

Webで学ぶ

インライン分光計測システム

-品質を向上する為に-

本資料の掲載情報は、著作権により保護されています。本情報を商業利用を目的として、販売、複製または改ざんして利用することはできません。

大塚電子株式会社

- 大阪本部
- 東京支店
- 東北営業所
- 東海営業所
- 九州営業所

〒540-0021 大阪市中央区大手通三丁目1番2号 エスリードビル大手通6F
〒192-0082 八王子市東町1-6 橋完LKビル4F
〒980-0021 仙台市青葉区中央2-2-10 仙都会館5F
〒460-0008 名古屋市中区栄3-2-3 名古屋日興証券ビル4F
〒810-0001 福岡市中央区天神1-9-17 福岡天神フコク生命ビル15F

TEL.(06)6910-6522
TEL.(042)644-4951
TEL.(022)208-9645
TEL.(052)269-8477
TEL.(092)717-3338

ホームページ <http://www.otsukael.jp>

インライン分光計測システム

—品質を向上する為に—

1. はじめに

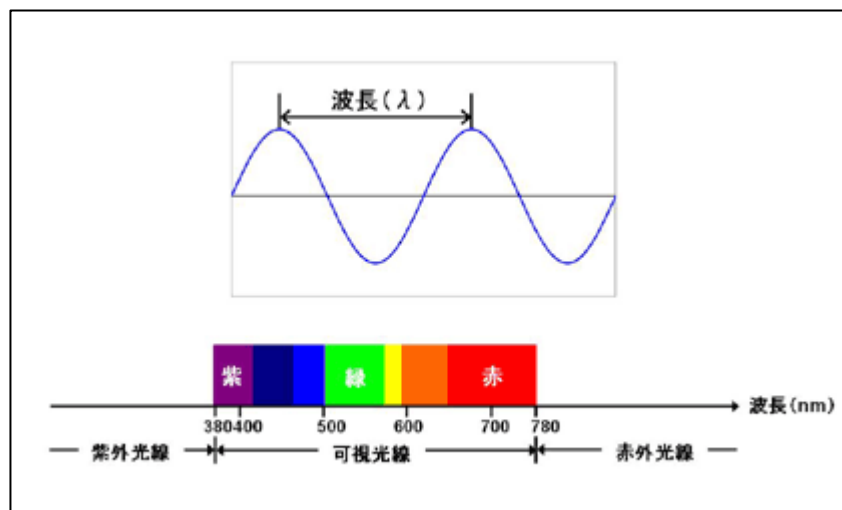
近年、フラットパネルディスプレイ分野、包装用等のフィルム分野および透明電極膜分野では、さまざまな製品があり、特にこれらの製品の場合は光学的特性が重要な性質の1つとなっている。当社では、生産ラインを止めることなく製品の品質管理を行うための分光計測システムを提供している。本稿では、これらのシステムを紹介する。

2. 分光とは

2-1 光の特徴

光には粒子と波の性質がある。光を波として表現した場合、波の山から山または谷から谷までの距離を波長と呼ぶ(図1)。私達が普段目にしていてる太陽光や蛍光灯の光には、さまざまな波長の光が含まれている。

(図1)

