

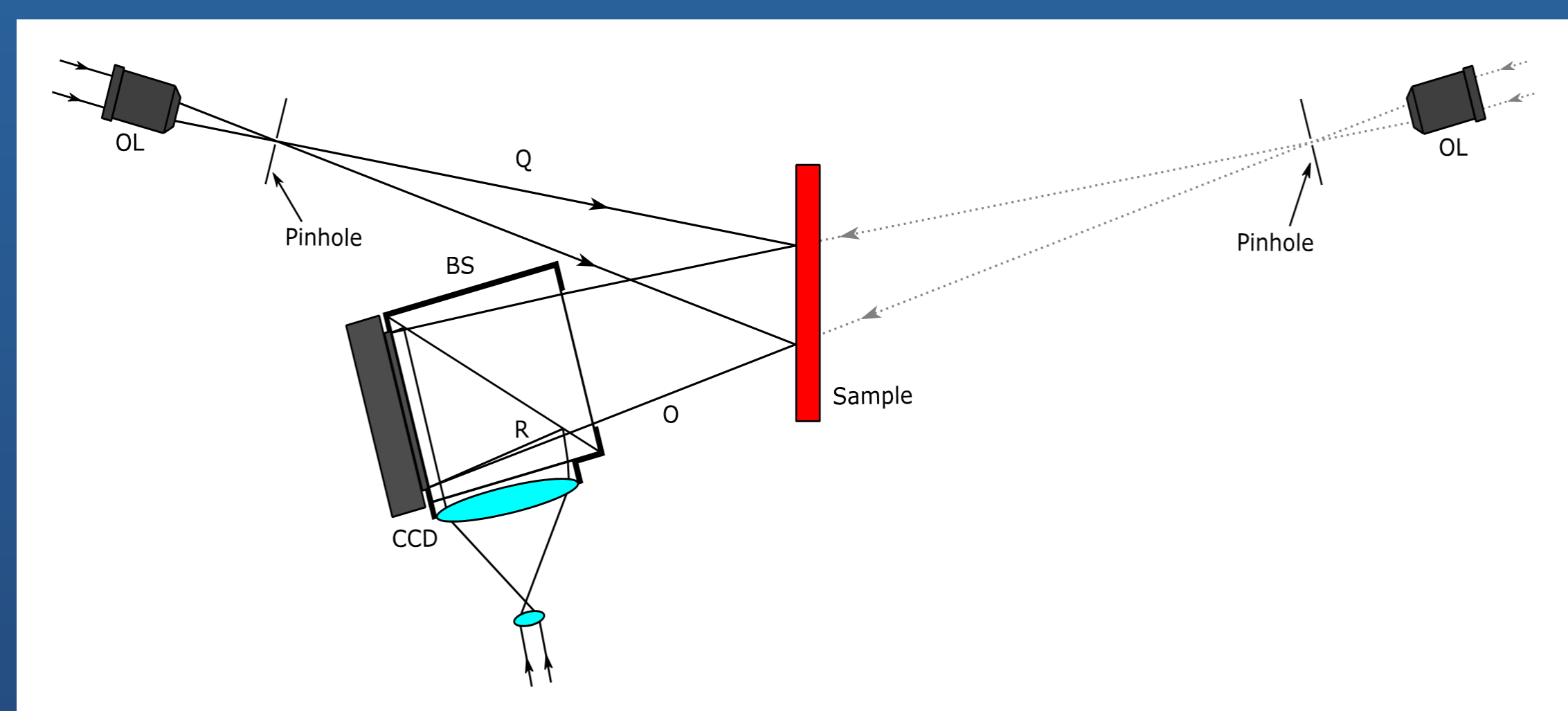
大面積ワンショット・ナノレベル平坦度形状測定機

科学技術振興機構（JST）大学発新産業創出プログラムSTARTに採択

■測定原理

1. 反射物体光のワンショット記録

球面波光を照射した被測定面からの反射物体光Oをホログラムとしてワンショット記録する。

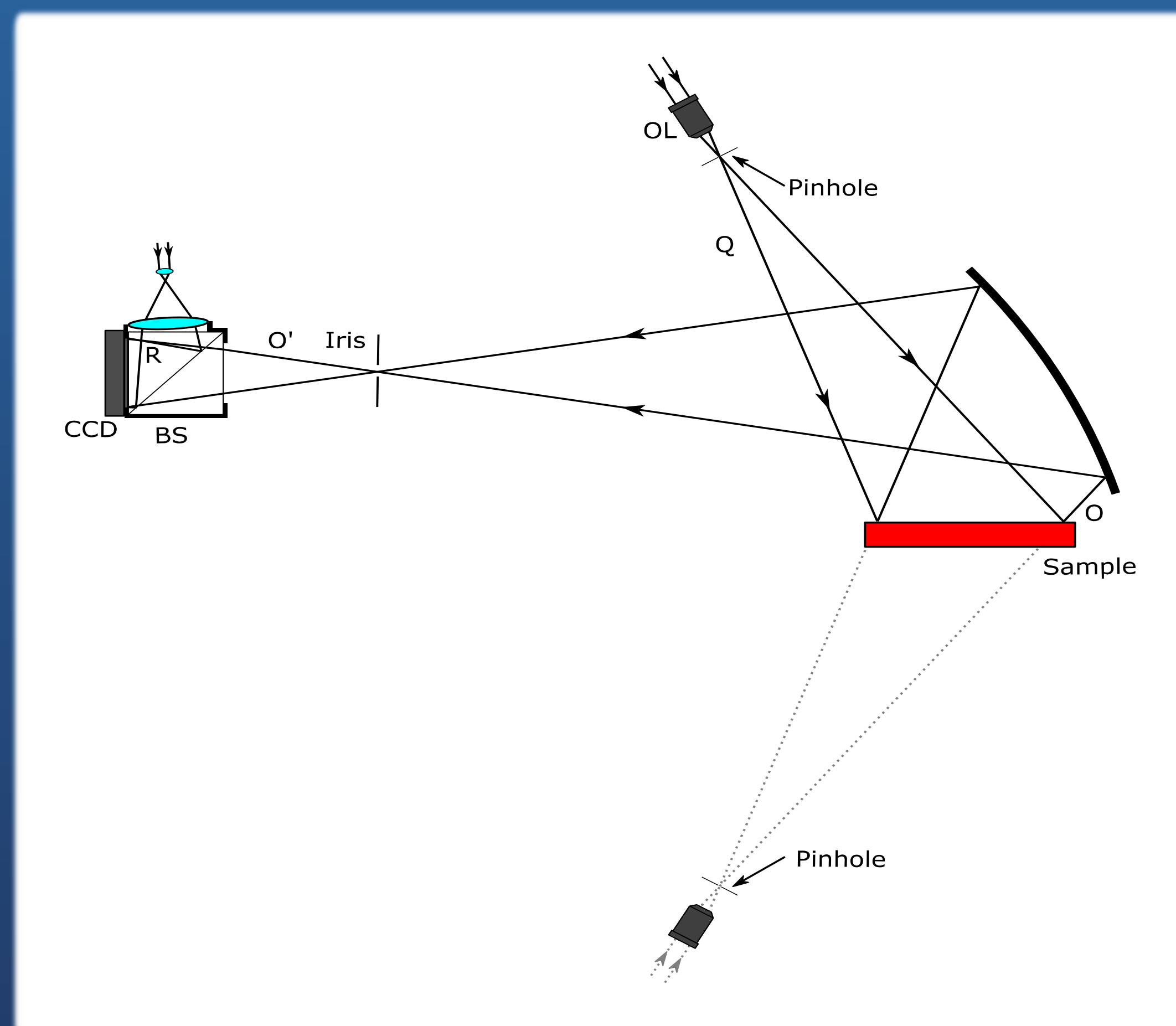


2. 球面波光を基準とした形状測定

再生物体光Oと球面波参照光Lの位相差($\theta_0 - \theta_L$)から、被測定面の高さhを求める。

3. 測定表面の大面積化

集光レンズや集光ミラーを用いて大面積反射物体光を正確に記録して再生する。



■本装置の特徴

- **ワンショット・デジタルホログラフィ(DH)**により高分解能3次元像を記録し、**数100mmΦ大面積**表面の凹凸形状や平坦度をnm精度で高速測定する。
- 球面波光を基準にして、**ナノレベル**の測定精度を実現する。

■本装置の優位性

- ワンショット記録するので、**除振台が不要**
- 球面波光を基準にするので、**参照基板が不要**
- 再生反射光を用いて表面位置を高精度に検出するので、**被写体の位置調整が不要**
- 集光レンズや集光ミラーを用いた**測定の大面積化**

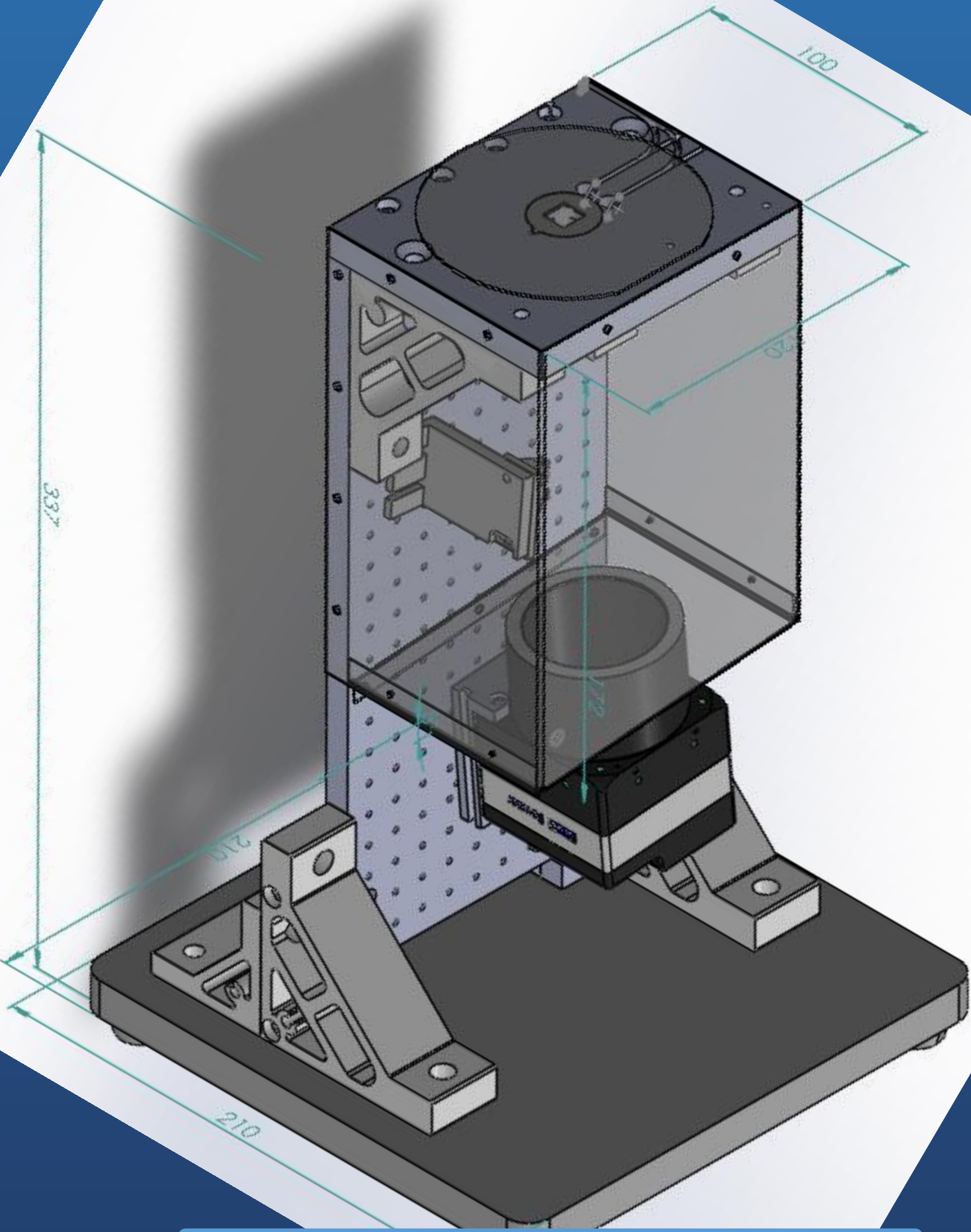
■競合技術に対する優位性

●本技術は、白色干渉計とフィゾー干渉計両方の優位性を併せ持つだけでなく、ワンショットで測定が可能のためインライン導入可能で、更に廉価である。

		本技術	干渉計		SPM/SEM
			白色干渉計	フィゾー干渉計	
測定性能	垂直分解能	○ 0.1nm	○ 0.1nm (?)	× 10nm	△~○ 0.1~1nm
	範囲	○ 数100mm□ (原理的に上限無し)	× 数mm□ (?)	○ 数100mm□ (大面積は超高額・高難度)	× ~数0.01mm□
	時間	○ 数100μ秒	× 数秒~数1,000秒	△ 数10秒	× ~数100秒
測定項目		形状/平坦度	形状	平坦度	形状
インライン導入		○	×	△ 低速製造ラインで 平坦度測定のみ	×
価格		○	×	×	×

※競合技術は振動に弱いため、除振台(100~300万円)が必要

■原理実証機（倒立型）

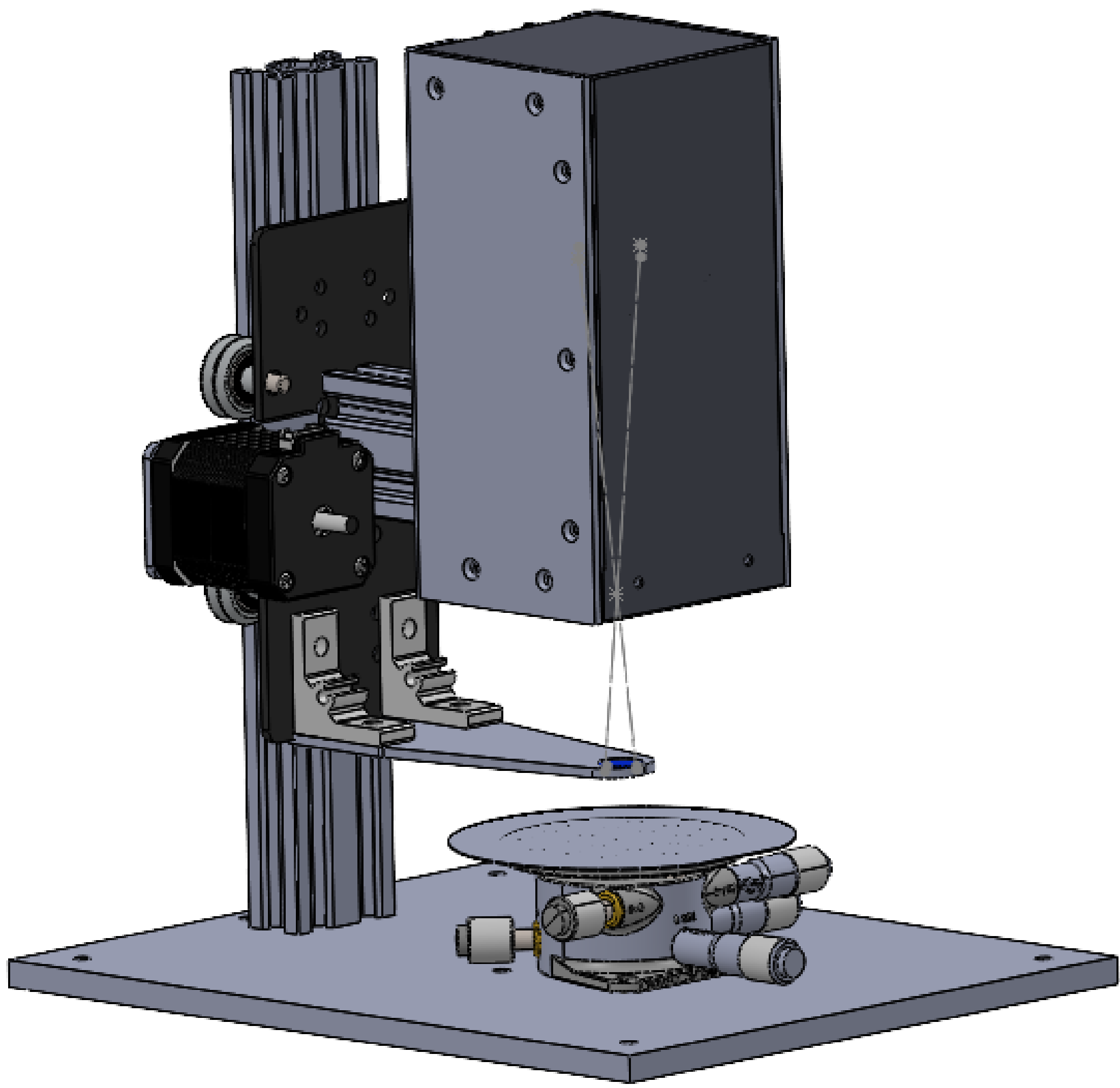


原理実証機の外観

■性能

- 測定時間 $t = \text{数 } 100 \mu s$
- 測定範囲 面積 $S=10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 角、高さ $h=\text{数nm} \sim \text{数mm}$
- 測定精度 高さ精度 1nm以下、横分解能 $\delta = 5.4 \mu m$

