

Agilent Cary 7000 多角度可変自動測定分光光度計 (UMS) による絶対鏡面反射率の角度依存性の評価



著者

Travis Burt, Chris Colley
Agilent Technologies
Mulgrave, Victoria,
Australia

概要

サンプルの光学特性解析をする際、一般的には単一の入射角 (AOI) で反射または透過特性を測定します。ただし、サンプルの特性をより詳細に解析する場合は、複数の AOI で反射率や透過率を測定するのが理想的です。

このアプリケーションノートでは、Cary 7000 多角度可変自動測定分光光度計 (UMS) を用いて、複数の AOI で絶対鏡面反射率を高速かつ自動的に測定する方法について紹介します。また、3 次元 (3-D) プロット値および 2 次元 (2-D) 等高線プロット値を用いて、データを視覚化する方法についても示します。

実験方法

サンプル

サンプルは大型のシリコンウエハで、直径は200 mm、厚さは 0.80 mm です。表面には、研磨後に独自の光学コーティングが施されています。サンプルと分析条件の概要を表 1 にまとめています。

使用機器

全自動でサンプルへの入射角度および検出角度が各々可変な Cary 7000 UMS を用いてデータを測定しました。Cary 7000 UMS を使用すれば、サンプルのさまざまな角度における絶対反射率および透過率、吸収率および散乱の測定をほぼ 360 ° で行えます。サンプル回転と検出器の独立した操作により、迅速かつ正確に測定します。

従来の反射率と透過率の測定は、付属の分光光度計が必要でした。この場合、測定モード (アクセサリ) により照射ビームの形状が異なるうえに、照射ビームがサンプル上の異なるポイントを測定するため、サンプルの分析結果に誤差が生じてしまいます。



図 1. Agilent Cary 7000 UMS の測定チャンバーに直径 200 mm のシリコンウエハサンプルを取り付けた様子

コーティング処理の過程において不均一な厚さの膜が形成されると、反射率と透過率に影響してしまいます。

Agilent Cary 7000 UMS の開発により、反射率 (R) および透過率 (T) をサンプルの着脱なく正確に測定できるため、誤った結果が生じる可能性が排除されます。

測定

AOI を 6 ° ~ 86 ° の範囲で 1 ° ずつ増加させて、鏡面反射率を測定しました。自動で回転可能なワイヤグリッド偏光子を用いて、サンプルに対する入射光の偏光を制御しました。s および p 偏光両方の反射率を測定しました。

分析条件は、Cary WinUV ソフトウェアのメソッドエディタを用いて設定しました。全データ取得シーケンスの開始時に必要なベースラインは、s および p 偏光用の 2 つのみです。すべての角度でこれらのベースラインを使用し、取得した個別のスペクトルに対して、ソフトウェアにより適切なベースラインを適用しました。一方、その他のシステムの場合、それぞれの角度において偏光ごとに独自のベースラインが必要になるため、総分析時間が大幅に増大します。本システムは 2 つのベースラインを取得後、全データセットを自動的に測定します。

上で述べたように、シリコンウエハは特に大型で直径が 200 mm です。Cary 7000 UMS は、最大直径 275 mm のサンプルに対応するように設計されており、非常に高いグレイジング入射角での測定が可能です。測定可能な最大サンプルの場合でも、サンプルへの入射光を「減衰」させずに 90 ° 近い角度で測定できます。

表 1. Agilent Cary 7000 UMS の分析条件

パラメータ	値
入射角 (AOI)	6 ° ~ 86 ° (1.0 ° 間隔)
波長範囲	2500 ~ 250 nm
データ間隔	UV-Vis 1.0 nm, NIR 4.0 nm
スペクトルバンド幅	UV-Vis 4.0 nm, NIR 4.0 nm
信号平均化時間	0.26 秒
偏光	s および p
入射ビーム開口部	3 ° x 3 ° (垂直方向 x 水平方向)

結果と考察

鏡面反射率

図 2 に、s 偏光の入射角を $6^\circ \sim 86^\circ$ の範囲で 1° ずつ増加させた場合の絶対鏡面反射率スペクトルを示します。p 偏光に対しても同様のプロットを作成しました (ここには示していません)。

このように多数のスペクトルを分析することは、非常に困難な作業です。図 3 と 4 は、同じデータセットに対して Scilab ソフトウェア [1] を使用して作成した、2-D 等高線プロットと 3-D プロットを示しています。最小位置と対応する %R 値から見て、反射特性は AOI に大きく依存していることがわかります。