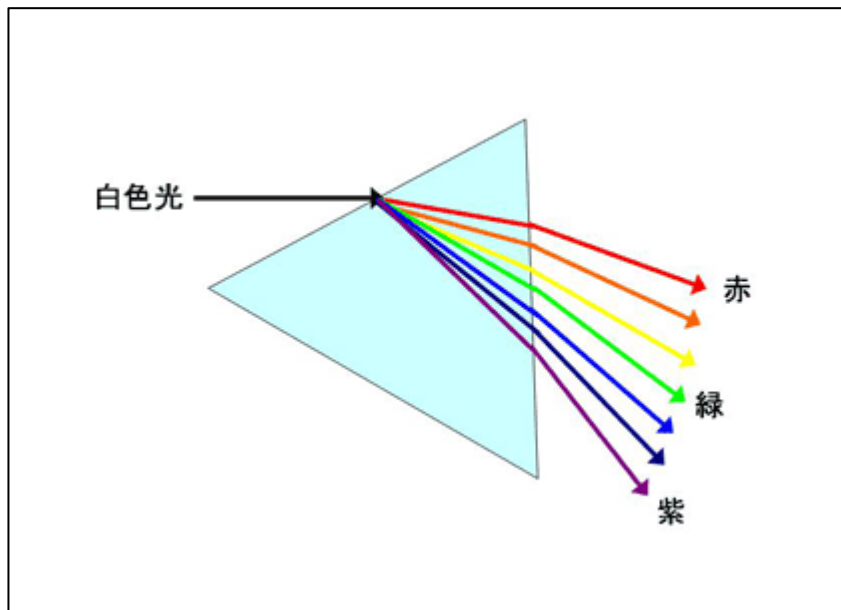


光は波長により次のように分類される(図1)。波長が380 nm ~ 780 nmの光は可視光線と呼ばれる。名前の通り人間の目が認識することができる光で、波長の短い方から紫、藍、青、緑、黄、オレンジ、赤となる。私達が見ている物体の色は、可視光線の波長ごとの強さのバランスで決まる。波長が380 nmより短い光は紫外光線、波長が780 nmより長い光は赤外光線と呼ばれ、人間の目では認識する事はできない。

2-2 分光の定義と分光の例

分光とは、さまざまな波長が含まれている光を波長成分に分けることである。分光の例としては、プリズムが挙げられる(図 2)。プリズムは、プリズム内の波長による屈折率の差を利用して光を分光している。波長が短くなるに従い屈折率が大きくなり、光が曲がる角度(屈折角)が大きくなる。この屈折角の差により、分光できる。

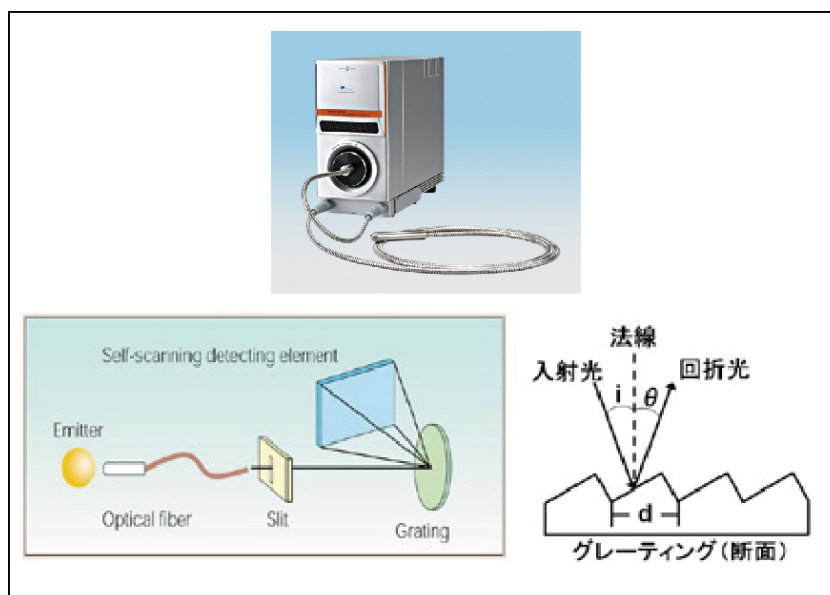
(図 2)



2-3 当社の分光計測器

当社で提供している分光計測器は、プリズムとは異なる方法で光を分光している(図 3)。まず、光ファイバーで計測する光を受光し、検出器へ導く。検出器に入った光はグレーティング(回折格子)に照射され、各波長成分に分光される。分光された光は、1列に並んだ光検出素子により波長成分ごとに検出される。

(図 3)



グレーティングは表面に複数の溝が刻まれた光学素子であり、波長 λ の光がグレーティングに角度 i で入射した時、角度 θ の方向に回折されるとすると

$$m\lambda = d(\sin i \pm \sin \theta) \quad (m: \text{次数、} d: \text{溝の間隔})$$

が成り立つ(図 3)。入射光と回折光が回折格子の面の法線に対し、同じ側なら正の符号、異なる側なら負の符号となる。グレーティングによる分光は、光の波長による回折角度の差を利用して行っている。

