D 光学トポグラフィー
- ↪ 形状と収差係数決定
- ↪ セットアップ変更なしにどんなレンズでも測定
- ↪ 粗さ測定
- ↪ 速くて完全なウエハーコントロール

この技術は、サンプル最適化のプロセス工学に完全に効率的に適合します。

制約は、マイクロ光学に課せられ、特にマイクロレンズウエハーに課された制約は、非常に多いです。ウエハーのいたるところのこれらのパラメータの均一性と同様に、形状の正確なコントロール、表面品質、およびマイクロ光学の性能を要求します。多くの異なった測定法での取り組みがあります、そして、非接触の技術は、好まれます。Twyman-Green 干渉計は、たぶん形状解析に最も正確なツールです、そして、光学の性能の直接的な解析をしばしばマツハーツエーンダー干渉計で行います。完全に自動化された測定能力のある白色光干渉計は、商業的に利用可能です。

しかしながら、屈折するマイクロレンズの頂点だけの正確な情報をもたらすこれらの機器は、しばしば全体のレンズプロファイルの解析にふさわしいわけではありません。



DHM™ R 1000 で得られたフレネルレンズの 3D 光学トポグラフィー。

高い精度を達成するために、このような干渉の技術には、実際にいくつかの欠点があります。それらは、以下を要求します

- 特に、全体のウエハーに品質管理の自動化したプロセスとして実行するのが、しばしば難しい校正と最適化操作
- オートフォーカスもしくは/または Z 軸スキャニング操作が、低い測定効率をもたらす。(1 レンズ測定あたり 2-6 秒)
- 防振台のコストを要する
- 標本位置と方向合わせの正確なコントロール
- マイクロ光学の形状 (球体、シリンダリカル、フレネルレンズ、グレーティング等) によるセットアップの変更

それらの欠点を克服するために、Lyncee Tec 社は、ユニークなツールをマイクロ光学研究に提供します: DHM™ 技術

- 校正操作不要
- デジタルフォーカシング
- リアルタイム測定
- 外部の振動に、影響されない
- 標本の移動もしくは位置合わせのデジタル補正
- マイクロ光学への依存なし

その上、Koala ソフトウェアで実行される使いやすいデジタル処理ツールは、以下のように速く、効率的で、定量的な評価をします:

- マイクロ光学形状
- 曲率半径 (ROC)
- 表面品質 (粗さ、欠陥)
- 収差係数



左:  
矩形レンズ (ピッチ: 500  $\mu\text{m}$ 、高さ: 5.5  $\mu\text{m}$ )

中央:  
球形レンズ (直径: 125  $\mu\text{m}$ 、高さ: 10  $\mu\text{m}$ )

右:  
シリンダリカルレンズ (直径: 160  $\mu\text{m}$ 、高さ: 8  $\mu\text{m}$ )

### Shape and ROC

形状と ROC (曲率半径) 測定を説明するために、マイクロレンズの 2 つの異なるタイプを調べます: 石英の屈折する透過レンズとシリコンの屈折するレンズ。図 1 は、透過で観察された直径 240  $\mu\text{m}$  の石英球面レンズの測定を示します。図 1a は、modulo- $2\pi$  位相画像を示します。そして、図 1b は、アンラップ位相画像を示します。プロファイルは、図 1c に表

示されたレンズの中心の形状を抽出しました。図 1 で得られた結果は、特定の曲率半径 (ROC) と高さのレンズ形状を直接に評価できます。例えば、ROC を DHM™ T 1000 と Twyman Green 干渉計で測定して、測定値の誤差は、1% (石英レンズの ROC : Twyman Green 干渉計で 349  $\mu\text{m}$ 、DHM™ T 1000 で 351  $\mu\text{m}$ ) よりはるかに低いです。

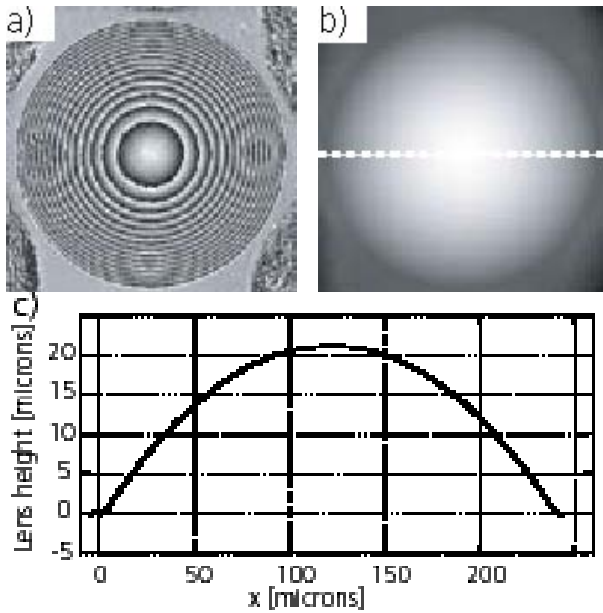


図 1: 透過型 DHM で得られた石英屈折する透過レンズ (直径 240  $\mu\text{m}$ 、最大高さ 21.15  $\mu\text{m}$ 、測定された ROC 351  $\mu\text{m}$ ) の位相画像: a) modulo- $2\pi$ 、b) アンラップそして c) (b) の点線に沿った高さプロファイル。