■高分解能機の試作（正立型）



試作機の外観

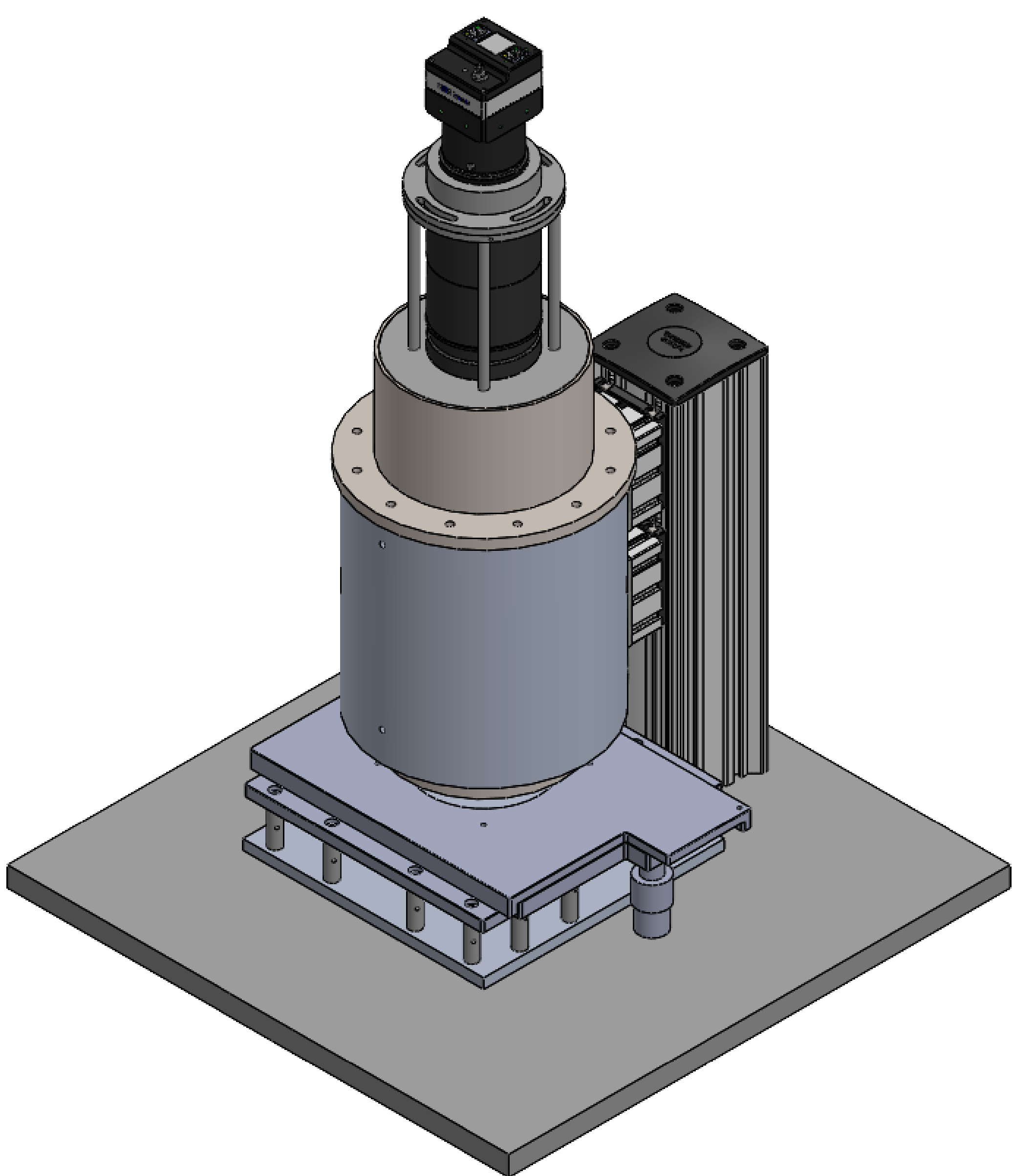
■特徴

- レンズ交換による測定範囲・横分解能の切替
- 微細形状と平坦度の同時測定

■性能

- 測定時間 $t = 100 \mu$ 秒
- 測定範囲 径 10mm Φ 、
高さ $h = \text{数nm} \sim \text{数mm}$
- 測定精度 高さ精度 1nm以下、
横分解能 $\delta = 5 \mu$ m

■大面積対応機の試作（正立型）



試作機の外観

■特徴

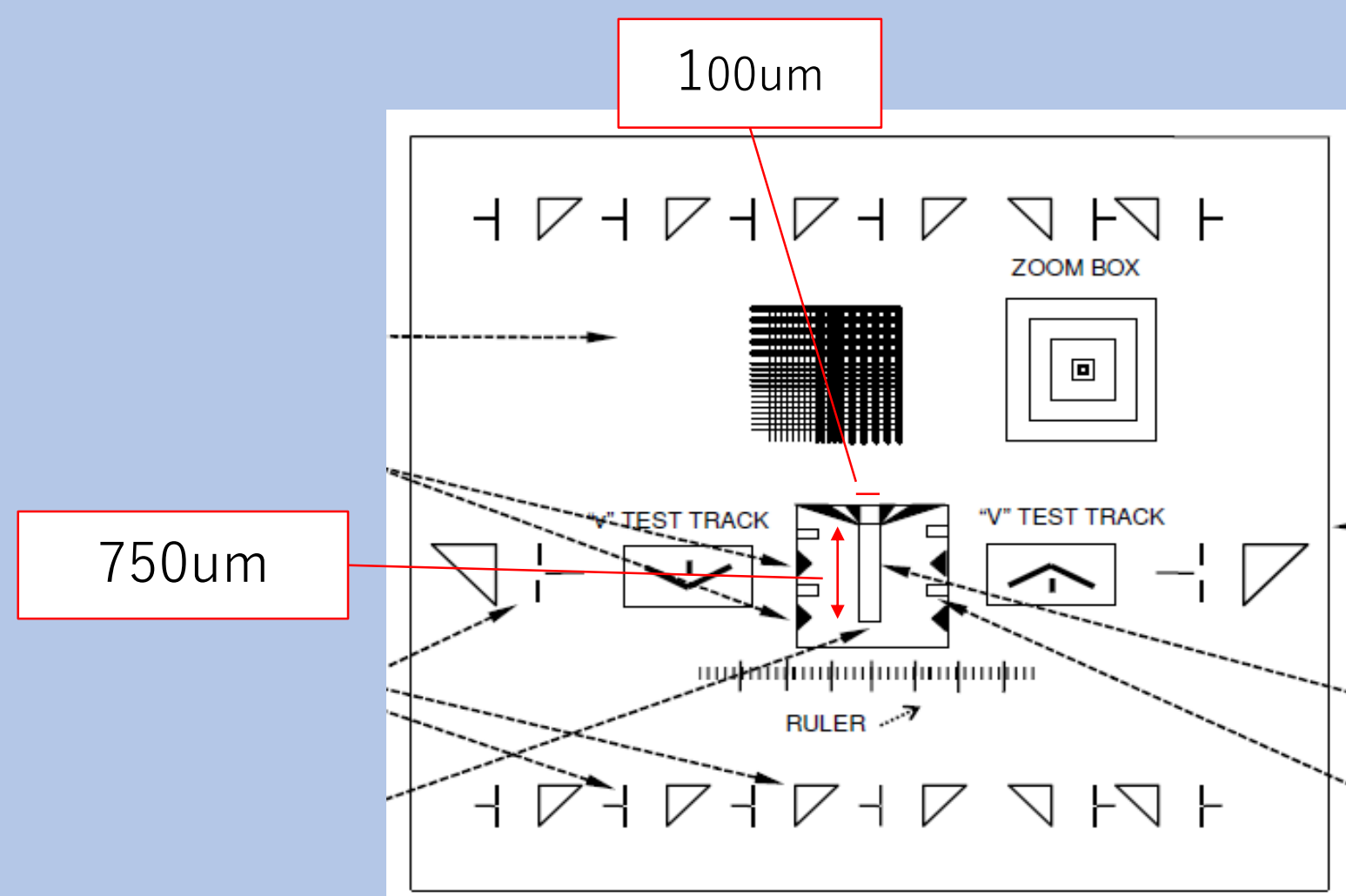
- **集光レンズ**を用いた大面積測定
- 開口による明視と暗視の切替
- 平坦度および形状の同時測定

■性能

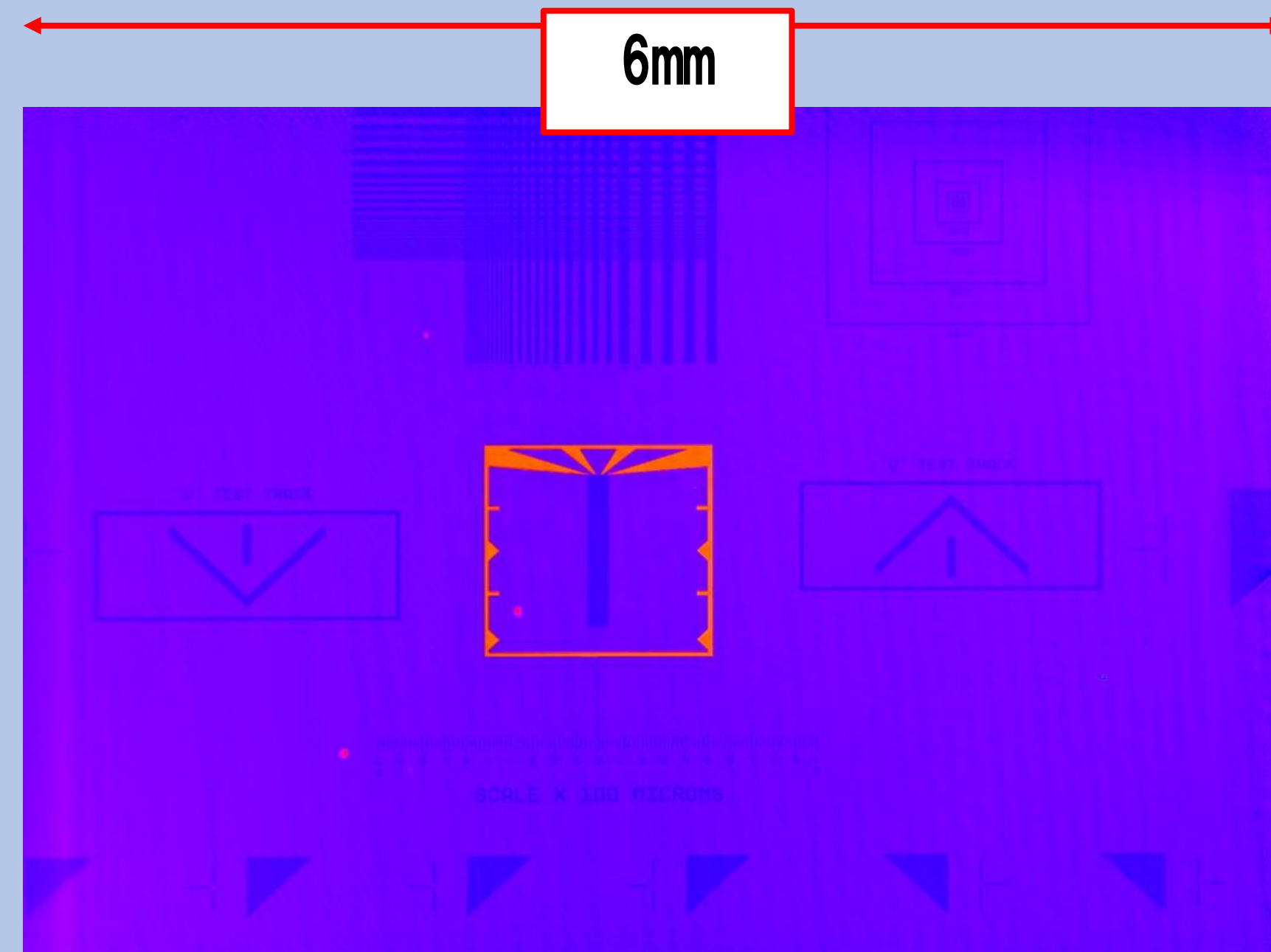
- 測定時間 $t = 100 \mu$ 秒
- 測定範囲 径 **135mm Φ** (200mm Φ ,
300mm Φ にも対応可)、
高さ $h = \text{数nm} \sim \text{数mm}$)
- 測定精度 高さ精度 1nm以下、
横分解能 約 90μ m)

■形状測定例 1 8nm薄段差VSLIスタンダード

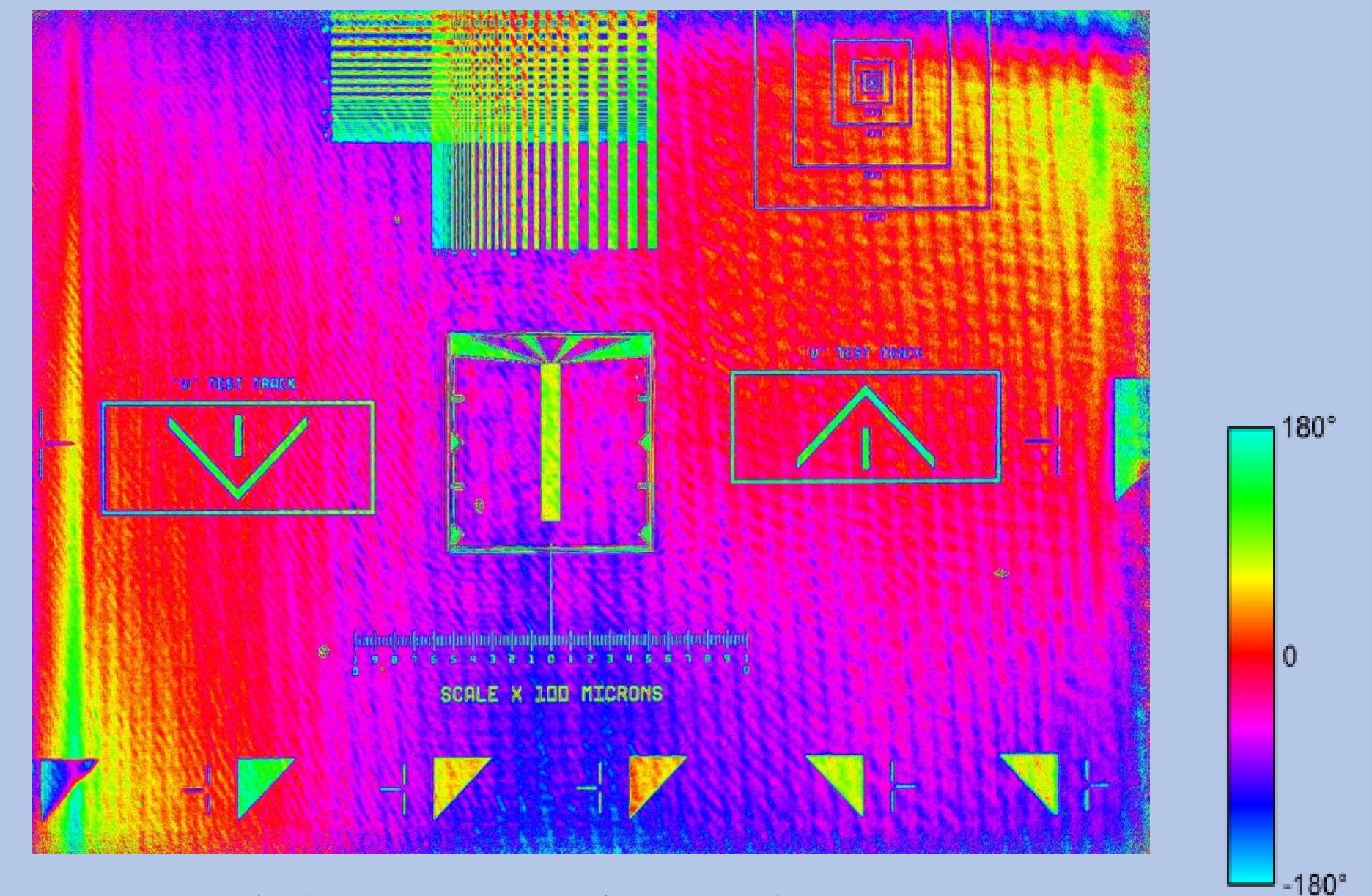
- 仕様の範囲内の高さ測定値 $h = 9.7 \text{ nm}$ が得られた。



