

製品総合カタログ

# 偏光装置 偏光素子

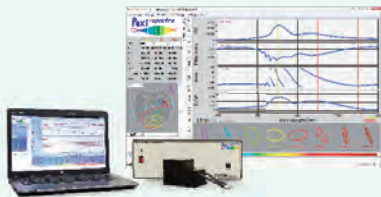
# 【用途別で探す】

## 光の偏光状態を測定

偏光素子からの透過・反射光、レーザーやランプの偏光状態や蛍光などの発光偏光評価の用途に。

▶ P.1

白色光の分光偏光測定  
分光ポラリメーター  
Poxi-spectra™



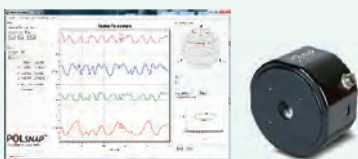
▶ P.21

超高感度偏光測定  
Dual PEM ポラリメーター  
Stokes Polarimeter



▶ P.23

小型、低価格ポラリメーター  
ストークスポラリメーター  
POLSNAP™

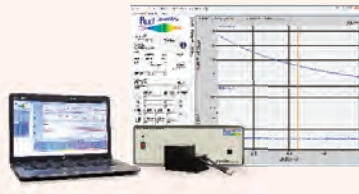


## 複屈折を測定

LCD用位相差フィルム、フォトマスク基板、結晶の複屈折分布や金属表面上のフィルムの複屈折測定の用途に。

▶ P.1

0nm~高複屈折の波長特性  
分光ポラリメーター  
Poxi-spectra™



▶ P.7

高解像度複屈折イメージング  
顕微複屈折イメージングシステム



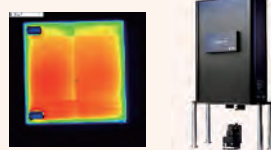
▶ P.11

1nm以下の高感度・高速マッピング  
高精度複屈折位相差測定装置



▶ P.19

反射による  
リタデーション分布測定  
顕微光学異方性測定装置  
2-MGEM



## ミューラー行列を測定

複雑な偏光特性を持つ試料の評価や複屈折、旋光性、2色性、偏光解消の偏光解析の用途に。

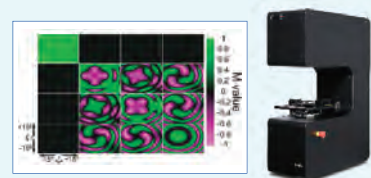
▶ P.1

分光ミューラー行列測定  
分光ポラリメーター  
Poxi-spectra™



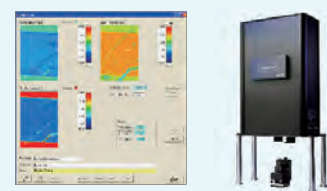
▶ P.17

高感度・高速マッピング  
ミューラー行列ポラリメーター  
Exicor® XT



▶ P.19

空間分解能5μm、反射測定  
顕微光学異方性測定装置  
2-MGEM



弊社にお問合せいただく主な用途で分類しています。その他のアプリケーションについてもご相談ください。

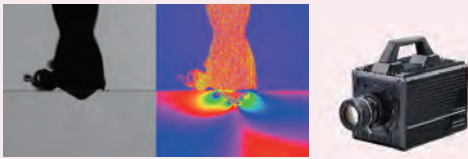
## 高速現象を測定

応力伝搬などによる偏光分布の用途に。

▶ P.9

最高155万枚/秒の超高速偏光カメラ  
偏光高速度カメラ

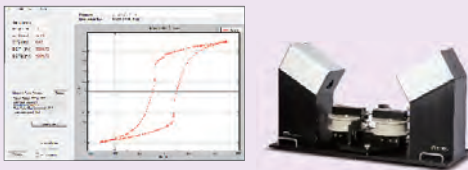
CRYSTA シリーズ



## 磁気光学カー効果を測定

▶ P.24

高感度MOKE測定  
MOKEヒステリシスループトレーサー



## 光学素子を使う

▶ P.25

光弾性変調器  
PEM



▶ P.29

偏光子、波長板、  
液晶素子



▶ P.30

特殊偏光素子



## 光の偏光状態

- 分光ポラリメーターPoxi-spectra™ ▶ P.1
- Dual PEMポラリメーター Stokes Polarimeter ▶ P.21
- ストークスポラリメーターPOLSNAP™ ▶ P.23

光の偏光状態

## 複屈折

- 分光ポラリメーターPoxi-spectra™ ▶ P.1
- 顕微複屈折イメージングシステム ▶ P.7
- 高精度複屈折位相差測定装置 ▶ P.11
- 顕微光学異方性測定装置2-MGEM ▶ P.19

複屈折

## ミューラー行列

- 分光ポラリメーターPoxi-spectra™ ▶ P.1
- ミューラー行列ポラリメーターExicor®XT ▶ P.17
- 顕微光学異方性測定装置2-MGEM ▶ P.19

ミューラー行列

## 高速現象

- 偏光高速度カメラ CRYSTA シリーズ ▶ P.9

高速現象

## 磁気光学カー効果

- MOKEヒステリシスループトレーサー ▶ P.24

磁気光学カー効果

## 光学素子

- 光弾性変調器PEM ▶ P.25
- 偏光子、波長板、液晶素子 ▶ P.29
- 特殊偏光素子 ▶ P.30

光学素子

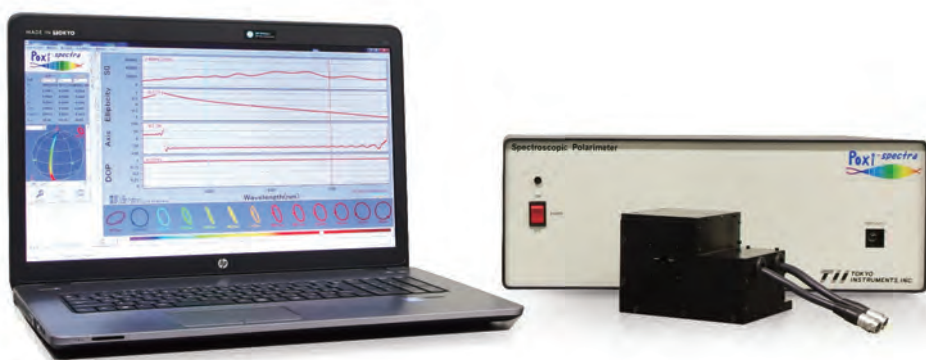
## 特注システム

- 偏光軸、消光比測定装置 ▶ P.31
- PEMを用いた装置構築とソフトウェア開発 ▶ P.31

特注システム

# 多機能、多用途に使えるポラリメーター 分光ポラリメーター Poxi-spectra™

分光ポラリメーターPoxi-spectra™は、波長400～800 nm（または900 nm）の可視域における各波長の偏光状態を測定するストークスポラリメーターです。試料の複屈折やミューラー行列測定、マッピング測定にも対応しており、販売開始以来、液晶テレビ、液晶プロジェクター、偏光光学素子、偏光光学系、結晶、生体試料、蛍光偏光など様々な偏光測定に広く利用されています。また、紫外～赤外域対応、顕微測定などの特注装置の実績もあります。



1台で様々な  
偏光測定に対応

## 装置校正不要

全波長で校正済み、すぐに測定を始められます。

## 高波長分解能2nm

分光器を搭載し、バンドパスフィルターを使わずに波長ごとの偏光状態を高精度に測定します。

## 発散、散乱光の測定が可能

平行光だけではなく、光源の発光や試料からの反射光、蛍光も簡単に測定できます。

## 使いやすいソフトウェア

使い勝手、結果の分かりやすさを考慮した設計です。測定結果はCSV(テキスト)形式で保存できます。また、日本語、英語表記を瞬時に切り換えられます。

## 1台で様々な偏光測定に対応

0nmから最大10万nmのリタレーション解析と、進相軸(遅相軸)の測定

複屈折

自動XYステージ  
による  
偏光特性分布

マッピング

ミューラー  
行列

偏光特性の  
高度な解析

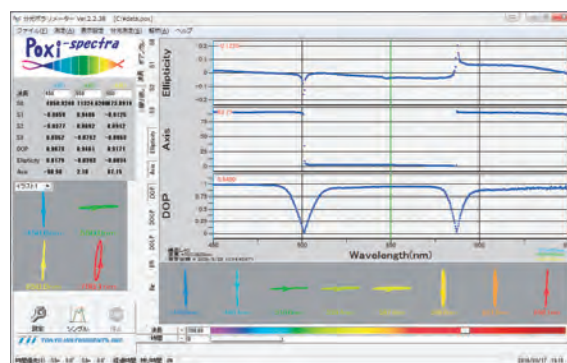
## 特注システム

Poxi-spectra™は、標準システムを基にした特注システムに対応します。紫外～赤外域のポラリメーター、微弱光に対応した高感度分光器や顕微鏡への搭載や特注ベンチの製作、解析ソフトウェアなどの実績があります。

## → 測定例

### 液晶プロジェクター投影光

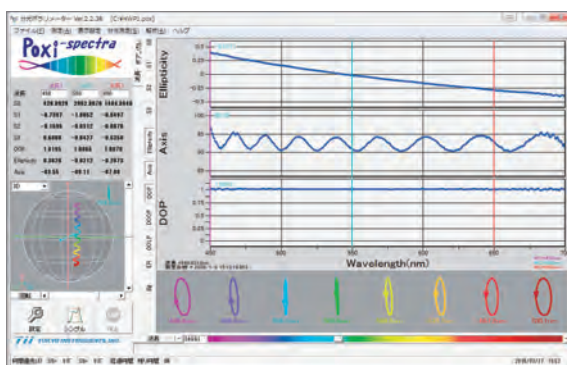
市販の液晶プロジェクターからの投影光を測定しました。スクリーンとなる位置に測定機ヘッドを設置し、白色画像を測定しました。各波長の偏光状態は、青と赤が垂直直線偏光、緑は水平直線偏光で、これは、プロジェクターに使用されている偏光ビームスプリッターの影響です。また、青、緑、赤色の光が重なる波長域は、偏光状態の異なる光が混ざっているため偏光度が低下しています。



【液晶プロジェクターの投影光】  
グラフは、上から楕円率、偏光軸、偏光度

### 波長板透過光

ゼロオーダー波長板の透過光を測定しました。入射光は複屈折によって偏光状態が変化しますが、変化の様子をよく見ると波長方向にうねりが見られます。これは、貼り合わせタイプの波長板に見られる現象で、貼り合わせ精度や結晶の不均一などが原因です。



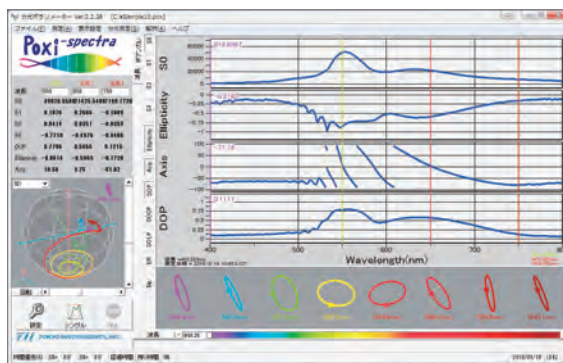
【波長板透過光】  
グラフは、上から楕円率、偏光軸、偏光度

### コガネムシの構造色

コガネムシはその表皮構造に特徴があり、観察する角度や入射偏光によって色が変化する構造色が見られることで知られています。コガネムシの標本を円偏光板を通して観察すると、右回り円偏光板の場合は黒く観察されます。ランダム偏光を入射して、反射光の偏光状態を測定すると、反射光の一部は左回りの楕円偏光になります。つまり、左円偏光の反射率が高いため、左および右円偏光板を通して観察すると色が変化します。