2-4 分光計測で分かる事

以下に分光計測を行う事によって分かる事を説明する。

①分光透過率

物体に光を照射した時に物体を透過した光を計測することで、物体の透過率波長特性を知ることができる。

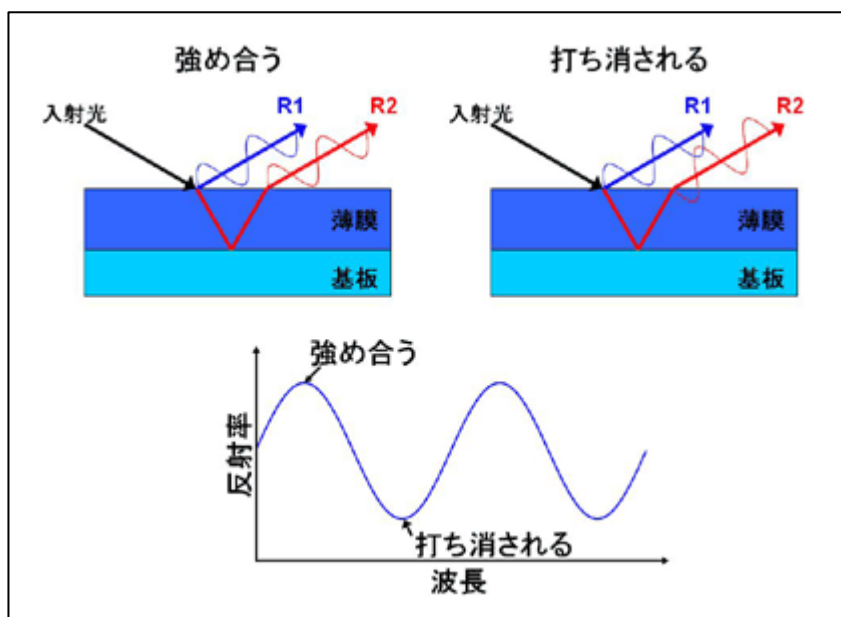
②分光反射率

物体に光を照射した時に物体の表面で反射された光を計測することで、材料の反射率波長特性を知ることができる。

③膜厚

基板に薄膜が塗布されたものに光を照射した時、薄膜表面での反射光(R1)および薄膜・基板界面での反射光(R2)がある(図4)。この時、R1とR2の波の山と山が重なると光は強め合う。一方、R1とR2の波の山と谷が重なると光は打ち消される。この結果、分光反射率は波長により変化し、波の形となる。このようなスペクトルを干渉波形と呼ぶ。この干渉波形の形は、材料の屈折率および薄膜の膜厚により固有の波形を示す。従って、材料の屈折率が分かれば薄膜の膜厚を計測することができる。

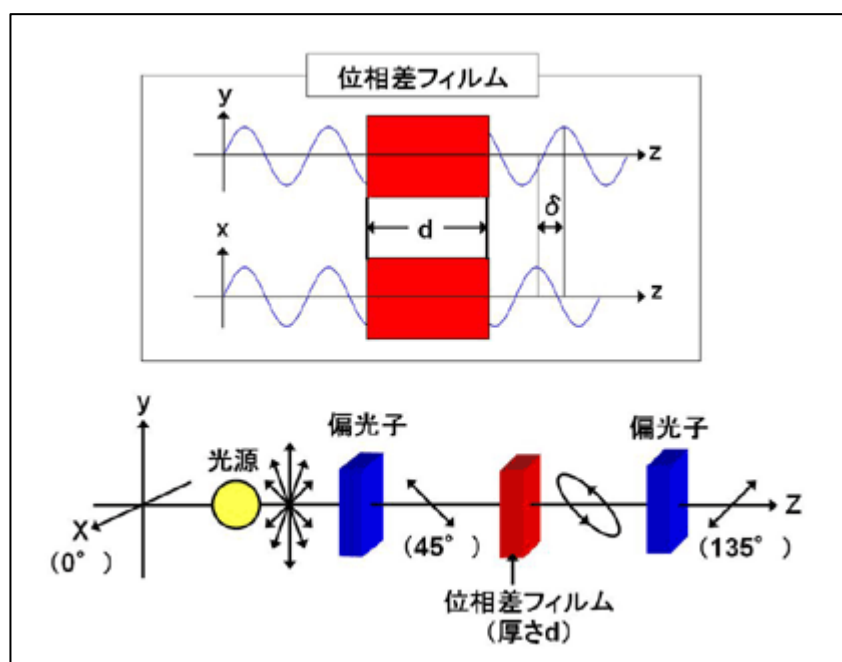
(図4)