高さ仕様
 $9.9 \pm 1.4 \text{ nm}$



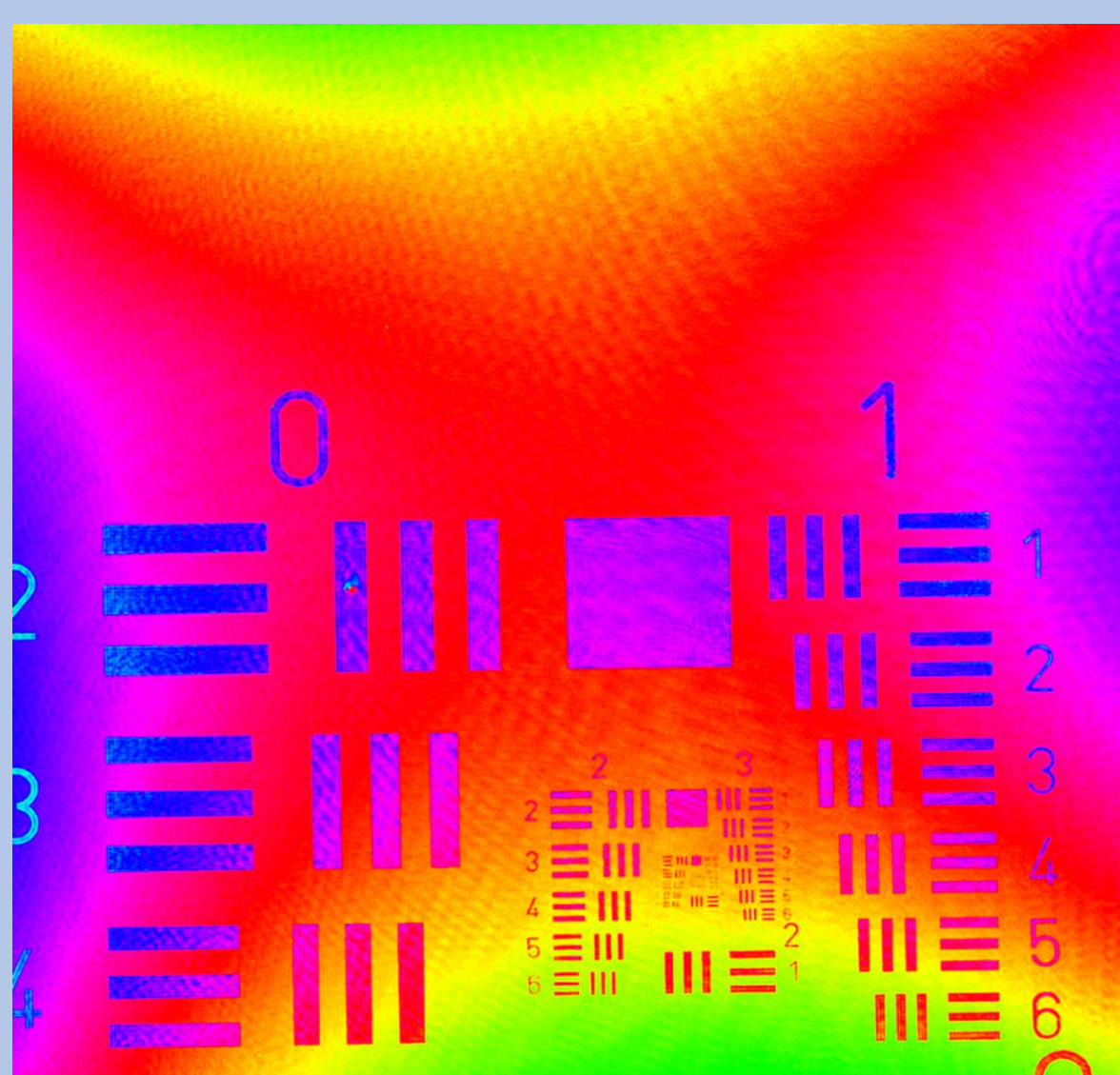
(a) 位相差画像 ($\lambda = 643\text{nm}$)



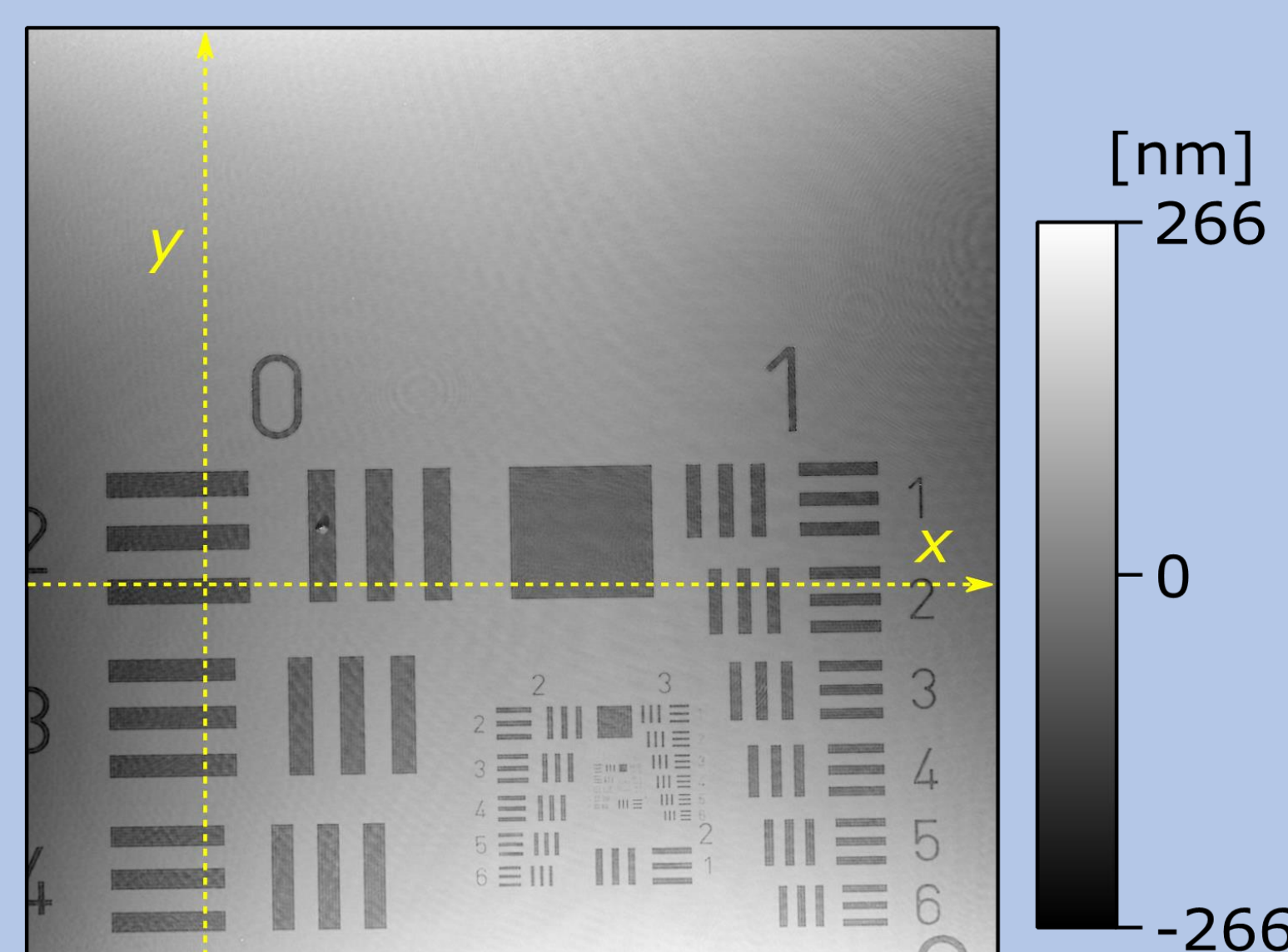
(b) 位相差 ($\times 20$) 画像

■形状測定例 3 USAFテストターゲット (ネガパターン)

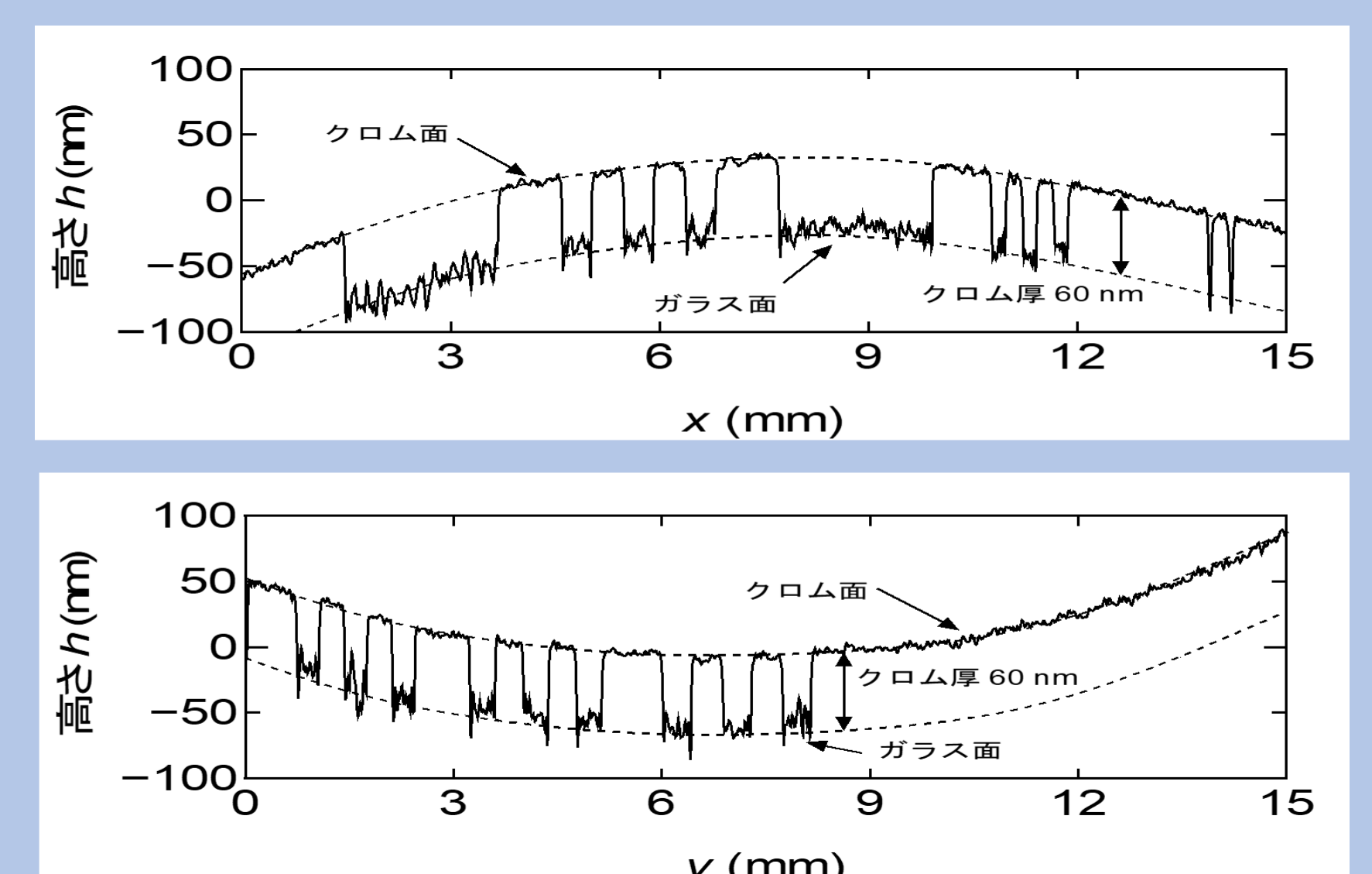
- クロム膜厚は約50nm、表面は鞍形に湾曲しており、x軸方向および y軸方向の曲率半径はおよそ 500m。



(a) 位相差画像 ($\lambda = 532\text{nm}$)



