

全自動スクラッチディグ検査装置



- 検査員の主観を排し、精密な表面キズの評価が行える自動検査装置
- MIL-PRF-13830B、MIL-F-48616、ISO10110-7などの規格に準拠し、自動で評価マップを生成/保存
- 同一規格内であれば合否基準の変更も容易

Twyman=Green干渉計



- 内蔵された高精度参照面に対する干渉評価
- 本体が小型かつ軽量であるため、様々なF/#のDivergerを用いて大型凹面の評価に最適
- 粗面を評価するSpeckleオプションも後付可

レンズ偏芯評価・調整組立装置



- 組レンズの組立作業時に、各々の偏芯を評価・調整しながら組み立てることの出来る総合装置
- 可視のみでなく、近赤外・中赤外・遠赤外向けのカスタマイズも可
- オプションとして、レンズ間距離や厚み計測や、プロファイラ機能の追加も可能

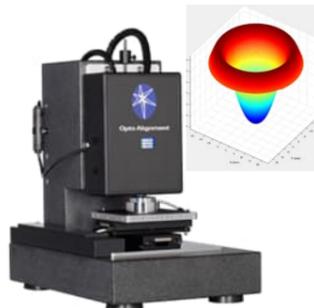
非接触小型粗さ測定機

- 小型軽量であるためロボットアームに搭載して車載ウィンドウや大型構造物表面の検査に
- 大型望遠鏡用ミラーの評価にも



非接触3Dプロファイラ

- 共焦点クロマティックセンサや近赤外OCTセンサを搭載した非接触の3次元プロファイラや膜厚評価装置
- 点像走査型だが高速に動作するので、形状評価だけでなく多層膜の膜厚分布などにも応用可

