

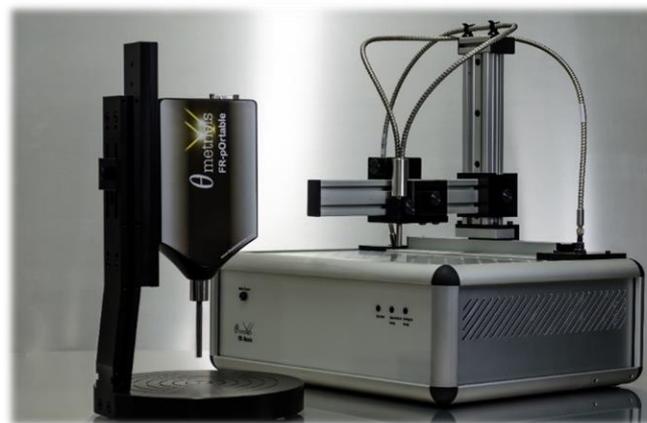


ThetaMetrisis

ThetaMetrisis LLC (Redwood City, California, USA)

ThetaMetrisis SA (Athens, Greece)

光学薄膜の膜厚・光学的特性を
簡単に、かつ高速、高精度で測定できる
非接触・非破壊測定システム



オーテックス株式会社
営業一部 加納 敏也

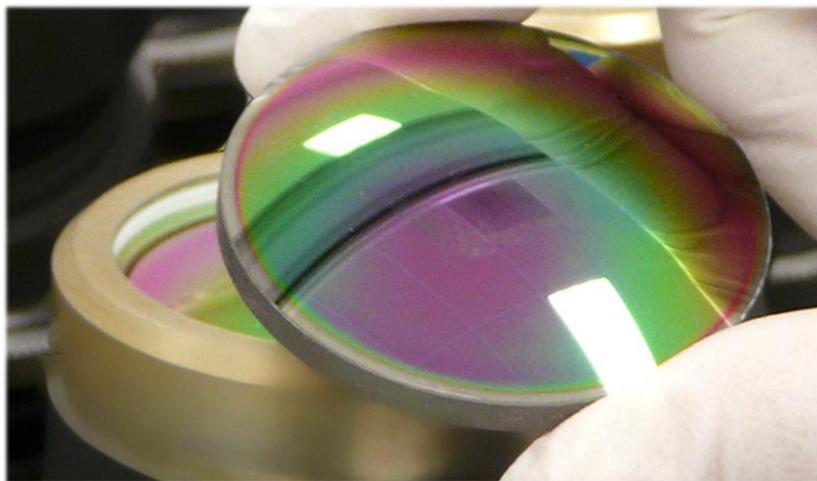
光学薄膜研究会オープンセミナー
2017年11月16日



主なアプリケーション

薄膜の厚み測定や屈折率の特性評価に最適

- ✓ 広帯域反射防止膜 (ARコーティング)
- ✓ 高反射率コーティング (HRコーティング)
- ✓ フォトレジスト
- ✓ 誘電体膜(SiO_2 , Si_3N_4 , HfO_2 , Al_2O_3 , etc.)
- ✓ 保護層 (ハードコート)
- ✓ 防食層
- ✓ 透明導電性酸化物(TCO, ITO, ...)
- ✓ 有機エレクトロニクス



AR コーティング :

金属ミラー
ガラス
シリコンソーラーウエハー

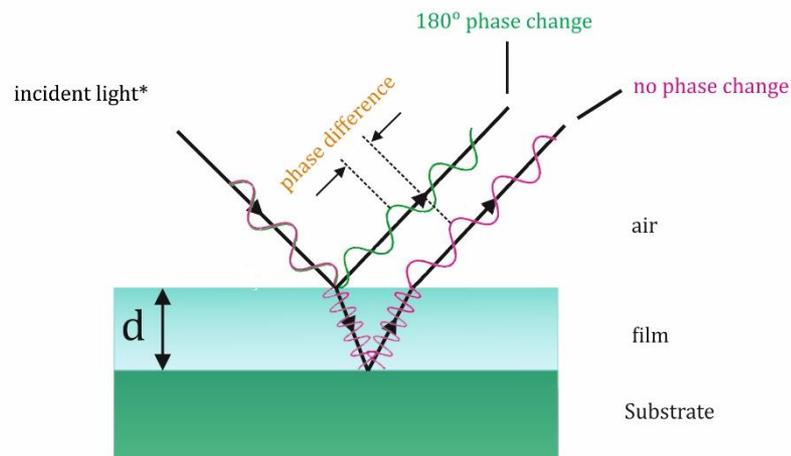
測定技術

白色反射分光方式：

White Light Reflectance Spectroscopy (WLRS)

この測定方法では、サンプル表面に対して垂直に白色光を当て、薄膜や多層膜から反射されて戻ってきた光（干渉波）を特定の波長帯域の分光器で光量を測定します。

界面からの干渉によって生成された反射分光スペクトルによって、薄膜の厚さや光学定数などの測定を行うことができます。



*normally incident-angle shown for clarity

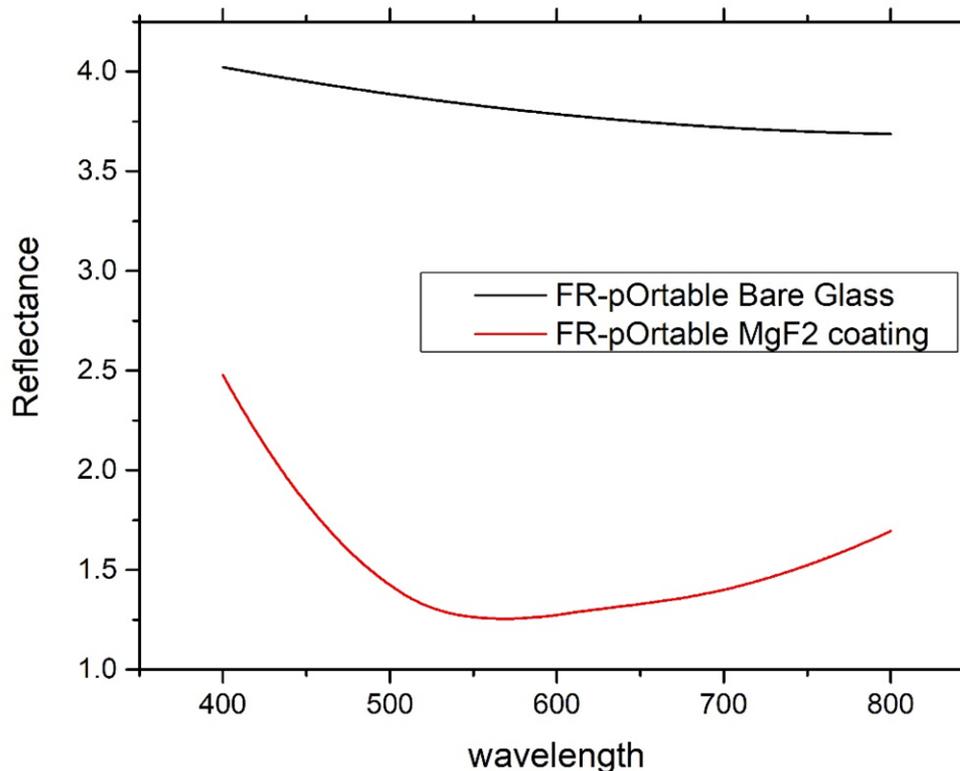
測定対象物	パラメーター	その他の特長
透明体、半透明体	厚み測定範囲: 1nm – 500 μ m*	リアルタイム計測
空中や液面上の膜や 基板上的コーティング	光学定数 (屈折率、消衰係数)	溶解度測定**
最大5層の多層膜		ポリマー特性評価**