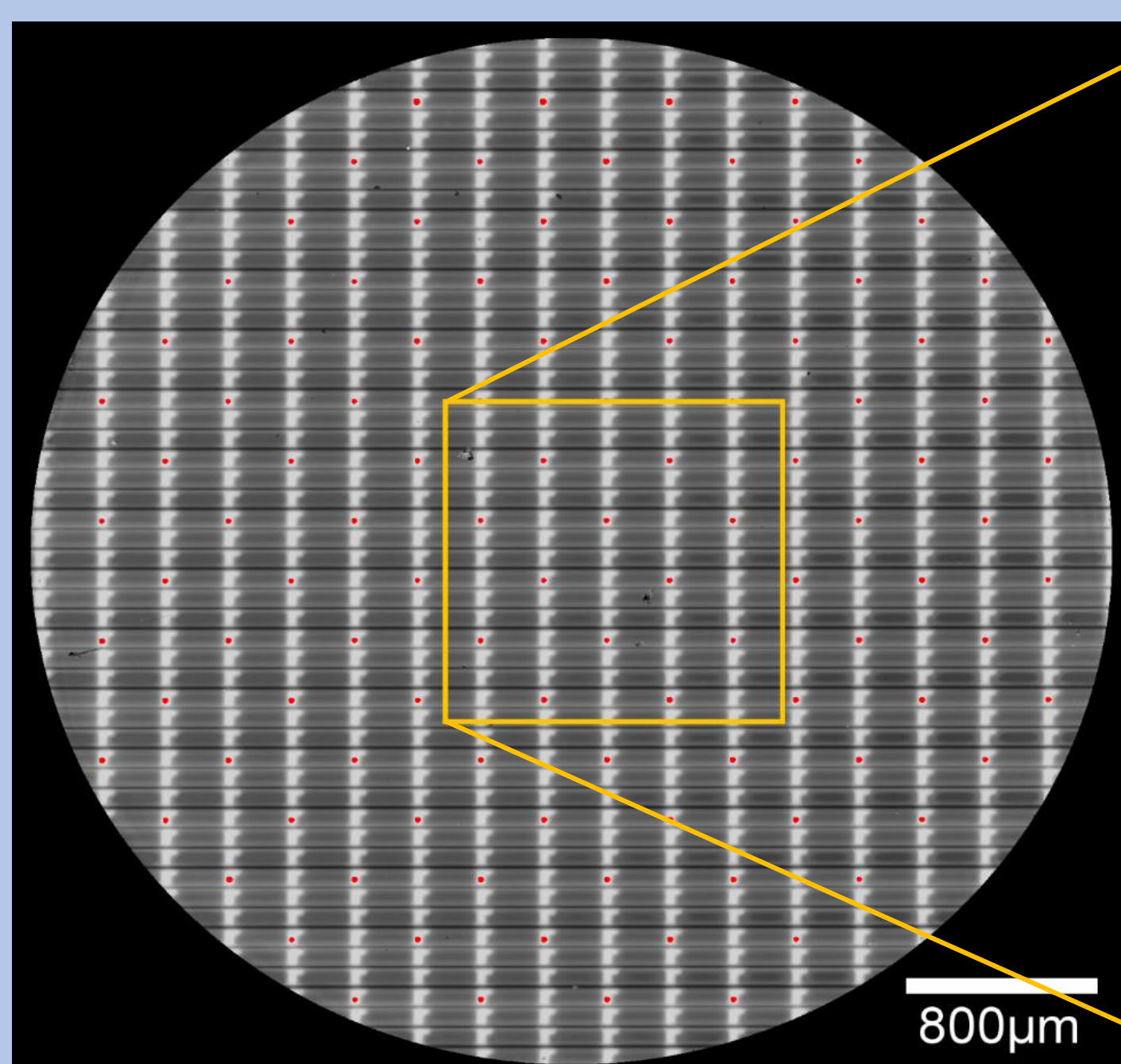
(b) 高さ画像



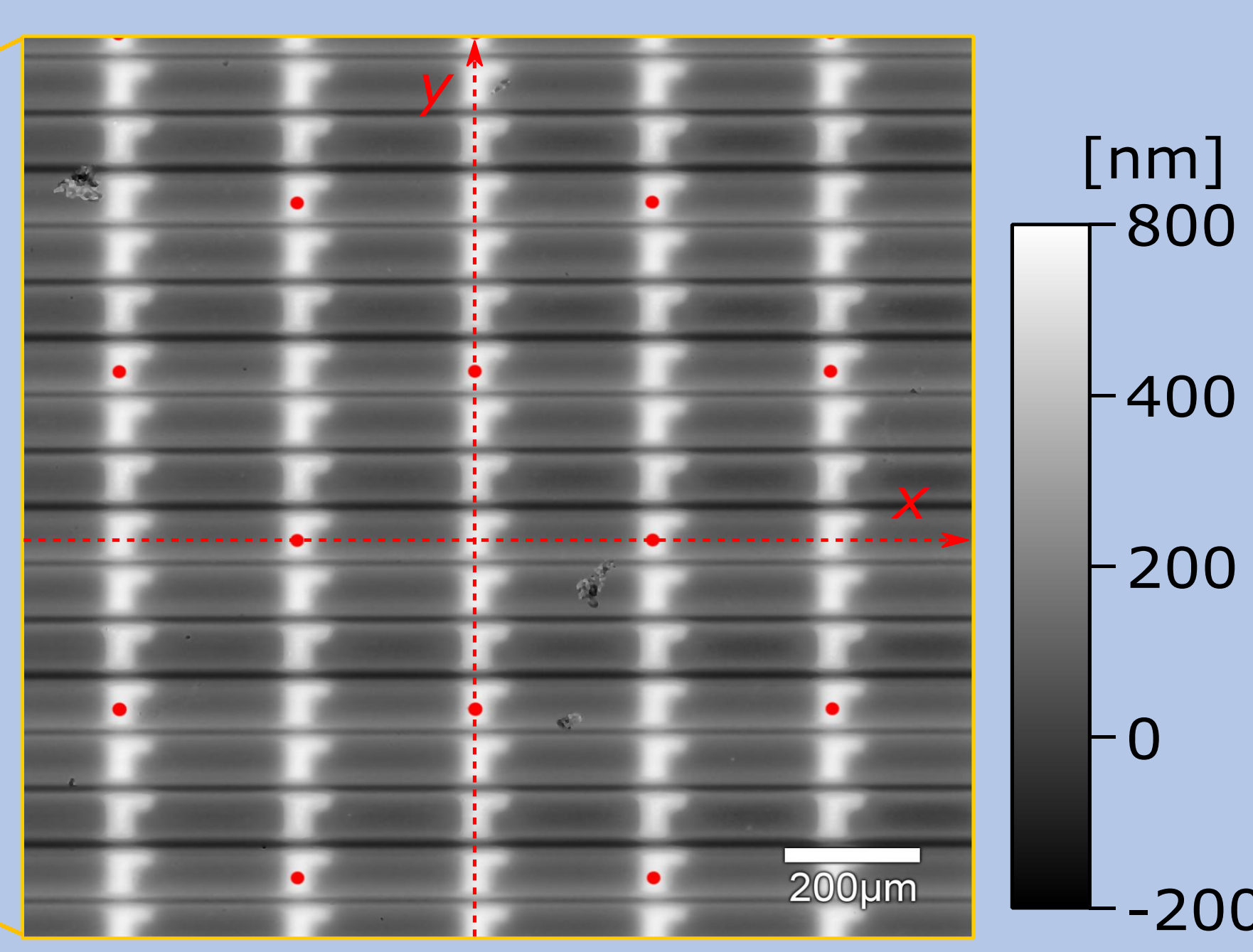
(c) x軸方向とy軸方向直線上の高さ分布

■形状測定例 4 液晶用ガラス基板

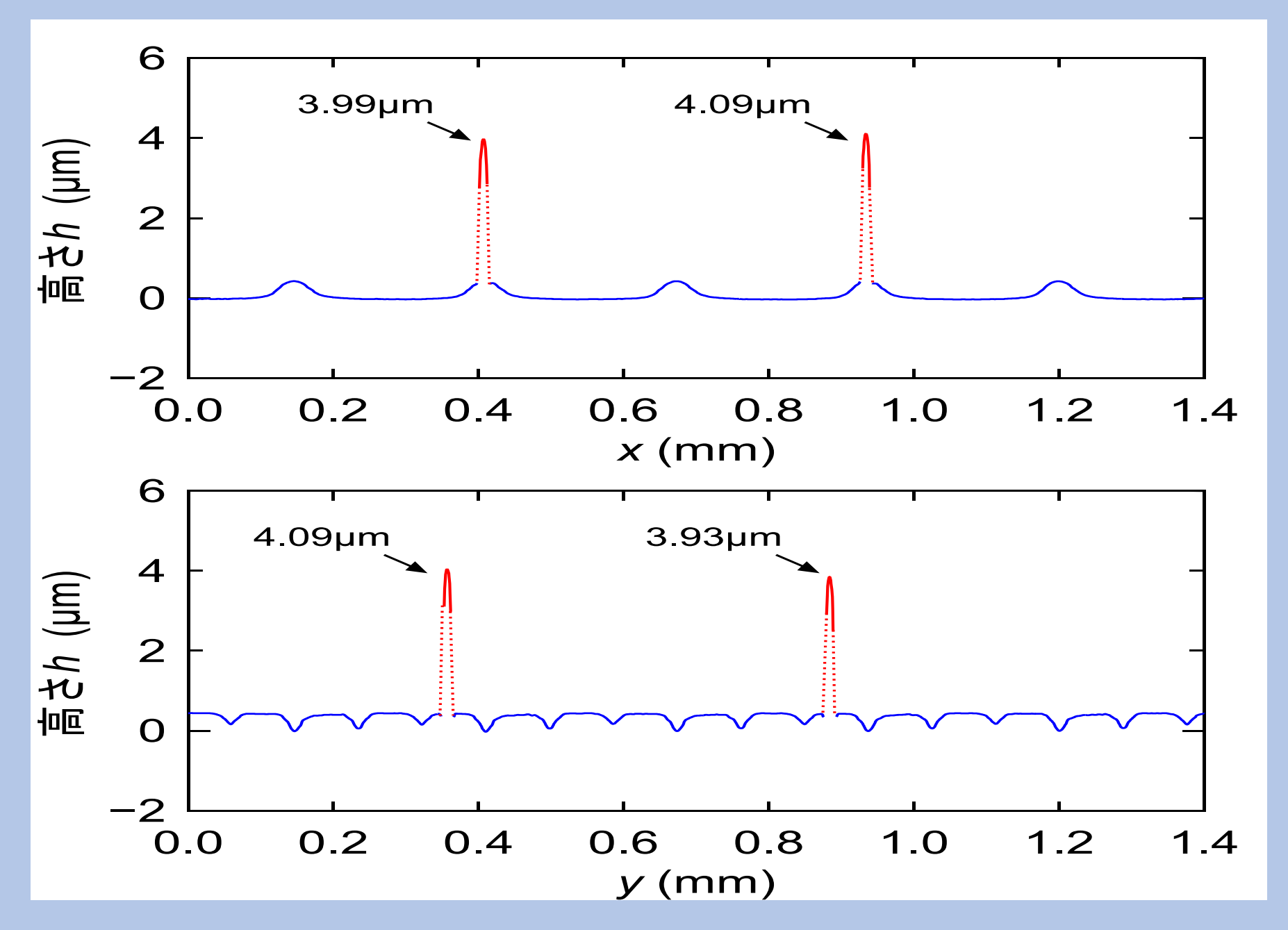
- 光位相分布から nmレンジの高さ分布が得られた。
- 2波長のうなりからスペーサの高さ 約4μmを測定できた。



(a) 全体図



(b) 部分拡大図

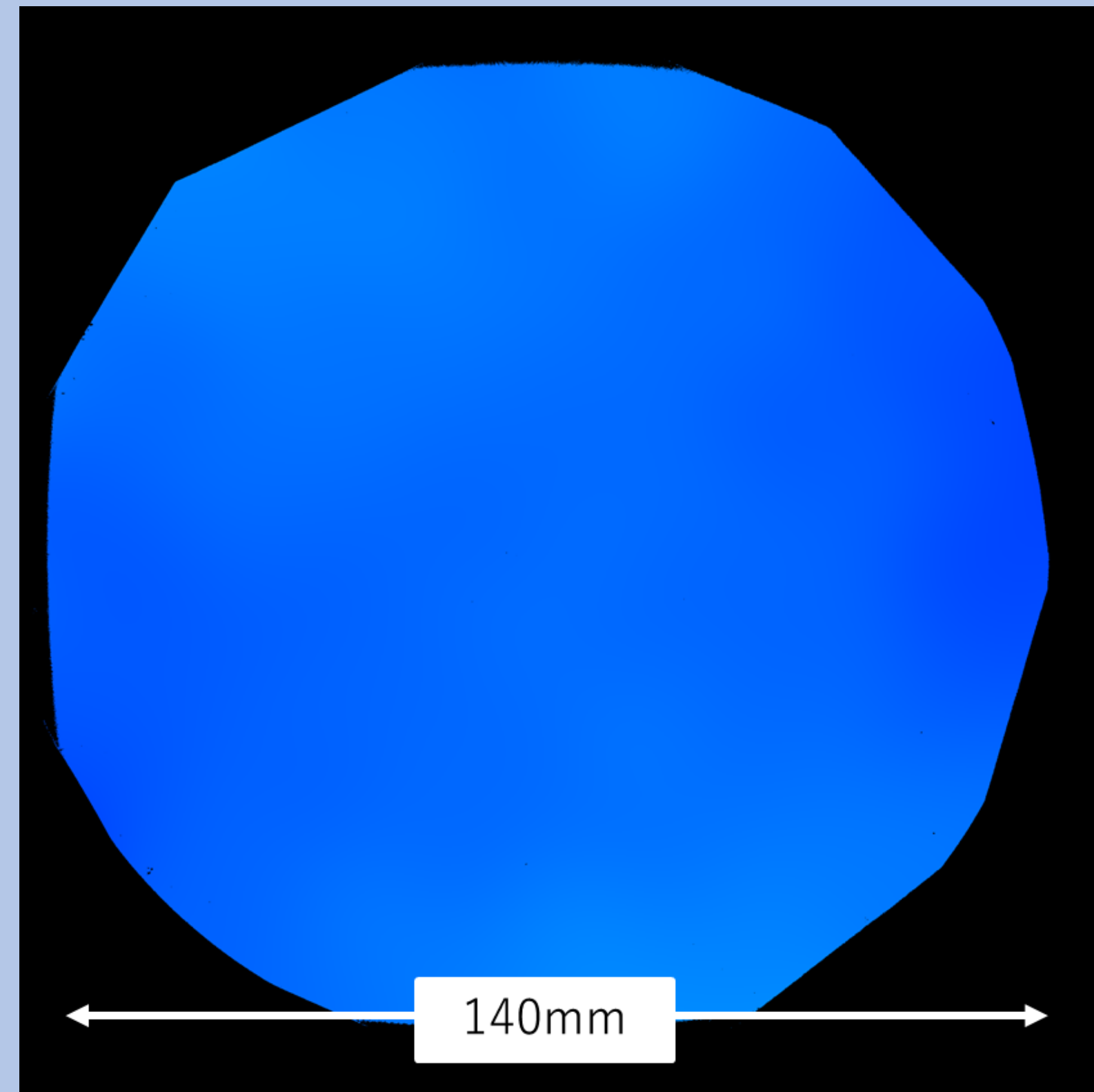


(c) x軸方向と y軸方向直線上の高さ分布

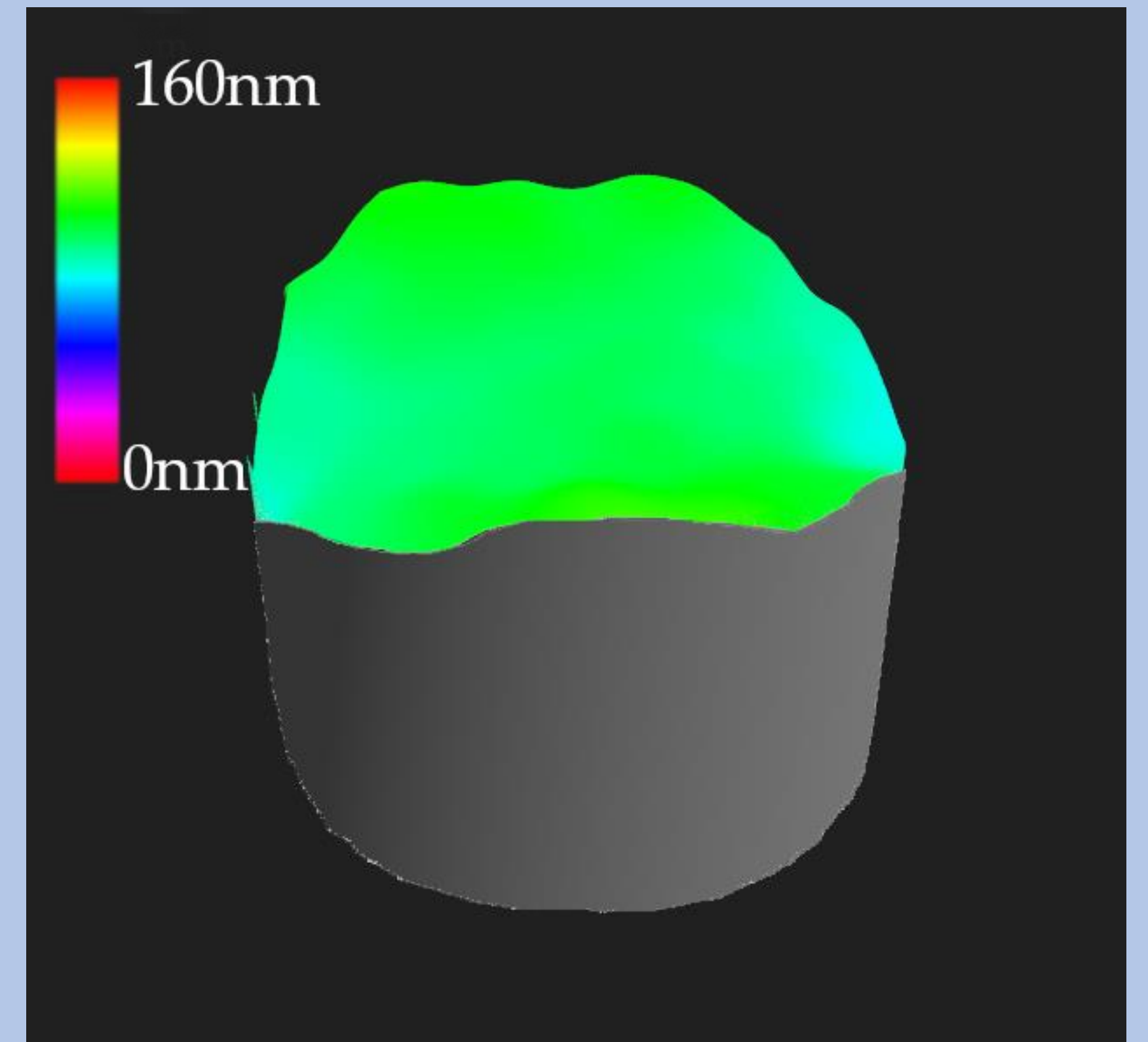
ガラス基板上的カラーフィルタとスペーサの高さ画像

■ 平坦度測定例 1 オプティカルフラットミラー($\lambda/20$)