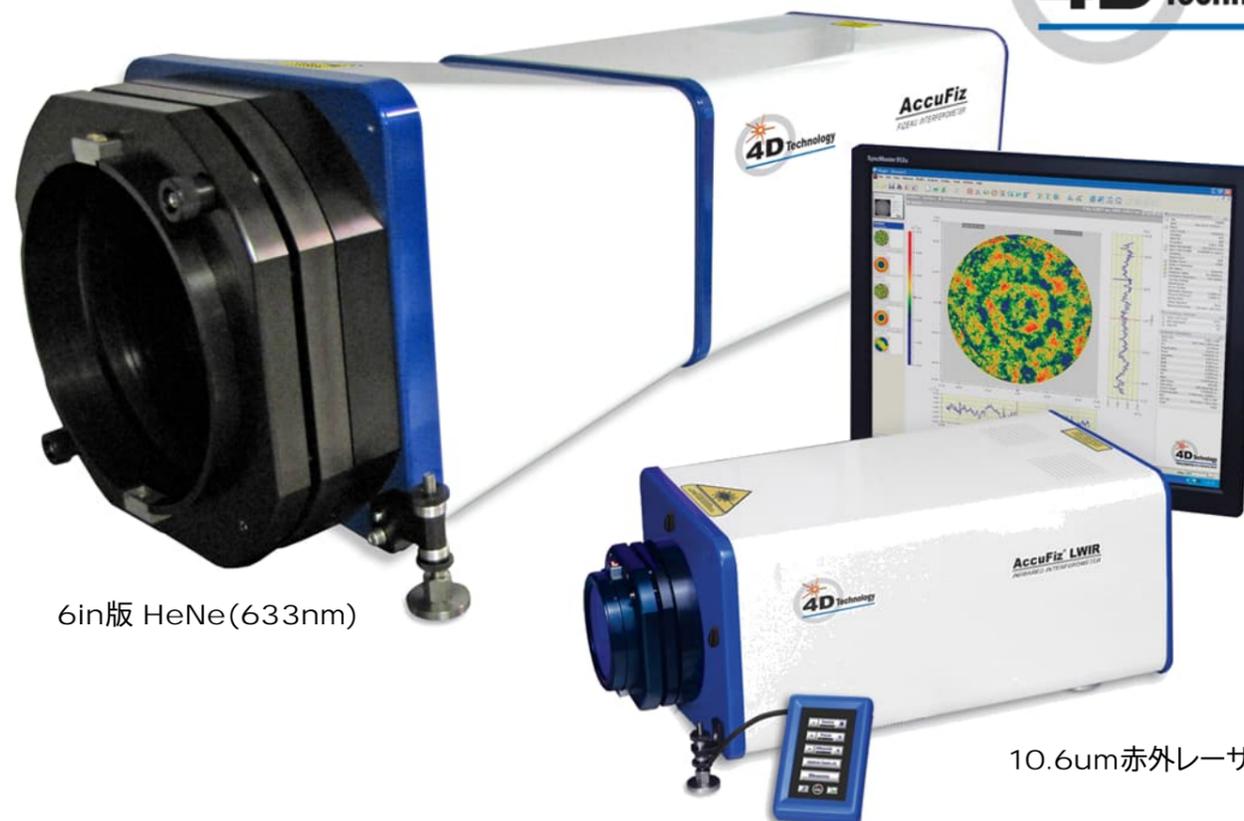


非接触・高感度 光超音波センサ



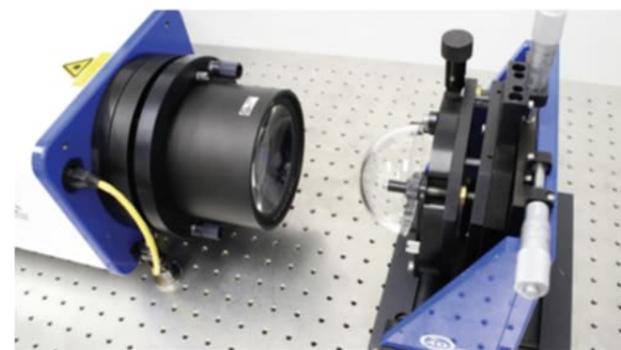
- 反射/伝導超音波の微弱変化を捉えることで、内部欠陥などの評価にも応用できる超音波センサ
- 表面状態の差異の検知も可能で、幅広い応用ができる
- Activeタイプの検査装置も存在

悪環境に強い小型Fizeau

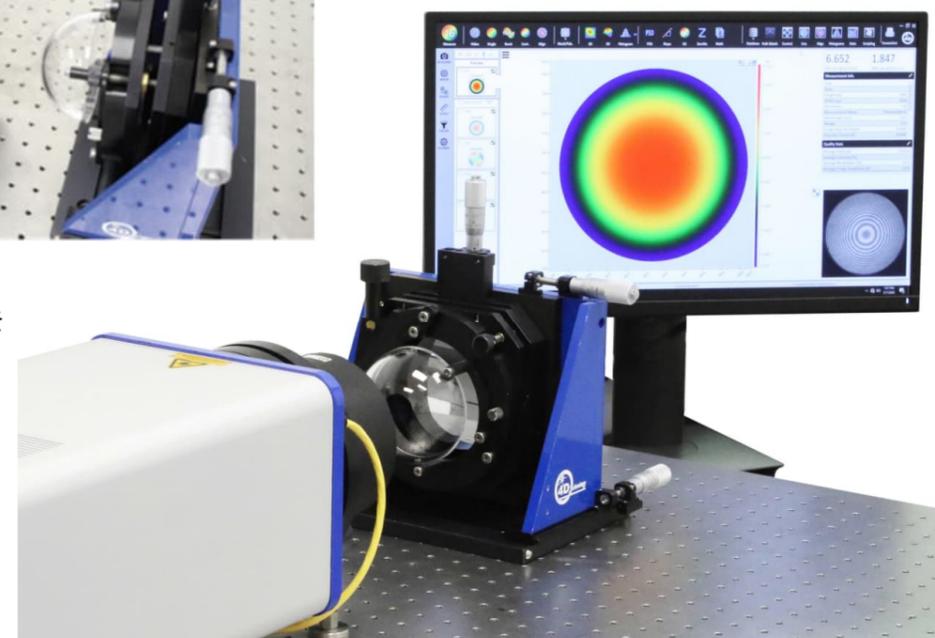


6in版 HeNe(633nm)

10.6um赤外レーザ版



SIS機能(被験面選択機能)を活用した、ドーム状光学系のTTV(厚み分布)評価の様子



株式会社アイ・アール・システム

<https://www.irsystem.com>

〒206-0041 東京都多摩市愛宕4-6-20

TEL: 042-400-0373 FAX: 042-400-0374 e-mail: office@irsystem.com



TPSIとDPSI:3つの位相シフト干渉法

干渉計で得られる干渉縞は、それだけでは高さ情報が一切存在しない等高線図でしかないので、どちらが凸でどちらが凹なのか判断がつかない。

そのため「干渉縞=波」の全体の形を解析するのに位相解析を行って凹凸の方向を識別するが、この干渉計測をPhase Shifting Interferometry(位相シフト干渉計測、PSI)と呼ぶ。

TPSI: Temporal PSI 時間的PSI

一般的なレーザ干渉計測では、透過参照面をピエゾなどで光軸に沿って微動させることに依って複数の位相情報を解析に用いている(右図、特にFizeau型の例)。

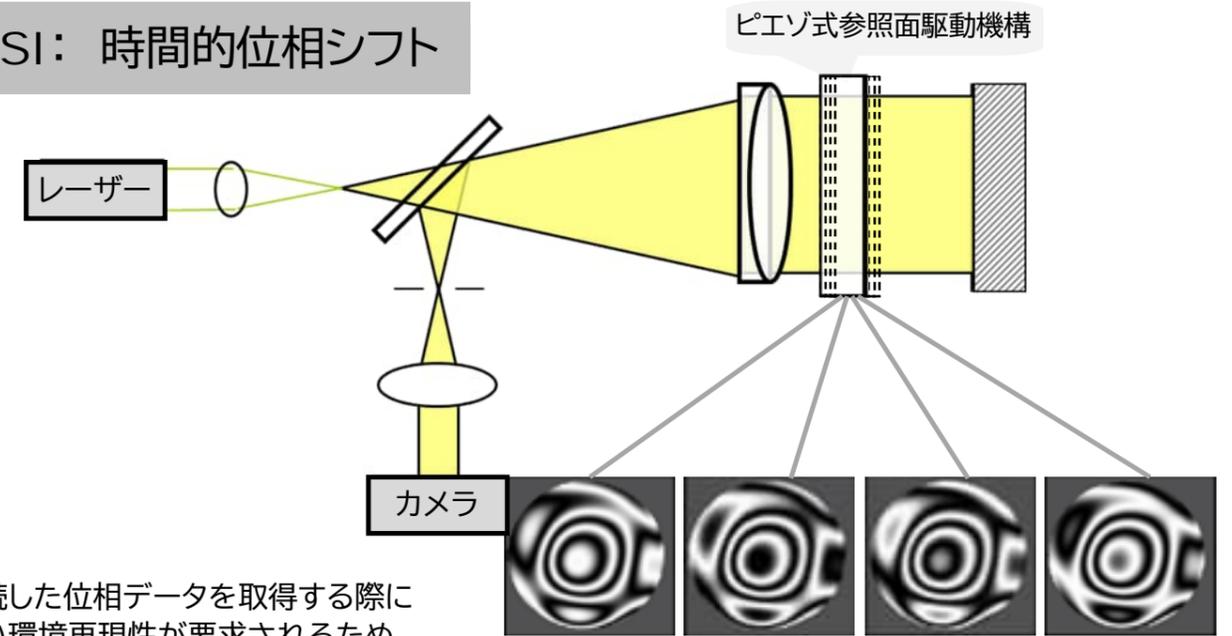
しかし、ごく素早いピエゾ微動であってもその評価には一定の時間経過を必要とするため、サンプルとの空間的距離が長い長焦点光学系など、安定的に干渉縞を取得できない場合には測定自体が困難である。