* 設定によります。

** アクセサリーが必要

反射率測定例

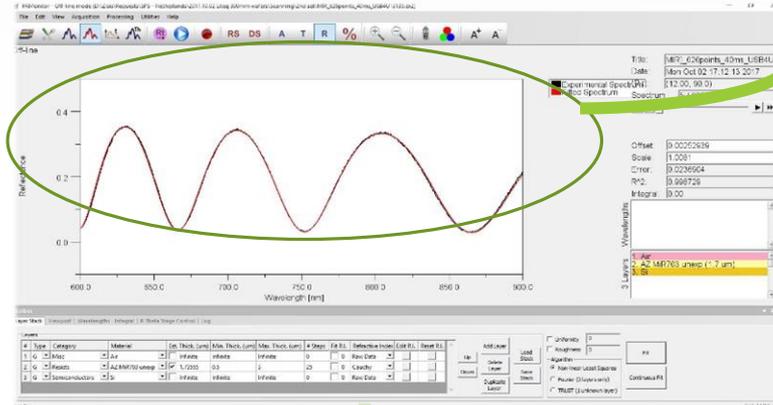
ガラスサンプルとガラス上の単層ARコーティング (MgF₂) との
反射率スペクトルの比較 (VIS / NIRスペクトル範囲における)



サンプル測定データ提供：群馬大学

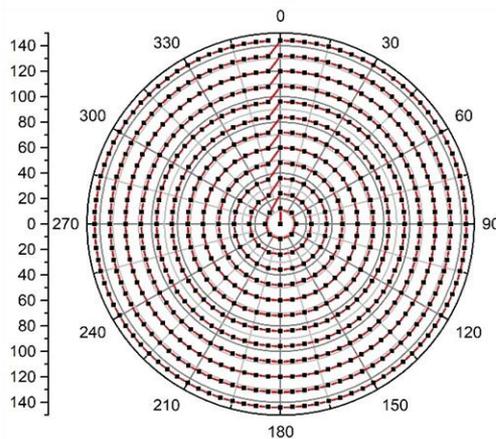
厚み測定例

厚みマッピング解析例：12インチシリコン基板上の
フォトレジスト膜厚み $\sim 1.7\mu\text{m}$

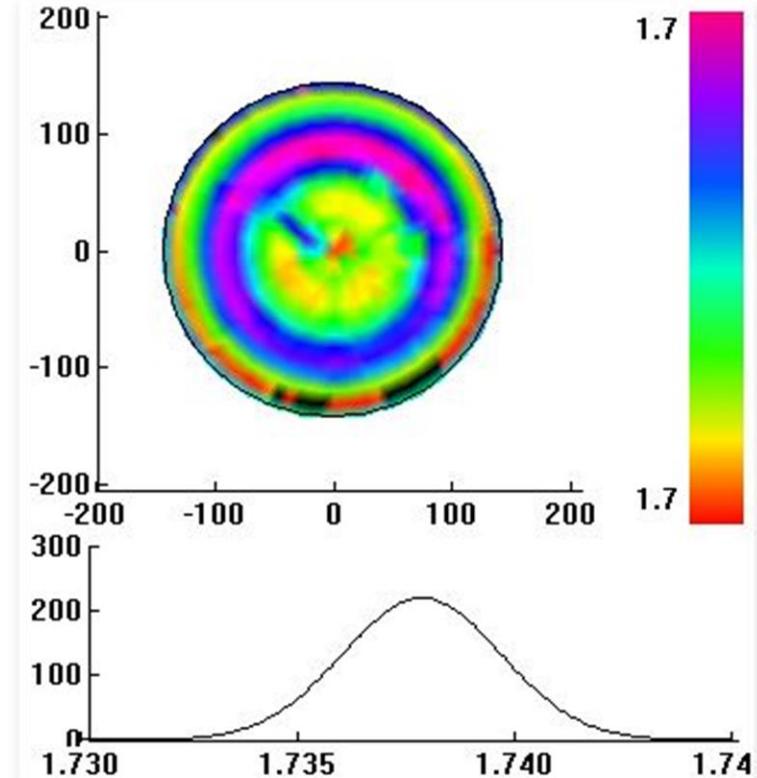


分光干渉特性

625点
パターン

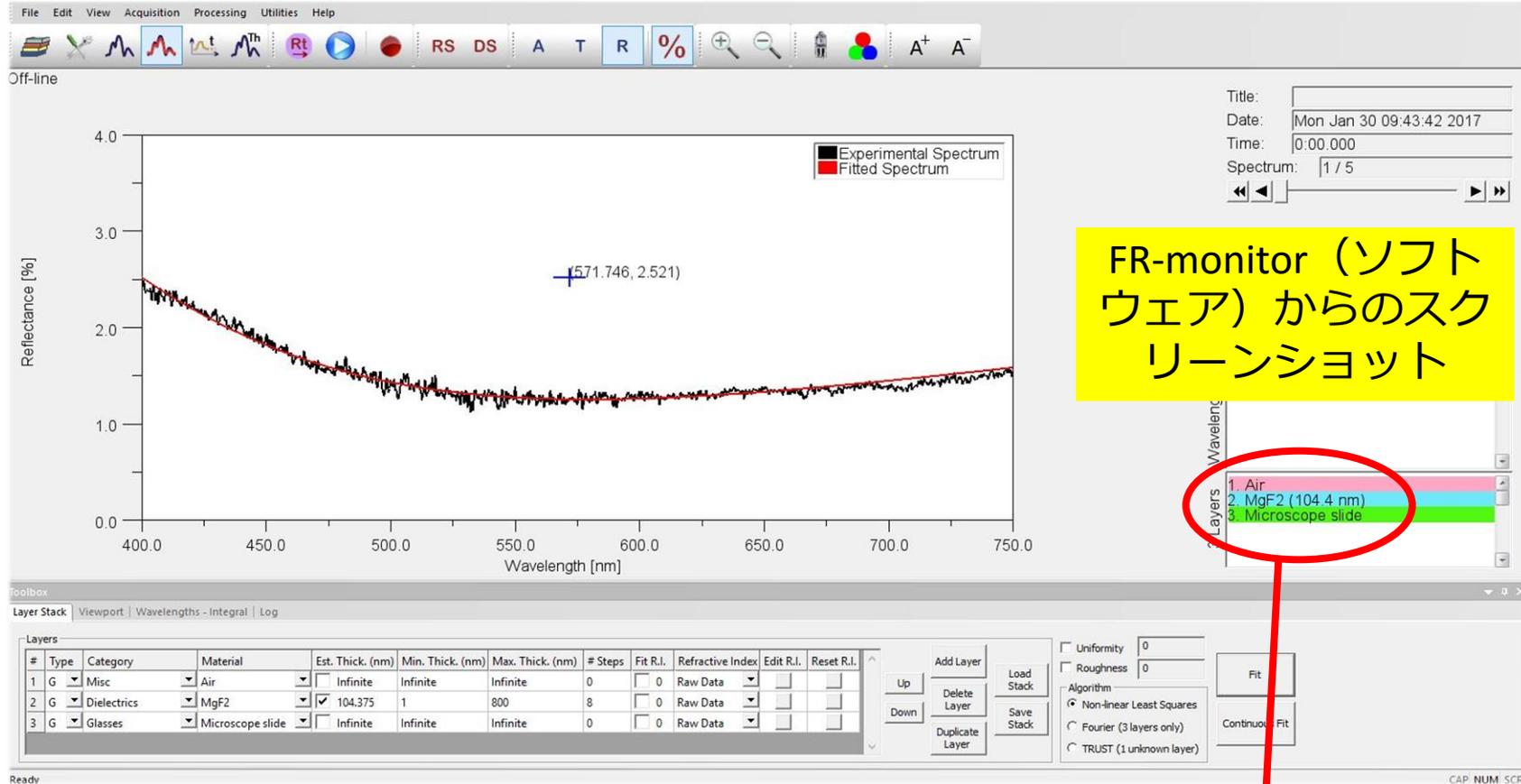


1分間
マッピング



厚み測定例

ガラス上の単層ARコーティング (MgF₂) の厚さ測定



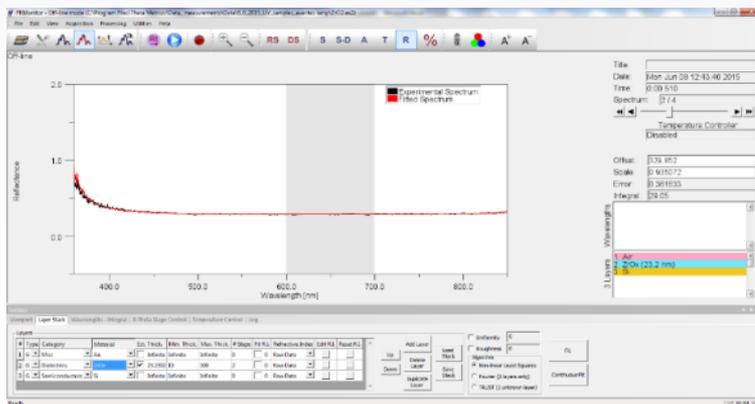