④偏光(リタレーション)

太陽光やランプの光などの自然光は、さまざまな方向に振動している。さまざまな方向に振動している光から、ある特定の方向に振動している光のみを取り出すことができる光学素子を偏光子と呼ぶ。偏光子を利用することにより、位相差フィルムのリタレーションを計測できる(図5)。

(図5)



位相差フィルムとは x 軸方向と y 軸方向で屈折率が異なるフィルムで、フィルム内を x 軸で振動する波と y 軸で振動する波の速さに差が生じる。その結果、フィルムに入射する前に揃っていた位相がズれる。このズレのことを位相差(δ)といい

$$\delta = 2\pi \Delta n d / \lambda \quad (\Delta n : \text{屈折率差、} d : \text{フィルムの厚さ})$$

が成り立つ。また、屈折率差(Δn)とフィルムの厚さ(d)の積($\Delta n d$)をリタレーションといい、 Δn が波長分布を持つことからリタレーションも波長分布を持つ。

リタレーション計測は、入射光用および透過光用の偏光子を透過軸が垂直になる様に配置し、その間に位相差フィルムを設置して行う。フィルムの位相差の大きさにより透過光用の偏光子の透過軸方向の強度が変化する。位相差の大きさは、光の波長、屈折率の差およびフィルムの厚さによって決まるため、分光透過率計測結果からリタレーションを計測することができる。

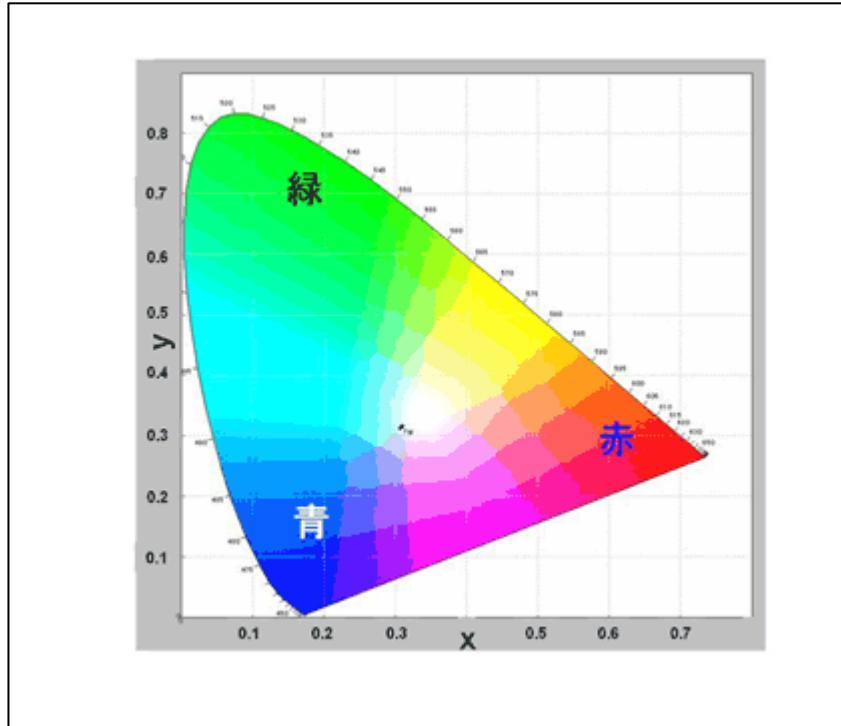
インライン分光計測システム

—品質を向上する為に—

⑤ 物体色(透過色、反射色)