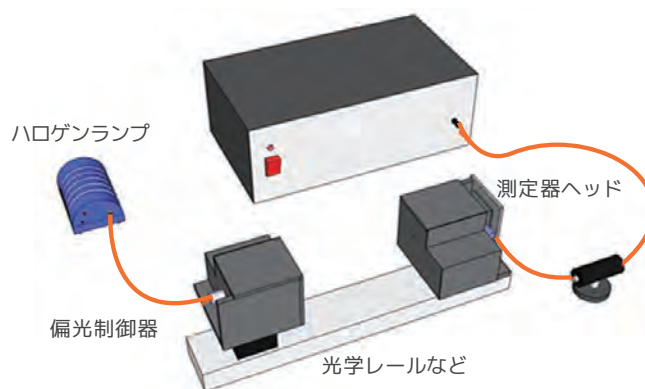
【コガネムシの標本】  
左は左回り円偏光板、  
右は右回り円偏光板を通して観察



【反射光の測定結果】  
グラフは、上から分光スペクトル(S0)、楕円率、偏光軸、偏光度

## → 偏光試料の高度な解析

Poxi-spectra™は、偏光制御器とソフトウェアを追加することで、試料の偏光特性を測定できます。偏光制御器と測定機ヘッドは、透過および反射配置で自由にレイアウトできるため、用途に合わせた測定機を構築できます。



### 主な偏光特性

- 直線二色性 …… 直線偏光の吸収
- 円二色性 …… 円偏光の吸収
- 直線複屈折 …… 位相のずれ(直線⇔円偏光)
- 旋光性 …… 直線偏光の回転
- 偏光解消 …… 偏光の崩れ

### 【複屈折、ミュラー行列測定配置例】

ハロゲンランプ、偏光制御器を追加し、試料に入射する偏光を切り換えます。測定した複数のストークスパラメーターを基に、複屈折などの偏光特性を求めます。

## 拡張機能1. 複屈折測定

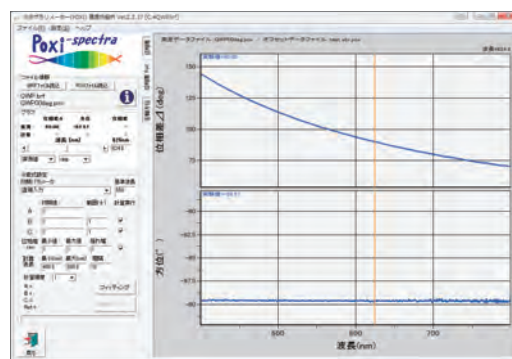
複屈折によるリタデーションと光学軸の分光特性を高精度に測定できます。フィッティング機能によって最大10万nmのリタデーション測定に対応し、LCDに用いられている超複屈折フィルムの測定ができます。さらに、厚み方向位相差(Rth)の計算機能も新たに追加しました。

### λ/4波長板の測定結果(設計波長633nm)

波長625nmでλ/4波長板として機能していますが、設計波長633nmと若干の誤差が認められます。

上段：リタデーション(度)

下段：進相軸



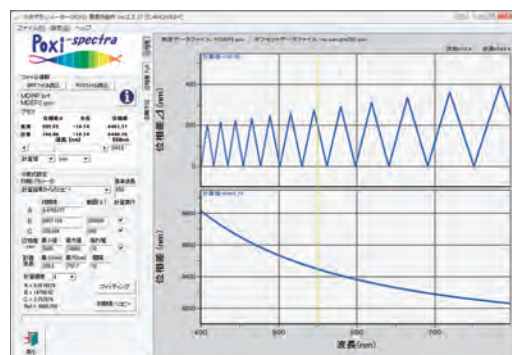
### 高次複屈折試料の測定結果

数千nmの大きなリタデーションは、分光データを活用して算出します。

上段：測定したリタデーション(nm)

下段：解析後のリタデーション(nm)

結果：8447nm@λ550nm



## 拡張機能2. ミューラー行列

複屈折、二色性、偏光解消といった偏光特性を評価できるミューラー行列測定が可能です。

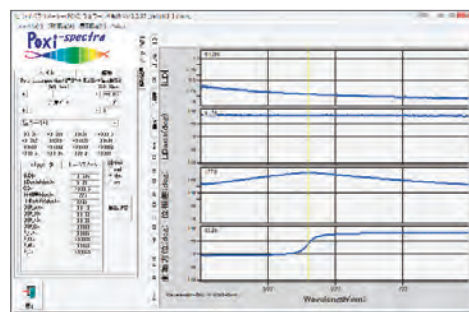
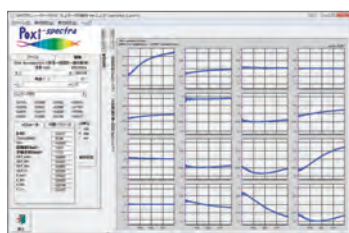
ミューラー行列測定によって、複数の偏光特性を持つ複雑な試料の特性を分離して評価可能になります。

このような測定は、従来の複屈折測定装置では不可能です。ソフトウェアには基本的な偏光特性の解析機能も搭載されています。

### 構造的複屈折試料のミューラー行列(左)と解析結果(右)

右グラフは上から直線二色性、透過軸、リタレーション、進相軸。

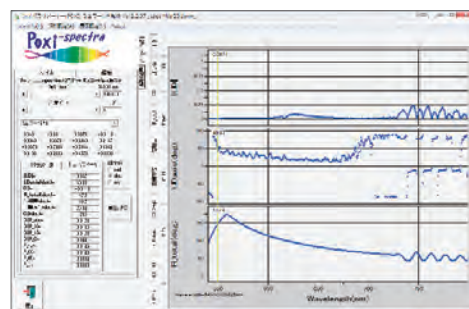
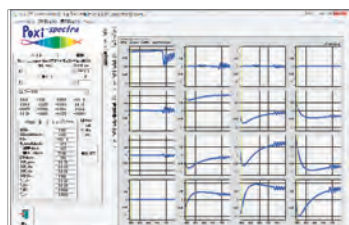
複屈折だけではなく直線二色性が認められます。



### エッジフィルター透過光(20度傾斜)のミューラー行列(左)と解析結果(右)

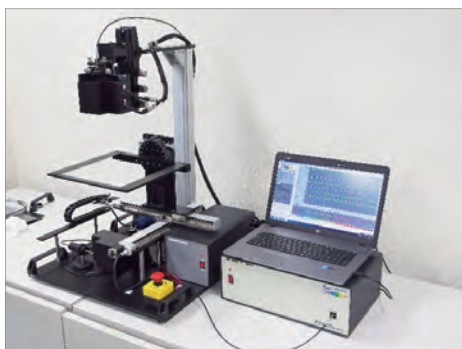
右グラフは上から直線二色性および透過軸方位、リタレーション。

短波長側のリタレーションが大きいことや、波長650nm以降は偏光特性が波長ごとに大きく変化していることが確認できます。



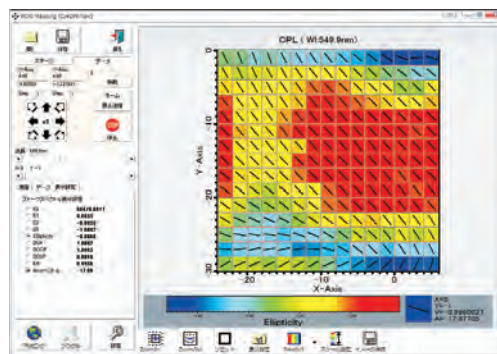
## 拡張機能3. マッピング測定

自動XYステージを使用した偏光分布測定が可能です。



【マッピング装置外観】

ストークスペクトル、複屈折、ミューラー行列のマッピングに対応、最大試料サイズ 270×270 mm



【円偏光フィルムの楕円率、偏光軸分布(波長550nm)】

円偏光フィルムの位相差ムラに起因する分布が認められます。

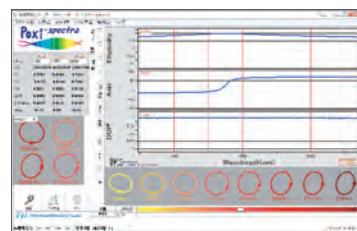


## 特注システム

Poxi-spectra™は、用途に合わせた様々な特注システムに対応しています。

### 紫外～赤外測定

波長230nm～2500nmの範囲であれば、分光ポリメーターを作成可能です。測定波長に最適な装置構成でご提案致します。



波長1500～2100nm測定例

### 微弱光測定

蛍光やラマン散乱といった微弱光は、一般的な小型分光器では検出が困難です。そこで、ANDOR Technology社の冷却検出器を搭載した分光器を採用することで、微弱光の偏光を精度よく測定できます。

右図は、Andor社冷却CCD検出器と小型分光器との組み合わせ



### 顕微測定

顕微鏡に搭載することで、スポット径数十μm以下における偏光測定が可能になります。

【オリンパス製顕微鏡搭載例】ミューラー行列測定が可能



### 測定ベンチ

用途に合わせた測定ベンチを提案致します。

【反射測定ベンチ】透過配置～5度反射測定に対応

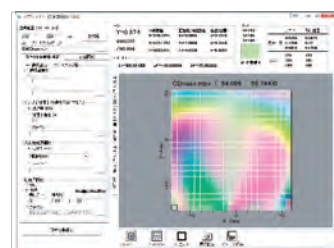


### 解析ソフトウェア

ご希望に合わせたソフトウェアをご提案致します。

【ストークスペクトルを用いた色解析】

測定したストークスペクトルマップのデータに対して、仮定した光源、検光子情報を入力することで、干渉色のシミュレーションをおこないます。



### 各種光学部品

- ・ハロゲンランプ
- ・コリメーターレンズ



試料測定用の光源とレンズ一式

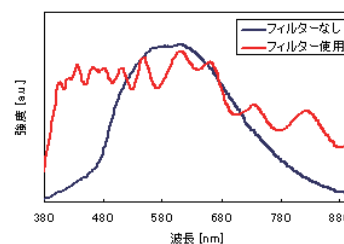
下記の光学部品は、標準装置に含まれています。

- ・手動光量アッテネーター

広波長域で測定光を均一に減光します。

- ・スペクトル補正フィルター

スペクトル形状を補正し、広波長域で安定した偏光測定を実現。





## → 標準装置構成

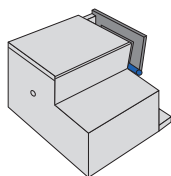


## → 仕様

### ■ 共通仕様

測定項目	ストークスパラメーターS0、S1、S2、S3 (S1～S3は規格化)
	楕円率(長短軸比)
	偏光軸
	偏光度(DOP、DOLP、DOCP)
	消光比
結果表示	グラフ表示(波長v.s.パラメーター)
	グラフ表示(繰返しv.s.パラメーター)
	ポアンカレ球表示
	イラスト表示
	露光過多、不足警告表示
測定機能	1回測定
	連続測定
	一時停止測定
	自動露光時間設定

### ■ 測定器ヘッド寸法



取付方法 (底面)	M4タップ4箇所(50mm□)
	M6タップ1箇所
寸法	130(W)×95(H)×123(L) mm (ケーブル、突起部含まず)
光軸高さ	54mm

### → ストークスパラメーター測定

測定波長範囲	400～800 nm
波長分解能	< 2 nm
波長データ数	約1500波長
最短測定時間	約6秒
高精度測定時間	> 20秒
測定精度*	< 2%
繰返し精度*	0.01@3σ(各ストークスパラメーター)
偏光軸基準精度	±0.2度(測定機ヘッド底面基準)
測定原理	回転位相子法、2重回転法

\*:波長532 nmでの性能

### → 複屈折測定

測定原理	2種類のストークスパラメーター測定による解析
測定波長分解能	ストークスペクトル測定に準ずる
測定時間	最短25秒、標準45秒以上
リタデーション 測定範囲	0～λ/2 nm 解析機能で最大10万 nm
進相軸測定範囲	±90度
繰返し精度	λ/360 nm以下(リタデーション)

### → ミュラー行列測定

測定原理	4種類のストークスパラメーター測定による解析
測定波長分解能	ストークスペクトル測定に準ずる
測定時間	最短50秒、標準100秒以上
繰返し精度	±0.01(ミュラー行列各要素)
解析結果	直線二色性、円二色性 直線複屈折、旋光性、偏光解消

