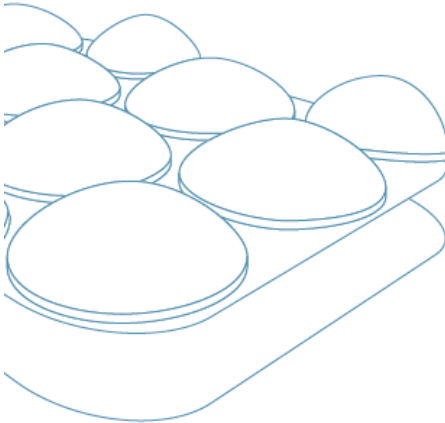


## Use of immersion liquids in Digital Holographic Microscopy



浸液と一緒に使用される DHMTM T 1000 は、以下の特徴をもち、測定と品質管理に多能な機器を提供します：

- ↪ 非接触
- ↪ 高アスペクト比サンプルのリアルタイム 3D トポグラフィ
- ↪ 屈折率測定
- ↪ 不要な片面構造の抑制

高いアスペクト比のコーナーキューブと両面に構造物をもつサンプルを透過モードで調べることで説明します。

高いアスペクト比のサンプルは、マイクロ-ナノテクノロジーで特徴付けられる一般的なサンプルです。形状、品質、粗さ等は、サンプルが、予測に一致させることを保証するためにしばしば測定しなければなりません。この種類の構造のイメージングの典型的な技術は、走査型電子顕微鏡 (SEM) か、走査型プローブ顕微鏡 (SPM) を信頼していました。これらの技術の欠点は、以下の通りです。スキミング処理のため全く遅い技術です。SEM 測定は、定量的なデータに変換するのが難しいです、そして、SPM は、サンプル表面を損傷する表面接触に基づいています。多くの場合、サンプルの屈折率は、未知なので、透過型で高さ測定をほとんどの光学的な方法では不可能です。そのうえ、2 番目の構造の境界面を光伝播の影響のため両面構造の標本では、単一の境界面から正確な情報を得ることは非常に困難です。

DHMTM 技術は、これらの困難をすべて解決します。DHMTM システムは、従来の顕微鏡のような強度画像の代わりにホログラムを取得します。次に、ホログラムを強度画像と別の位相画像を再構築するためにデジタル処理します。透過モードの位相差は、光線によって進んだ距離と、また、異なった媒質の屈折率による光路差 (OPL) の結果です。DHMTM T 1000 には、以下

の本質的な特徴があります：

- 非接触測定
- ナノメートル解像度のリアルタイム光路長測定
- 300 nm までの水平解像度

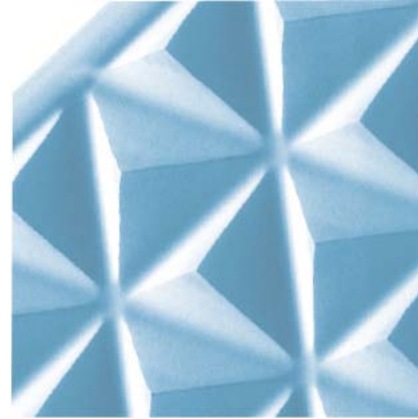
浸液と共に使用する DHMTM T 1000 は、他の重要な利点を提供します：

- 高アスペクト比標本の測定
- 片面構造を抑制
- 屈折率測定

浸液の屈折率をサンプルに合わせると、2 番目の構造だけが位相差情報を提供するために残り、液体に接触する構造境界面を抑制できます。この技術は、透過型の単一表面の測定を可能にします。

従来の DHMTM 3D 光学トポグラフィ測定に加えて、浸液は、サンプル屈折率測定を可能にします。2 つの画像取得間で、媒体の屈折率を変えることによって、サンプルの垂直軸にわたる平均屈折率を計算できます。

媒質屈折率の調整の特許を取った方法は、これまで、とても特徴化された高いアスペクト比サンプルにまで DHM™ T 1000 アプリケーション分野を広げます。



マイクロコーナーキューブの SEM 画像。アスペクト比 1 : 1.4、高さ: 50 μm



左:  
コーナーキューブ (底面: 25 μm、比: 1:1.4)

中央:  
マイクロレンズ (直径: 200 μm、高さ: 50 μm)

右:  
グレーティング (ピッチ: 46 μm、高さ: 25 μm)

### Phase contrast imaging

位相差画像  $\phi$  は、サンプル (図 1) の形状と屈折率によって、引き起こされた光路差 (OPL) を結果として起こします:

$$\begin{aligned} \phi(x, y) &= 2\pi/\lambda OPL(x, y) \\ &= 2\pi/\lambda [(n_s(x, y) - n_M)d(x, y) + n_M H] \end{aligned}$$

$\lambda$  は、  
波長

で、 $n_s$  と  $n_M$  は、サンプル / 媒質屈折率、  
 $d$  は、サンプルの高さで、 $H$  は、観測方向に沿った最大サイズです。そして、 $H$  と  $n_M$  は、画像上で定数であり、位相定数として役に立ちます。