- 高さP-V値は $\lambda/20$ 以下であり、仕様を満たしている。



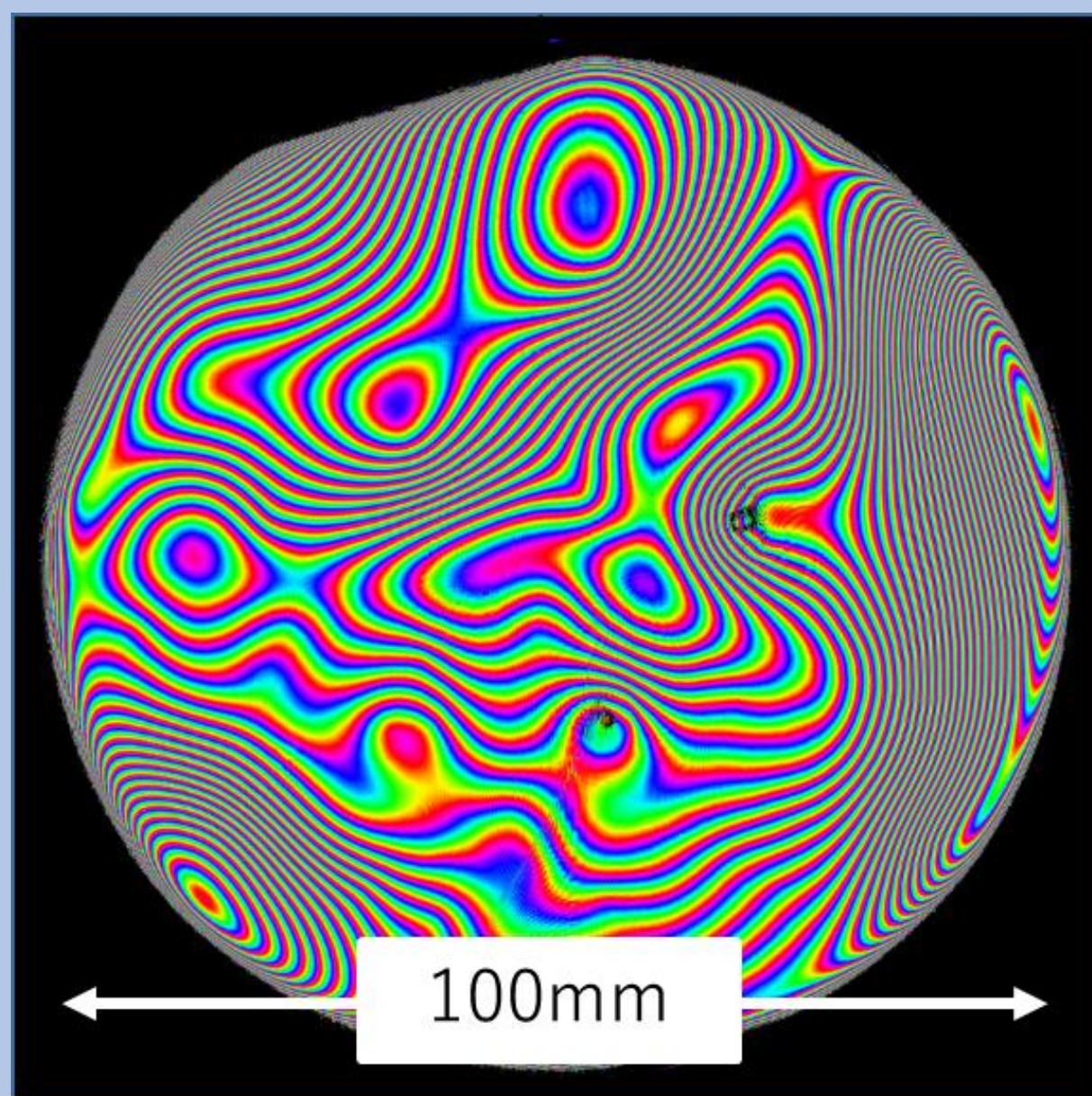
(a) 位相差画像 ($\lambda = 643\text{nm}$)



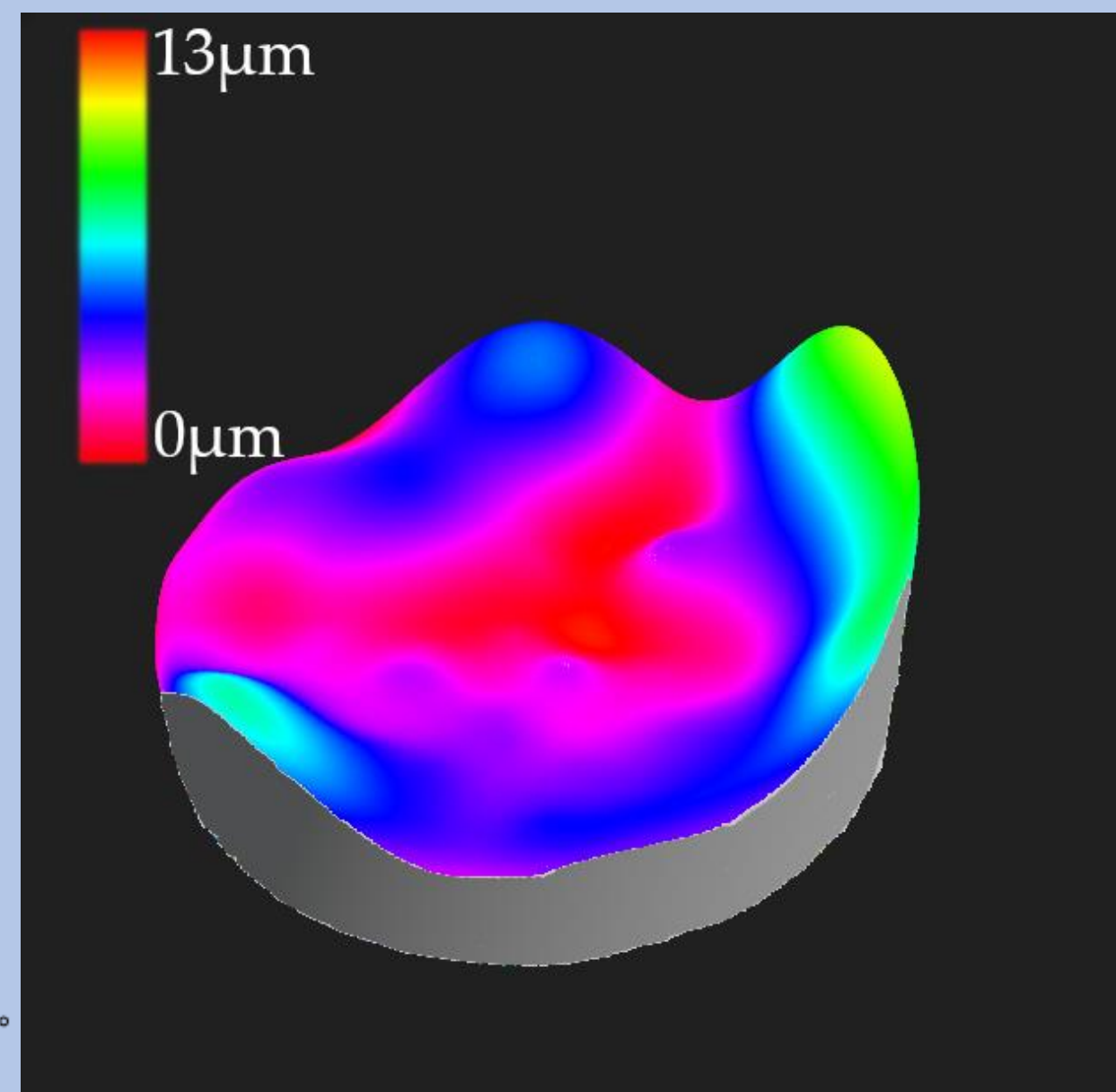
(b) 表面高さの鳥観図表示

■ 平坦度測定例 2 4インチウエハ

- 高さP-V値は 10λ 程度である。
- 周辺部に $\lambda/2$ 程度の高さ変化がある。



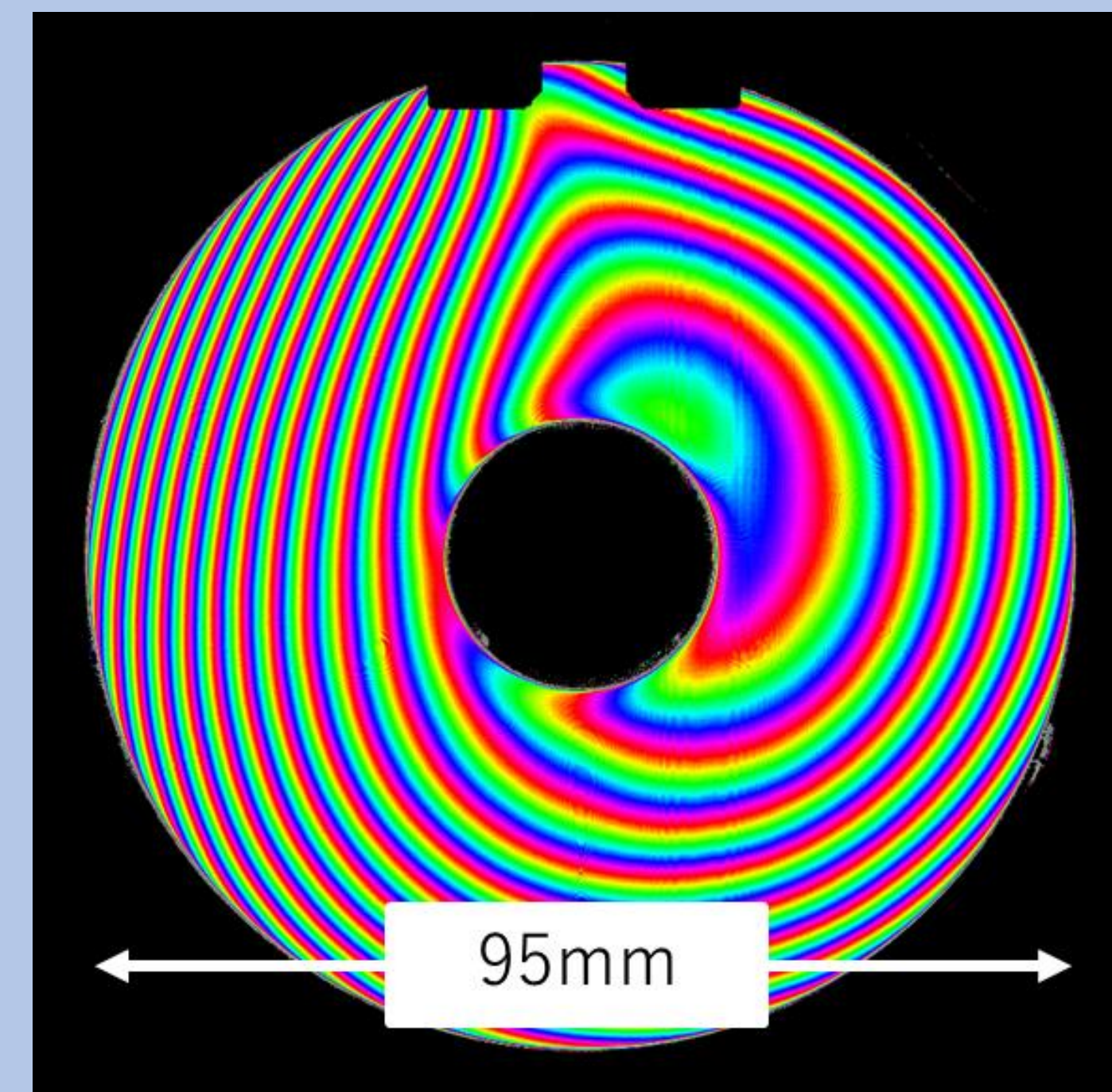
(a) 位相差画像 ($\lambda = 643\text{nm}$)