# 高解像度な複屈折顕微鏡

## 顕微複屈折イメージングシステム

EXICOR® MICROIMAGER™

BIREFRINGENCE MEASUREMENT SYSTEM

品質評価、結晶解析  
生体組織観察の用途に

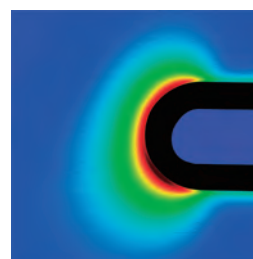
Exicor®MicroImager™は、試料の複屈折に起因するリタレーションおよび光学軸分布を400万画素の高解像度で自動測定する最新の装置です。広く利用されている偏光顕微鏡で複屈折試料を観察した場合、複屈折の定量化が困難であり、さらに数nmの低いリタレーション分布を高コントラストに観察することはできませんでした。Exicor®MicroImager™は、繰り返し精度0.6nm(3σ)を実現し、0~λ/2nmのリタレーション分布を高精度に測定します。また、最大4波長による測定結果を基に3500nmまでの大きなリタレーションも測定可能です。試料への照明は、斜入射光成分が少なく、定量評価に適した平行光照明を採用しています。



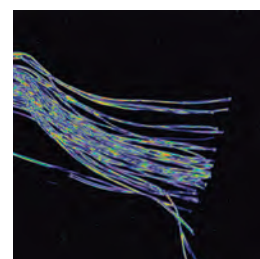
### → 測定例

#### 工業製品の評価

射出成型品などの品質管理、ガラス内部の応力解析、結晶の研究用途などに最適です。



携帯電話カバー  
リタレーション分布

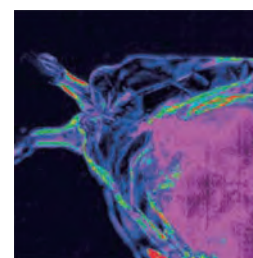


シルク繊維  
リタレーション分布

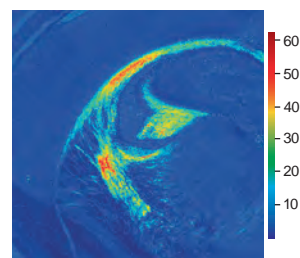
#### 生体組織の観察

高解像度カメラを採用したことで、生体組織の微細構造が僅かな複屈折の違いとして観察できます。

染色できない生体試料の観察にもご使用頂けます。



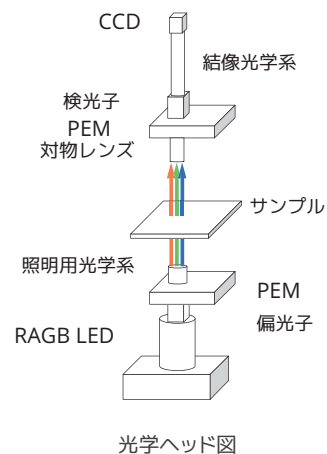
ショウジョウバエ  
リタレーション分布



マウスの脳切片  
(有髄白色部)

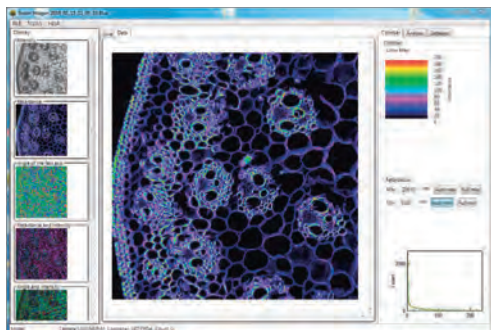
## → 測定原理

照明側と観察側に光弾性変調器（PEM）を配置し、照明光および試料透過光の偏光を制御します。しかし、PEMは特定の偏光状態で静止できず、このままで画像測定ができません。そこで、PEMが所定の状態になった瞬間だけLEDを点滅させ、複屈折測定に必要な偏光画像をCCDカメラで取得します。得られた複数の偏光画像から、リタデーションと光学軸分布を高精度に測定します。また、複数波長の測定結果を基に位相接続（アンラッピング）処理を施すことで、 $\lambda/2$  nm以上の大きなリタデーションの測定を実現しています。



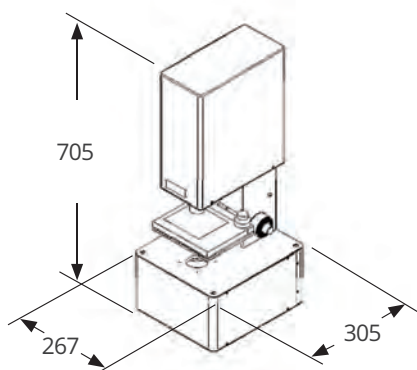
## → ソフトウェア・仕様

測定データは、ソフトウェア上にリタデーション分布、光学軸分布画像として表示します。指定した範囲の平均値などを求める解析機能、グラフ表示機能も搭載しています。測定結果は画像形式とCSV（テキスト）形式で保存できます。また、Matlabなどの市販ソフトウェアでバイナリファイルを開くことができます。



リタデーションや光学軸分布を色付けて表示します。  
(測定画像はとうもろこしの莖)

### ■ 寸法図



※この他に、PCを設置するスペースが必要です。

### ■ 仕様

測定中心波長	475 nm (Blue) 530 nm (Green) 590 nm (Amber) 630 nm (Red)	
リタデーション	測定範囲	0 ~ $\lambda/2$ nm
	高複屈折	~2400 nm (RGB システム)
		~3500 nm (RAGB システム)
	繰返し精度	$\leq 0.6$ nm (3 $\sigma$ )
分解能	0.01 nm	
進相軸	測定範囲	-90度 ~ +90度
	分解能	0.5度
測定時間	約7秒	
照明光学系	平行光照明	
CCD検出器	2048×2048ピクセル 12ビットダイナミックレンジ 冷却タイプ選択可能	
サンプルステージ移動量	75×56 mm	
対物レンズ	空間分解能( $\mu$ m)	視野(mm)
2倍	5	5.6×5.6
5倍	2	2.2×2.2
10倍	1	1.0×1.0
20倍	0.7	0.5×0.5

Photron

# 超高速偏光イメージング

## 偏光高速度カメラ

### CRYSTA シリーズ

世界最速、  
155万枚/秒

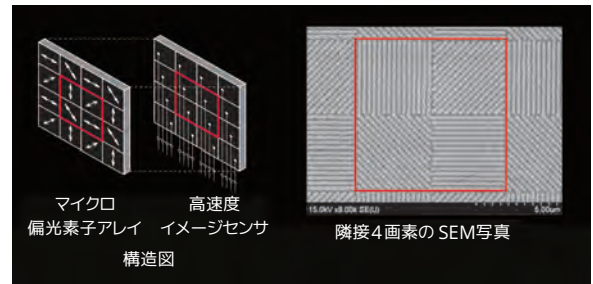


CRYSTAPI-1P

偏光高速度カメラ「CRYSTA」は、高速度カメラに「偏光」の概念を導入した画期的なカメラです。従来手法のように偏光素子を回転させて解析するのではなく、各画素に方位の異なるマイクロ偏光子を実装することで1枚の画像から偏光解析が可能になり、フルフレーム時7000枚/秒、最高155万枚/秒の偏光画像解析を実現しました。応力伝搬などの高速現象の観察、結晶成長やフィルム延伸時の動的変化、干渉計や膜厚計への組み込みなど様々な用途にご使用頂けます。

#### → コア技術「偏光高速度イメージセンサ」

フォトロン社とフォトニククラティス社が共同開発した、画素毎に方位の異なるフォトニック結晶型マイクロ偏光子アレイを実装したイメージセンサーにより、1度の露光で偏光計測に必要な光強度情報の取得が可能になりました。また、CRYSTA PI-5WPはより高度な偏光計測に適した、位相子を搭載しています。

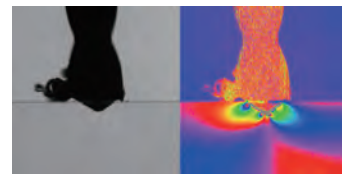


異なる偏光方位を測定する隣接4画素の光強度から偏光解析画像を取得します。

#### → 測定例

##### 穴あけ加工における応力分布

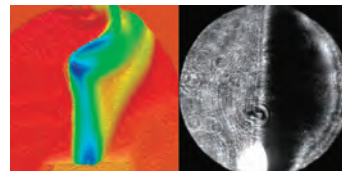
偏光高速度カメラによる観察によって、加工時に発生する被加工物内の歪み分布を可視化、定量化することができます。



左：高速度カメラ、右：偏光高速度カメラ

##### 透明流体(熱対流)の可視化

干渉計と組み合わせることで屈折率分布が明瞭に可視化可能です。屈折率勾配が小さい緩やかな流れを測定できます。



左：偏光高速度カメラ+干渉計、右：シュリーレン法

##### アクリル内部の内部応力伝搬

アクリルをハンマーで叩き、その衝撃がアクリル内部を伝搬する様子が撮影されています。130wfpsで撮影。



→ モデルラインナップ・仕様

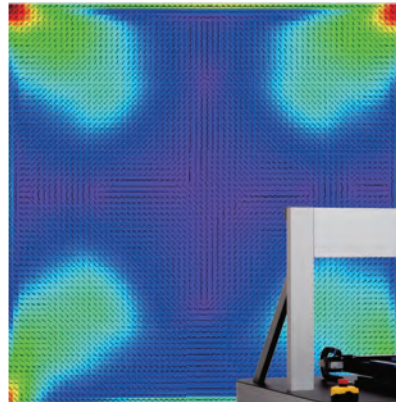
型名	CRYSTA PI-1P	CRYSTA PI-5WP
特長	<p>大学、研究機関向け 最先端カメラ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ フルフレーム時7000枚/秒</li> <li>■ 最高155万枚/秒</li> <li>■ カメラ内専用メモリへ直接記録</li> </ul> 	<p>物体認識、検査、OEM向け 偏光画像処理システム</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ フルフレーム時250枚/秒</li> <li>■ 最高1万枚/秒</li> <li>■ PCメモリへ直接記録</li> <li>■ 位相子+偏光子モデル</li> </ul> 
システムの特長	最速155万枚/秒の超高速偏光イメージング	PCメモリへのリアルタイム転送
撮像素子	偏光高速イメージセンサ	
偏光素子	直線偏光子	位相子+直線偏光子
偏光動作波長域	520～570nm	
隣接4画素の偏光素子構造	0°、45°、90°、135°	要問合せ
撮像素子/画素サイズ	20.48×20.48mm/20μm	要問合せ
バンドパスフィルター	なし	カメラ内部に搭載
最高有効画素数@ 偏光/白黒撮影時(画素)	1024×1024	848×680
最高フレームレート(全画素読出し)	7,000	250
最高撮影速度	1550000枚/秒	10000枚/秒
最短露光時間	369nsec	2893nsec
メモリサイズ	32GB	32GB(標準PCのメモリサイズ)
記録時間	2.98秒(7500FPS時)	11.46秒(250FPS時)
レンズマウント	Gタイプ(絞りリングなし) Fマウント /Cマウント	Cマウント
PC接続・制御インターフェイス	1000BASE-T	PCI Express
保存データ形式	RAW、BMP他	
SDKおよびサンプルソフト	標準付属言語:C/C++	
カメラ(ヘッド)動作環境温度	カメラ:0～40℃(結露無きこと)	
カメラ(ヘッド)動作環境湿度	カメラ:85%以下(結露無きこと)	カメラヘッド:80%以下(結露無きこと)
AC電源電圧	100V50～60Hz	
AC消費電力	130VA	600VA(PC、参考値)
DC電源電圧(カメラ本体)	20～36V	12V
DC消費電力(カメラ本体)	130VA	20VA
カメラ(ヘッド)外形寸法(W×H×D)	カメラ:153×165×243mm	カメラヘッド:74.4×74.5×62.35mm
カメラ(ヘッド)質量	カメラ:7.4kg	カメラヘッド:0.48kg
カメラヘッドケーブル長	—	5m、15m
トリガー方式	スタート、エンド、ランダム他	
外部同期	可能	