DPSI: Dynamic PSI 動的PSI

そこで4DTechnology社では以下に示す2つの方式のDPSIを採用することにより、振動や長焦点などの悪環境下に強い干渉計のシリーズを提供している。

Spatial Carrier Fringe方式はFizeau型にしか適用できないが、PhaseMask方式はTwyman=Green型と、特殊機能を有するFizeau型に採用され、更に対応範囲の拡張に役立っている

TPSI: 時間的位相シフト

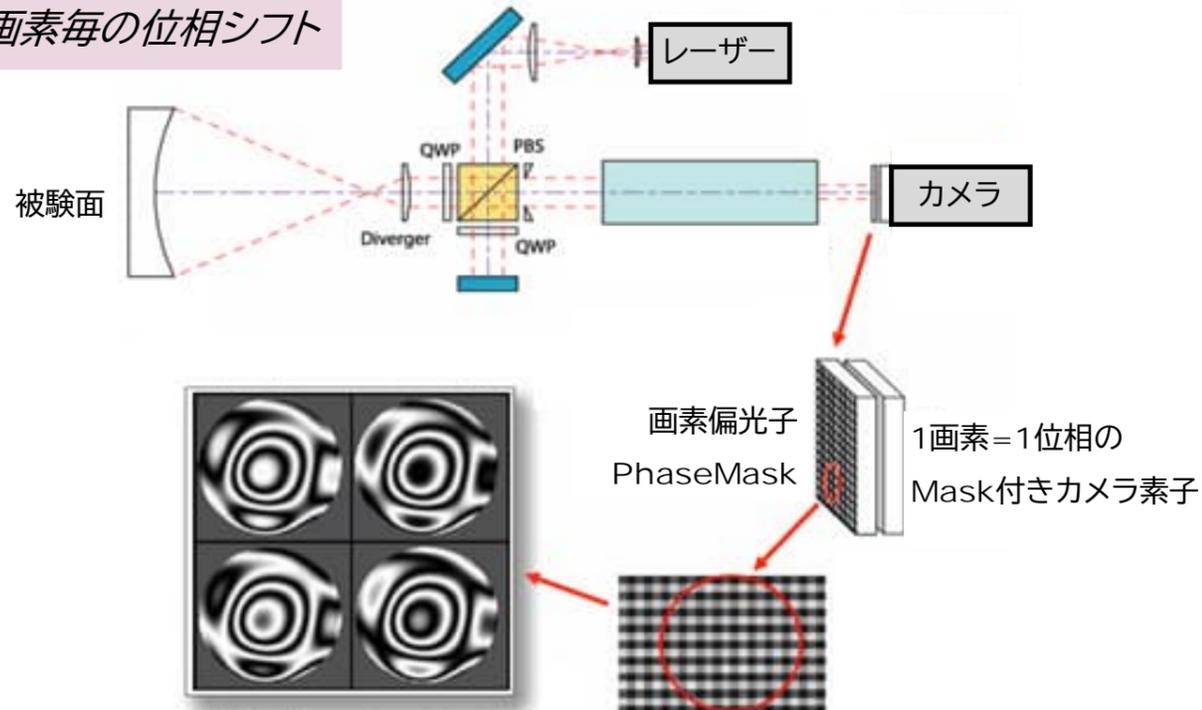


連続した位相データを取得する際に高い環境再現性が要求されるため、振動や大気ゆらぎなどが発生し易い環境では、“評価”以前にデータそのものを取得できない(=測定不能)

位相情報の取得に、時間経過を避けられない!

