

## Synopsys REFLET 180S Bench 3D (半球領域) 散乱測定器

高精度ゴニオメータ型 3D BRDF/BTDF 測定器

### 概要

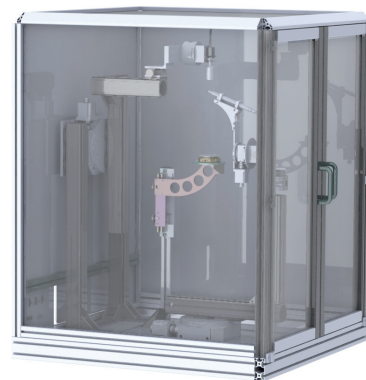
Synopsys REFLET 180S(以下、REFLET 180S)は、材料のスポット的な検査や素早い分析に簡単に使用でき、あらゆるタイプの材料や物体に対する後方および前方光散乱の特性の評価に適したコンパクトな光学的駆動システムです。

材料の散乱光に含まれる光エネルギー分布や分光分布を、測光および測色により迅速かつ正確、かつ簡単に測定することができます。

面粗さ、欠陥、コーティング、塗料などの対象表面の特徴を検査することができ、さらに BRDF と BTDF を測定することで、表面に入射した光が散乱する様子を 3次元空間全体で表現可能です。



REFLET 180S



REFLET 180 S



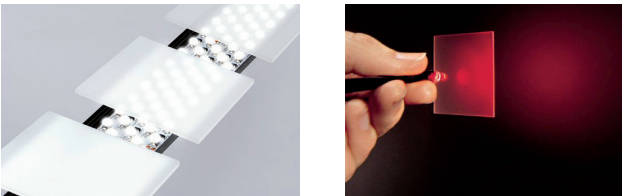
コンプリートシステム

## アプリケーション

- フォトリソグラフィックレンダリング：分光特性を正確に測定
- 照明器具設計に利用する反射材質の測定
- 化粧品の反射特性：分光特性と正反射光の振る舞い
- 半導体製造における粉塵／微粒子のコントロール
- 透過ガラスの散乱
- 光センサー：医療、製造、品質管理、自動車
- 自動車用ヘッドランプに利用する反射材質の測定
- 製造現場の品質管理
- LCD バックライト
- 航空宇宙への応用、黒塗料の測定、反射板の BRDF 測定

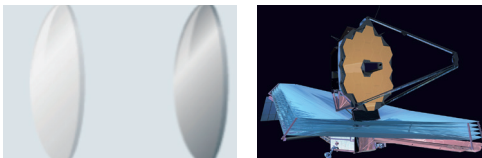
### 拡散板

反射と透過で測定を行います。拡散板の光の反射と透過の様子を理解することは、光学システムに材料を使用するために必要です。



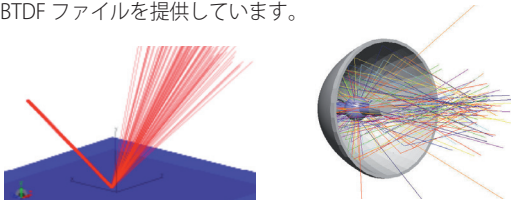
### 研磨した光学面

鏡面や、ガラス、レンズ、結晶などの透明な面は、 $10^{-9}$  sr<sup>-1</sup> のような非常に低い散乱を持つことがあります。これらの表面を測定するには、高いダイナミックレンジを持つ検出システムが必要です。REFLET は  $10^{-5}$  sr<sup>-1</sup> 以下の BRDF 測定に対応しています。



### 照明設計ソフトウェア

照明設計ソフトウェアで正確なシミュレーションを行うためには正確なデータが必要です。REFLET は TracePro、ASAP、LightTools、LucidShape、Photopia、SPEOS で読み込み可能な 2D/3D BRDF または BTDF ファイルを提供しています。

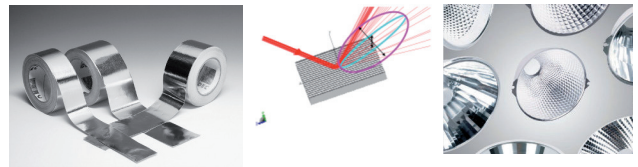


### 化粧品

化粧品メーカーは口紅やクリームを製造するために、様々な化学物質の混合物を比較する必要があります。REFLET は、このような製品を肌の上で、また異なる照明（異なる分光特性）の下で特性を評価することができます。