分光透過率または分光反射率スペクトルのデータから、JIS 規格に基づいた計算方法を用い、色を数値化して表現することで物体の透過色または反射色を知ることができる。例として、Y,x,y 表色系が挙げられる(図 6)。Y 値は明るさを示し、x および y の値で色を示す。

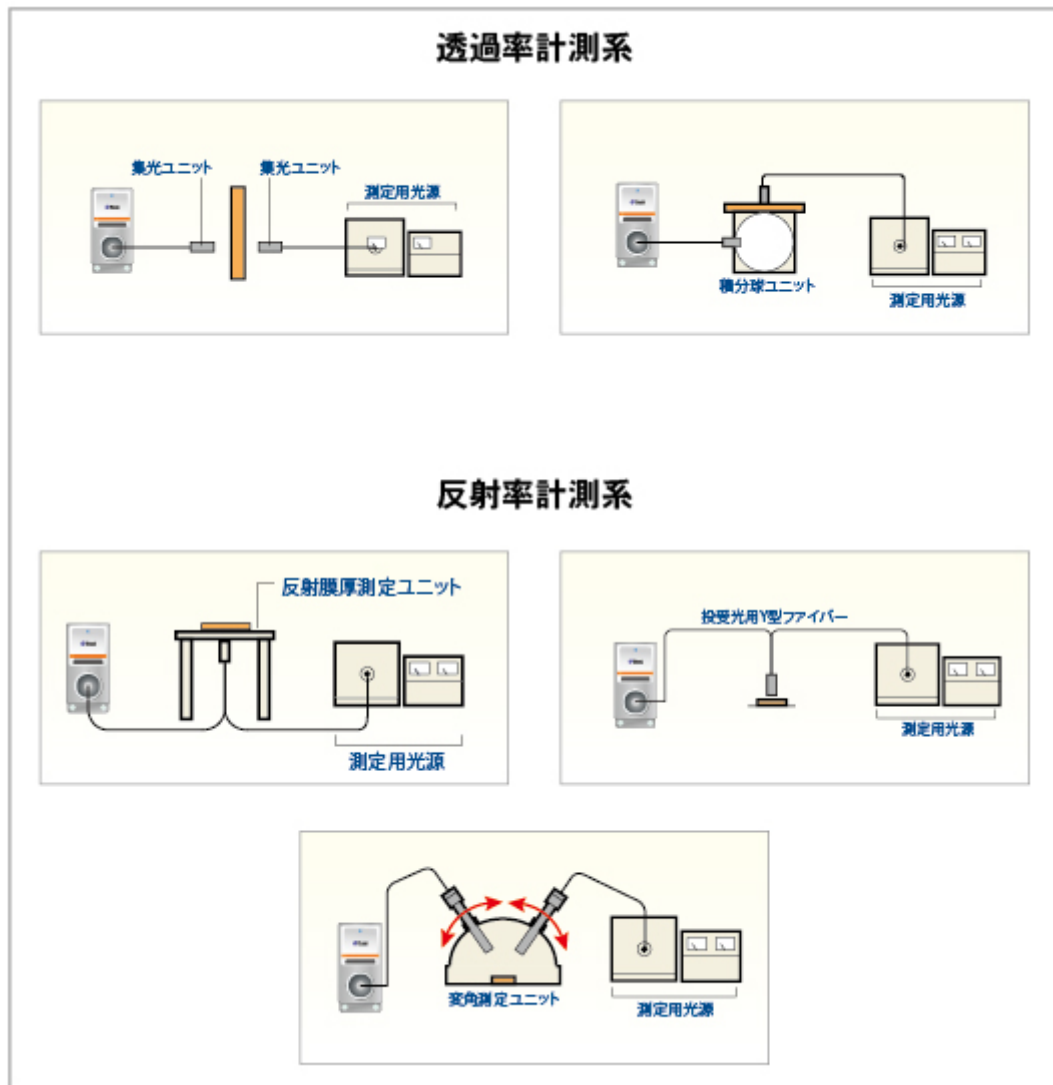
(図 6)