# 極低レベル複屈折測定

## 高精度複屈折位相差測定装置

**EXICOR®**  
BIREFRINGENCE MEASUREMENT SYSTEMS

Exicor はガラスの歪み検査やフィルムのリタデーション検査などで多数採用されている信頼性の高い複屈折測定装置です。測定性能は、リタデーションのノイズレベルが 0.01 nm 以下と非常に低く、1 ナノメートル以下のわずかなリタデーション分布を検出できる能力を有しています。従来装置では困難だった低リタデーション時の正確な進相軸方位測定が可能であり、わずかな残留歪みの作用方向を正確に判別できます。また、リタデーション測定値のリニアリティ誤差は 1% 以下であることが出荷前に検査済です。



1 nm 以下の  
高感度高速マッピング

Exicor300 AT



【上図の測定データ：低位相差サンプル測定例】

数nm以下のリタデーションおよび進相軸方位の分布が測定されている。  
表示範囲：0～4 nm。

### ⇒ 複雑な装置校正は不要

複屈折測定装置は、長期間の安定動作が必須とされていますが、Exicor は使用中に複雑な装置校正は必要ありません。測定前のオフセット校正も非常に簡単です。

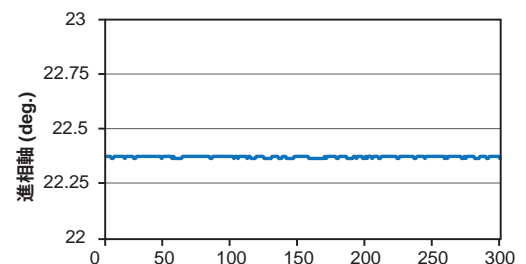
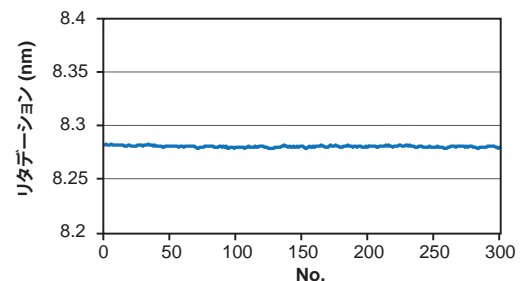
#### Exicor ATi(LED光源型) によるフィルムの測定結果

測定波長655 nm

リタデーション平均値 : 8.281 nm

リタデーション 3σ : 0.0024nm

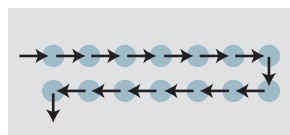
進相軸 3σ : 0.013度



## ⇒ Scan In Motion (SIM™) による高速マッピング測定

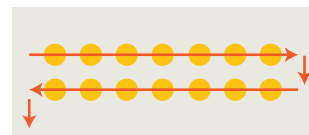
従来のマッピング測定は、ステージ移動と測定を繰り返すステップスキャン測定でした。そのため、測定点数が増えると測定時間が長くなる問題がありました。Exicorの“Scan In Motion(SIM™)”はステージを移動させながら測定をおこないます。SIM機能は測定精度の低下を最小限に抑え、最大100点/秒を実現しています。従来困難だった、低複屈折サンプルの高空間分解能マッピングを実現しています。

従来の測定方法の  
ステップスキャン測定



約3時間

スキャンインモーション測定  
ステージを移動させながら測定



約20分 測定完了

【上図：120mm□、1mmピッチで測定した場合の測定時間】

## ⇒ 用途に合わせた測定波長

ExicorはDUVからIRまでの広い波長範囲に対応し、測定サンプルに適した光源および波長を提案可能です。特にLDLS(レーザー励起白色光源)を採用したモデルは、DUV～VIS領域の測定を1台で実現します。

HeNeレーザー	標準光源
半導体レーザー、LED	フィルムなど干渉縞が発生しやすいサンプル用
LDLS光源	193nm、248nm DUV～VISの多波長測定
HeNeレーザー(NIR)	シリコンなどの可視光で不透明なサンプル用

## ⇒ Max View Stage など特注サンプルホルダー

HINDS社ではサンプルや用途に合わせた特注ホルダーを製作しています。その一つ、“Max View Stage”は、ワイヤー保持式のサンプルホルダーです。コーティングされたワイヤーはLCD用ガラスを傷つけることなく保持し、また開口部が広いので、SIM機能と合わせて高精細なマッピング結果が得られます。



【右図：MAX View Stage と厚みセンサー】

ステージ面はワイヤーで保持するため開口部が広く、ストレスなくサンプルを保持することができます。また、厚みセンサーを取り付けることで、複屈折 $\Delta n$ を正確に測定可能です。

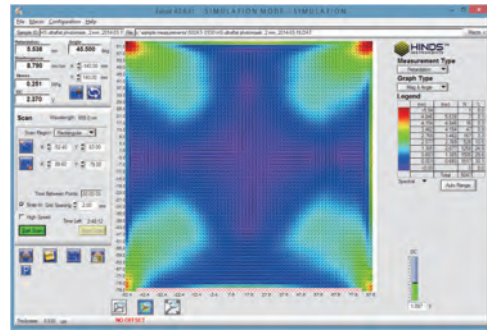
## ⇒ 様々な特注システムの実績

Exicorは用途に合わせた特注システムに対応します。例えば、ガラス厚みセンサーを追加すると、複屈折 $\Delta n$ を正確に測定することが可能になります。その他にも、大型サンプル測定、斜入射測定、光弾性係数測定などを構築可能です。また、モジュールタイプのシステムはSDKが付属しており、ユーザーによる装置制作が可能です。

## → ソフトウェア

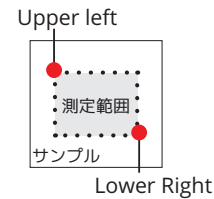
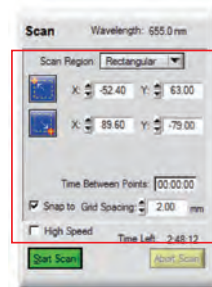
### 簡単操作

マッピングエリアの指定、測定結果の表示、表示方法の設定などは、すべてこの画面でおこないます。測定中も随時測定結果が更新され、また統計値も表示します。



### 簡単マッピング測定

マッピング範囲は、マウスやカーソルキーの操作で簡単に設定できます。あとは測定開始ボタンを押すだけです。また、四角形や円形以外の複雑な形状は、マクロ(テキスト)ファイルによる指定で対応します。



四角形エリアの測定は、コーナー2点の座標を登録します。

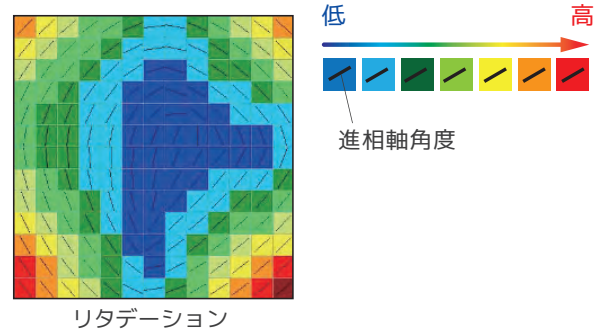
### ひと目でリタデーション分布を確認

測定結果はリタデーションをカラーグラデーションで表示し、進相軸角度は線(ベクトル)で表示します。リタデーションと進相軸角度の分布がひと目でわかります。

【右図：測定サンプル結果表示例】

リタデーション表示：0～4 mm

カラーグラデーションは、任意のパレットに切り換えることができます。



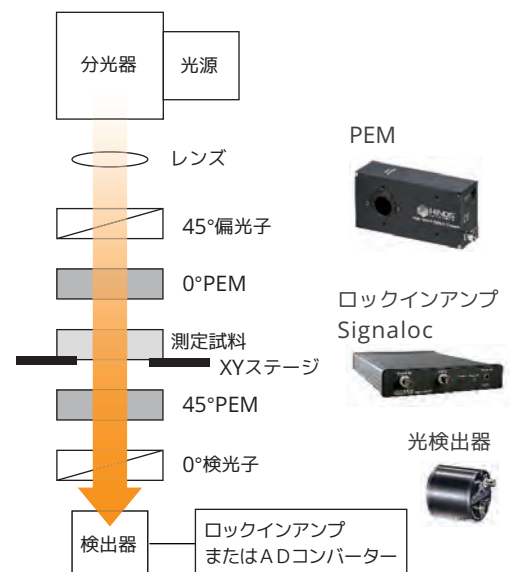
リタデーション

## → 測定原理

Excior が高精度に複屈折測定できる理由は光弾性変調器 (PEM) を採用しているからです。PEM は周期的に変化する複屈折によって入射偏光を変調する偏光素子で、50 kHz で偏光変調された光をサンプルに入射し、さらに 60 kHz で動作する PEM で変調します。その結果、検光子透過光の強度信号は複雑な波形になりますが、さらに試料の複屈折によって波形は変化します。そこで、フーリエ変換またはロックインアンプによる周波数解析によって、信号の直流成分と特定の高周波成分の振幅と位相を計測し、試料のリタデーションと進相軸を求めます。Excior は信号解析器に専用のロックインアンプ 'Signaloc™' を採用し、短時間かつ高精度に複屈折を測定します。

【右図：デュアル PEM 型装置の構成例】

Excior の高精度測定を支える PEM やロックインアンプは、HINDS社が開発しています。

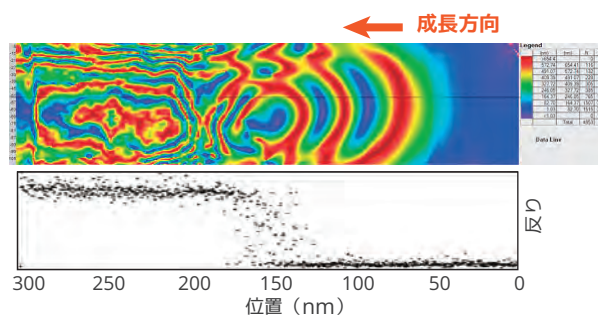




## → 測定例

### シリコンインゴットの歪み測定

シリコンウェーハの平坦度は、ウェーハに切り出す前のシリコンインゴットの残留歪みの影響を受けると言われています。シリコンは近赤外光が透過するため、NIRExicorによる複屈折測定が可能です。右図の結果は、成長方向から離れるに従ってインゴット中の残留歪みが大きくなっていることを表しています。縞模様に見えるのは、リタレーションが装置の測定上限である $\lambda/2$ を超えていることを示しています。また、切り出した各ウェーハの反りと比較すると、残留応力が0.5 MPaを超えるとの反りが大きくなることが確認されました。



【上図：NIRExicorによるシリコンインゴットの測定結果】

測定波長：1550 nm、インゴットサイズ：156×156、長さ300 mmを側面から測定

上段：シリコンインゴットのリタレーション分布

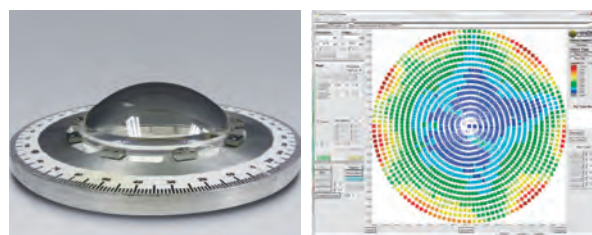
高次複屈折が確認されている

下段：切り出した各ウェーハの反り

インゴットの歪みが大きいと切り出したウェーハの反りも大きい

### 球面レンズの複屈折分布

ExicorOIAは、平行平板や球面レンズに対して斜入射測定可能な装置です。従来、球面レンズの複屈折分布測定は液浸法などが主流ですが、この方法では複屈折の入射角度特性は測定できず、露光装置用のレンズの開発や評価には十分とは言えませんでした。ExicorOIAのソフトウェアはレイトレース機能を搭載し、測定機はサンプル内の光線角度を常に一定に保ちながら測定します。