(b) 表面高さの鳥観図表示

■ 平坦度測定例 3 3.5インチHDD

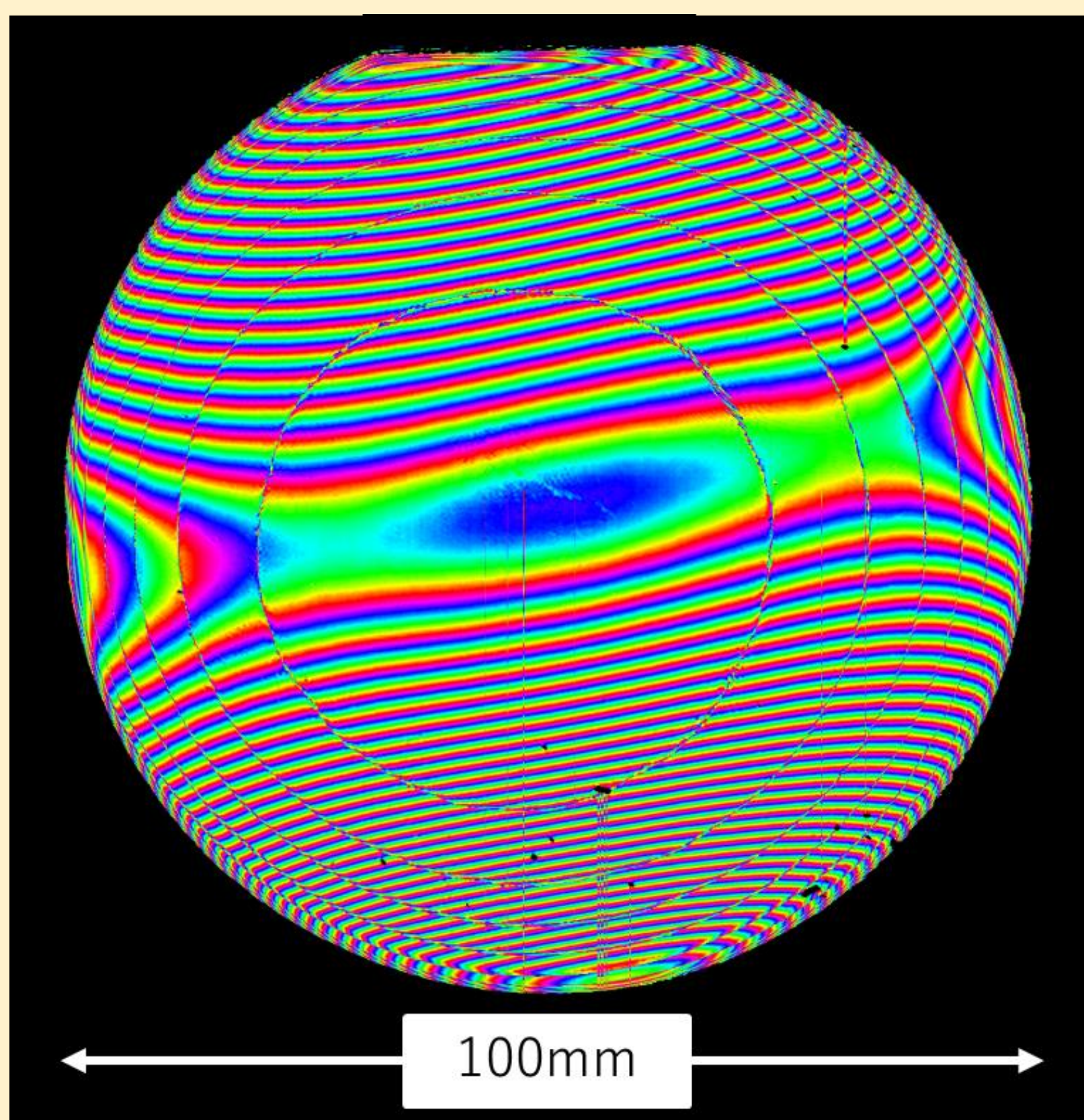
- お碗状に滑らかに湾曲しており、高さP-V値は 4λ 程度である。



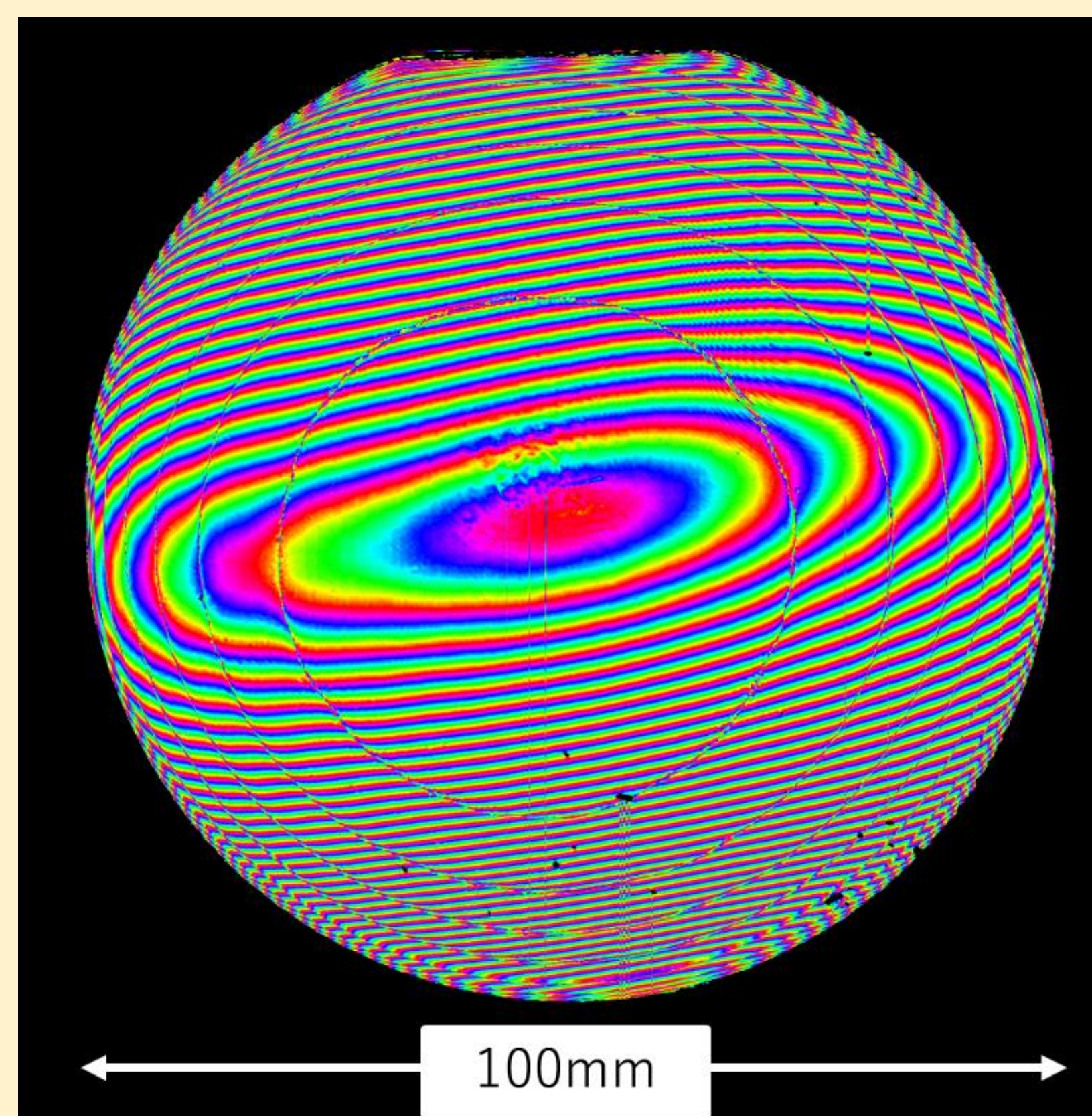
位相差画像 ($\lambda = 532\text{nm}$)

■ 平坦度測定例 4 透明な4インチウエハ (厚さ0.5mmのサファイア)

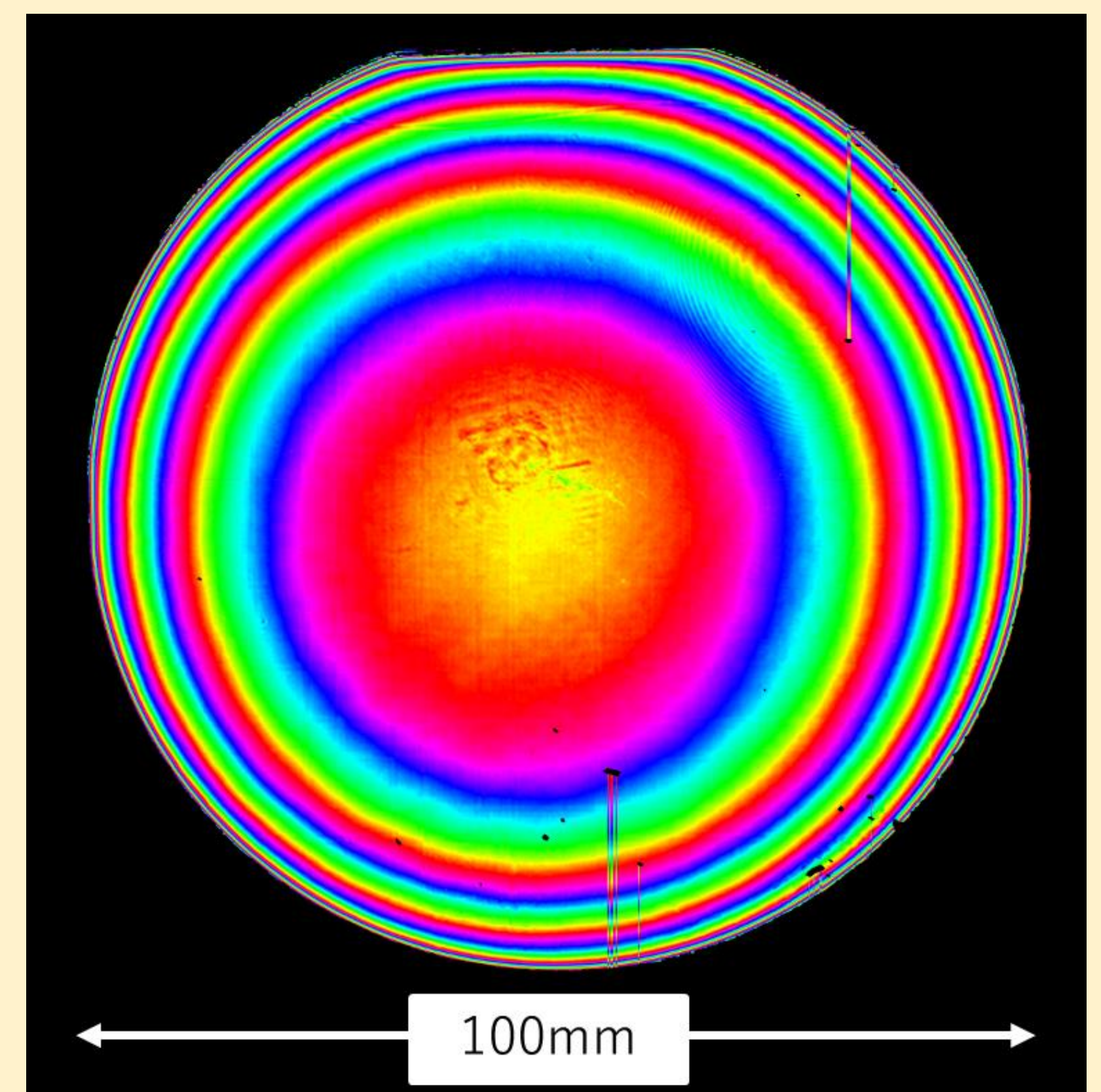
- 透明ウエハの表面と裏面の高さ、および厚さ変化をワンショット測定できる。



(a) 表面高さ



(b) 裏面高さ

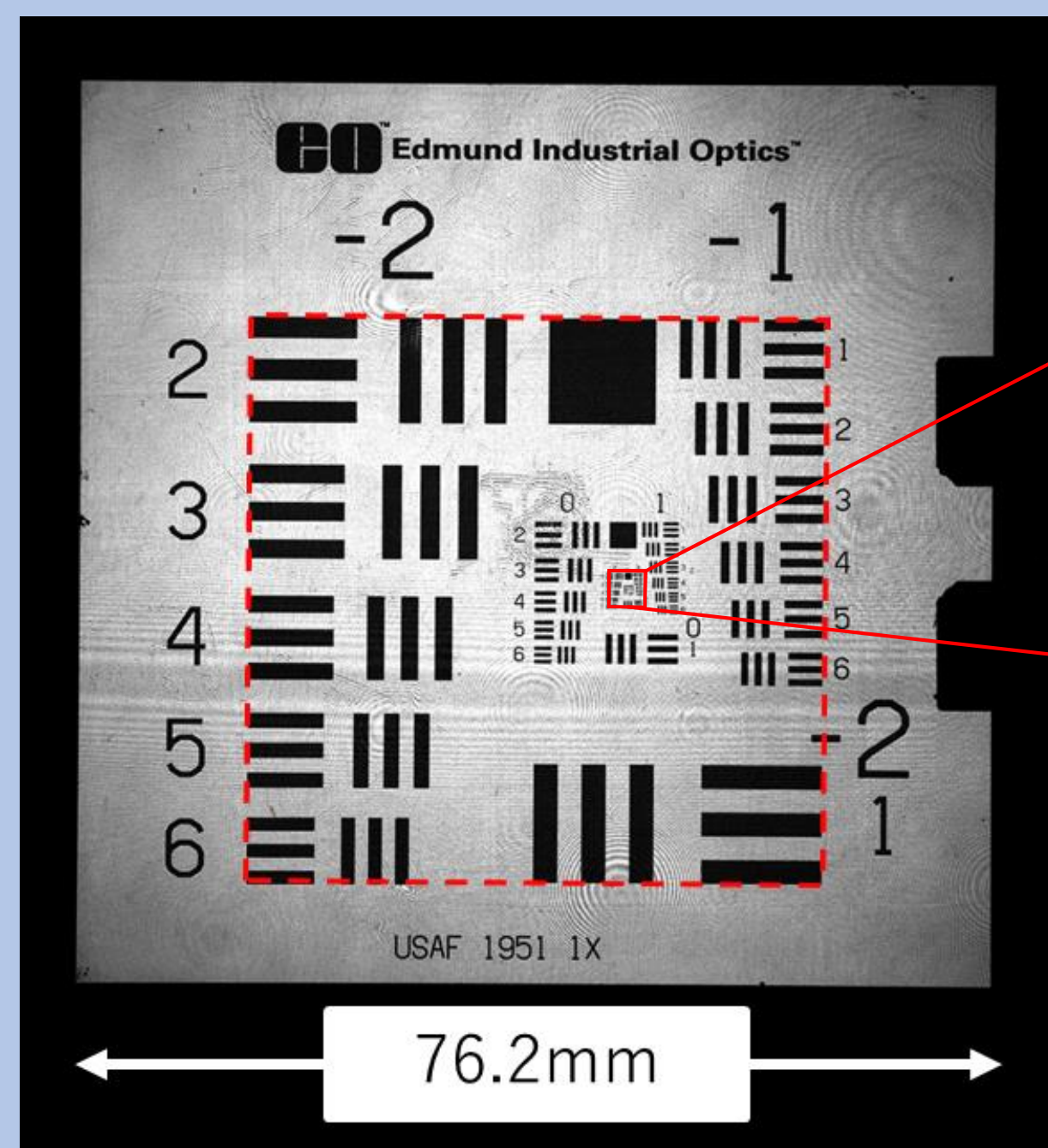


(c) 厚さ変化

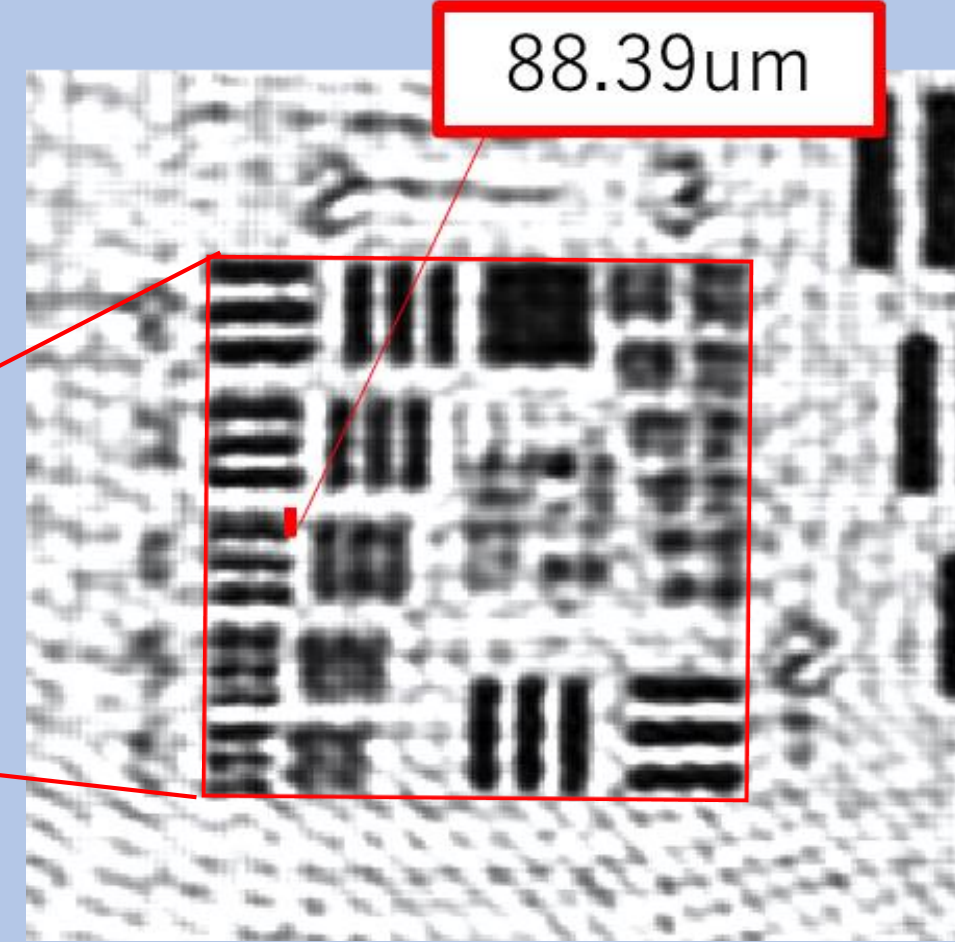
位相差画像 ($\lambda = 532\text{nm}$)

■ 平坦度・形状測定例 1 大型USAFテストターゲット (ネガパターン)

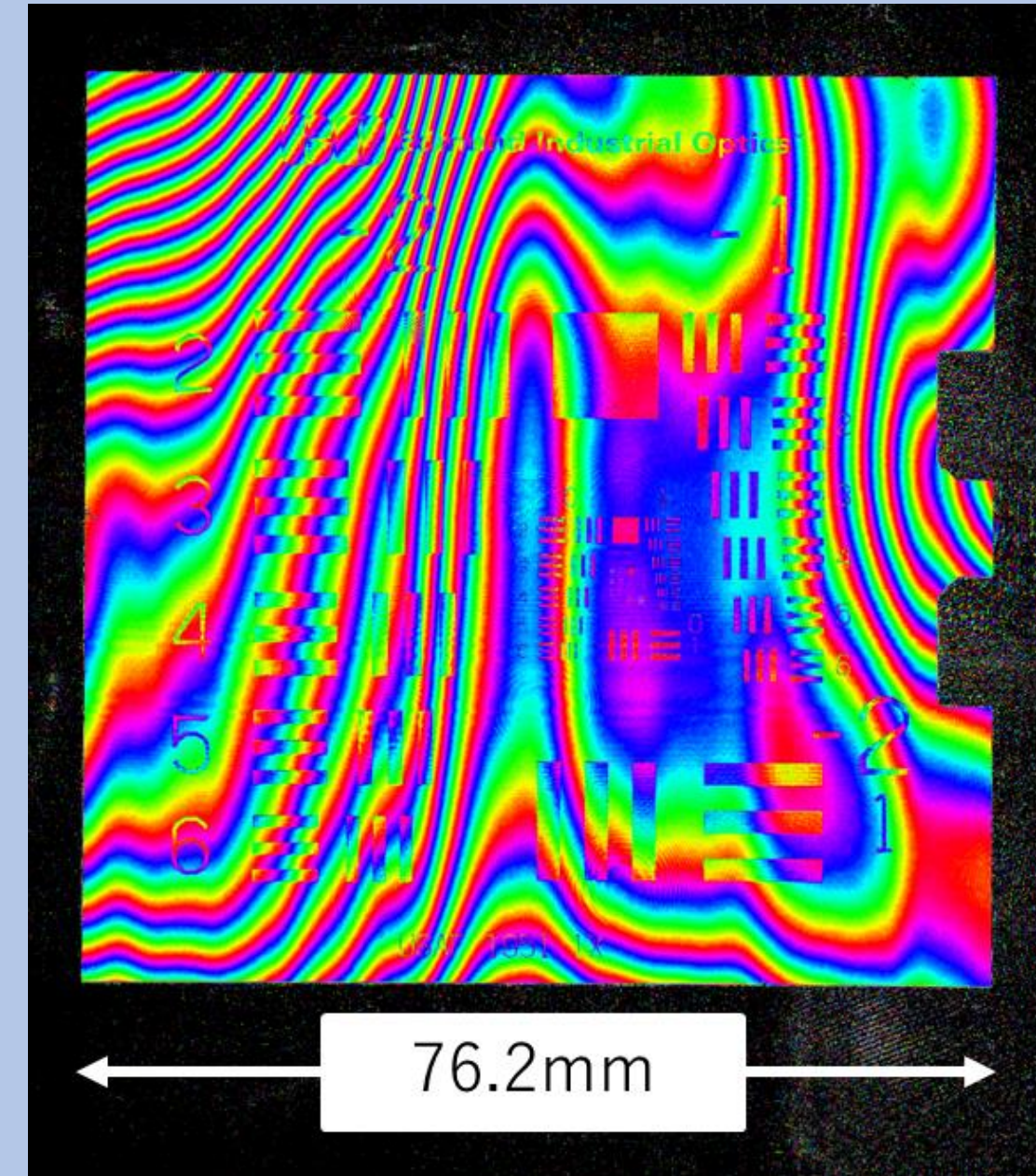
- 画像の歪は全く生じていない。クロム膜厚は約50nmである。
- 画像の分解能は、理論値とよく一致する。