DPSI: PhaseMask方式 瞬時撮像位相シフト

画素毎の位相シフト

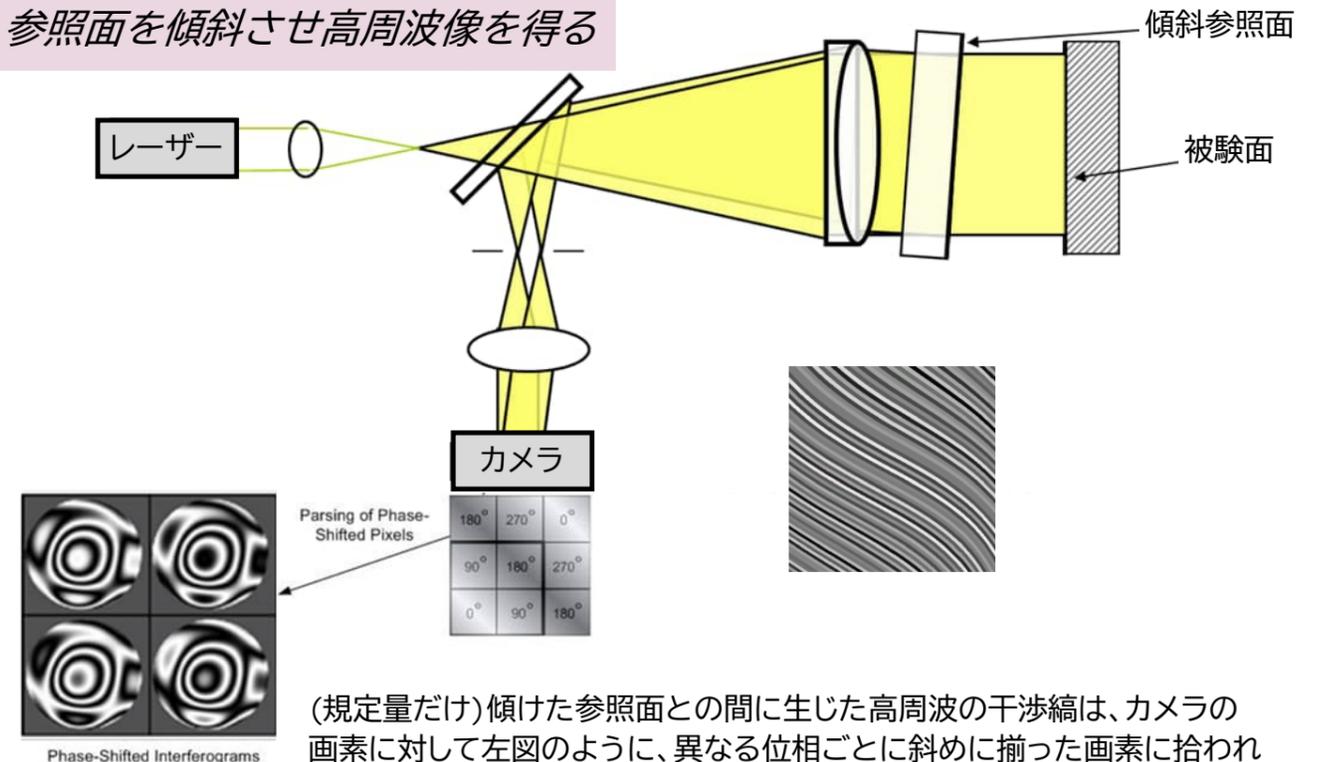


レーザを偏光ビームスプリッタ(PBS)によって異なる偏光状態の2光路に分割したうえで、画素毎に異なる位相を取得できるような偏光子を施したマスク(PhaseMask)に依って、 $0^\circ \cdot 90^\circ \cdot 180^\circ \cdot 270^\circ$ の4位相を同時に取得できる特殊なカメラを採用

重畳しながら隣接した4位相の組を解析に供すので、高解像度を維持したままの精密解析が可能

DPSI: Spatial Carrier Fringe方式 瞬時撮像位相シフト

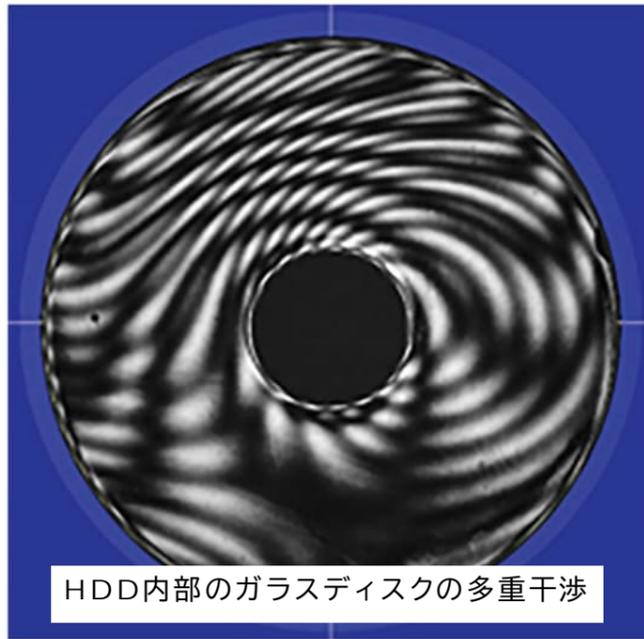
参照面を傾斜させ高周波像を得る



(規定量だけ)傾けた参照面との間に生じた高周波の干渉縞は、カメラの画素に対して左図のように、異なる位相ごとに斜めに揃った画素に拾われるようになっており、これらから1画素に対して3位相を同時に取得できる