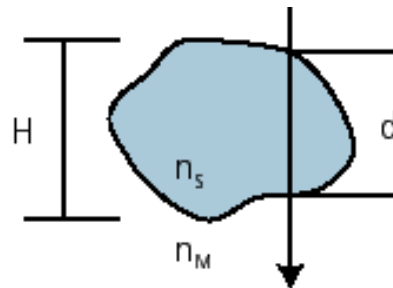


図 1: 光路長測定法の図

## High aspect ratio

高アスペクト比サンプルを測定する能力は、対象物を通して OPL によって引き起こされた干渉法でよく知られている  $2\pi$  のあいまいさ（位相ジャンプ）が、平面的に解像されるという仮定を条件とします。重要なパラメータは、顕微鏡対物レンズ（MO）の開口数（NA）によって制限された水平解像度です。位相ジャンプが、エアリーディスク半径より小さい距離で、平面的に分割された 2 点間に起こるべきではなく、さもなければ、顕微鏡対物レンズ（MO）によって解像されません。

高開口数（NA）対物レンズを使っても、多くのサンプルは、急過ぎるスロープを呈します。位相ジャンプを減少させるために、既知の屈折率をもつイメージング媒質を使用します。屈折率が、サンプルに近いものを選択することによって、位相差を減らせます。既知の媒質の屈折率は、反射と透過イメージングにおいて、空気中と同じように定量的なトポロジー情報を復元します。

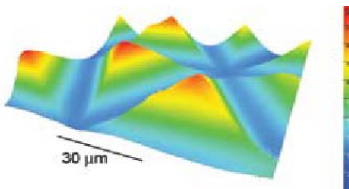
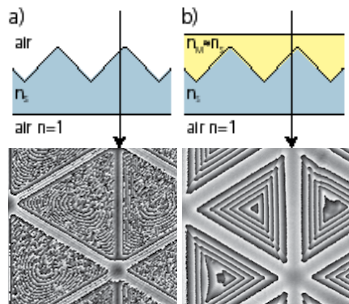


図 2: 25  $\mu\text{m}$  ベースのコーナーキューブの高アスペクト比測定: (a) 浸液不使用、(b) サンプルの屈折率に近い浸液を使用して、その結果の 3D 画像。

調べたサンプルは、25  $\mu\text{m}$  ベース寸法のマイクロコーナーキューブアレイの金属構成の透明な UV コピーです。レトロの反射鏡として使用されていて、これらの構造は、1 : 1.4 以上のアスペクト比を呈します。

図 2 は、浸液がない (a) と浸液がある (b) の測定結果を示します。媒質とサンプルの屈折率差の減少は、位相差を減少させます。その結果、見かけのスロープは、それほどシャープでなく、イメージングできません。

## Refractive index determination

透過画像における定量的な高さの測定に関しては、サンプルの屈折率が、正確に知られていなければなりません。それは、これらのコーナーキューブのケースではありませんでした。2 つの異なる浸液を使用する操作を実行しました。最初に、使用した媒質は、保証された浸液 ( $n_{M1} = 1.405$ ) で、2 番目のものは、蒸留水 ( $n_{M2} = 1.332$ ) です。2 つの得られた方程式は、サンプルの屈折率の計算を可能にします。  $n_s = 1.517$  と決定されます。

## One-side structure suppression

サンプルに媒質の屈折率 ( $n_M = n_S$ ) を調整して、液の界面で打ち消しを可能にします。それは、もう片方の表面の観測だけをします、そして、欠陥 (図 3) を検出します。また、この技術は、透過型におけるサンプルの片面上の粗さや、欠陥を抑制するために役に立ちます。

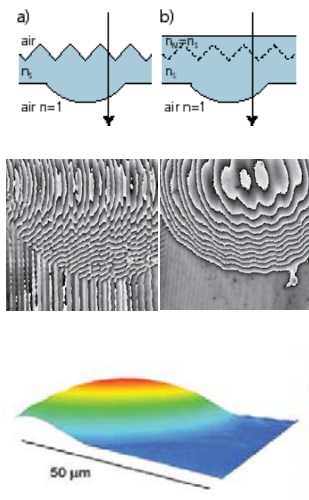


図 3: 両面に構造物のあるサンプルの境界面抑制: (a) 浸液不使用、(b) サンプルの屈折率と同じ浸液を使用して、その結果の 3D 画像。

## Conclusion

DHM™ T 1000 は、異なった浸液を用いて、高アスペクト比コーナーキューブを測定します、そして、屈折率を決定します。また その技術は、他の表面だけの特徴化するために 1 つの界面を通して光の伝播の影響を抑制できます。

## References

“Measurements of corner cubes microstructures by high magnification digital holographic microscopy”, J. Kuhn, Photonics Europe 2006, Strasbourg, France

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

 **lyncee tec**™  
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>