

分光エリプソメーターによる測定事例（Ⅱ） ～光学異方性を有する試料の測定～

キーワード：分光エリプソメーター、屈折率測定、光学異方性、複屈折

公益財団法人 JKA 平成29年度
機械設備拡充補助事業



はじめに

光学機器や精密機器、材料開発において屈折率や薄膜の膜厚を精密に測定したいとの要望が高まっています。分光エリプソメーターは、非破壊かつ非接触、短時間で屈折率や膜厚を精度良く測定できるため、これらの要望に応えられる装置です。分光エリプソメーターに関する前回のテクニカルシート¹⁾では、ガラス基板や SiN 薄膜の屈折率、物質の吸収に関わる消衰係数、膜厚測定および屈折率や膜厚のマッピング測定について報告しました。

本稿では、光学異方性を有する(屈折率が試料の方向によって異なる)試料の測定例について報告します。なお、屈折率に異方性がある場合には、一般に光が分離する現象が生じます。この現象を複屈折と呼びます。特に、方解石を通して文字を見ると、二重に見える現象が有名です。

分光エリプソメーターの概要

平成 29 年度 JKA 機械設備拡充補助事業により当所に導入されました分光エリプソメーター (M-2000、ジェー・エー・ウーラム・ジャパン株式会社製) の外観を図 1 に示します。図 1 では、反射分光エリプソメトリー測定用基板ホルダーが装着されています。通常は、反射分光エリプソメトリーを測定し、解析を行えば屈折率や膜厚等を得る事ができます。本装置は、通常の反射分光エリプソメトリー測定だけでなく、透過分光エリプソメトリー測定が行える



図 1 分光エリプソメーター概観図 (反射測定基板ホルダー装着)

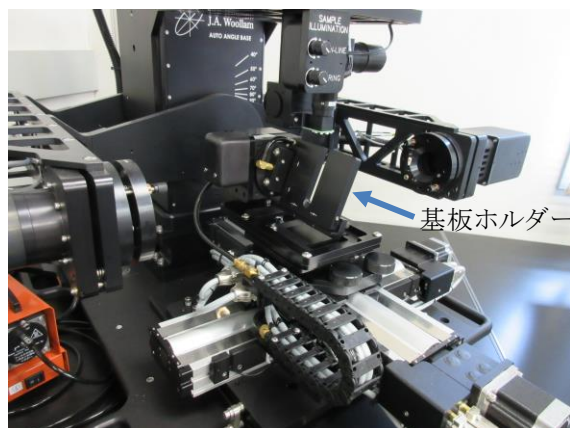


図 2 透過測定基板ホルダーを装着した分光エリプソメーター

表 1 分光エリプソメーターの仕様

| | |
|---------|---------------------------------|
| 型式 | M-2000UI (ジェー・エー・ウーラム・ジャパン株式会社) |
| 光源 | 重水素ランプ、ハロゲンランプ |
| 波長範囲 | 245 nm～1690 nm |
| ゴニオメーター | 45° ～ 90° |
| 試料ステージ | 反射型および透過型 |
| 測定方式 | 回転補償子型 |
| 測定時間 | 1 測定あたり数十秒 |
| アライメント | 自動アライメント |
| マッピング | 自動マッピング |

事も大きな特徴の一つとなっています。

図 2 には、透過分光エリプソメトリー測定用基板ホルダーを装着した様子を示します。透過測定の場合には、真空チャックにより、基板をホルダーに固定するため、少なくとも 25 mm×20 mm 以上の試料が必要となります。なお、透過配置の場合、ホルダーが傾斜する事により、異なる入射角の透過分光エリプソメトリー測定が可能です。また、通常の透過率測定も実施できます。

表 1 に装置の仕様を示します。測定波長域が 245 nm から 1690 nm と広く、近紫外、可視および近赤外域の屈折率や消衰係数の測定が可能です。また、測定時間が短く、多数の試料の測定やマッピング測定を短時間で行えます。

光学異方性を有する試料の測定

通常のエリプソメリー測定では、反射配置で測定を行います。しかし、光学異方性を有する事が予想される場合には、反射配置の測定に加え、透過配置での分光エリプソメリー測定の実施が推奨されます。反射に加え、透過配置の分光エリプソメリー測定を加える事により、より精度の高い解析結果を得る事が期待できます。本測定では、反射配置では、 50° 、 70° の入射角の分光エリプソメリーのデータ、透過配置では、 -20° 、 -10° 、 0° 、 10° 、 20° の入射角の分光エリプソメリー測定データを取得し、その全てを解析に用いる事により、精度の向上を図っています。但し、光学異方性を有する試料の場合、一般に吸収領域の解析は困難です。したがって、本解析においても、吸収のある紫外域は除外し、ほぼ透明領域である波長 400 nm 以上の解析を行っています。