同様に、重畳しながら隣接した3位相の組を評価し、高解像度を維持したままの精密解析が可能

SIS/Surface Isolation Source:被験面選択機能



HDD内部のガラスディスクの多重干渉

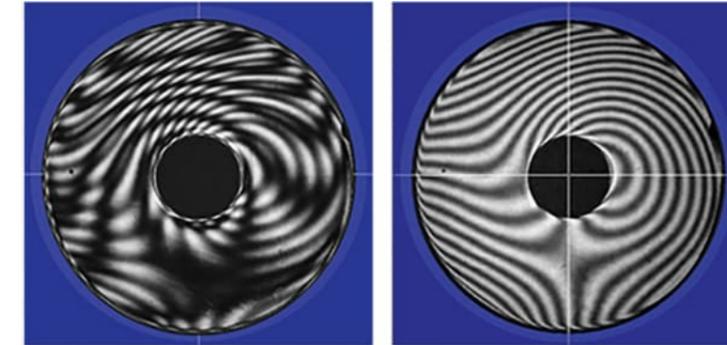
平行平板が干渉計測の評価対象の場合、表裏それぞれが干渉を発生して複雑な干渉縞を露呈することがある

このようなサンプルの表のみ・或いは裏のみの各面形状を評価したいとき、または表裏の光路差(厚みの差/TTV)を評価したいときにはこれらの干渉縞を区別して評価する必要があるが、一般的な干渉計に採用されている長コヒーレント長の光源(レーザー)では難しい。

→裏面に反射防止薬剤の塗布を施したり、裏面を粗面に加工したり、干渉計測ではない手法でTTVを評価したり、など

4D社のSIS(Surface Isolation Source:被験面選択機能)は、短コヒーレント長レーザーを用いて指定した距離にある2面のみの干渉評価を行うことが出来る機能

これにより、ディスク形状サンプルの表のみ・裏のみ・表裏対照(TTV)の評価を可能にする他、環境セル(真空チャンバや恒温槽など)の内部に置いたサンプルの環境依存変形をリアルタイムで外部から評価したり、複雑光学系の内部干渉を無視して評価したりなど、応用範囲は広い(応用例を10-11pに紹介)



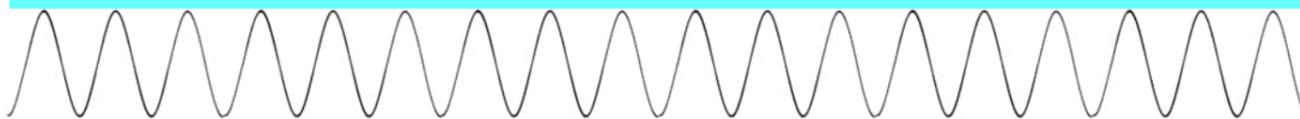
多重干渉サンプルに対し、SIS機能を有効にしたときの変化

SIS:被験面選択機能の原理

2つのキーポイント

- 短コヒーレント長のレーザーを採用(下↓)
- 2光路分岐と任意光路差の設定(右ページ→)

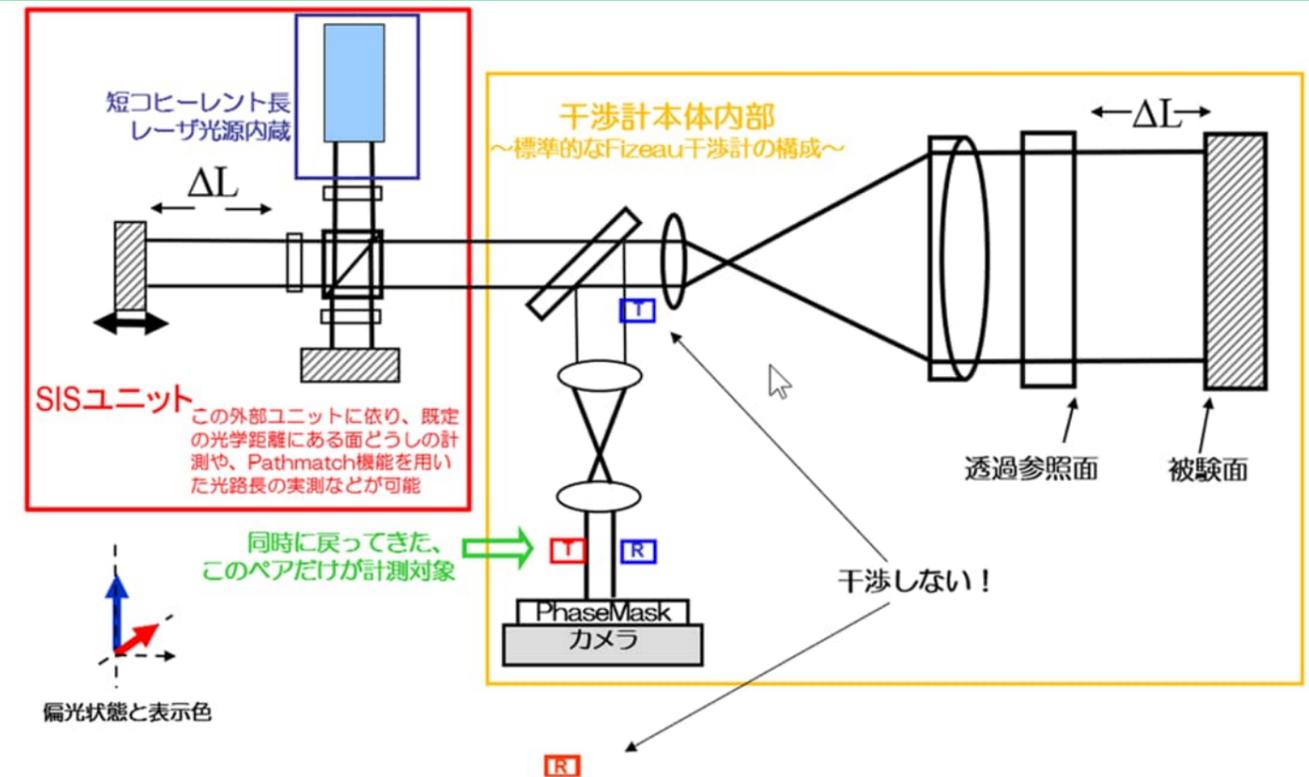
長コヒーレント長レーザー: 波形が安定し可干渉距離が長いため、ほぼどのような位相差でも干渉縞として観察画出来る