FR-monitor (ソフトウェア) からのスクリーンショット

サンプル測定データ提供：群馬大学

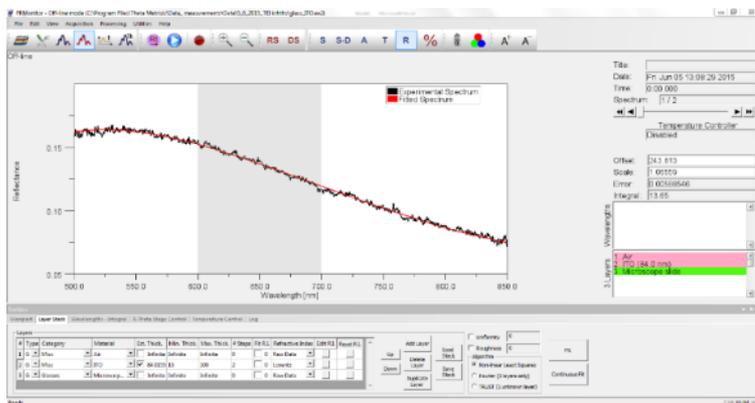
MgF₂ : 104.4nm

100nm以下の膜厚測定 (10-100nm)

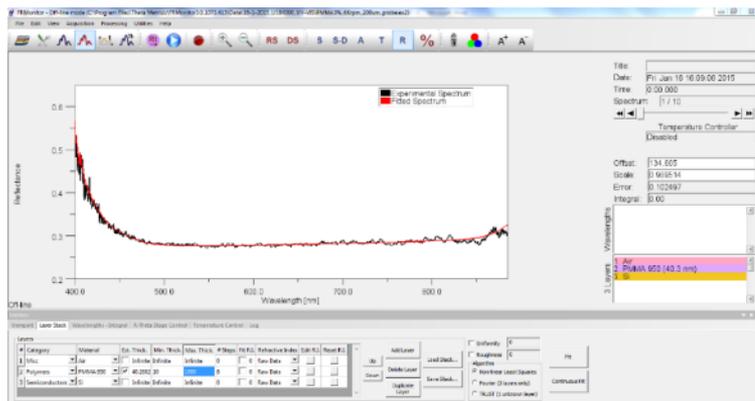
Film Metrology & More...



Si基板上のZrO₂膜
厚み: 23.2 nm



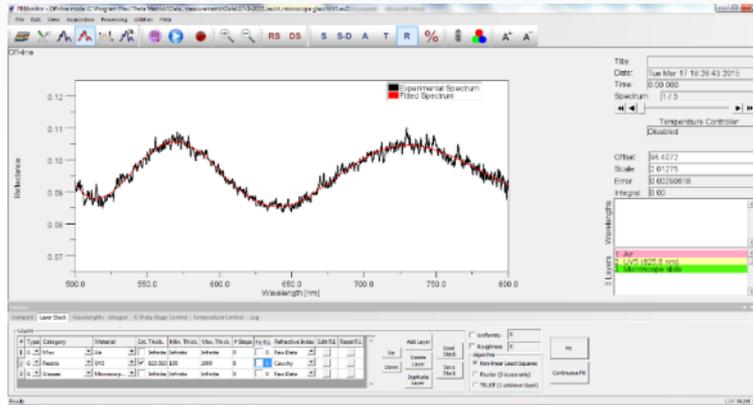
スライドガラス上のTiO₂膜
厚み: 84.0 nm



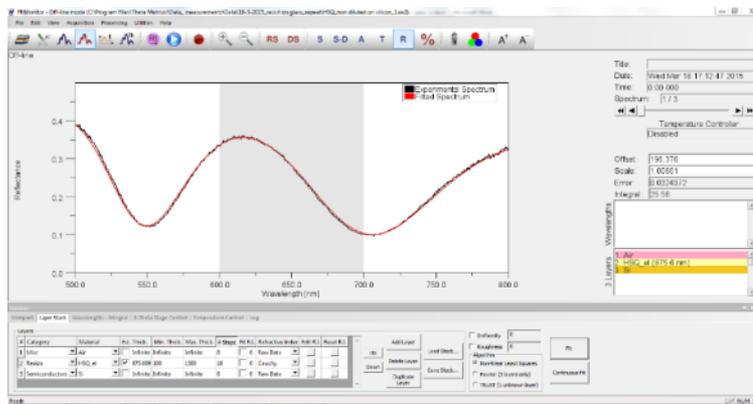
Si基板上のPMMA膜
(ポリメチルメタクリレート) 厚み: 40.3 nm

100nm以上の膜厚測定 (100-1000nm)

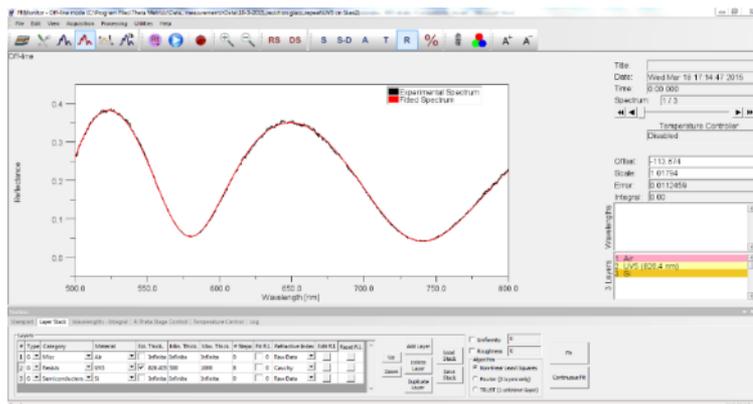
Film Metrology & More...