図 2 は、DHM<sup>TM</sup> R 1000 と機械式の触針測定との間で、シリコンの屈折するレンズにおけるプロファイル測定の比較を示します。機器は、Tencor Instrument 社の Alpha-step 200 で、12  $\mu\text{m}$  の先端直径をもち、5 nm (垂直解像度) の精度でプロファイル測定ができます。図 2a は、両方の技術間の非常に良い全体的な一致を説明します。図 2b は、2 つの測定間での不一致に焦点を合わせるために、レンズのベースでプロファイルの比較を拡大します: これは、単に Alpha-step 200 に使われた先端の幅のためです。グラフ上で、レンズが、予想されるより大きく見えます。レンズの先端を測定するときには、このアーティファクトは、図 2c に示されるように存在していません。

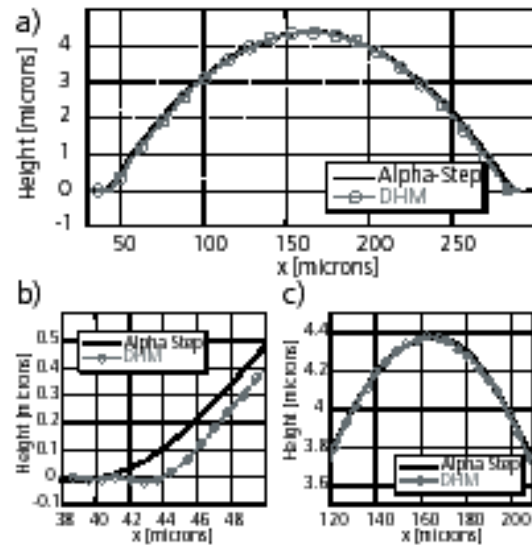


図 2: DHM<sup>TM</sup> R 1000 と Tencor Instrument 社 Alpha Step 200 で測定された同じシリコン屈折するレンズのプロファイル比較: a) プロファイル全域、b) レンズの底部での 2 つの方法間の不一致 そして c) レンズの先端での 2 つの方法間の完全一致。

### Surface Roughness

レンズ形状を数字で表す表現は、数学的モデルからの偏差を測定するためにデジタル処理します。図 3 は、シリコンの屈折するレンズで DHM<sup>TM</sup> R 1000 のこの特徴を説明します。図 3a は、測定データからレンズの数学的形状式の自動的な減算後に、得られた位相画像を示します、この場合には、放物線関数です。レンズのこの表現の最初の利点は、その小さい欠陥、傷か、または物質の不均一性が、より明らかになるということです。そのときに表面品質、粗さを評価できます。例えば、図 3b は、図 3a から抽出されたプロファイルを示します、粗さは、 $R_a = 4.2 \text{ nm}$  と  $R_t = 26.7 \text{ nm}$  です。

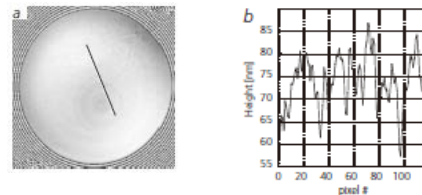


図 3: 形状係数除去後のシリコン屈折するレンズの表面の粗さ測定。a) 位相画像 そして b) a) 上の定義された白線に沿った位相プロファイル。

## Aberrations

例えば、レンズの数学的形状式として、ゼルニケ多項式モデルを使用することによって、レンズの定量的な収差係数は、同じ画像から自動的に抽出されます。図 4a は、ゼルニケ多項式モデルによる測定データの自動減算を示します、そして、図 4b は、ゼルニケ係数の値を示します。

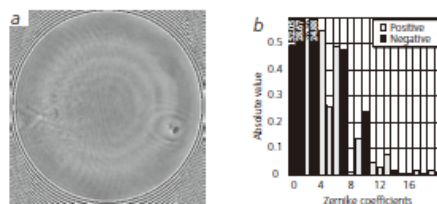


図 4: 収差の測定。a) ゼルニケ多項式モデルで位相データの減算、b) 決定されたゼルニケ係数。

## Conclusion

Koala ソフトウェアツールと関連して使用される DHM™ 1000 Family は、マイクロ光学の速く、多目的に使い、効率的な研究を可能にします。スキヤニングや校正もなく、ただ単一の撮影で、DHM™ システムは、トポグラフィー、形状係数、ROC、粗さ、および定量的な収差係数を提供します、効率的な研究開発、生産プロセス工学最適化、および製造ラインの品質管理に適用します。

## References

“Characterization of microlenses by digital holographic microscopy”, Appl. Opt. 45, 829-835 (2006)

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