短コヒーレント長レーザー: ある程度は周期的であるが、波形が同じ状態である範囲が非常に短く、少しでも位相差があると干渉しない



- 短コヒーレント長のレーザーは可干渉領域が狭く、位相がずれた状態では干渉が生じない
- これを利用して、あえて2光路に分けた短コヒーレント長レーザーのビームに光路差を与え、それぞれの光路中で基準の面と被験面とで反射してきた光が、ちょうど同時にカメラに入る=干渉を得られる状態にすることで、与えた光路差と同じ位置関係にある面から以外の干渉を排して計測するもの
- 光路差を与えた2ビームにはそれぞれ直交する直線偏光状態も与えているため、カメラの直前に設置したλ/4波長板で回転偏光に変換した上で、各画素ごとに異なる位相の偏光子を透過することでようやく干渉結果が得られるように工夫している



- ◇上の図に於いて、PBS(偏光ビームスプリッター)を透過することで一つの短コヒーレントレーザーのビームを2光路に分け、またSISユニット内部で片方の光路にΔLだけ光路差を与えている また各々の光路では、偏光状態が異なる(赤と青で直交する直線偏光同士)
- ◇Fizeau干渉計に付属した透過参照面からの反射戻り光(RとR)と、被験面からの反射戻り光(TとT)のうち、それらの面の距離ΔLによって光路差が相殺されて戻ってきたTとRのみが短コヒーレントレーザーの可干渉範囲に収まるため、干渉縞が得られる
- ◇さらに光路差が開いてしまったRとTは可干渉範囲に入る相手が居ないため、計測には影響を及ぼさない

基本のFizeau型



安定化HeNeレーザ(633nm)を始めとして、緑色レーザ532nmのタイプや、近赤外(NIR~SWIR)の領域のタイプも存在する

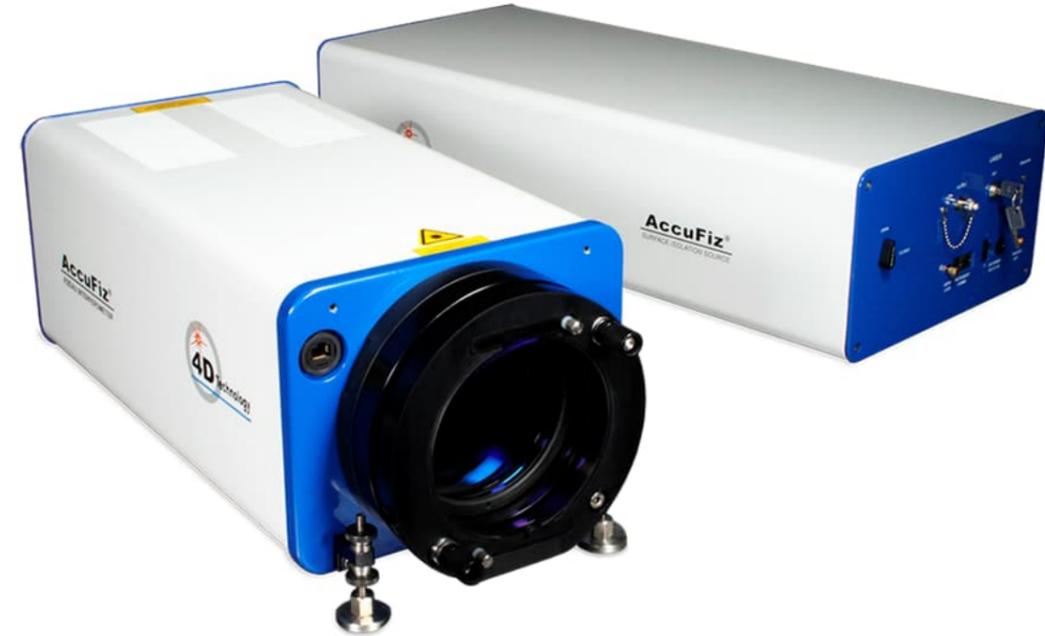
また標準で4in口径と6in口径の2機種を用意、それ以上の口径にはBeam Expanderなど多様な展開が可能

通常一般のピエゾ式TPSIの機能も有しつつ、Spatial Carrier Fringe方式のDPSIも搭載することができ、悪環境に強いFizeau干渉計として幅広く活用可能