ガラス基板上のフォトリソスト UV5
厚み: 825.6 nm



ガラス基板上のフォトリソスト HSQ
厚み: 875.6 nm



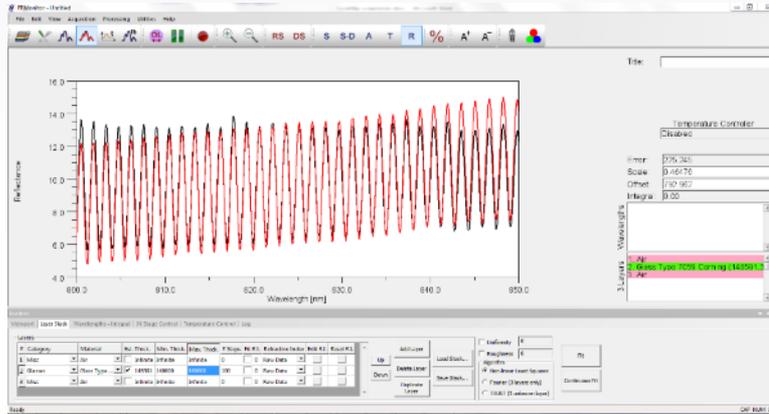
Si基板上的フォトリソスト UV5
厚み: 826.4 nm

metrisis

100ミクロン以上の膜厚測定 (>100um)

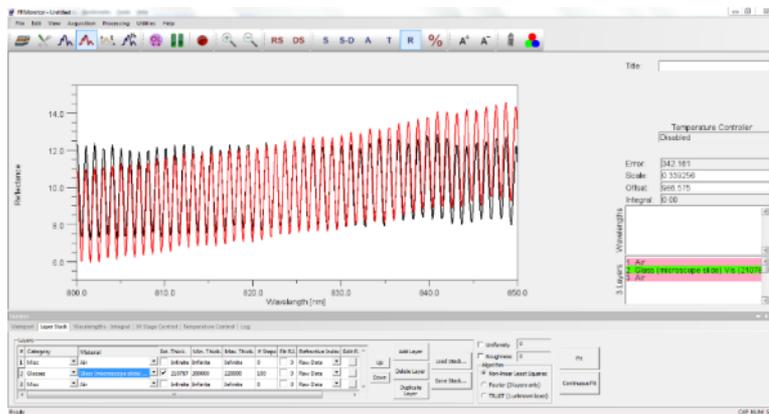
FR- pOrtable (波長範囲370-1020 nm)
を使って測定

コーニング製顕微鏡用カバーガラス # 1
厚み 148.6 μ m



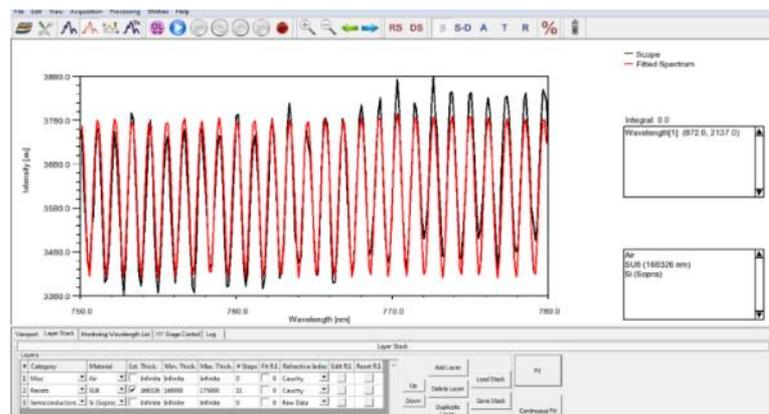
FR- pOrtable (波長範囲370-1020 nm)
を使って測定

フィッシャーサイエンティフィック製
顕微鏡用カバーガラス 厚み 210.8 μ m



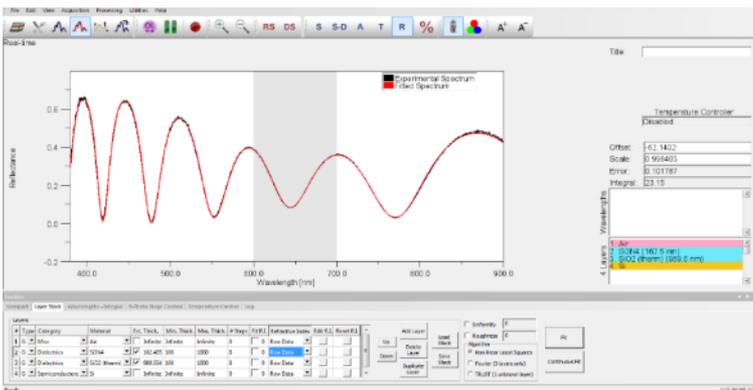
FR- pOrtable (波長範囲370-1020 nm)
を使って測定

Si基板上のSU-8 厚み: 168.3 μ m



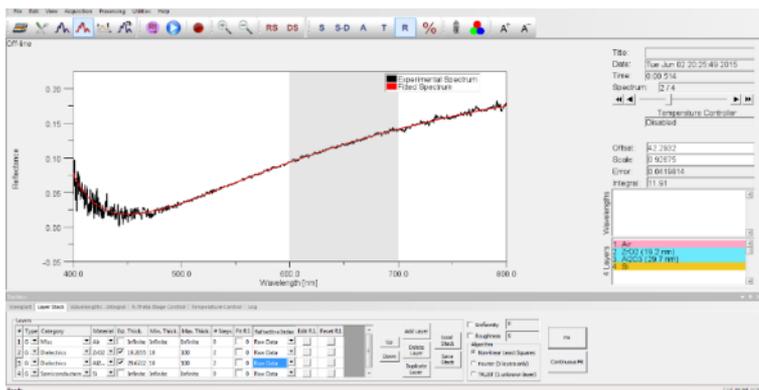
多層膜の膜厚測定

Film Metrology & More...



FR- pOrtable (波長範囲370-1020 nm)
を使って測定

Si基板上の Si_3N_4 層(膜厚 : 162.5 nm)と
サ-マル SiO_2 層(膜厚 : 989.6 nm)

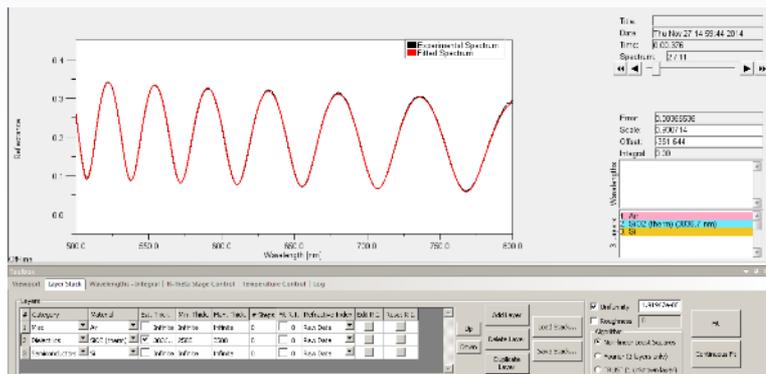


FR- pOrtable (波長範囲370-1020 nm)
を使って測定

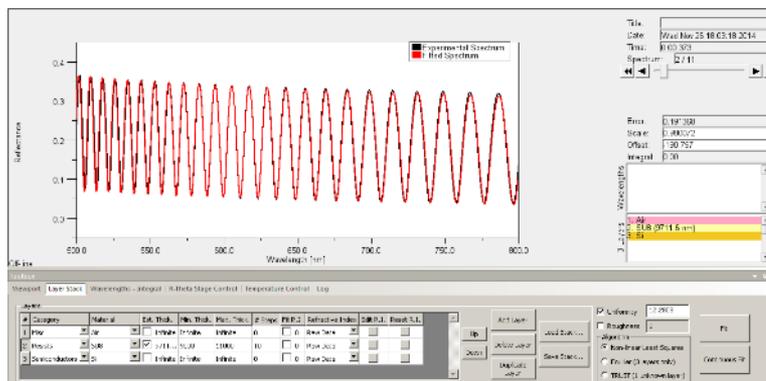
Si基板上の ZrO_2 層(膜厚 : 19.2 nm)と
 Al_2O_3 層(膜厚 : 29.7 nm)