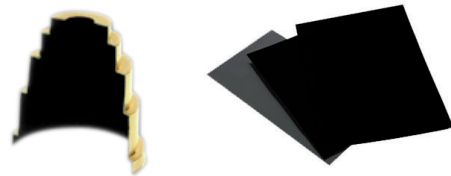
### アルミニウム

反射材は、入射面に応じて非常に複雑な挙動を示すことがあります。REFLET は異なる入射面での正確な測定を可能にします（例：異方性材料や偏光依存性など）



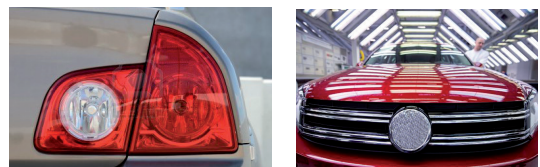
### 黒色材料

主に航空宇宙分野で使用する黒色材料やコーティングは、強力な測定器でないと測定が困難です。これらの材料は、大量の光を吸収するため、非常に低い BRDF の検出が必要です（反射率 1% 未満）。REFLET は、低い BSDF を高ダイナミック検出器で取得できます。



### リアル・レンダリング・ソフトウェア

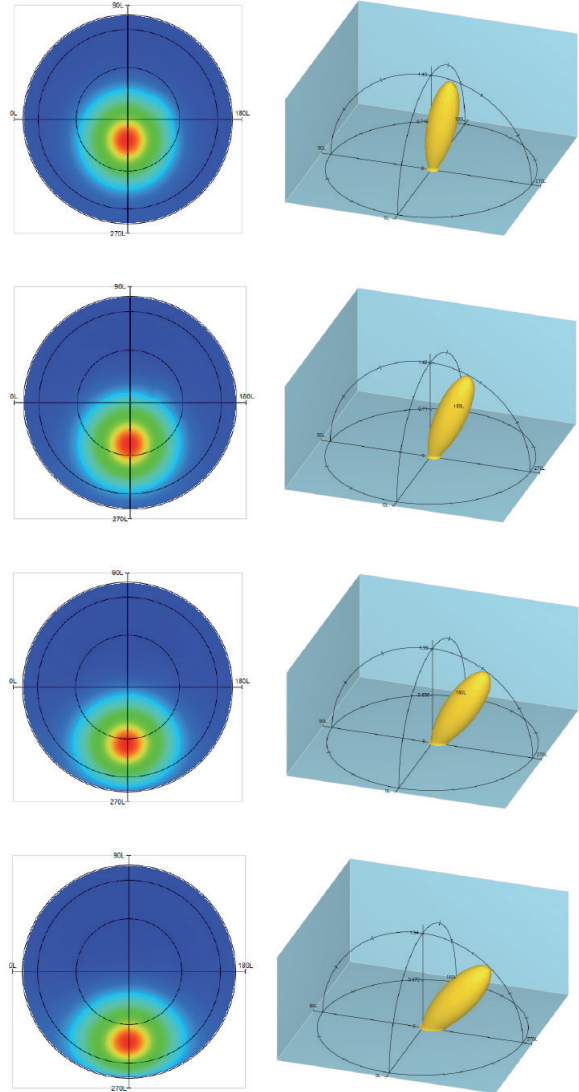
自動車をはじめとする多くの業界では、光学設計者がリアルなレンダリングを行うために、可能な限り物理的に正確なシミュレーションを行うことが求められています。REFLET はヘッドランプ、テールランプ、ダッシュボード等への光特性の評価を行うことができます。また、散乱測定データを提供し、光学設計ソフトウェアに取り込むことができます。