可視領域: HeNe/633nm(4in、6in)、532nm(4inのみ)

赤外領域: 1053nm(4in、6in)、1064nm(4in、6in)、1550nm(4inのみ)

SIS機能搭載のAccuFiz-D、AccuFiz-DUO



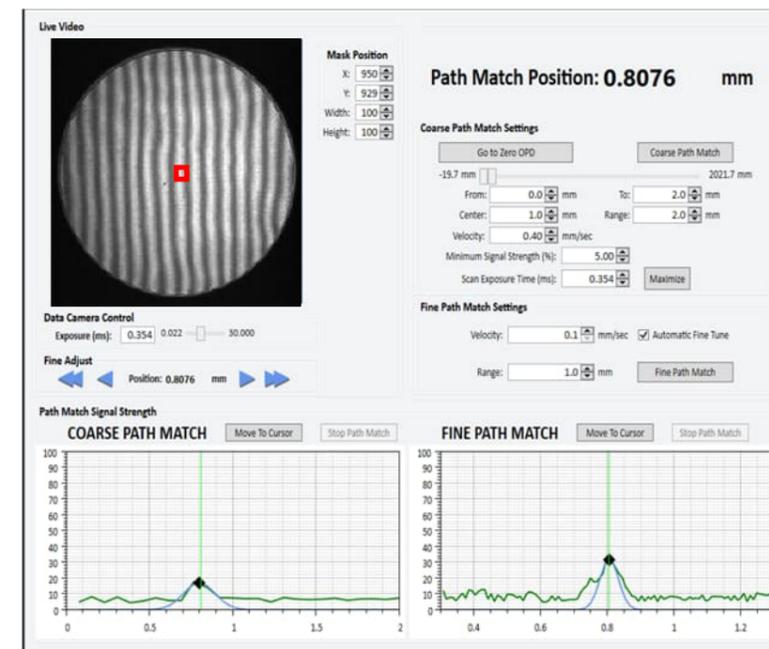
波長635~640nmの半導体レーザ(LD)を採用したSIS機能を最初から有するシリーズで、PhaseMask方式DPSIを採用している

どちらも4inおよび6inの口径があり、またどちらも0-500mm版と0-2000mm版のSIS機能の光路長調整範囲のオプションがある

AccuFiz-DUOはTPSIの機能も併用可能だが、AccuFiz-DはDPSIのみ

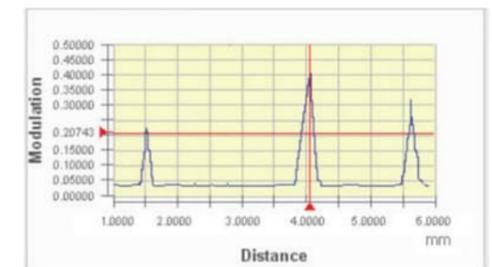
SIS機能のPC上での操作画面の例

AccuFiz-Dおよび-DUOの2機種は、PCソフトウェア上でSIS機能の操作ができるが、以下はその操作例



赤い四角の点でのコントラスト (Modulation値)をモニタして反射面位置をスキャンすることができるので、多面の干渉縞重畳があっても、右下キャプチャのようにすべての面の位置を把握して指定できる

またこれにより光学厚みの実測も可能



後付SISユニット

HeNeタイプおよび1053nmタイプの2機種にのみ用意されている、後付が出来るSIS機能のユニット

右ページのAccuFiz-DおよびAccuFiz-DUOとは異なり、光路距離調整は手動にてユニット上で行う(本体とはファイバで接続)

光路距離の調整範囲は100±12.5mm版か、500±50mm版の2種



型名		使用レーザ	画素数	TPSI機能	DPSI機能		SIS機能
口径4in版	口径6in版				SpatialCarrier Fringe方式	PhaseMask方式	
AccuFiz(無印) シリーズ							
E100S	E150S	安定化HeNe	1200x1200	○	○	-	後付可能 100±12.5mm版 あるいは 500±50mm版
H100S	H150S		3000x3000	○	○	-	
E100S-532nm	—	安定化532nm	1200x1200	○	○	-	-
E100S-1053nm	E150S-1053nm	安定化1053nm	2000x2000	○	○	-	後付可能 500±50mm版のみ
E100S-1064nm	E150S-1064nm	安定化1064nm	2000x2000	○	○	-	-
E100S-1550nm	—	安定化1550nm	1000x1000	○	○	-	-
AccuFiz-D シリーズ							
D100H-SIS500	D150H-SIS500	単コヒレント長 635-640nmLD	3000x3000	-	-	○	標準搭載 0-500mm版
D100H-SIS2000	D150H-SIS2000		3000x3000	-	-	○	標準搭載 0-2000mm版
AccuFiz-DUO シリーズ							
DUO100H-SIS500	DUO150H-SIS500	単コヒレント長 635-640nmLD	3000x3000	○(画素1/4)	-	○	標準搭載 0-500mm版
DUO100H-SIS2000	DUO150H-SIS2000		3000x3000	○(画素1/4)	-	○	標準搭載 0-2000mm版



縦置きスタンド



(共通バヨネットマウント)

5軸マウントと各種インタフェース

追加オプション紹介



(4in版AcF本体)