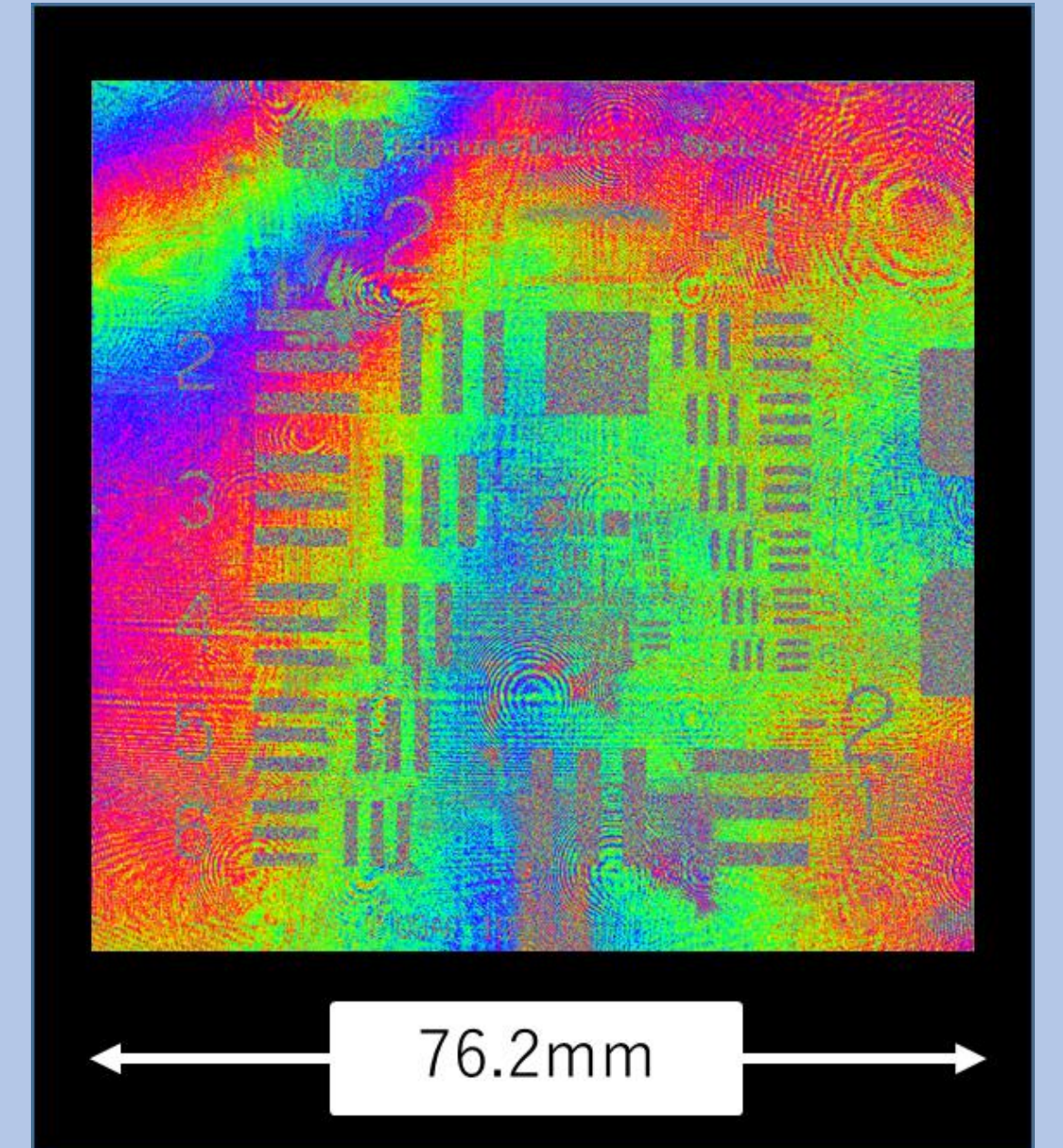
光強度画像



部分拡大



(a) $\lambda = 643\text{nm}$

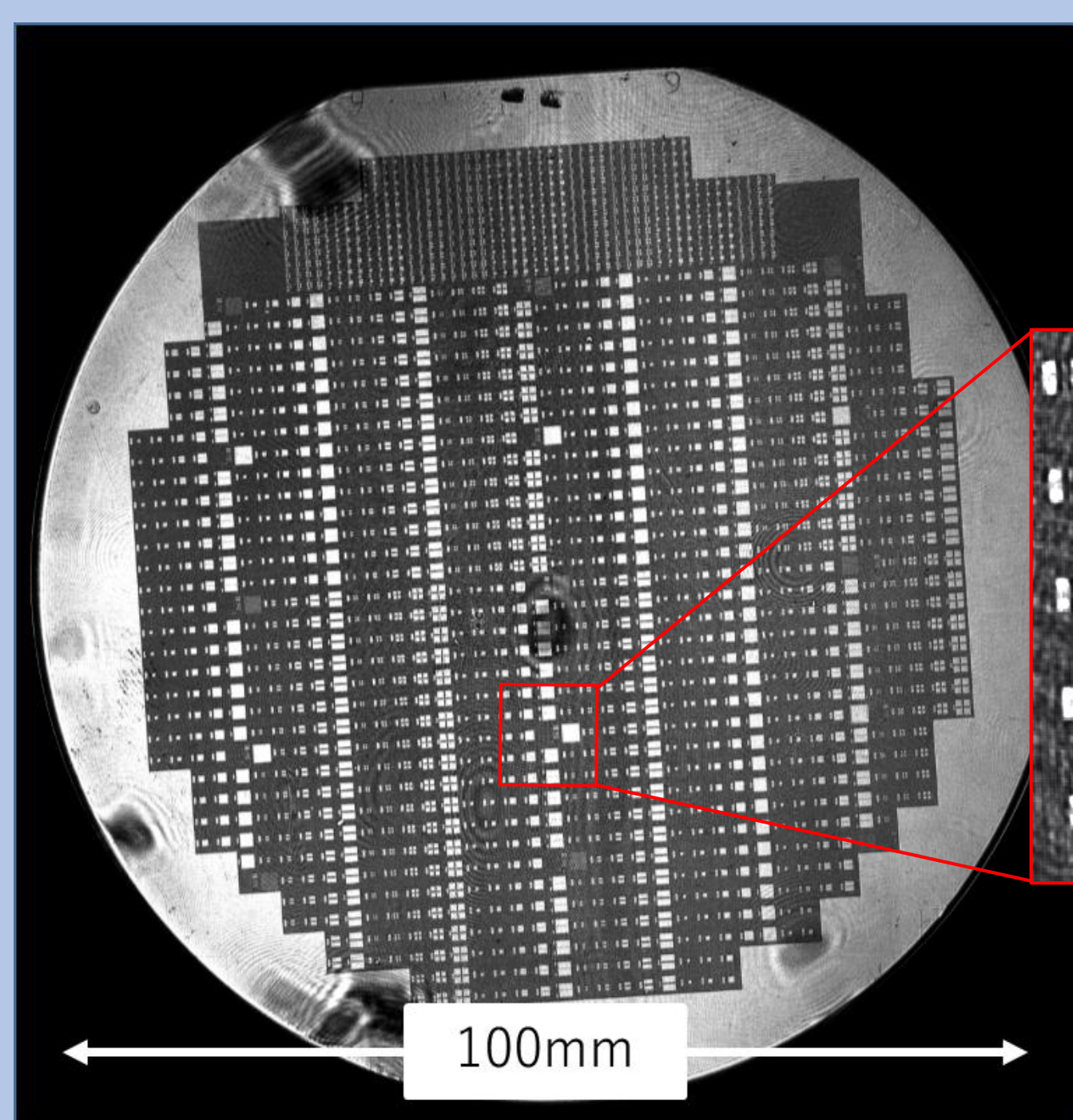


(b) ビート波長 81200nm

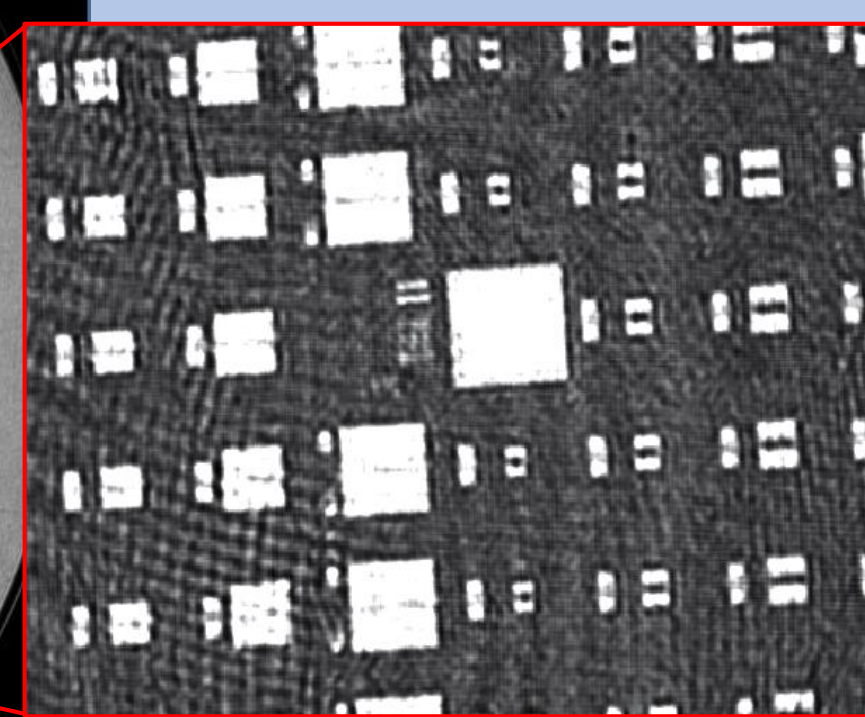
位相差画像

■ 平坦度・形状測定例 2 焼付処理後の4インチウエハ 1

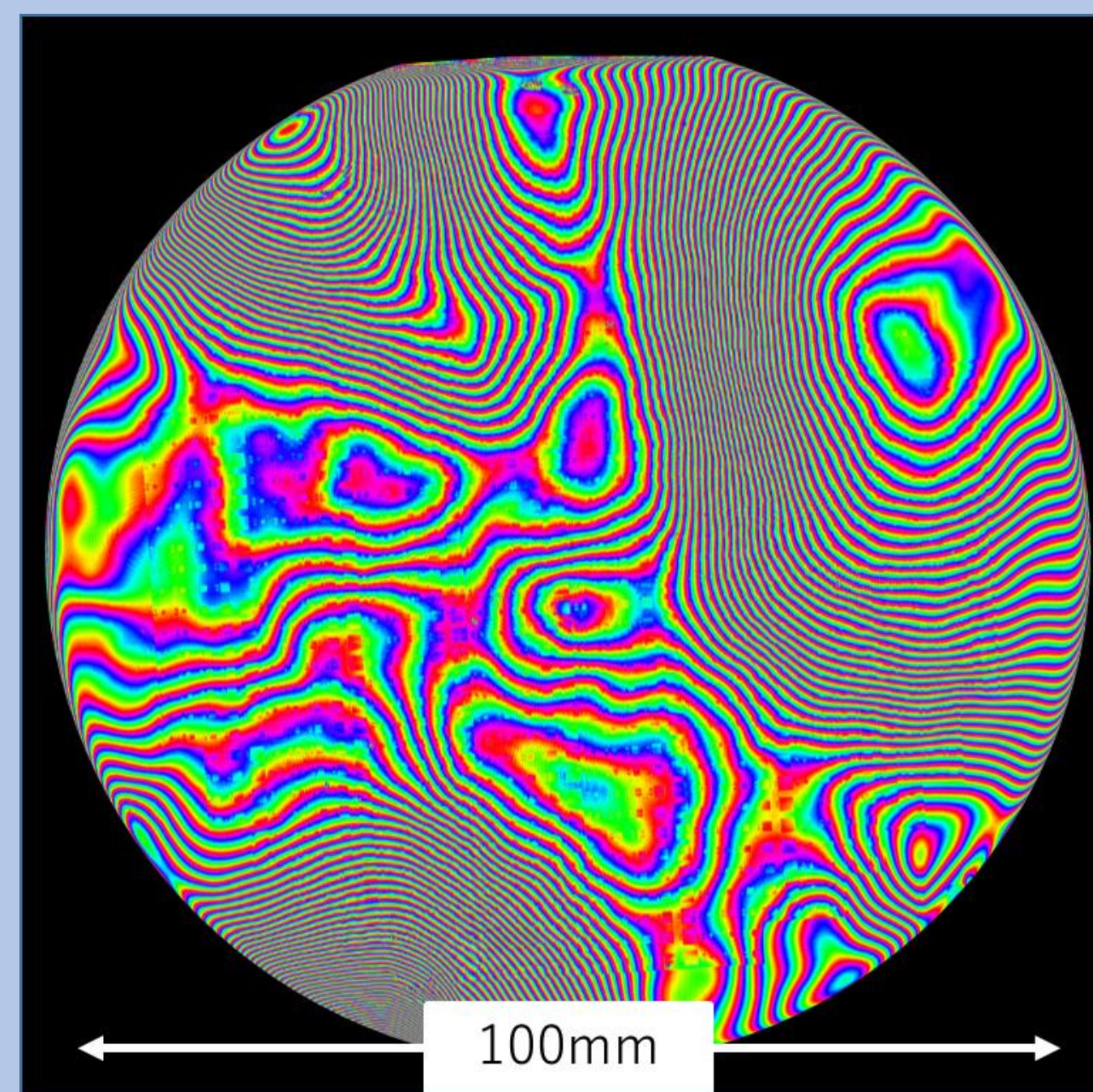
- ウエハ表面が10λ程度湾曲している。厚さ約7μmの細かい焼付パターンを確認できる。