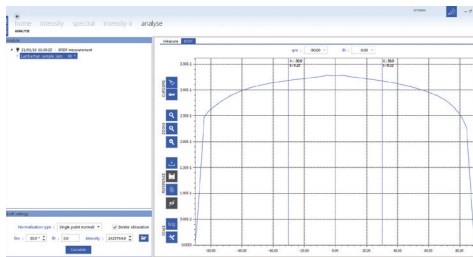
データシート

仕様

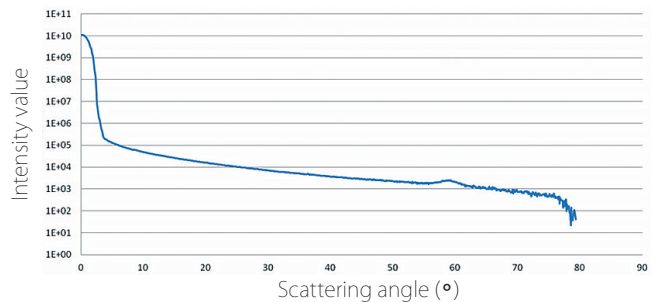
投光	
光源ボックス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ハロゲン 100W</li> <li>・オプション: 6 ポジションのフィルターホイール (R/G/B フィルターを含む)</li> </ul>
サンプル面のスポットサイズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・散乱設定: 手動で <math>\phi 1\text{mm}</math> から <math>\phi 13\text{mm}</math> まで調整可</li> </ul>
ビーム開口部の角度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・散乱設定: 手動で <math>\pm 0.15^\circ</math> から <math>\pm 2.26^\circ</math> まで調整可</li> </ul>
ゴニオメータ	標準バージョン: <ul style="list-style-type: none"> <li>・<math>0^\circ - 180^\circ</math> で駆動 (反射/透過)</li> <li>・角度分解能: 選択可 (<math>0.01^\circ / 0.1^\circ / 1^\circ / 10^\circ</math>)</li> <li>・ポジション精度: <math>0.01^\circ</math></li> </ul>
検出	
光集積検出器	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可視光: <math>400 - 1000\text{nm}</math>, ダイナミック <math>10^9</math></li> <li>・近赤外光: <math>900 - 1700\text{nm}</math>, ダイナミック <math>10^6</math> (オプション)</li> </ul>
分光器 (オプション)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・有効波長域: <math>420 - 900\text{nm}</math></li> <li>・分光分解能: 選択可 (<math>0.6\text{nm}/1\text{nm}/5\text{nm}/10\text{nm}</math>)</li> </ul>
光学システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・散乱設定: 手動で交換可能な光学ブロック (3 つの中から 2 つを選択)</li> <li>光学ブロック : 1      2      3</li> <li>許容角度 : <math>\pm 2^\circ</math>    <math>\pm 1.1^\circ</math>    <math>\pm 0.04^\circ</math></li> <li>受光エリアサイズ : <math>\phi 14\text{mm}</math>    <math>\phi 8\text{mm}</math>    <math>\phi 6\text{mm}</math></li> </ul>
ゴニオメータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<math>\theta : -90^\circ \sim 90^\circ</math> で駆動可能</li> <li>・<math>\varphi : -90^\circ \sim 90^\circ</math> で駆動可能</li> <li>・角度分解能: 選択可能 (<math>0.01^\circ / 0.1^\circ / 1^\circ / 10^\circ</math>)</li> <li>・位置決め精度: <math>0.01^\circ</math></li> </ul>
ポライザ/アナライザ (オプション)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・簡易挿入形式</li> <li>・<math>0^\circ - 90^\circ</math> 手動回転式</li> </ul>
測定時間	
180° — profile (オプション)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・“フラックス集積”モード: 45 秒</li> <li>・“分光”モード: 45 秒</li> </ul>
ソフトウェア	
データ変換	<ul style="list-style-type: none"> <li>・テキストファイル (ASTM)</li> <li>・BSDF フォーマット (市販ソフトウェアで取込可)</li> </ul>
重量・寸法	
重量	80 kg
寸法	86 x 98 x 122 cm



3D スキャン



REFLECT Software



ダイナミックレンジ

リファレンス

ADC, Alanod, Alcan, Almeco, Automotive-Lighting, AUO, Arcelor, Bourget, Ball Aerospace, BARCO, Chanel, Dupont, Entire, Essilor, Helbling, Hewlett Packard, Loepfe, STMicroelectronics, Procter & Gamble, PSA, University of Darmstadt, University of Madrid, Volkswagen, ... Synopsys' DesignWare® Foundation IP, Interface IP, Security IP, and Processor IP are optimized for high performance, low latency, and low power, while supporting advanced process technologies from 16-nm to 5-nm FinFET and future process nodes.

## Synopsys Mini-Diff 3D (半球領域) 散乱測定器

### イメージセンサ型 3D BRDF/BTDF 測定器シリーズ

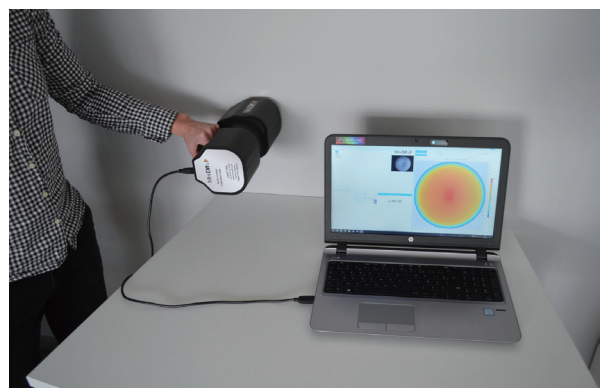
#### 概要

Mini-Diff製品には、散乱面の特性評価に使用されるカメラベースの3D半球領域散乱測定装置を搭載しています。赤、緑、青 (RGB) および近赤外波長のBRDFおよびBTDF測定と、Total Intensity Scattered (TIS) の計算が可能です。Mini-Diffは半球領域の散乱強度を視覚化し、反射または透過のカラーデータを提供します。