metrisis

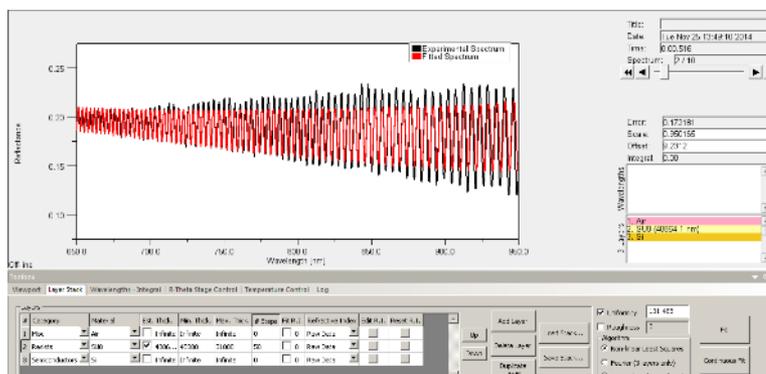
膜厚の不均一なサンプルの厚み測定例



厚み $3\mu\text{m}$ の SiO_2 層の反射スペクトルと理論スペクトルが完全一致。厚みの不均一性が0と計測



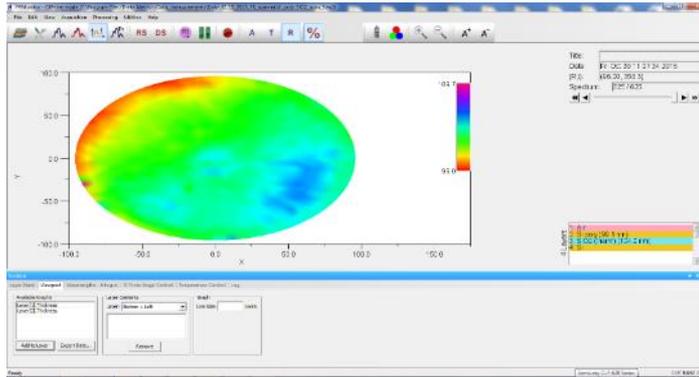
厚み $10\mu\text{m}$ のSU-8層の反射スペクトルと理論スペクトル。膜厚のばらつきは 12nm と計測された。



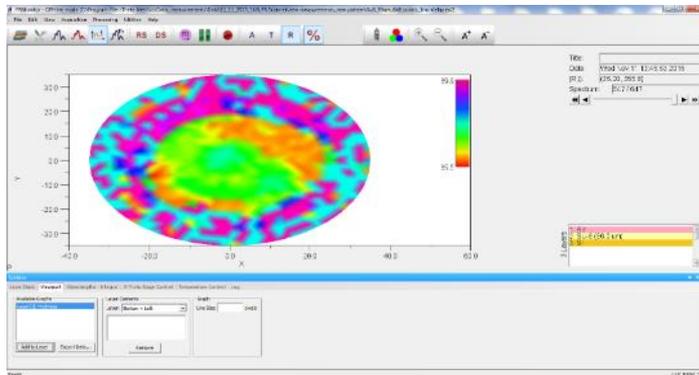
厚み $50\mu\text{m}$ のSU-8層の反射スペクトルと理論スペクトル。膜厚のばらつきは 131nm と計測された。

ウェハー膜厚マッピング

Film Metrology & More...