【上図：球面レンズの斜入射測定結果】

左：球面レンズ 右：ExicorOIA(波長193 nm)測定

## → アクセサリ

用途に合わせてサンプルホルダーやリファレンスサンプルを用意します。

### ・リファレンスサンプル

装置動作確認に使用します。様々なリタレーションを用意できます。



### ・傾斜、回転用ホルダー

サンプルを傾斜、回転させるためのホルダーです。



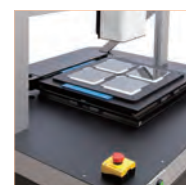
### ・円形サンプル用ホルダー

バーをスライドさせて、任意サイズのサンプルを3点保持します。



### ・複数サンプル用ホルダー

マクロ機能などと合わせて、1度に複数のサンプルを測定できます。



## ⇒ Exicor ラインナップ

### Exicor AT シリーズ

Exicor AT シリーズは、Exicor シリーズのスタンダード装置です。サンプルステージのサイズごとに異なるモデルナンバーが与えられ、標準仕様で 150～500mm 口をラインナップしています。測定光源は HeNe レーザーの他に、レーザーダイオードや LED 光源が選択可能です。リタレーション測定範囲は  $\lambda/4$  未満、または  $\lambda/2$  のどちらかになります。また分光器を搭載した多波長モデルもあります。



Exicor 150AT

Exicor 300AT

#### ■ 仕様

製品名	Exicor AT (高感度型)	Exicor AT ( $\lambda/2$ 型)	Exicor ATi	NIR Exicor AT
光源	HeNe レーザー		LED	HeNe レーザー
波長	632.8 nm		655 nm 等	1310 nm、1550 nm
位相差測定範囲	0.005～100 nm 以上	0.005～300 nm 以上		
位相差分解能	0.001 nm			お問い合わせください
位相差繰返し精度	$\pm 0.008$ nm	$\pm 0.015$ nm	$\pm 0.01$ nm	
進相軸分解能	0.01 度			
進相軸繰返し精度	$\pm 0.05$ 度@5 nm	$\pm 0.07$ 度@5 nm	$\pm 0.1$ 度@5 nm	
測定スポット径	1 mm		3 mm	1 mm
測定時間	< 1 秒 / 点			
Scan In Motion 追加	最速 100 点 / 秒			

\* 仕様は装置構成によって変わります。

### Exicor DUV

Exicor DUV は露光装置用マスク基板などの検査に使用されています。測定波長は 193 nm、248 nm と、特注で 157 nm に対応します。LDLS 光源タイプは、その他の波長にも対応し、DUV～VIS 領域で測定可能です。

#### ■ 仕様

製品名	Exicor DUV	Exicor 193 DUV
光源	重水素ランプ	LDLS 光源
波長	157 nm、193 nm、248 nm	193 nm、248 nm、その他
位相差測定範囲	0～ $\lambda/2$ nm	
位相差分解能	0.01 nm	
位相差繰返し精度	$\pm 0.08$ nm	$\pm 0.04$ nm
進相軸分解能	0.01 度	
進相軸繰返し精度	$\pm 0.05$ 度@5 nm	
測定スポット径	3～5 mm	
測定時間	2 秒 / 点	
窒素パージ	必要 (157 nm 測定時)	不要
排気設備	必要	必要 (オゾン排気用)

\* 仕様は装置構成によって変わります。



Exicor 193 DUV

## Exicor GEN シリーズ

Exicor GEN シリーズは、FPD用の大型ガラス基板用の装置です。ガラスを設置するためのステージ傾斜機能、測定範囲を広く得られるワイヤー保持式サンプルホルダー “Max View Stage” を採用しています。SIM機能で短時間に大型ガラスをマッピングすることが可能です。また、測定中は測定機モジュールがXY方向に動くため、従来機に比べて設置面積が小さくなっています。



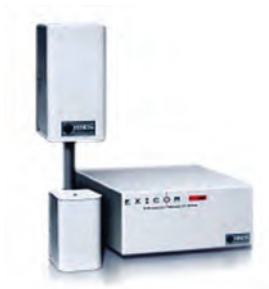
Exicor GEN6

## Exicor OIA



Exicor OIA は、平行平板または球面レンズを任意の入射角度で測定する装置です。測定器モジュール部は最大50度まで傾斜します。サンプルホルダーはXYおよび回転ステージ上に設置されており、球面レンズを回転させながら斜入射測定をおこないます。また、側面方向にも測定器を搭載可能で、厚みのある直方体または円筒形状サンプルの側面測定にも対応しています。測定波長、サンプルサイズなど、カスタマイズ対応します。

## Exicor MT



ステージが不要であったり、既存のステージに取り付けたいという要望にこたえるため、測定機モジュールのみの販売もしています。SDKが付属しているので、外部ソフトウェアから測定機を制御できます。

## 特注システム

Exicorはソフトウェア、ハードウェア共に様々な特注システムに柔軟に対応します。

- ・サンプルホルダー
- ・サンプル加熱
- ・微小スポット測定
- ・カスタムユーザーインターフェイス
- ・リモートコントロール
- ・反射マッピング測定
- ・複屈折以外の偏光特性評価
- ・光弾性係数測定
- ・測定波長など

# 最高感度のミュラー行列測定性能

## ミュラー行列ポラリメーター Exicor®XT



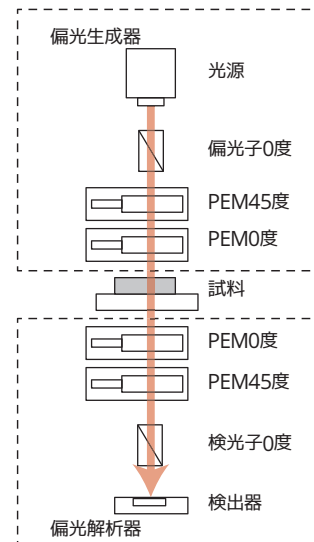
最新の  
偏光特性評価装置

Exicor® 150XT

Exicor®XTは、ミュラー行列の16要素全てを瞬時に測定します。ミュラー行列から以下の偏光特性を解析可能です。

- 直線複屈折(LB)
- 円二色性(CD)
- 円複屈折(CB)
- 偏光解消
- 直線二色性(LD)

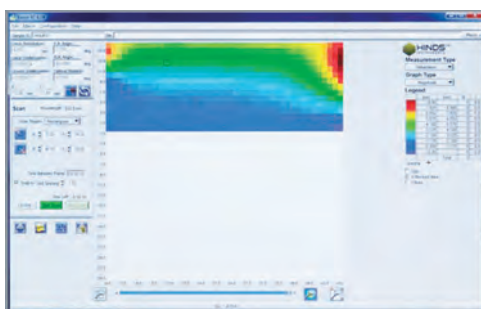
Exicor®XTは、複屈折測定装置Exicor®シリーズでも使用されている光弾性変調器 (PEM) を採用し、圧倒的な高感度偏光測定と最大100Hzの測定速度を実現しています。試料をXYステージに置き、ステージを走査して偏光特性分布をマッピングします。ソフトウェアはミュラー行列のRAWデータおよび解析によって得られた各種偏光特性分布を表示します。



【上図:Exicor XTの光学系レイアウト】

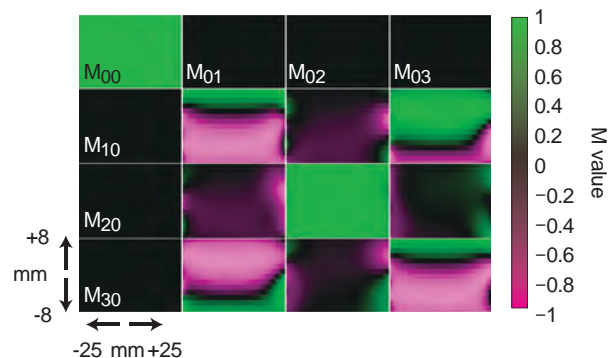
4台のPEMを採用して短時間測定を実現しています。

### → ソフトウェア



マッピングの設定などをおこないます。  
また、表示する偏光特性を選択し、分布を表示します。

### → ミュラー行列RAWデータ例

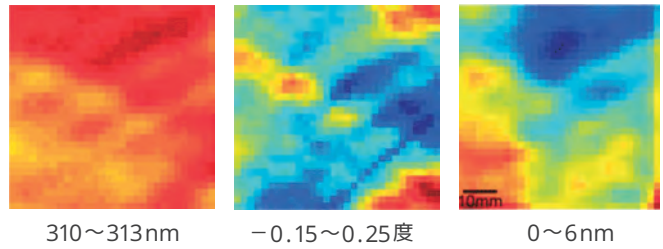


マッピングをした場合、  
16要素それぞれがイメージになります。

## → 測定例

### アクロマティック位相差フィルム

アクロマティック位相差フィルムは、広い波長範囲で $\lambda/2$ などの波長板として機能する特殊な位相差フィルムです。ミューラー行列から直線複屈折 (LB) および円複屈折 (CB) を求めたところ、LB にわずかなムラが見られます。また、微小ながら円複屈折分布も確認できます。このようにミューラー行列を測定することで、複数の偏光特性を同時に解析可能になります。

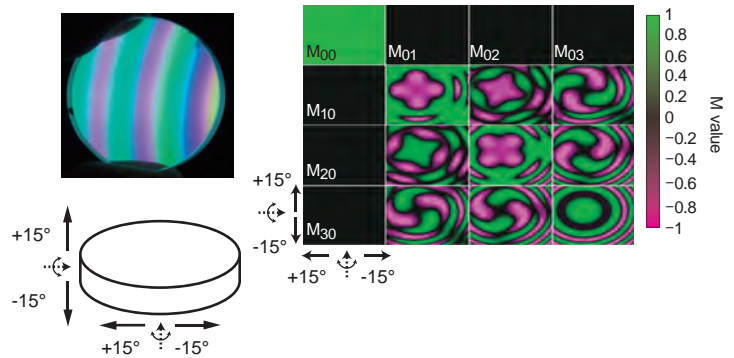


【位相差フィルム測定例(波長633nm)】

左：直線複屈折のリタレーション分布      中：進相軸方位  
右：円複屈折分布

### 水晶の複屈折

C軸カットの水晶板は、入射角度を変えると複屈折が増加します。図は水晶板を $\pm 15$ 度の範囲で傾斜させて測定したミューラー行列の結果です。このミューラー行列から、直線複屈折や円複屈折などの偏光特性への分離などの解析をおこないます。



【C軸カット水晶のミューラー行列(波長633nm)】

## → 仕様

測定波長	632.8nm (180~2500nm範囲の波長に対応可能)	
スポットサイズ	~1mm	
PEM変調周波数	42、47、50、60kHz	
信号解析	波形取り込みカードによる フーリエ変換方式	
ステージサイズ	150mm×150mm (500mmなどのサイズに対応可能)	
複屈折位相差	測定範囲 繰返し精度	0~ $\lambda/2$ $\pm 0.03$ nm または 1%
複屈折進相軸	測定範囲 繰返し精度	$\pm 90$ 度 $\pm 0.05$ 度@5nm
旋光性	測定範囲 繰返し精度	$\pm 90$ 度 $\pm 0.05$ 度
線二色性	測定範囲 繰返し精度	$\pm 1$ $\pm 0.001$ または 1%
線二色性透過軸	測定範囲 繰返し精度	$\pm 90$ 度 0.1度
円二色性	測定範囲 繰返し精度	$\pm 1$ $\pm 0.001$

ミューラー行列測定感度

各要素の測定感度は異なります。

0.0001	0.0002	0.0001	0.0001
0.0002	0.0001	0.0010	0.0001
0.0001	0.0005	0.0010	0.0001
0.0010	0.0001	0.0002	0.0010