24in(600mm) Beam Expander

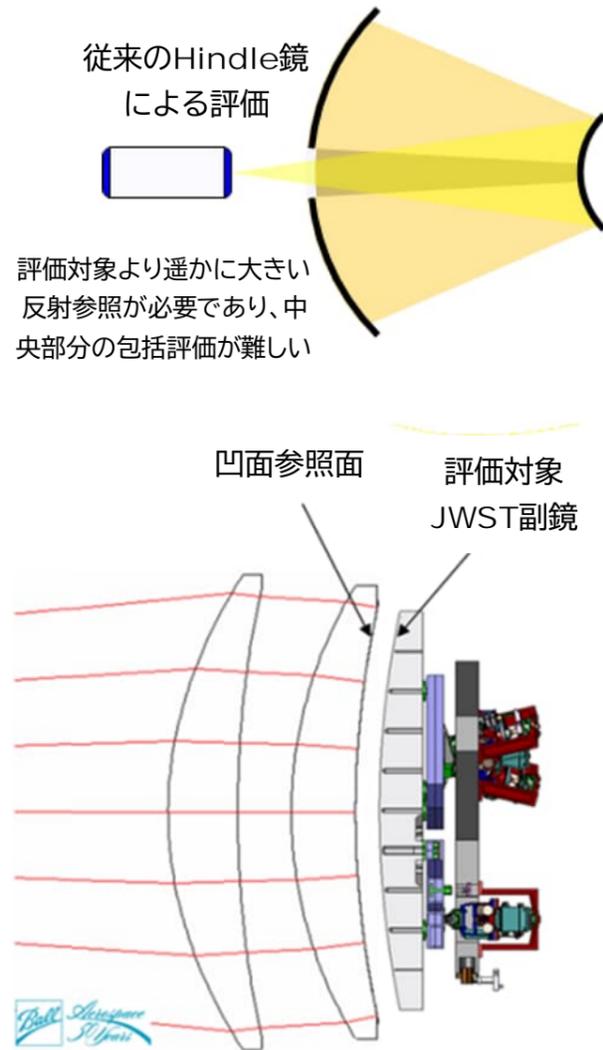
その他、異なる口径のBEもあります(8in、12in、18inなど)

応用事例紹介

SIS機能応用の事例-1

NASAが2022年に打ち上げに成功したJWST (James Webb Space Telescope) では、直径80cmもの大きさの副鏡の評価に、従来のHindle鏡(右図上)の採用ではなく、加工がしやすい凹面形状を採用した、有効直径も評価対象に近い透過参照球面を制作し(右図下)、その近接した2面の干渉縞のみをSIS機能で抽出することに依って達成した

これにより、制作も困難であって中心部の評価が難しい従来のHindle鏡式評価方法よりはるかに安価かつ正確に副鏡の評価・制作を行うことができた



評価対象より遥かに大きい反射参照が必要であり、中央部分の包括評価が難しい

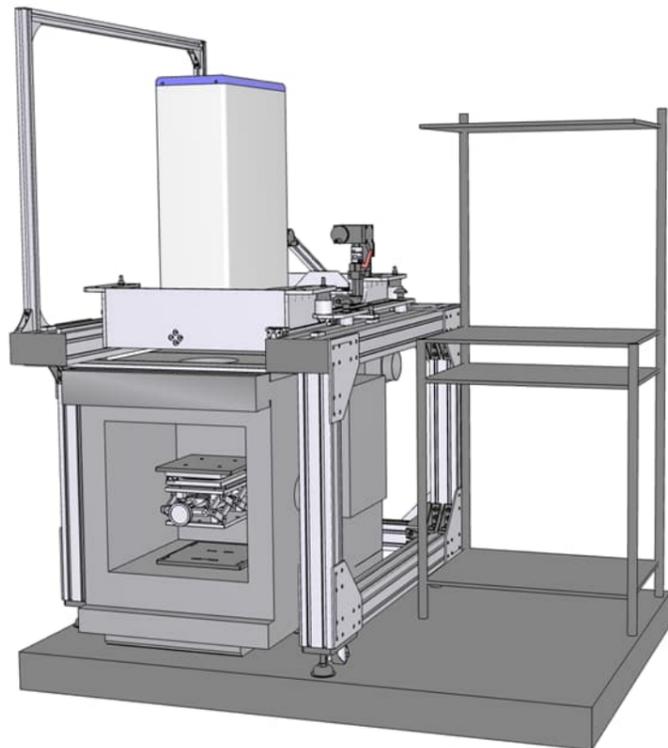
Figure courtesy of K. Smith, Ball Aerospace

SIS機能応用の事例-2

恒温槽内部に設けた実験機構にサンプルを置き、恒温槽の温度をゆっくり大きく変化させたときのサンプル形状の変化を観察したい、と云う目的に対して採用されたケース

恒温槽の外部から干渉計測を行うために、恒温槽の内外を隔絶する光学窓を透過して評価することを余儀なくされた

隔絶窓はサンプルと同じく水平設置をせねばならなかったため多重干渉が懸念されたが、SIS機能によってそれを無視して、外部参照面と内部サンプルの2面だけの干渉計測を行った



ギャラリー



上↑ NASA-JWSTの主鏡(凹面)を、4D社Twyman=Green干渉計(PhaseMask方式DPSIを採用)で評価しているところ

下↓ JWSTの実物大模型(主鏡直径は約6m、セグメント1枚が約1.6m)