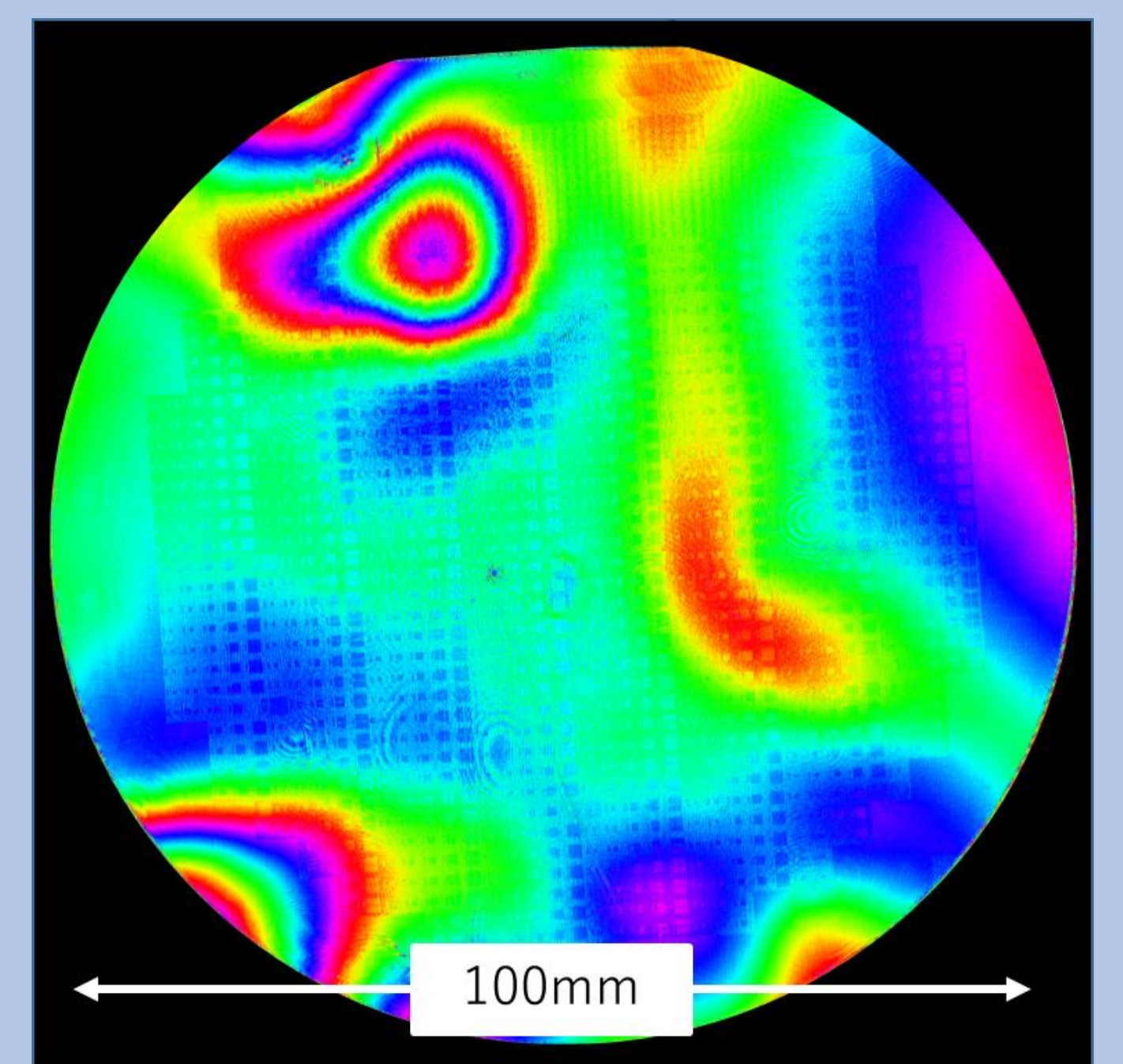
光強度画像



部分拡大



(a) $\lambda = 643\text{nm}$

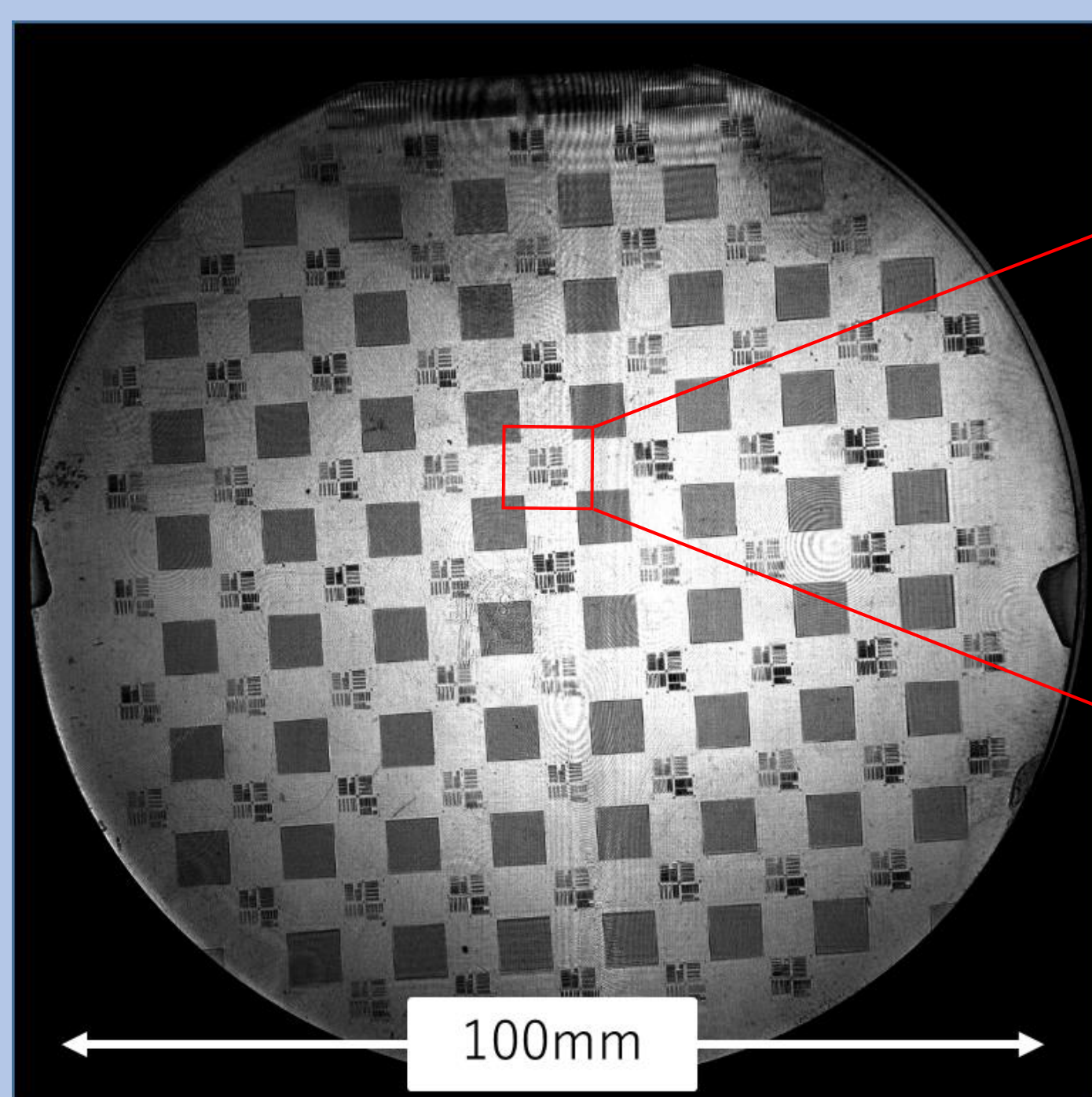


(b) ビート波長 81200nm

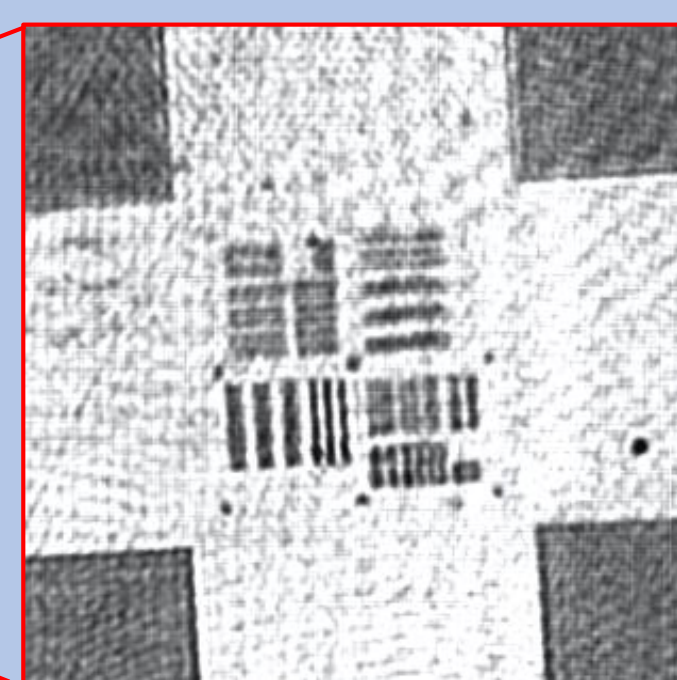
位相差画像

■ 平坦度・形状測定例 3 焼付処理後の4インチウエハ 2

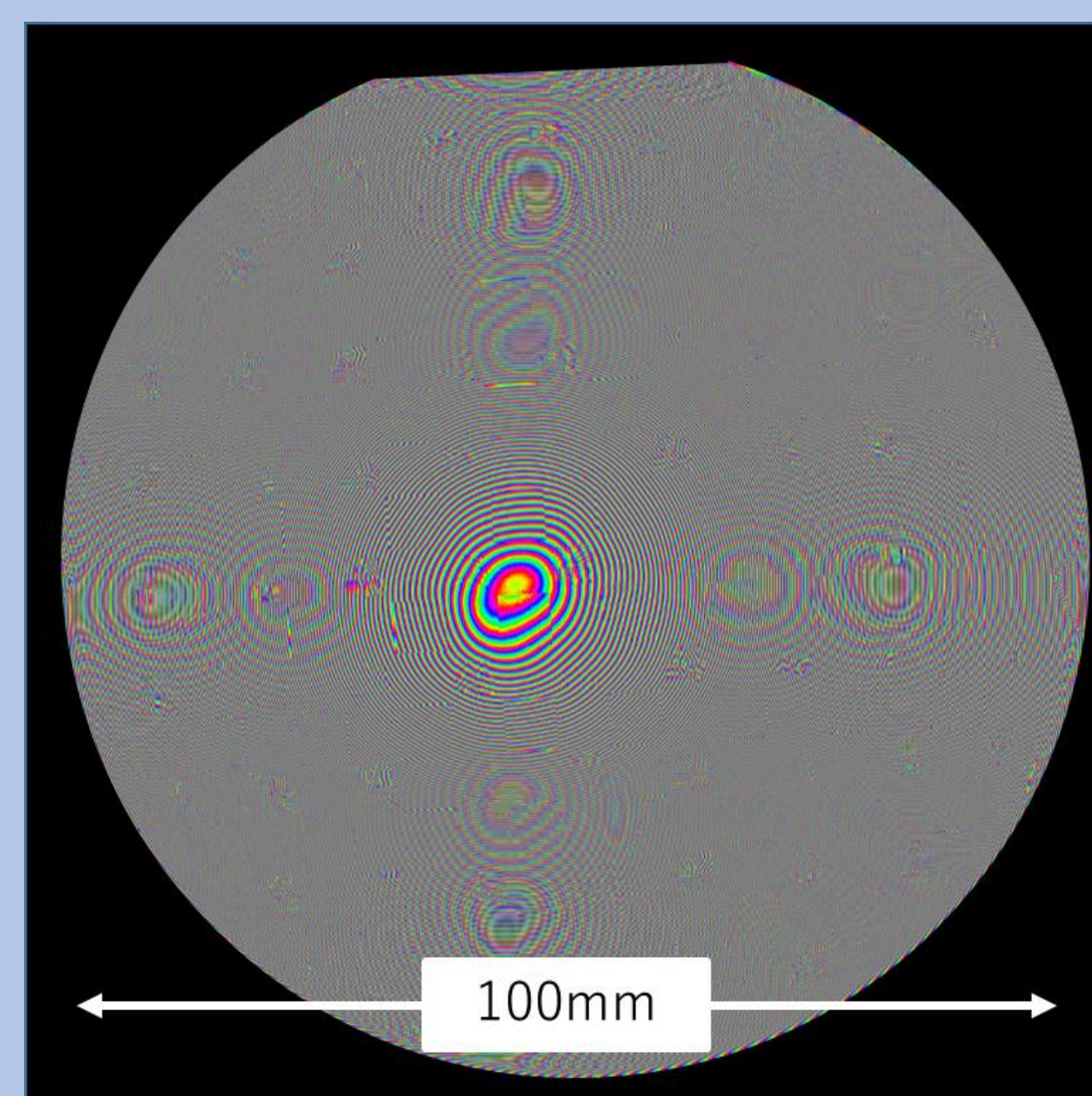
- ウエハ表面がお碗状に20λ程度湾曲している。厚さ約7μmの細かい焼付パターンを確認できる。



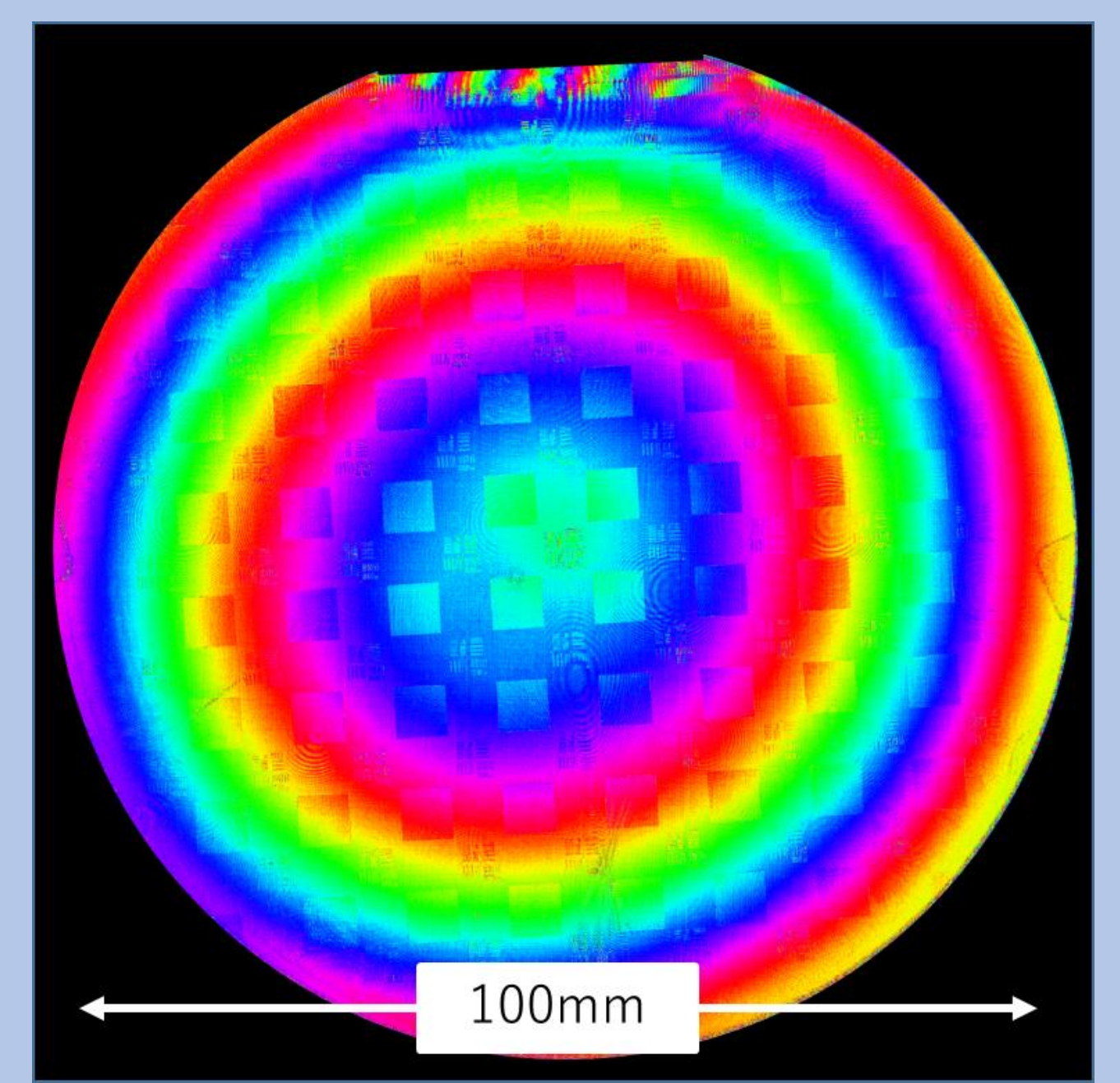
光強度画像



部分拡大



(a) $\lambda = 643\text{nm}$



(b) ビート波長 81200nm

位相差画像

■想定される活用例

測定の種類	測定対象
高精度平坦度測定	各種半導体基板(シリコン、SiC、)、機械加工部品 液晶基板、フォトマスク、セラミック基板、 サファイア基板、透明フィルム etc
高分解の形状測定	半導体加工検査、半導体パッケージ検査 光学部品、フォトマスク etc
表面粗さ測定・検査	研磨、腐食（機械、化学、化学機械、電解研磨） エッチング（化学、電解、乾式エッチング） 印刷（凸版、凹版、平板。孔版印刷） 塗装（スプレー、静電、電着、粉体塗装） 湿式メッキ（電気、化学(無電解)メッキ） 乾式メッキ（PVD、CVD、スパッタリング） 微粒子計測 ホコリ、傷検出