Exicor® 500XT

\* 測定性能は測定波長などによって異なります。

# 反射による光学異方性の測定

## 顕微光学異方性測定装置

### 2-MGEM

微小領域の反射測定

様々な偏光特性を含む部分ミューラー行列測定により、リタレーション、光学軸方位はもちろん、以下の偏光特性を求めることができます。

#### 主な偏光特性

- 直線二色性…………… 直線偏光の吸収
- 円二色性…………… 円偏光の吸収
- 直線複屈折…………… 位相のずれ(直線⇄円偏光)
- 旋光性…………… 直線偏光の回転
- 偏光解消…………… 偏光の崩れ



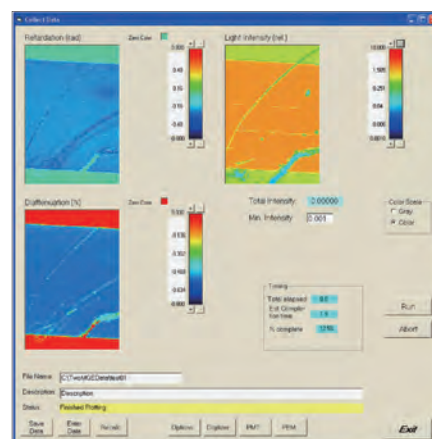
#### ⇒ 垂直反射、微小スポットサイズ

従来の偏光測定は透過測定が主で、反射測定はエリプソメーターのような角度の大きい斜入射測定が主流です。2-MGEMは入射角度5度以下の垂直反射を実現しています。また、対物レンズによってスポット径は5μmにまで集光されます。自動XYステージと組み合わせて微小領域の偏光特性マッピングが可能です。

#### ⇒ 従来装置10倍以上の高感度

偏光変調素子には、高精度偏光測定に定評のある光弾性変調器 (PEM) を採用。従来の回転検光子法による顕微測定と比較して10倍の測定感度を達成。各測定パラメーター精度は0.001です。

#### ⇒ ソフトウェア



【HOPG\*表面のマッピングデータを表示(一部)】

\*高配向性結晶黒鉛

画面右上: 光強度分布

画面左上: リタレーション分布

画面左下: 直線2色性分布

## → 測定例

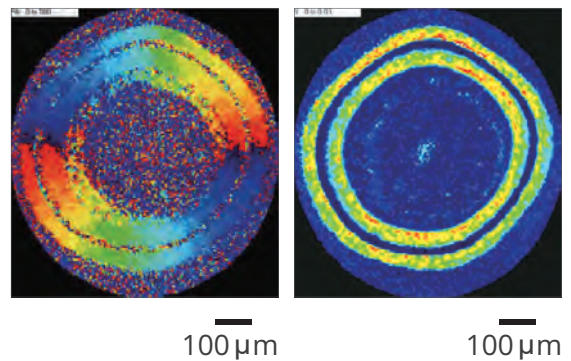
### 原子力被覆粒子燃料の直線2色性と光学軸分布

燃料粒子を薄くスライスし、断面を測定

左図：消光比分布

右図：光学軸分布

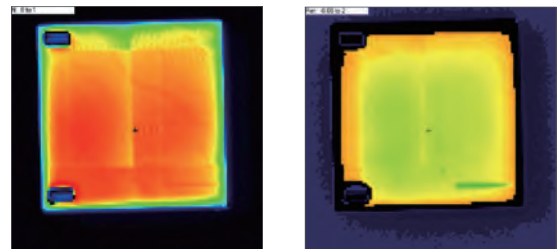
異方性の高いグラファイト層と異方性の小さいアモルファスカーボン層が識別できている。



### 回析格子のマッピング測定結果

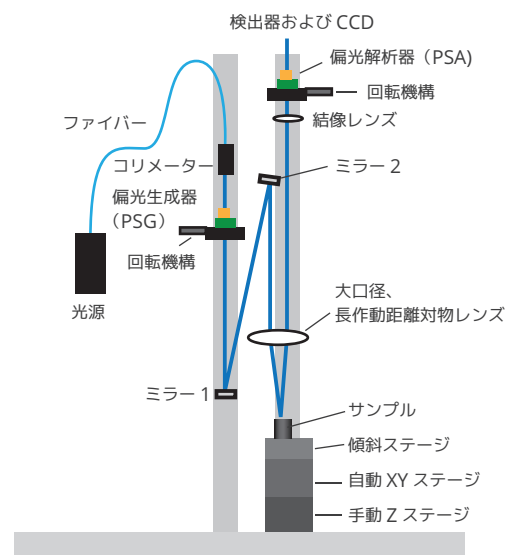
左図：リタレーション分布

右図：直線2色性分布



## → 測定原理・仕様

2-MGEM は、試料への入射偏光を変調する PSG部と、試料からの反射光を変調する PSA部で構成されており、それぞれに光弾性変調器 (PEM) が搭載されています。この2台の PEM で変調された信号から試料のミューラー行列要素の一部を測定し、光学異方性を求めます。入射角度は5度以下で、ほぼ垂直反射になっています。マッピングは自動XYステージをソフトウェアで制御しながらおこないます。測定位置は CCDカメラで観察しながら調整します。



### ■仕様

動作モード	反射測定
空間分解能	5 μm
測定パラメーター精度	0.001
光源	Xe ランプ

## 超高感度のストークスポラリメーター

# DualPEM ポラリメーター Stokes Polarimeter

高速  
・  
高感度



DualPEM型ポラリメーターは、光の偏光状態をあらわすストークスパラメーターを測定する装置です。4つのストークスパラメーターを最大100 Hzで測定し、偏光軸、楕円率、偏光度(DOP)を求めます。

本装置は高精度偏光測定に使われる光弾性変調器(PEM)を2台搭載しています。PEMによって入射光の偏光状態が高速に変調され、その結果得られる検出信号をロックインアンプで解析、ソフトウェア上に測定結果を出力します。この測定原理によって、ストークスパラメーター感度は0.0005という従来装置にはない高感度を実現しています。

光学素子やレーザーの偏光測定だけでなく、天体からの偏光や、生体試料透過、反射光のごく僅かな偏光変化の検出に最適な装置です。



光学系

### → 特注システムに対応

本装置は単色光を入射する必要がありますが、モノクロメーターを追加することで波長を切り換えながらの分光偏光測定が可能です。標準モデルでは400~700 nmの波長範囲に対応していますが、VUV~MIR領域で装置制作可能です。その他にも、光ファイバー測定用光学系、マッピングステージなどのハードウェア、さらに用途に合わせたソフトウェア改良などのご要望にも対応可能ですので、ご相談ください。



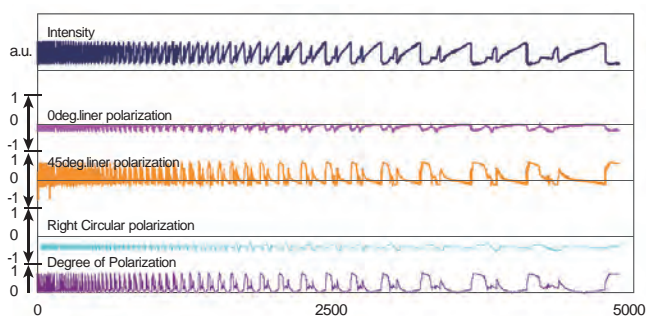
光ファイバー測定用装置



➔ 測定例

### HeNeレーザーの偏光

ランダム偏光の He-Neレーザーは一般的には偏光特性がないレーザーだと思われています。しかし、実際に偏光状態を測定すると、光強度だけではなく、直線偏光の方位、楕円偏光化、また偏光度(DOP)も常に変わることがわかります。

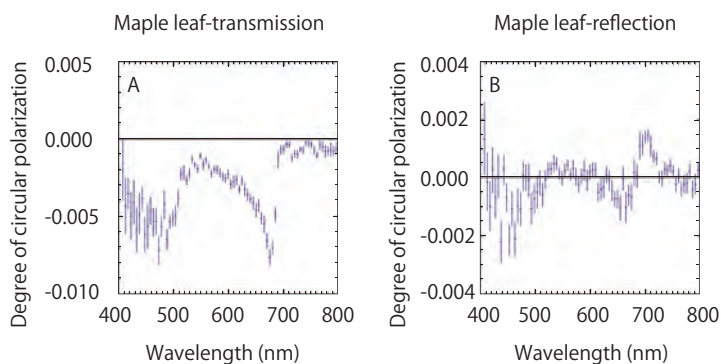


【ランダム偏光の He-Neレーザー測定結果】

上から光強度、水平偏光成分、45度偏光成分、円偏光成分、偏光度を表しています。

### もみじの葉の円偏光特性

もみじの葉にランダム偏光を入射すると、透過および反射光の円偏光度は葉緑素の影響でわずかに変化します。



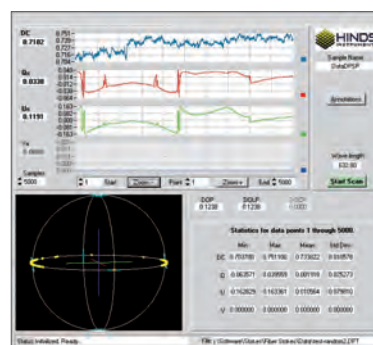
【もみじの葉の円偏光度】

左：透過光 右：反射光

波長650～700nmで特徴的な円偏光度が得られています。

➔ ソフトウェア・仕様

偏光変化をグラフで表示します。DCは光強度、Qnは0度直線偏光成分、Unは45度直線偏光成分、Vnは円偏光成分を表すストークスパラメーターです。左下はポアンカレ球表示で、偏光状態を球表面の軌跡で表します。



■ 仕様

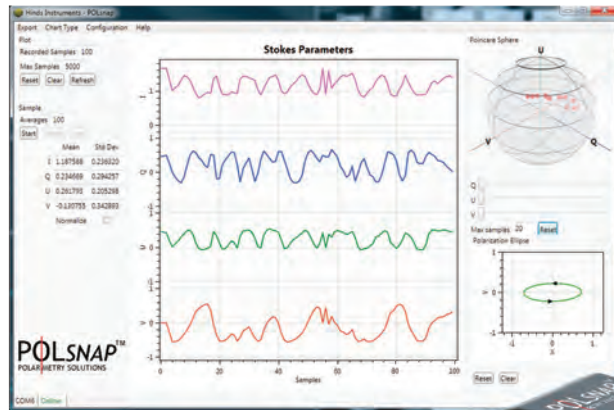
型名	可視標準装置
波長範囲	400～700nm
精度	1%
感度	0.001
測定パラメーター	ストークスペクトル(SOP、DOP、DOLP、DOCP)

\* 装置仕様は構成によって異なります。詳細はお問い合わせください。

# 手のひらサイズのポラリメーター ストークスポラリメーター POLSNAP™

コンパクト  
・  
低価格

POLSNAPは、手のひらサイズの新しいストークスポラリメーターです。CWレーザーや偏波面保持光ファイバーの偏光評価、偏光状態のモニターなどにご使用頂けます。直径79mm、厚さ49mmのコンパクト形状で、各種装置への組み込み用途にも適しています。毎秒4回の測定で、リアルタイム計測が可能です。ソフトウェア上にはストークスベクトルの他に、偏光軸、楕円率、偏光度を表示します。



【ソフトウェア画面】

測定結果はグラフで表示します。

また、ポアンカレ球や偏光状態はイラスト表示に対応しています。



## 仕様

### ■ 本体取付

底面：2×M4および1/4-20タップ

正面：30mmゲージマウントに対応

(4×4/40タップ)

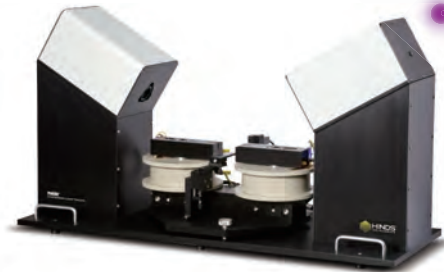
対応波長	450nm~700nm
入射光強度	6nW~2mW
接続(通信方式)	USB(Serial SCPI)
測定データ	ストークスベクトル(S0~S3)
ストークスベクトル 測定時間	4回/秒
サンプルレート	2000点/秒 (500点データから1つのストークスベクトルを算出)
正確さ	±1%
繰返し精度	0.06% (DOP)
入射光検出有効径	φ10mm
測定器ヘッド寸法	直径79mm、厚さ49mm