#### Synopsys Mini-Diff V2 ハンディタイプ

Mini-Diff V2は、光のエネルギー分布の高速かつ正確な測定が可能なポータブル製品です。このデータは、材料表面の特性評価に利用することができます。

入射角0°、20°、40°、60°に設定された4つの平行光LEDにより、反射・透過測定が可能です。



Mini-Diff V2

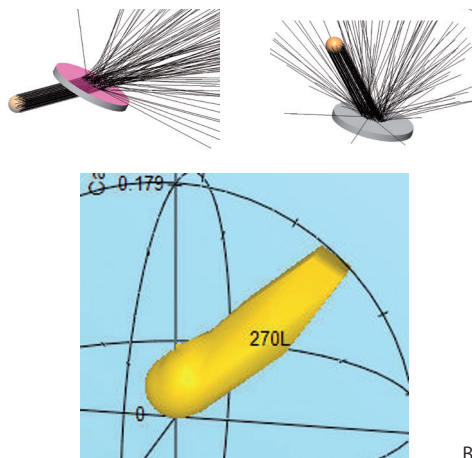
#### Synopsys Mini-Diff VPro 据え置きタイプ

Mini-Diff VProは、Mini-Diffのラボラトリーバージョンです。入射角は0°から60°の範囲で選択でき、反射と透過の散乱測定が可能です。ARコーティングされたレンズと、迷光を除去するための暗箱を装備しています。高品質なCMOSセンサーを搭載し、温度制御により測定の安定性を高めています。

測定結果 (相対散乱強度、BRDF/BTDF) はテキスト形式で保存できるほか、市販の光学ソフトのフォーマットで書き出すことも可能です。



Mini-Diff VPro



BSDF 3D Scattering Example

## アプリケーション

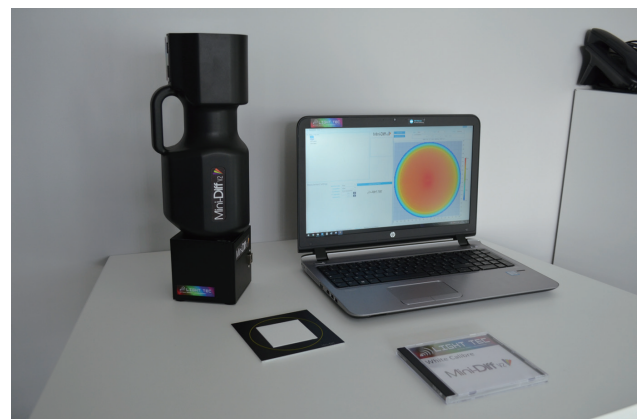
- 自動車用の反射板／拡散板の特性評価
- フォトリソスティック・レンダリング：拡散の振る舞いの正確な測定
- 化粧品の反射特性
- 製造現場での品質管理
- LDC バックライトの BEF、DBEF 検査、拡散フィルム特性評価
- 拡散板／ディスプレイの品質管理
- 複数入射各に対する材料特性評価