8インチsi基板の上に堆積された多結晶シリコン層の膜厚マッピング



3インチsi基板の上のSU-8膜厚マッピング

metrisis

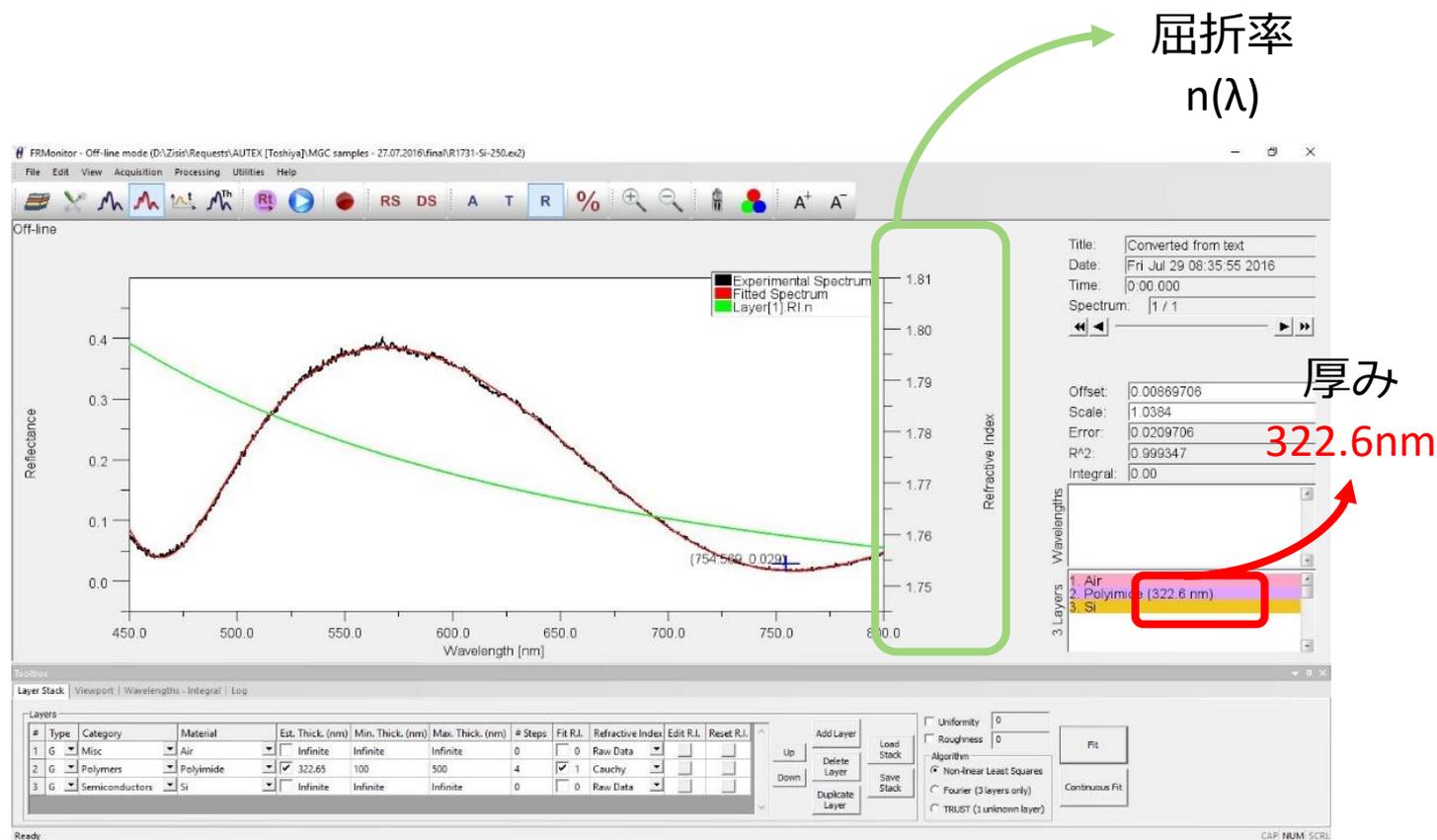
屈折率測定例

シリコン基板上のポリイミド膜の膜厚と屈折率同時測定

コーシー分散式

$$n=A+\frac{B}{\lambda^2}+\frac{C}{\lambda^4}$$

波長 (nm) の関数としての屈折率 $n(\lambda)$

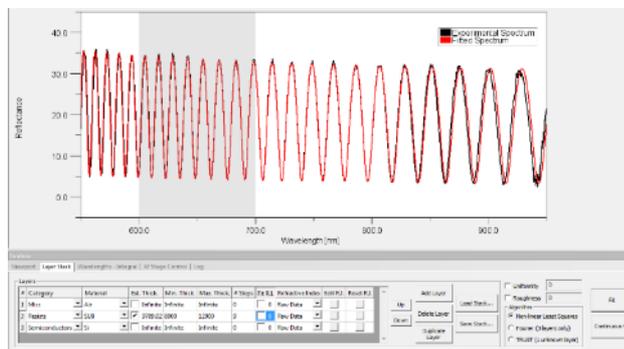
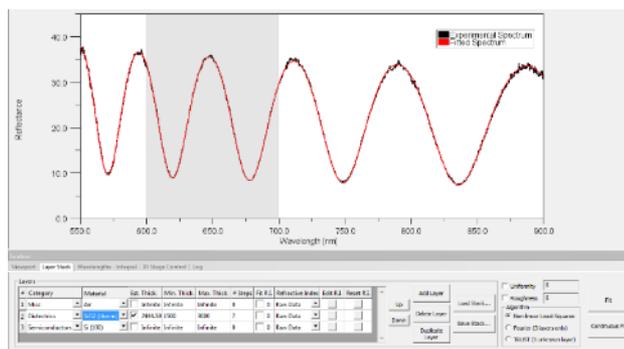
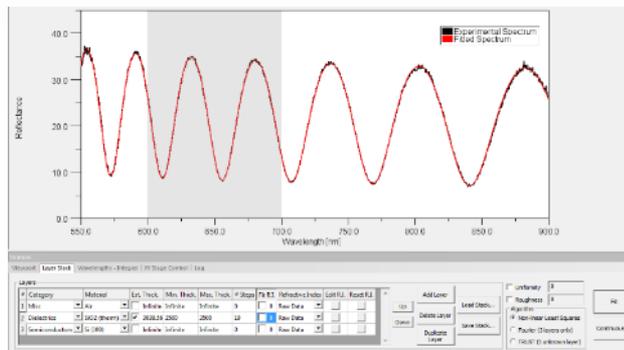


膜厚と屈折率の同時測定

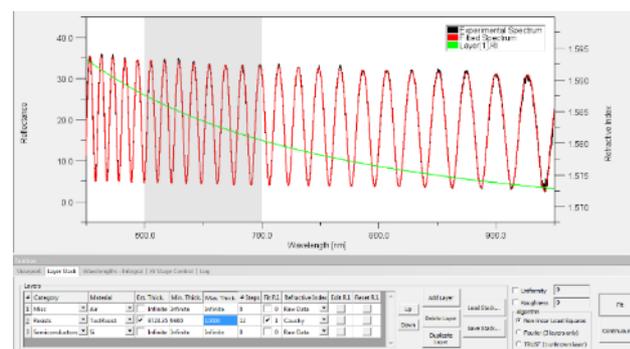
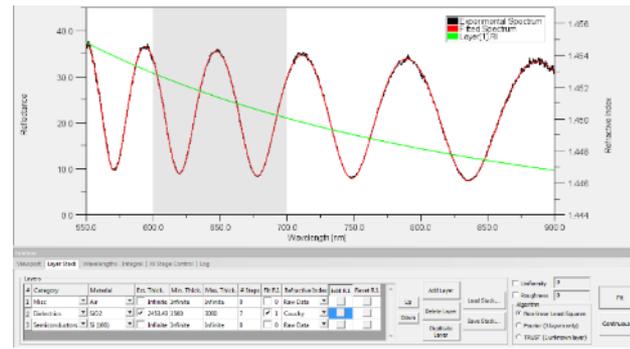
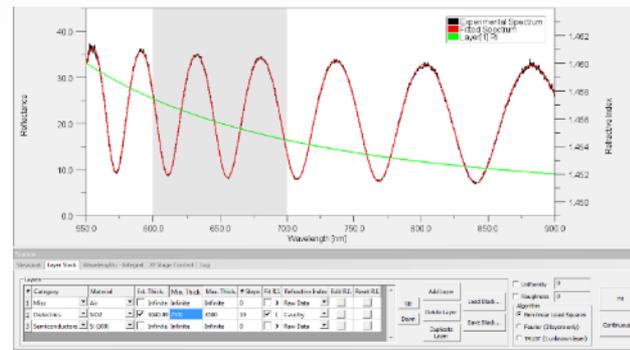
Film Metrology & More...

SU-8
測定例

膜厚測定のみ



膜厚と屈折率同時測定

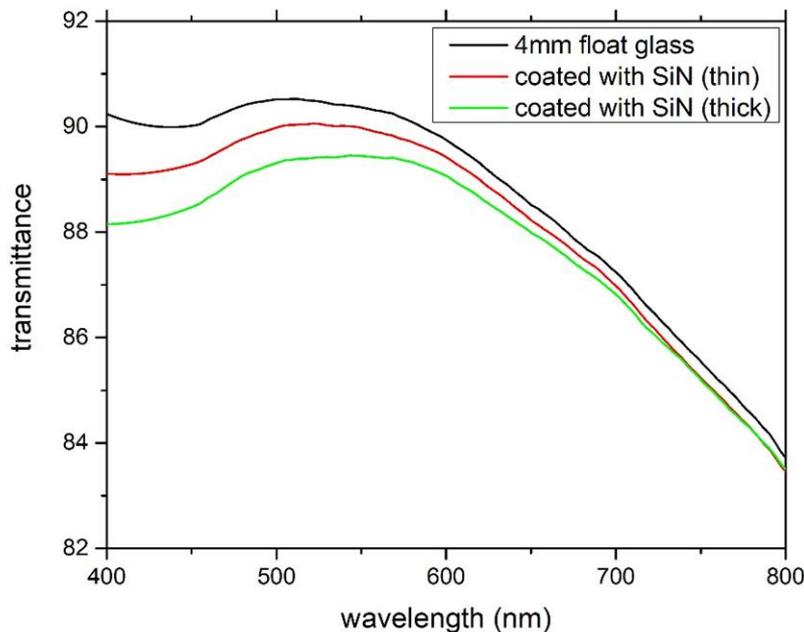
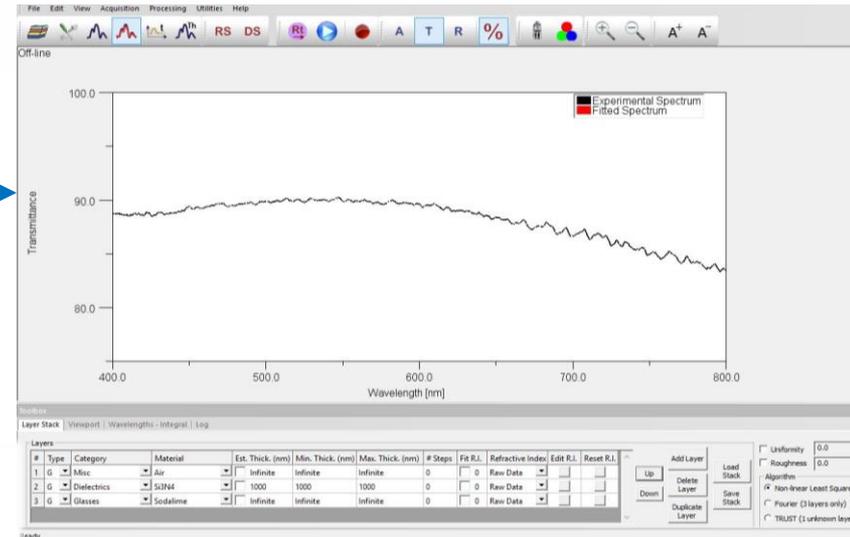