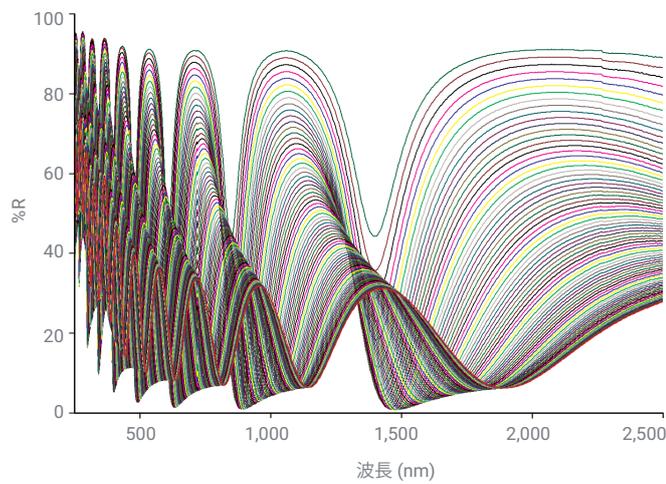


図 2. シリコンウエハの $6^\circ \sim 86^\circ$ の AOI に対する 1° 間隔の s 偏光絶対鏡面反射率

例えば、赤外領域では、ほぼ通常の AOI で約 1900 nm を中心として最小値が幅広く分布しています。約 70° という大きい入射角では、最小値の中心は約 1400 nm です。さらに、最小値の分布幅は狭く、%R 値はゼロに近い値になっています。

反射コーティングの使用目的、および AOI、スペクトル領域、%R の点から見た性能要件に応じて、これらの結果をコーティングの設計にフィードバックできます。通常のように、コーティングを 1 つの AOI で測定しただけでは、このような強い角度依存性が存在することはわかりません。

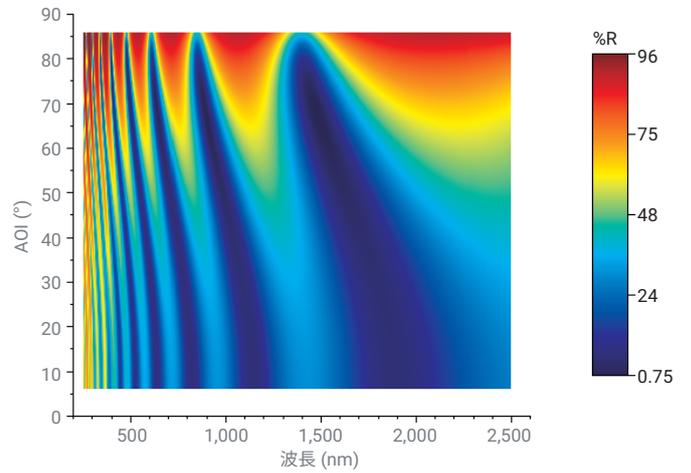


図 3. 図 2 と同じデータの 2-D 等高線プロット

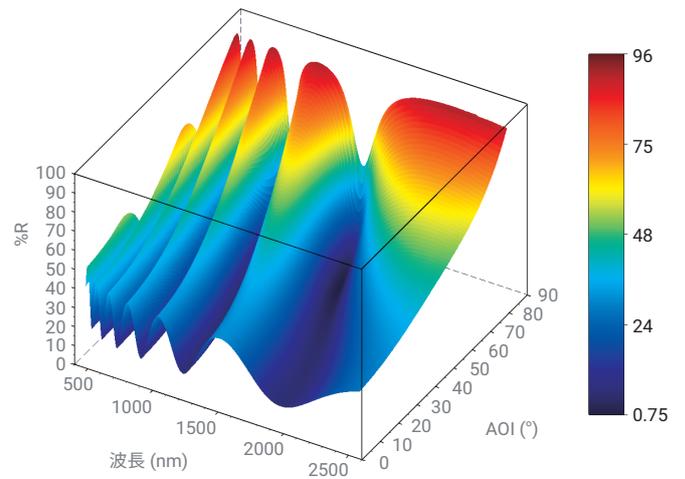


図 4. 図 2 と同じデータの 3-D プロット

結論

上で示したように、Cary 7000 UMS はコーティングされた大型のサンプルの広範囲の AOI における s および p 偏光の両方に対して、高品質のスペクトルを自動的に取得する目的で使用できます。測定は完全にソフトウェアで制御されており、サンプルを取り付けた後は、すべて自動でデータが収集されます。幅広い波長範囲、AOI、偏光に対してサンプルを総合的に分析することにより、光学コーティングの角度依存性について詳細に理解することができました。

さらに、3-D プロットおよび 2-D 等高線プロットを用いて多数のデータセットを視覚化することにより、光学コーティングの特性に関して十分に理解することが可能です。これらの貴重な情報は、コーティングの設計と最適化を支援するために使用できます。

参考

1. Scilab is free open source software available at <https://www.scilab.org>

ホームページ

www.agilent.com/chem/jp

カスタマコンタクトセンター

0120-477-111

email_japan@agilent.com

本製品は一般的な実験用途での使用を想定しており、医薬品医療機器等法に基づく登録を行っていません。本文書に記載の情報、説明、製品仕様等は予告なしに変更されることがあります。

DE73492769

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2022

Printed in Japan, December 29, 2022

5991-2523JAJP