Mini-Diff V2



BRDF



BTDF

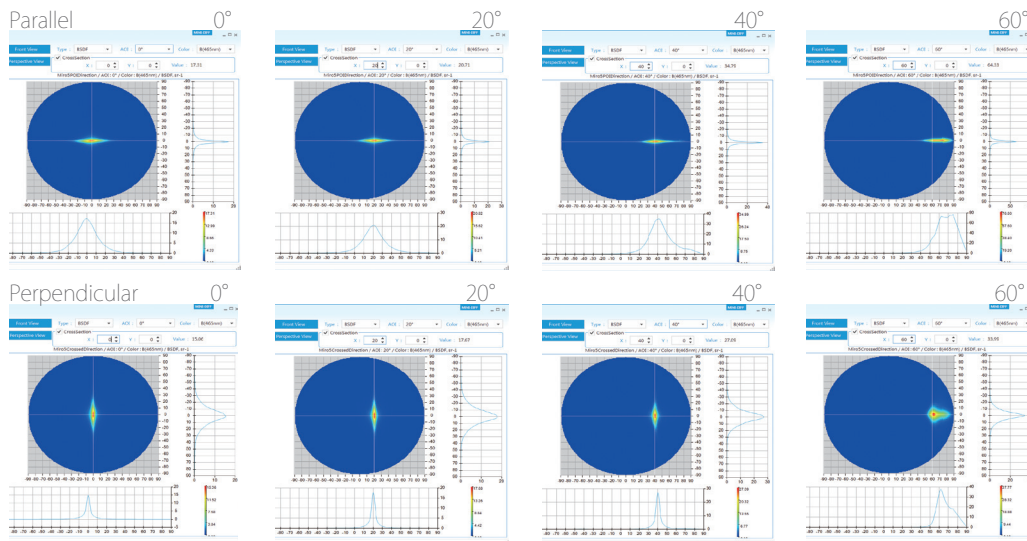
反射材質

Mini-Diff 測定器は、複数の入射角と3色 (RGB) に対する BRDF を短時間で測定することができます。

- 2段階のキャリブレーション (迷光をキャンセルする黒色標準サンプルと、カメラ応答をキャリブレーションするランバート型白色標準サンプルによる2段階) の実施後に測定を開始することができます:
  - 反射板
  - 塗料
  - 拡散材料
  - ソケット機器
  - 光学マウントなど
- 測定した相対散乱強度は、テキスト形式、スライス形式、メッシュ形式、BSDF形式、ABg (Harvey Shack)、ガウシアン/ランバート型モデル形式として保存できます。
- TIS 測定は、Mini-Diff V2 ソフトウェアによって推定されます。この機能により、測定サンプルと白色標準板との反射率を比較できます。
- Mini-Diff V2 ソフトウェアは異方性材料の測定も考慮しており、また照明設計ソフトウェア用のファイルを直接生成する機能を持っています。

測定例: 反射板 Alanod 製 Miro5

反射板は入射面の状態によって複雑な挙動を示すことがあります。Mini-Diff シリーズでは、入射角を表面のストライプ形状に平行あるいは垂直な方向の散乱をそれぞれ測定することができます (異方性材料の測定)。



透過材質

Mini-Diff 製品では、複数の入射角に対する BTDF を素早く測定することができます。

Mini-Diff V2 では、オプションとして外部機器の「透過モジュール」が付属していますが、MiniDiff VPro では、サンプル配置の影響を受けないように、広範囲 (直径 10mm) でコリメートされた LED が搭載されています。

付属のランバート型透過性標準サンプルを用いてキャリブレーションを行った後、拡散材質の測定を開始することができます。

- オパールガラス (乳白色)
- 拡散プラスチック
- BEF (高輝度フィルム)
- ビームシェーパー (回折光学系)

40° Circular    60° x10° Elliptical



測定例: Luminitt 社 Diffuser

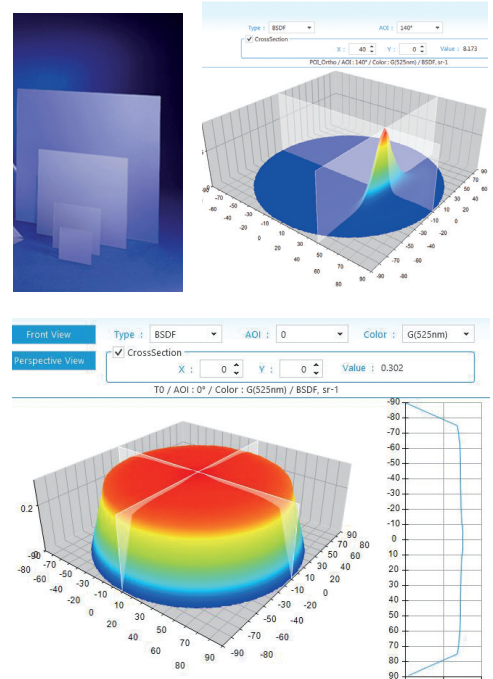
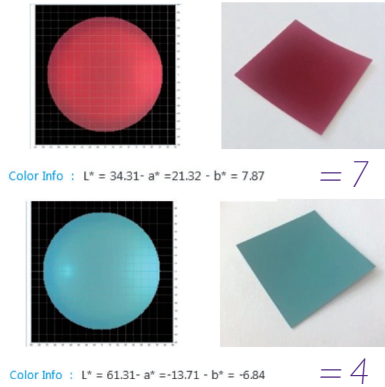
データシート