metrisis

透過率測定例（オプション）

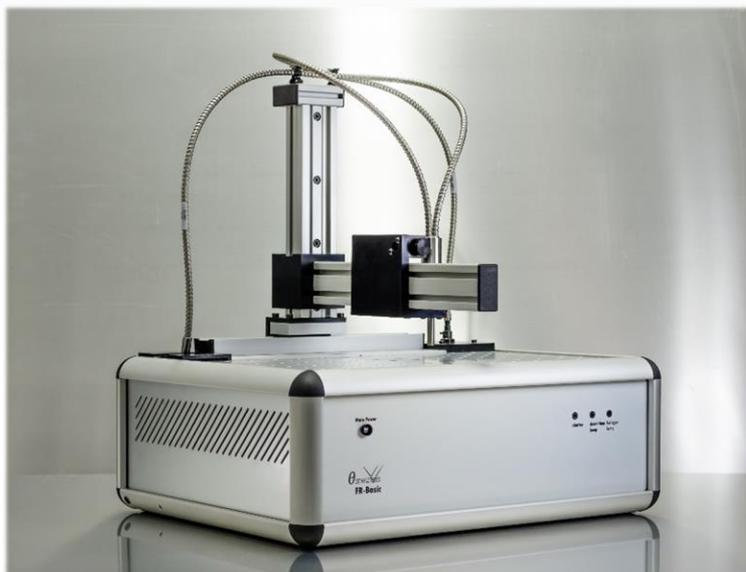
4mmフロートガラスサンプルの透過率スペクトル。ARコーティングなし、薄いARコーティング付き（SiN）、および厚いARコーティング付き（SiN）を比較。

FR-Monitor（ソフトウェア）で見られる薄いARコーティングされたフロートガラスの透過スペクトル



取得した透過率スペクトルの比較

製品紹介

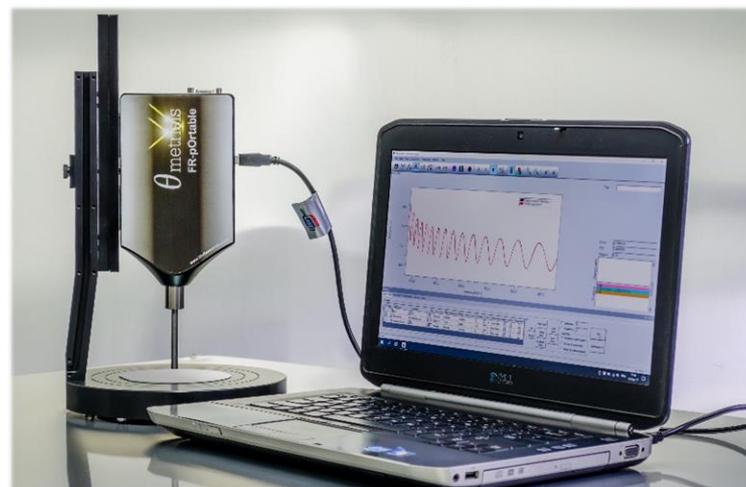


FR-Basic

ベンチトップ型測定器
コーティング特性評価などに。
カスタマイズ化可能

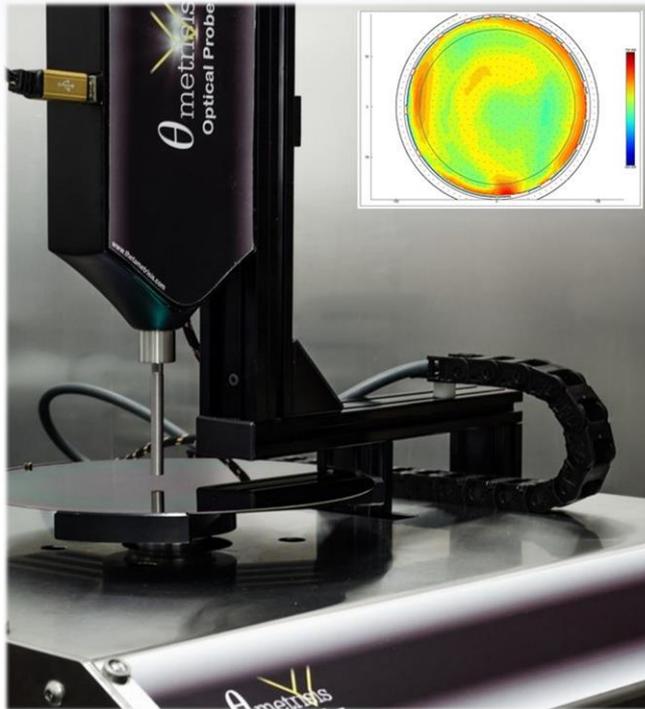
FR-pOrtable

必要な測定ポイントでの
コーティング特性評価用に。
小型 & USB電源供給型測定器
インライン化も可能



製品紹介

Film Metrology & More...