3. 分光計測の為の光学系

分光計測を行う為の光学系にはいくつかの種類がある。ここではその光学系を紹介する(図7)。

(図7)



3-1 透過率計測

透過率計測の光学系としては、まずサンプルを挟んで、投光用のファイバーと受光用のファイバーを対向させ計測する系がある。次に、積分球を用いてサンプルを透過したすべての光を測定する系がある。積分球とは球の内面に硫酸バリウムなどの反射率および拡散性の高い材料をコーティングしたものである。

インライン分光計測システム

—品質を向上する為に—

3-2 反射率(膜厚)計測

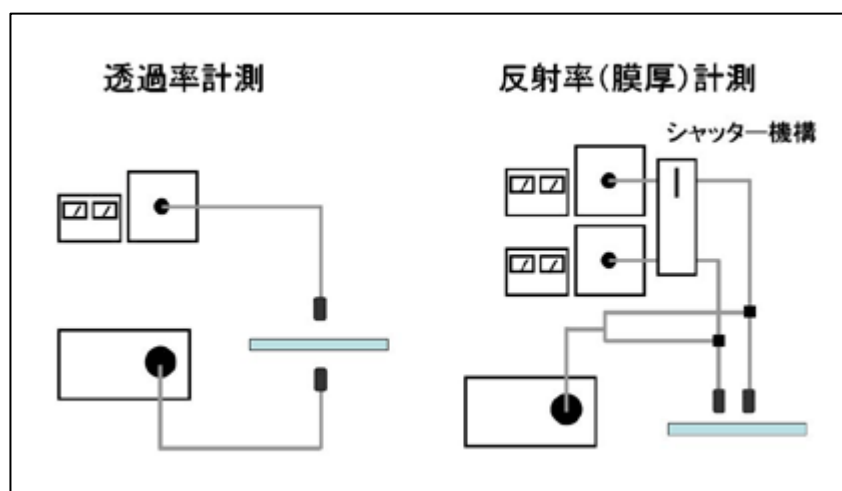
反射率計測の光学系としては、まず投光用ファイバーと受光用ファイバーを1つにまとめたY型ファイバーを用いて、サンプル面に対し光を垂直入射し、垂直に反射した光を計測する系がある。その中では、サンプル台に測定面を下にしてサンプルを設置し、下から光を照射するタイプと測定面を上にしてサンプルを置き、上から光を照射するタイプがある。次に、角度を変えて計測する系がある。照射角度および測定角度を変えて計測することでサンプルの反射率の角度依存性を知ることができる。

4. インライン分光計測システム

当社では、分光計測器を用いたインライン分光計測システムを提供している。以下に単体タイプ、トラバースタイプおよびファイバー切替器タイプを紹介する。

4-1 単体タイプ(図8)

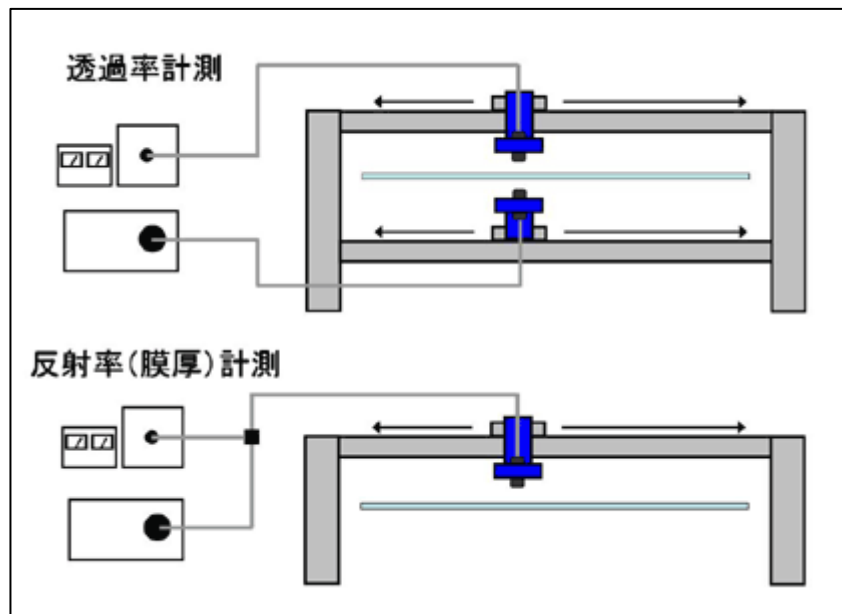
(図8)