反射および透過材質

Mini-Diff デバイスは、1つの拡散板で BRDF と BTDF の測定（表側と裏側の両方を測定）を可能にし、照明設計ソフトウェアですぐに使用できる BSDF ファイルを構築することができます。

反射および透過材質

Mini-Diff 製品は、BRDF と BTDF に使用する RGB 光源を内装しており、各色の BSDF 測定が可能です。また、TIS 推定による CIE L\*a\*b\* 空間でのグローバルカラーの推定が可能です。Mini-Diff ソフトウェアでは、RGB 3D BSDF を出力できます。



キャリブレーションと精度

Mini-Diff 製品には、3種類のキャリブレーション用標準サンプルが付属しています。

- 黒色標準サンプル
- ランバート型白色標準サンプル
- ランバート型透過性標準サンプル

スペクトラロン (ランバertian標準板) の測定例

技術仕様			
測定器	Synopsis Mini-Diff V2		Synopsis Mini-Diff VPro
	ハンディタイプ		据え置きタイプ
光源	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Red: 630nm [b.A=25nm]</li> <li>• Green: 525nm [t.A=35nm]</li> <li>• Blue: 465nm [b.A=25nm]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 940nm [t.A=30nm]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Red: 630nm [b.A=25nm]</li> <li>• Green: 525nm [t.A=35nm]</li> <li>• Blue: 465nm [b.A=25nm]</li> </ul>
カメラ	• 1000*1000 ピクセル	• 1000*1000 ピクセル	• 2048*1088 ピクセル
反射及び透過入射角	• 入射角: 0° ; 20° ; 40° ; 60°	• 入射角: 0° ; 20° ; 40° ; 60°	• 入射角: 0° ~ 60° で 1° ピッチ調整
サンプル面のスポットサイズ/測定領域	直径 1mm		
画角	+ / - 75° (全角 150°)		
キャリブレーション (1 入射角)	反射 透過 • 20 秒 • 10 秒	• 20 秒 • 10 秒	• 1 分 • 30 秒
測定 (1 入射角)	反射 透過 • 10 秒 • 10 秒	• 10 秒 • 10 秒	• 25 秒 • 25 秒
結果	ダイナミックレンジ 角度解像度 精度 安定性 • 10 <sup>5</sup> • 1° • <5% • <2% (30 分以内)	• 10 <sup>4</sup> • 1° • <5% • <2% (30 分以内)	• 10 <sup>6</sup> BTDF/10 <sup>5</sup> BRDF • 0.5° • <2% • <2% (10 時間以内)
寸法	2 kg		42 kg
重量	10 x 10 x 30 cm		45 x 60 x 73.8 cm
データ変換	• テキストファイル (ASTM フォーマット) • Gaussian/Lambertian フォーマットへのフィッティングデータ • メッシュファイル • LightTools, Zemax, TracePro, OptiWorks, Relux などのフォーマット		• BSDF フォーマット (市販ソフトウェアに利用可) • スライスファイル (IES タイプ) • ABg 散乱へのフィッティングデータ

## 光学散乱測定サービス Synopsys SmartStart Measurement Services

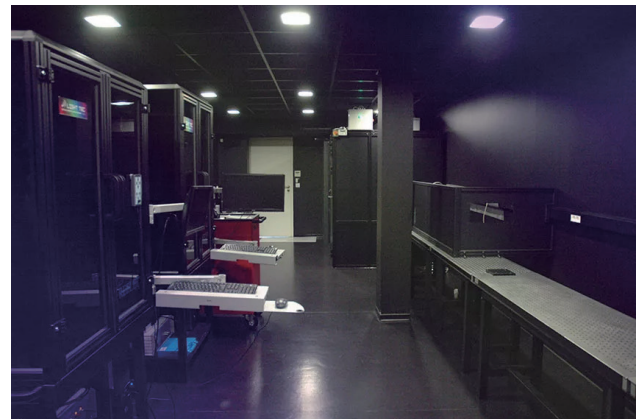
測定環境温度コントロールされた暗室を完備、最適な散乱測定環境を実現

### 概要

SmartStart Measurement Service は、より高度な測定のリクエストにお応えするため、最適な測定環境が整ったラボルームをフランスに構え、Synopsys の光技術者によって取得された散乱測定データを提供するサービスです。

### 測定内容

- 2D および 3D BSDF 測定 (フロント面およびバック面)
- 高解像度 BSDF
- スペクトラル BSDF
- 全内部反射率 (TIR) 測定
- 全光束散乱 (TIS) 測定
- 紫外、可視、赤外波長 (280 nm から 0.6  $\mu\text{m}$  まで)