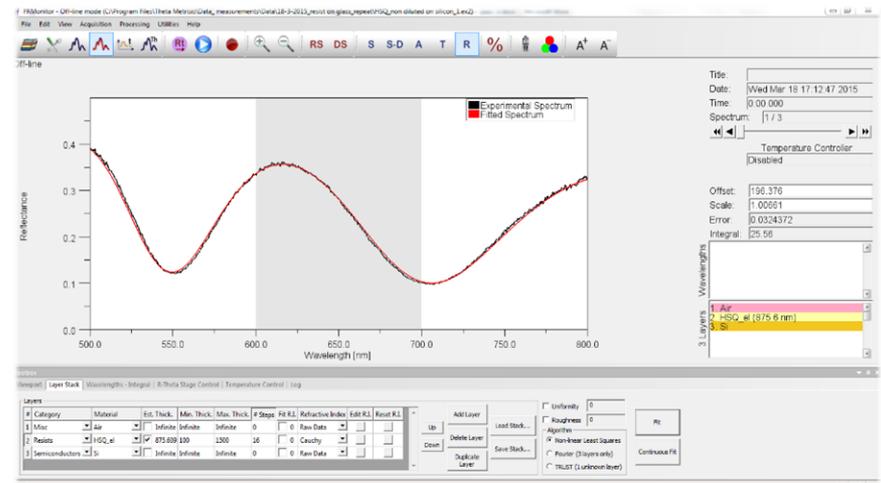


FR-Scanner

半導体ウエハーや、他の基板上の膜厚や光学定数測定用自動マッピング装置

FR-Monitor

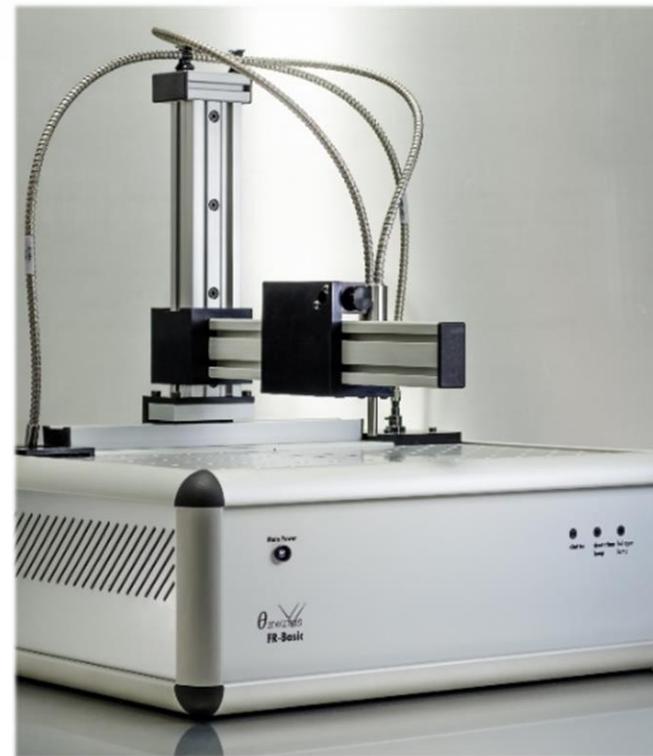
膜厚・光学特性測定用解析ソフト



FR-Basic

特長

- 組み立てユニットデザイン
- オールインワン構成可能ユニット
- 高度な設定可能、アップグレード可能
- 広範囲な分光測定範囲および豊富な付属品
- 測定拡張機能
- 比類のない精度
- 測定時間（最小）：10ms /ポイント
- 測定厚み範囲：1nm～500 μ m
- 反射率と透過率の測定
- 光学定数（n&k）の解析
- 単層および多層測定



品質解析用の理想的なベンチトップツール

FR-pOrtable

特長

- ハンドヘルド(USB電源供給型)
- プロブに可動部分や曲がる部分がない
- 測定時間(最小): 10 ms/ポイント
- 測定厚み範囲: 12nm -90 μm
- 反射率 & 透過率測定 オプション
- 光学定数解析 (n & k)
- 単層、多層膜測定
- 長期運転 (光源寿命: 20.000時間)
- 測定ヘッドの堅牢性とコンパクトサイズによる
インラインモニタリング



プロセスの稼働時間と製品の品質を最大にし、

原材料消費、コストを最小限に抑えることができます

厚み測定: 静点測定仕様

測定時間	10ms (最小)
厚み測定範囲 ¹	12nm – 90 μ m (FR-pOrtable) 1nm-80 μ m (FR-Basic UV/VIS)
厚み測定確度 ²	0.1nm
厚み測定精度 ^{3,4}	0.06nm or 1‰ (0.01nm ³)
厚み測定安定性 ⁵	0.06nm
分光範囲 ¹	380nm – 1000nm (FR-pOrtable) 200nm-850nm (FR-Basic UV/VIS)
ワーキングディスタンス (フォーカシングレンズ無)	3mm-20mm
スポットサイズ	標準 0.5mm
光源寿命	20000h (FR-pOrtable) 2000h (FR-Basic UV/VIS)
波長分解能	0.8nm
寸法 (FR-pOrtable) ⁶	246mm x 107.5mm x 42mm

[1] 他の分光範囲や厚み測定レンジの選択可能

[2] 校正された分光エリプソメーターとXRD (X線解析装置) との測定比較。光学特性が明らかな特定の10nm以下の薄膜を測定した場合。例: 6nm Si₃N₄

[3] 15日にわたる平均値の標準偏差。測定サンプル: Siウエハー上のSiO₂ 膜厚み 1 μ m

[4] 100回の厚み測定の標準偏差。測定サンプル: Siウエハー上のSiO₂ 膜厚み 1 μ m

[5] 2*1日平均の標準偏差 (15日以上) 測定サンプル: Siウエハー上のSiO₂ 膜厚み 1 μ m

[6] 測定スタンドを除く

※ 仕様は予告なく変更される場合があります。

厚み測定：マッピング測定仕様

測定時間 ¹	8インチウエハー上の625点 60秒以内 12インチウエハー上の1369点 120秒以内
厚み測定範囲	20nm - 80 μ m
厚み測定確度	1nm or 0.4%
厚み測定精度	0.1nm or 1‰
分光範囲	370nm - 1020nm
ワーキングディスタンス (フォーカシングレンズ無) スポットサイズ ^{1,2}	5mm - 20mm 1.5mm - 100 μ m
マッピング方法	回転ステージ
位置精度	5 μ m / 0.1°
光源寿命時間	20000h
波長分解能	0.6nm
寸法 (mm)	485W x 457L x 500H

世界最高速かつ高精度、高再現性の膜厚測定システム

¹ 各点の測定時間20msの場合

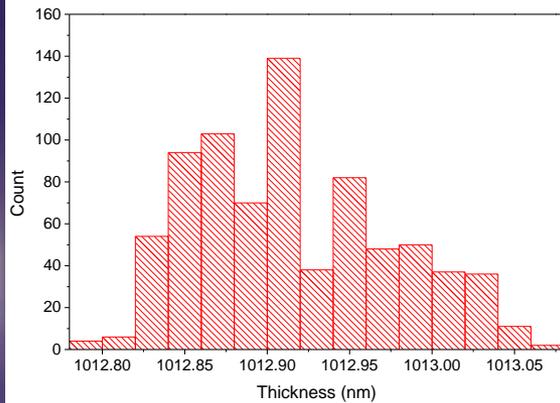
² レンズシステム使用の場合

※ 仕様は予告なく変更される場合があります。

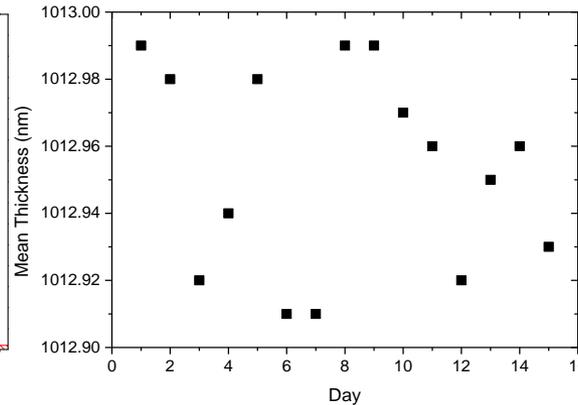
精度と安定性

サンプル	エリプソメーター	FR-pOrtable
1	12.0nm	11.8nm
2	10.2nm	10.0nm
3	8.2nm	8.0nm
4	6.3nm	6.5nm
T1	50.0nm	50.1nm
T2	41.7nm	41.9nm
T3	30.5nm	30.6nm
T4	20.0nm	20.1nm
T5	15.9nm	16.1nm

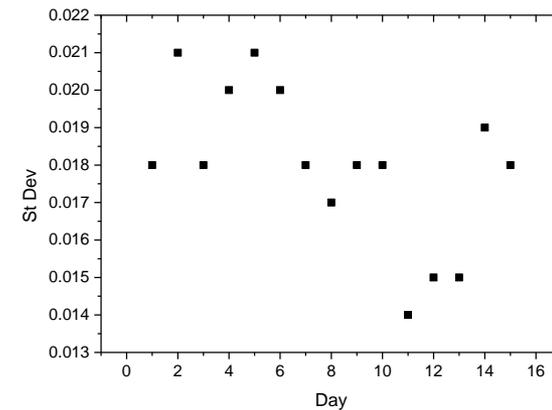
Siウェハー上のSiO₂ と Si₃N₄ 薄膜層の比較研究



3時間にわたるSiO₂厚さ測定値を示すヒストグラム



連続15日間の平均値。各点は360回の測定値からの厚さ値です。



SiO₂層の厚みの標準偏差値

FRシリーズの特長 まとめ

利点

- 高測定安定性 – 高再現性
- 高速データ取得 – 高速測定
- 自動膜厚測定解析 (膜厚、コート層厚み、総厚み)
- 非侵襲かつ非破壊測定
- ユーザーフレンドリーなソフトウェア
- エンドユーザーによる簡単なインストール