\*仕様は変更されることがあります。

# 磁気光学カー効果測定

# MOKEヒステリシスループトレーサー

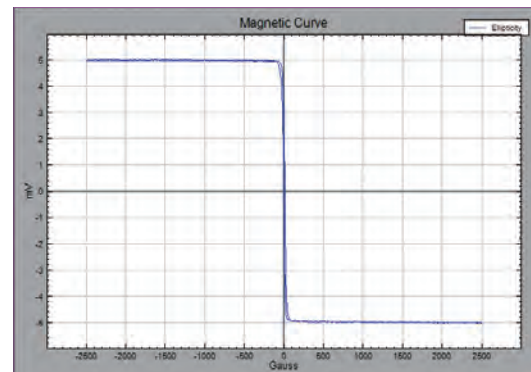
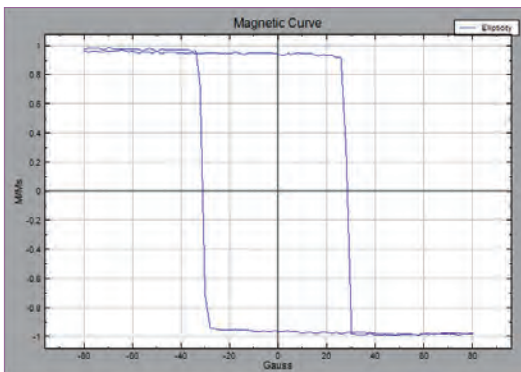
高感度  
・  
簡単操作



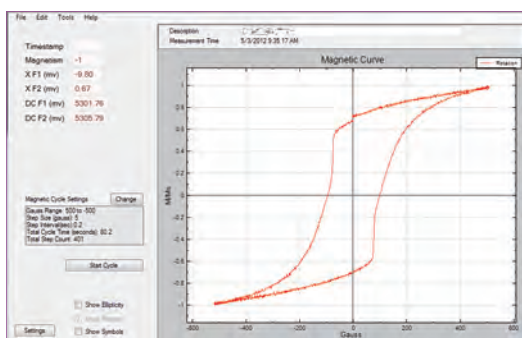
HINDS社のMOKEヒステリシスループトレーサーは、磁性体薄膜への印加磁場に対するヒステリシスを自動測定する装置です。本装置は光弾性変調器(PEM)による偏光変調によって、高精度かつ短時間の測定が可能です。また、縦カー効果だけではなく、横カー効果測定の切り換えができ、オプションで極カー効果測定に対応します。測定ビーム径の変更、マッピングステージ、クライオスタットの使用、測定キットの用意などの特注システムについてもお問い合わせください。

## → ソフトウェア

### ■ カー楕円率表示



### ■ カー回転角表示



## → 仕様

光源	635 nmレーザーダイオード
測定法	光弾性変調法
マグネット	電磁石
最大磁場強度	±2400 Gauss、(0.24 Tesla)
磁場検出	ホールプローブ
磁場検出分解能	0.5 Gauss
マグネット電源	ハイポラ
サンプルサイズ	30×30 mm
装置設置面積	305×787 mm

\*仕様は変更されることがあります。

# 高感度偏光測定の必需品 光弾性変調器 PEM

高精度偏光測定  
のスタンダード

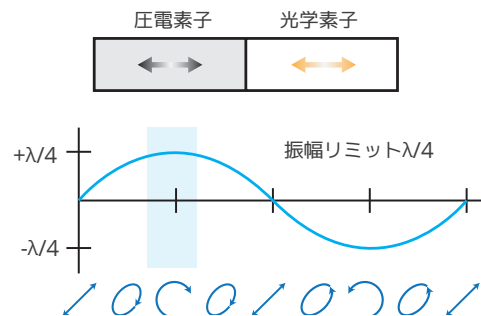
高感度かつ短時間測定が求められる偏光測定において、光弾性変調器 (PEM) は最も適した偏光制御素子です。PEM によって変調された光をロックインアンプ等で計測することで高感度な偏光測定を実現します。円二色性、磁気光学カー効果 (MOKE)、エリブソメトリーをはじめ、様々な偏光測定に幅広くご使用頂けます。



## → 周期的な複屈折を与える共振デバイス

PEM は圧電素子の伸び縮みによって光学素子内に周期的な複屈折を与える共振デバイスです。

$\lambda/4$  動作の PEM に直線偏光を入射すると、透過光の偏光はグラフのように変化します。

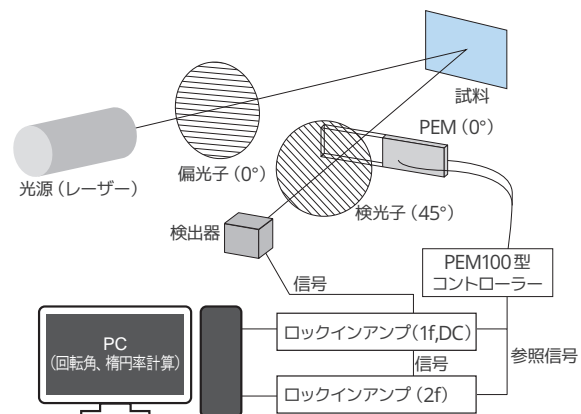


## → 使用方法例

PEM を使った偏光測定では、通常下記のデバイスが必要です。

- 光源 (CWレーザー、単色化したランプ光源) など
- 偏光子 (できるだけ消光比が良いもの)
- 検出器 (使用波長に適し、レスポンスが早いもの)
- ロックインアンプ (PEM の変調周波数以上のもの)

PEM による測定は位相変調法と言われ、検出信号の交流成分と直流成分を正確に測定する必要があります。右図の MOKE の場合は、PEM の変調周波数 (1f) と、その 2 倍の周波数 (2f) を測定する必要があるため、2 台のロックインアンプ、または 1 台のロックインアンプで 1f と 2f を切り換えながら測定します。本測定手法の基本原則については、当社のウェブサイト詳しく記載されているので、ぜひご一読ください。



### 【磁気光学カー効果 (MOKE) の測定方法例】

試料に直線偏光を入射すると、反射光は楕円偏光になります。この反射光の回転角と楕円率を PEM を使用して測定します。ロックインアンプで測定された結果をコンピューターに取り込んで計算すると回転角、楕円率が求められます。

## → 光弾性変調器PEM ラインナップ

型名	光学素子の材質	変調周波数	変調可能な波長範囲		有効径
			~λ/4	~λ/2	
I/FS50 <sup>(*1)(*3)</sup>	合成石英	50 kHz	170 nm~2 μm	170 nm~1 μm	16 mm
I/FS60 <sup>(*1)</sup>	合成石英	60 kHz	170 nm~2 μm	170 nm~1 μm	16 mm
I/FS40	合成石英	40 kHz	170 nm~2 μm	170 nm~1 μm	16 mm
I/FS20	合成石英	20 kHz	170 nm~2 μm	170 nm~1 μm	22 mm
I/CF50	フッ化カルシウム	50 kHz	130 nm~1 μm	130 nm~500 nm	16 mm
II/FS20A <sup>(*2)</sup>	合成石英	20 kHz	170 nm~2 μm	170 nm~1 μm	56 mm
II/FS42A <sup>(*2)</sup>	合成石英	42 kHz	170 nm~2 μm	170 nm~1 μm	27 mm
II/FS20B <sup>(*2)</sup>	合成石英	20 kHz	1.6 μm~2.6 μm	800 nm~2.5 μm	56 mm
II/FS42B <sup>(*2)</sup>	合成石英	42 kHz	1.6 μm~2.6 μm	800 nm~2.5 μm	27 mm
II/FS47A	合成石英	47 kHz	170 nm~2 μm	170 nm~1 μm	24 mm
II/FS47B	合成石英	47 kHz	1.6 μm~2.6 μm	800 nm~2.5 μm	24 mm
II/FS50LR	合成石英	40 kHz	170 nm~2 μm	170 nm~1 μm	22 mm
II/FS50B	合成石英	50 kHz	1.6 μm~2.6 μm	800 nm~2.5 μm	22 mm
II/FS84	合成石英	84 kHz	800 nm~2.5 μm	400 nm~2.5 μm	13 mm
II/IS42	合成石英	42 kHz	1.6 μm~3.5 μm	800 nm~2.5 μm	27 mm
II/IS84	合成石英	84 kHz	800 nm~2.5 μm	400 nm~2.5 μm	13 mm
II/CF57	フッ化カルシウム	57 kHz	2 μm~8.5 μm	1 μm~5.5 μm	23 mm
II/ZS37 <sup>(*3)</sup>	セレン化亜鉛	37 kHz	2 μm~18 μm	1 μm~9 μm	19 mm
II/ZS42	セレン化亜鉛	37 kHz	2 μm~18 μm	1 μm~10 μm	16 mm
II/ZS50 <sup>(*3)</sup>	セレン化亜鉛	50 kHz	2 μm~18 μm	1 μm~10 μm	14 mm
II/SI50	シリコン	50 kHz	FIR~THz	FIR~THz	29 mm

(\*1) 温度補償モデルあり

(\*2) 出荷前に波長範囲を調整可能

(\*3) 標準の反射防止コーティングあり

・記載されていないモデルやカスタムモデルもあります。

・全ての PEM は PEM-100 コントローラーとセットです。

・仕様は変更されることがあります。

## → 反射防止コーティング

レーザーのような干渉性の強い光源を使用する場合は PEM 内部の反射光が顕著になり、反射光が検出器に入射すると測定誤差に繋がります。コーティングによって反射を抑え、誤差を大幅に軽減できます。I/FS50、II/ZS37、II/ZS50には標準のコーティングがラインナップされています。標準以外のコーティングも対応します。お問い合わせください。

型名	波長	対応モデル
ARC-1	632.8 nm	I/FS50
ARC-2	450~650 nm	I/FS50
ARC-3	3~12 μm	II/ZS50
ARC-4	3~12 μm	II/ZS37
ARC-5	9~12 μm	II/ZS50
ARC-6	9~12 μm	II/ZS37
ARC-7	633~1000 nm	I/FS50
ARC-8	800 nm	I/FS50

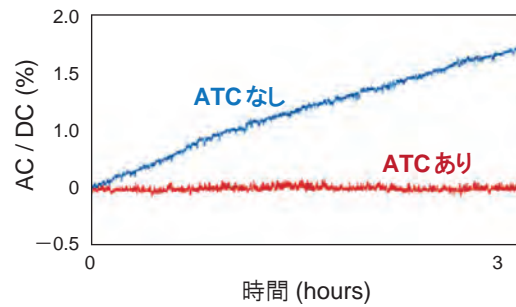
## → 磁場対応

PEM を磁場環境下で使用する場合、PEM 光学ヘッド周辺の磁束密度が 400 G 以上または PEM ドライバー周辺が 100 G 以上となると正常に動作しなくなります。磁場対応オプション(MFC)を追加することで、PEM 光学ヘッドは 4T まで対応し、またケーブル延長によって PEM ドライバーを遠ざけて使用できるようになります。より強い磁場環境下で使用する場合はお問い合わせください。

## → 温度補償モデル PEM-ATC™ (I/FS 50、I/FS 60)

PEM は環境温度の変化によってリタレーションがわずかに変化してしまいます。特に、型式名が「I/」で始まるシリーズは影響が顕著です。そのため、微弱な偏光変化を測定するには定期的なオフセット校正などの対策が必要です。PEM-ATC はヘッドに埋め込まれたヒーターによって光学素子は常に 32 度に保たれるため、温度変化に強い「II/」シリーズと同等の安定性が得られます。