フランスのラボルーム

測定器	Synopsys Mini-Diff V2	Synopsys Mini-Diff VPro	Synopsys REFLET 1805
測定タイプ	BRDF / BTDF		
ダイナミックレンジ	10 <sup>5</sup>	BRDF 10 <sup>5</sup> BRDF 10 <sup>6</sup>	10 <sup>9</sup>
波長範囲	630 nm, 525 nm, 465 nm, 850 nm, 940 nm	630 nm, 525 nm, 465 nm	400 nm to 1700 nm
入射角	固定 : 0°, 20°, 40°, 60°	調整可能 : 0° ~ 60°	調整可能 : +90° ~ -90°
角度範囲	球 [0° ; 75°] [0° ; 360°]		全球
角度精度	1°	0.5°	< 0.1°
再現性	< 2%		< 1%
特長	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Plug &amp; Play</li> <li>・ 簡単操作</li> <li>・ ポータブルでコンパクト</li> <li>・ 低コスト</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ダークボックス付き</li> <li>・ 調節可能な AOI</li> <li>・ 高再現性</li> <li>・ 低コスト</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高ダイナミックレンジ</li> </ul>



## Synopsys TIS Pro 全自動型光散乱測定器

### 正確な光の反射率・透過率・吸収率の測定

#### 概要

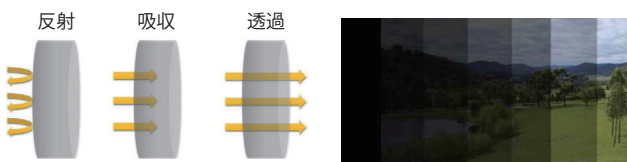
Synopsys TIS Pro は、反射率、透過率、吸収率を効率的に測定する光学散乱装置です。この全自動型の装置は、迷光を制御する筐体に組み立てられた積分球と分光検出器を内蔵しており、さまざまな入射角に対する可視スペクトル全域の表面や材料の光学特性（反射率、透過率、吸収率）を高速かつ正確に測定できます。

また、Synopsys Mini-Diff および Synopsys REFLECT 180S 製品と組み合わせることで、BSDF（双方向散乱分布関数）と TIS（全内部散乱）データを含めて、表面や材料の散乱特性を完全に評価できるエンド・ツー・エンド・ソリューションを提供します。

Synopsys TIS Pro の測定データを光学設計ソフトウェアにインポートすることで、現実的な製品シミュレーションも可能です。

#### 特長

- 複数の入射角に対する可視スペクトル全域の光学散乱を正確に捉える実用的な装置
- 光学系に使用される表面や材料の反射率、透過率、吸収率を測定
- 測定データを Synopsys の光学ソフトウェアにインポートすることで高精度な製品シミュレーションが可能に



TIS によるグレードの変化



Synopsys TIS Pro 本体



ハロゲン光源

#### Synopsys TIS Pro サイズ

	蓋を閉じた場合	蓋を開けた場合
長さ	720 mm (ハンドルを含まず)	
幅	580 mm (前方ハンドルを含まず)	760 mm
高さ	510 mm (脚含む)	910 mm (脚含む)
ハンドルサイズ	長さ：180 mm、幅：50 mm ※両サイドにハンドルが2つずつあります。	
重量	40 kg	

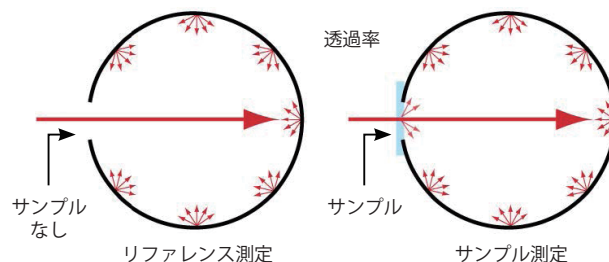
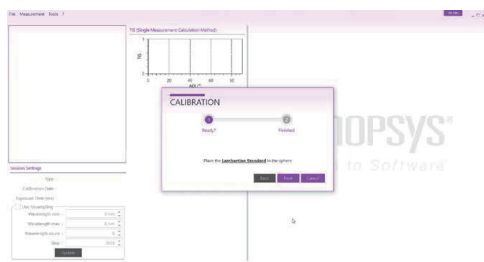
#### アプリケーション

- 自動車設計または一般照明システム用の反射板 / 拡散板材料の特性評価
- 生産における品質管理の評価
- 航空宇宙用光学部品に使用されるコーティングの迷光解析
- フトリアリスティックレンダリングに取り込むための分光特性の測定
- 化粧品の光学特性の調査
- 多くの入射角に対する材料の特性評価