光学異方性材料には、1 軸性材料と 2 軸性材料があります。1 軸性材料は、屈折率が 1 方向だけ異なるものです ($n_x=n_y \neq n_z$)。2 軸性材料は全ての方向で屈折率が異なるものです ($n_x \neq n_y \neq n_z$)。本来、解析に用いる光学モデルは、その試料に適応すべきモデルを用いる必要があります。本稿では、測定事例その 1 とその 2 の違いをわかりやすくするため、どちらの場合も 2 軸性材料の光学モデルで解析しています。

測定事例その 1 (PET 試料 A)

上述の反射と透過分光エリプソメリー測定を行った後、2 軸性材料光学モデルにより解析を行った、厚さ 500 μm のポリエチレンテレフタレート (PET) 試料 A の波長毎の屈折率 (屈折率の波長分散) のデータを図 3 に示します (なお、試料厚さ方向の屈折率は n_z です)。図 3 より、 n_x 、 n_y 、 n_z は、ほぼ重なっており、いずれの方向でも、屈折率は変わらない事がわかります。この PET 試料 A は、押出法により作製されており、光学的には等方性に近いと予想され、測定・解析結果と一致しています。

測定事例その 2 (PET 試料 B)

厚さ 55 μm の PET 試料 B を用意し、PET 試料 A と同じ測定方法により、データを取得し、2 軸性材料光学モデルを用いて解析を行った結果を図 4 に示します。

図 3 とは異なり、屈折率が n_x 、 n_y 、 n_z いずれの方向とも異なる事がわかります。この PET 試料 B は、延伸法により作製されたものであり、光学異方性を有する事が予想され、この事例も測定・解析結果と一致しています。なお、試料 A および試料 B の屈折率データは、測定の一例であり、PET 試料全般

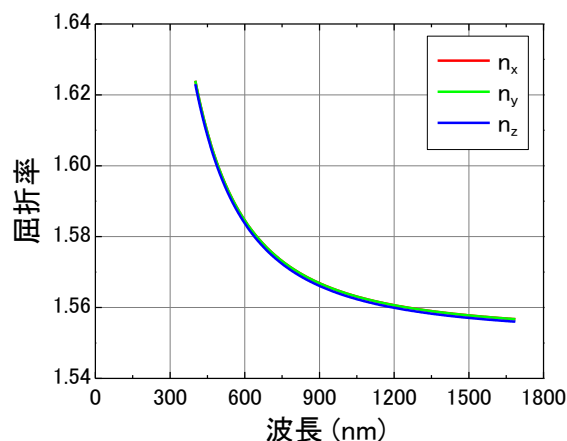


図 3 厚さ 500 μm の PET 試料の屈折率

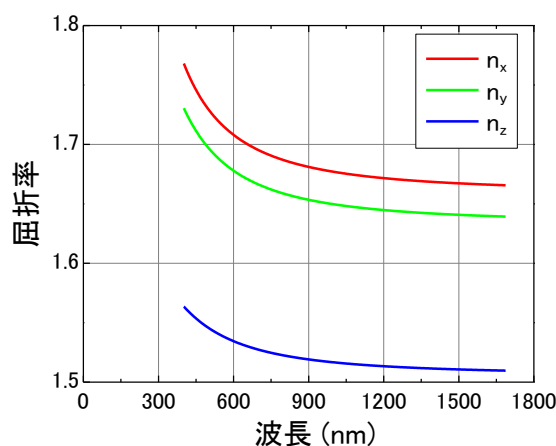


図 4 厚さ 55 μm の PET 試料の屈折率

の屈折率を代表するものではない点にご注意下さい。

おわりに

分光エリプソメーターは、測定手法としては、入射光と試料の反射光もしくは透過光の偏光状態の変化を測定し、解析する事によって、屈折率や膜厚を得る事が可能な間接的な測定です。解析を行う事が必須であり、解析には、ある程度のエリプソメリーの知識が必要です。特に、光学異方性を有する試料の解析は、多くの場合、難易度が高くなります。また、基本的には、反射や透過測定となるため、測定できる試料にも制限があります。しかし、上手に利用すれば、短時間、非破壊、非接触で屈折率、消衰係数、膜厚、表面粗さ、光学異方性等の情報を得る事が可能です。技術的な問題については、職員がご相談を承る事も可能です。お気軽にお問い合わせ頂き、分光エリプソメーターを有効にご利用下さい。

1)大阪技術研テクニカルシート No.18-05 (2018) .