なお、磁場対応オプションが必要な場合は温度補償モデルは選択できません。

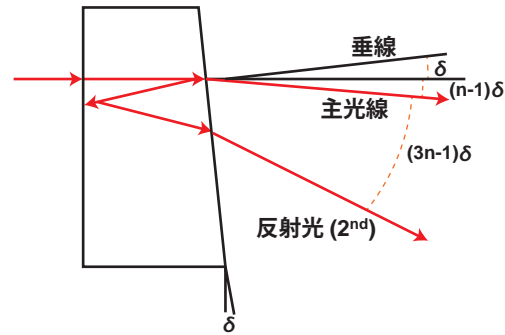


【環境温度 19～22 度に変化した場合の性能】

ATC モデルはドリフトが最小限に抑えられていることがわかります。

## → 多重干渉防止

反射防止コーティングが施せない場合は、PEM 光学結晶に 1 度程度のウェッジを設けて反射光を主光線から分離することができます。反射防止コーティングとは異なり、どの波長でも有効に機能します。ただし、主光線角度が変化してしまい、またリタレーションが結晶の場所ごとに変わってしまうので装置校正が難しくなることに注意してください。I/FS 50 などのシリーズ I 型のヘッドに対応します。



0.5～1 度のウェッジを設けることで、反射光と主光線を確実に分離することができます。

## → DualPEM システム

測定内容によっては、PEM の取付角度を 0 度と 45 度に切り換えながら測定する必要があります。DualPEM システムは、変調周波数の異なる 2 台の PEM が 0 度および 45 度の角度でマウントされており、リアルタイム測定を実現できます。

型名	材質	波長範囲	有効径
I/FS 50-60	合成石英	170 nm～2 $\mu$ m ( $\lambda/4$ ) 170 nm～1 $\mu$ m ( $\lambda/2$ )	16 mm
II/FS 20-23	合成石英	400 nm～2 $\mu$ m ( $\lambda/4$ ) 400 nm～1 $\mu$ m ( $\lambda/2$ )	56 mm
II/FS 42-47	合成石英	400 nm～2 $\mu$ m ( $\lambda/4$ ) 400 nm～1 $\mu$ m ( $\lambda/2$ )	27 mm
II/FS 37-50	セレン化亜鉛	2 $\mu$ m～18 $\mu$ m ( $\lambda/4$ ) 2 $\mu$ m～10 $\mu$ m ( $\lambda/2$ )	14 mm

## → その他のオプション

- 特殊周波数 (SRO) : 指定の周波数に対応
- 特注ケーブル (SLHH、SLHC) : 特注ケーブル長に対応
- 真空対応 (VCO) : 真空紫外対応の I/CF 50 の他、PEM ヘッドをチャンバー内で使用することが可能

## ■ DET-200型フォトダイオード検出器

PEMを使った偏光測定に最適なフォトディテクターで、0.05mW~6mW(目安)の感度を持っています。レーザー光源による測定に適しています。使用する波長範囲に合わせてモデルを選択してください。



### 仕様

- オフセット電圧: ±5 mV
- ゲイン設定: 10段階
- 出力電圧: 0~10V(HighZ)、0~5V(50Ω)
- 寸法: 50.8×50.8×25.4、#8-32タップ有

タイプ	波長範囲	有効面積	周波数帯域
Si-PC	350~1100nm	16mm <sup>2</sup>	DC~1MHz
Si-PV	350~1100nm	16mm <sup>2</sup>	DC~1MHz
Si-PC	200~1100nm	20mm <sup>2</sup>	DC~450kHz
Ge-PC	800~1600nm	3mm <sup>2</sup>	DC~1MHz

\* PC:Photoconductive型 信号飽和レベルが高い。  
\* PV:Photovoltaic型 SNが良い。

## ■ APD-100型

### アバランシェフォトダイオード検出器

DET-200では検出できない弱い光源を使った測定に適しています。PMTのように高圧電源は必要ありません。オフセット電圧の調整や検出器のゲインは本体のトリマーで調整できます。

### Si-APD仕様

- 波長範囲: 200~1000nm
- 有効面積: 19.6mm<sup>2</sup>
- 周波数帯域: DC~450kHz



最大入力	250μW	最少ゲイン	@632.8nm
検出限界	5μW	最大ゲイン	
	2nW	最大ゲイン	
DC出力	1.3VDC	最少ゲイン	@5.6kload
	8.5VDC	最大ゲイン	
寸法	101.6×76.2×35.6、#1/4-20タップ有		

## ■ Signaloc2100型ロックインアンプ



Signaloc-2100はPEMによる測定に特化した低価格、高精度なロックインアンプで、HINDS社の各種偏光測定装置にも採用されています。付属のソフトウェアによるログ出力、Lab VIEWやVisual Studio等によるソフトウェア作成にも対応しています。なお、本製品は組合せで使用するPEMの変調周波数ごとに最適化して出荷します。

### 仕様

入力モード	シングルエンド
接続	BNC接続(シールドグラウンド)
入力インピーダンス	1MΩ / 10pF
周波数帯域	40Hz~250kHz
時定数(msec)	4、18、32、64、132、260、516
最大入力	2.5Vpp
フルスケール感度	4μV
ゲイン	0、3、6、9、12、15dB
DC精度	±2mV(Max)
接続	RS232C

# 偏光光学素子

→ 偏光子、波長板、液晶素子

## CRYLIGHT



### グラントムソンポライザー

グラントムソンポライザーは、低出力光源を直線偏光に変換する場合に最適です。カルサイト製は波長350 nm～2300 nm、 $\alpha$ -BBO製は波長220 nm～900 nmで使用できます。標準で単層ARC、特注コーティングも可能です。白色光源、低出力のCWレーザー用。より高強度な光源で使用する場合はグラントムソープリズムなどを選択してください。

## CRYLIGHT



### 波長板

#### ・ゼロオーダー波長板

2枚の水晶をオプティカルコンタクトまたはエアースペースで貼りあわせた0次波長板です。

#### ・真ゼロオーダー波長板

厚さ100 $\mu$ m以下の水晶をBK7にエポキシ樹脂で接着した完全なゼロオーダー波長板です。温度安定性が高く、入射角依存性も低いことが特長です。

#### ・アクロマティック波長板

水晶とフッ化マグネシウムの2種類のプレートで構成されています。

広い対応波長範囲、波長に対する位相差変化が小さいといった特長があります。

## ASTROPRIBOR



### 超広帯域ポリマーフィルム波長板

従来のアクロマティック波長板を超える、新しい波長板です。光学ポリマーフィルムを複数枚貼りあわせることで、非常に広い波長範囲でリタレーションの変化の小さいアクロマティック波長板として機能します。本波長板は真のゼロオーダー波長板で、最大80mm径まで対応します。環境温度-20～50度で使用でき、入射角依存性も低いいため扱いが容易です。また、分光用途でアクロマティック波長板を使用した場合、クロスニコル下で透過率のリップルが問題になることがありますが、本波長板は最少に抑えることができます。





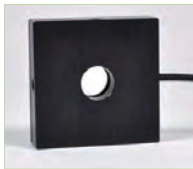
## 液晶可変リターダー／液晶ローテーター

### ・液晶可変リターダー

ネマティック液晶を電氣的に制御して任意のリタレーションを得ることができます。対応波長は 350～1700 nm と広く、これまでのように波長ごとに波長板を用意する必要はありません。リタレーションの切り換えが早いので、すばやく偏光を変化させることができます。駆動用の専用ドライバーを使えばソフトウェアから液晶素子を 2 台制御できます。

### ・液晶偏光ローテーター

直線偏光を 45 度や 90 度回転させる光学素子です。従来水晶製ローテーターは、使用できる波長範囲が狭く入射角度にシビアでしたが、液晶ローテーターは入射角度が広く、広い波長範囲で使用できます。波長範囲や必要な透過率に合わせてモデルを選択してください。電源は専用の LC ドライバーを推奨します。



## 液晶偏光スパイラルプレート

液晶偏光スパイラルプレート (Q-plate) は、ラジアル、アジマス偏光といった軸対称偏光や、軌道角運動量を持った光渦を簡単に生成できる新しい液晶偏光素子です。対応波長は 400～1700 nm と広く、印加電圧を制御することで最適な偏光を生成できます。スパイラルプレートに円偏光を入射すると、波面が螺旋を描く光渦を生成できます。また、直線偏光を入射するとラジアル偏光およびアジマス偏光を生成できます。電源は専用の LC ドライバーを推奨します。

## ⇒ 特殊偏光素子



### 軸対称偏光変換素子

熔融石英ガラス内部に形成されたナノオーダーの周期構造による偏光状態の制御 (構造的複屈折) により、直線偏光の入射光をラジアル偏光/アジマス偏光に変換可能な複屈折素子です。

# 特注システム



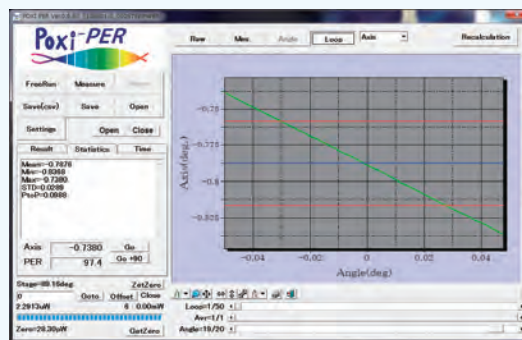
東京インスツルメンツではお客様のご要望に合わせた測定システム、光学系、ソフトウェアの開発も行っています。お客様が求める仕様や予算をもとに技術検討し、最適な装置やデバイスを提案致します。

## 偏光軸、消光比測定装置

高精度回転ステージと光検出器を組み合わせることで、入射直線偏光の偏光軸と消光比を高精度に測定します。測定時間30～60秒程度です。測定波長範囲は搭載するポラライザーと光検出器に依存しますが、グラントムソプリズムを使用した場合は紫外～近赤外に対応します。偏光軸測定は複数角度の光強度から決定し、また、消光比は実測します。



測定機コントローラー外観



【偏光軸測定例】

消光比100:1程度の入射偏光を0.002度ずつ、計1度変化させて測定。直線性よく偏光軸の変化を測定できている。

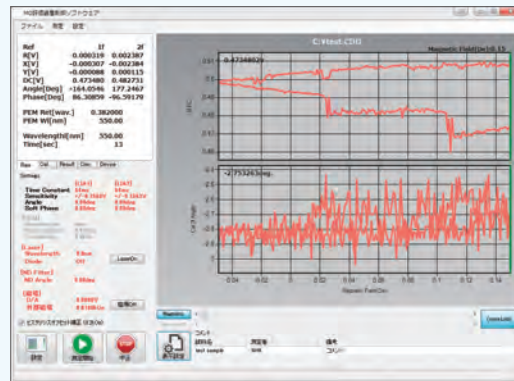
## PEM を用いた装置構築とソフトウェア開発

HINDS社の光弾性変調器（PEM）は、高感度な偏光測定に最適な光学素子ですが、装置を構築するには装置調整と解析のためのソフトウェアが必要です。そこで、測定に必要な光学部品などを提案、構築とデータ取得、解析ソフトウェアを開発しています。信号解析はHINDS社のロックインアンプを使用します。また、弊社取扱いのSOLInstruments社の分光器を使った波長掃引や、磁気光学測定のための電磁石制御などの実績があります。



PEM

ロックインアンプ



【ソフトウェア外観】

ロックインアンプの測定信号を元に、直線、円偏光成分の結果を出力します。





**TI** 株式会社 東京インストルメンツ  
**TOKYO INSTRUMENTS, INC.**

本社：〒134-0088 東京都江戸川区西葛西 6-18-14 T.I.ビル

TEL: 03-3686-4711

FAX: 03-3686-0831

大阪営業所：〒532-0003 大阪市淀川区宮原 4-1-46 新大阪北ビル

TEL: 06-6393-7411

FAX: 06-6393-7055

URL <https://www.tokyoinst.co.jp/>

- 本カタログに記載されている内容は、改良のため予告無く変更する場合があります。  
(製品の仕様、性能、価格等はカタログ発行当時のものです)
- 本カタログに記載されている内容の一部または全部を無断で転載することは禁止されております。
- 本カタログに記載されているメーカー名、製品名などは各社の商標または登録商標です。

No.C-TIHS-3801A.2018-1228