#### Synopsys TIS Pro の仕組み

表面または材料のサンプルを装置に設置後、Synopsys TIS Pro ソフトウェアを使用して、測定する入射角を指定し、測定を開始します。光源とサンプルの回転ステージは指定した入射角に応じて回転します。その後、Synopsys TIS Pro がサンプルに光を当て、分光検出器が積分球からの出力信号を指定位置で収集します。

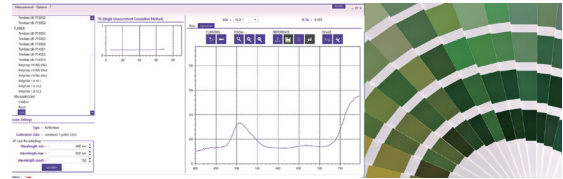
標準的なキャリブレーション測定を用いて、Synopsys TIS Pro ソフトウェアがサンプルの反射率、透過率、吸収率の値をポスト処理して計算します。このデータを表示、保存、光学設計ソフトウェアにエクスポートして、高精度な製品シミュレーションを可能にします。



Synopsys TIS Pro ソフトウェアと透過率測定原理

スペクトル測定

Synopsys TIS Pro は、ハロゲン光源と反射率および透過率用の分光検出器を使用しています。これにより、完全な波長依存性の測定が可能になります。測定結果は、ソフトウェア上で 2D プロット表示されます。(各入射角、波長に対する TIS)



緑色サンプルの分光反射率の測定例

反射材

Synopsys TIS Pro は、複数の入射角に対する可視スペクトル全域の反射率を含む TIS を測定します。

・2段階のキャリブレーション（迷光を相殺するための暗信号のキャリブレーションと、既知のリファレンス標準による分光光度計の応答のキャリブレーション）後に測定が可能になります。

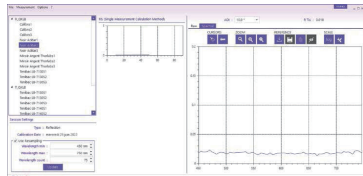
- 一般照明用のアルミなどの反射板
- 自動車用塗料、化粧品用塗料
- 拡散材ソケット
- 宇宙用光学部品を含む、光学マウントなど

・測定した反射率の値をテキストファイルで保存することができます

- ソフトウェアから直接 TIS 比較を行うことができ、サンプル間の比較が可能
- Synopsys TIS Pro ソフトウェアは、異方性材料の測定も可能

ブラックコーティングの測定例

反射材は、入射面によって複雑な挙動を示すことがあります。Synopsys TIS Pro では、さまざまな入射角の反射特性を捉えることができます。



反射材と透過材

拡散板の吸収測定を行い、照明設計ソフトウェアやフォトリアリステック・シミュレーションで直ぐに使用できる反射率および透過率 (RT) ファイルを作成できます。



Synopsys TIS Pro の測定データにより、精度を向上できる設計製品のフォトリアリステック・レンダリングの例

Synopsys TIS Pro 製品構成

- ・キャリブレーション用サンプル x1
- ・硫酸バリウムコーティング積分球
- ・統合ソフトウェア
- ・迷光の起因となる筐体
- ・高精度分光光度計

透過材

複数の入射角に対する可視スペクトル全域の透過率を含む TIS を測定

- ・透過率測定も反射率測定と同じ光源を使用しています。
- ・2段階のキャリブレーション（迷光を相殺するための暗信号のキャリブレーションと、サンプル無しでの分光光度計の応答のキャリブレーション）後に下記のような拡散材の測定が可能になります。

- ダイクロイックフィルター
- 色付き拡散プラスチック
- オパールガラス



透過材の測定例

Synopsys TIS Pro 技術仕様

光源	ハロゲン 150W - 3200K
検出器	340-850 nm 分光光度計
積分球	φ 8 インチの球体
入射角	R と T で 0° から 70° までのカスタム 0.1° ピッチ
キャリブレーション時間 (1 入射角につき)	1 秒
測定時間 (1 入射角につき)	1 秒
結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダイナミックレンジ</li> <li>・最小 TIS 検出量</li> <li>・精度</li> <li>・繰り返し精度と再現性</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・12ビット検出器 (露光時間調整可能)</li> <li>・反射率で 0.01%</li> <li>・白色リファレンス標準で ± 0.1%</li> <li>・ &lt; 1%</li> </ul>
データ交換	テキスト表形式 / LightTools 形式