単体タイプは、ファイバー切替器またはトラバースを使用しない計測システムで、例としては透過1点計測システム、光源を2台用いてシャッター機構により測定ポイントを切替える反射計測システム等がある。組合せによってさまざまな計測システムが可能である。

4-2 トラバースタイプ(図9)

(図9)

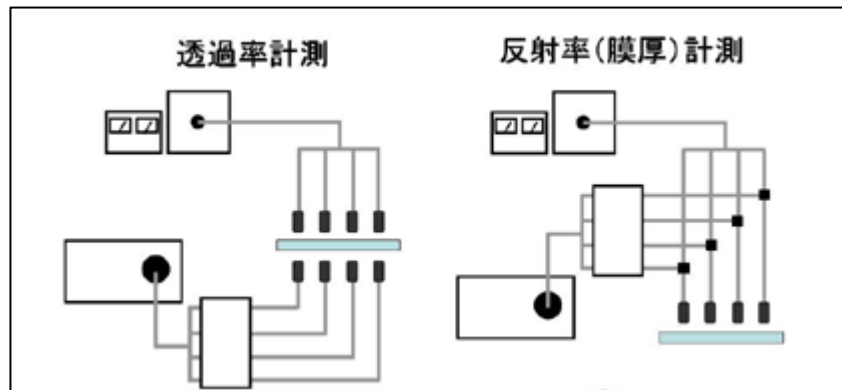


トラバースタイプでは、透過率測定の場合は2台のトラバースを上下に配置し、投光および受光ファイバーを設置する。受光側に積分球を設置する場合もある。一方、反射率測定の場合は、1台のトラバースにY型ファイバーを設置する。トラバースをサンプルの幅方向に動かし、任意のポイントで計測を行う。

トラバースタイプには、計測位置および計測ポイント数を任意で設定可能であるため、自由な計測が可能となる。また、光量が強く、計測時間が短いといった特長がある。

4-3 ファイバー切替器タイプ(図10)

(図10)



ファイバー切替器タイプでは、光源の光を多分岐ファイバーにより分岐させる。透過率計測の場合は投光ファイバーによりサンプルに光を照射し、対向させた受光ファイバーにより透過光を受光する。こちらを受光側に積分球を設置する場合がある。透過光は一度ファイバー切替器に入り、検出器で検出される。一方、反射率計測の場合はY型ファイバーによりサンプルに光を照射し、サンプルからの反射光を受光する。受光した光は透過率測定時と同様に一度ファイバー切替器に入り、検出器で検出される。どちらの計測の場合であっても、ファイバー切替器で計測するポイントを変えることで複数ポイントの計測を行える。

ファイバー切替器の内部はファイバーが対向して設置されており、その間には穴の開いた円盤がある。サンプルからの透過光または反射光は、常にすべてのファイバーから出ているが、円盤を回転させて穴の位置を計測ポイントのファイバーに合わせ、それ以外の光を受光しないようにすることでポイント別の計測が可能となる。

ファイバー切替器タイプには、計測部分が稼動しないため、真空チャンバー内の計測にも対応が可能である。また、省スペースなのでさまざまな場所に設置する事が可能といった特長がある。

5. 計測例

インライン分光計測には、システム(単体、トラバース、切替器)、計測方法(透過、反射)、計測項目(透過率、反射率、膜厚、リタデーション、色等)の組合せによりさまざまな計測システムが考えられる。ここでは例としていくつかの計測システムを紹介する。

5-1 単体タイプ：1点反射型

システムの構成は検出器、光源、PC、無停電電源等から成り、これらの装置は収納ラックに収められる。計測項目としては、指定ポイント1点の反射率(スペクトル、デジタル値、トレンド)、膜厚(デジタル値、

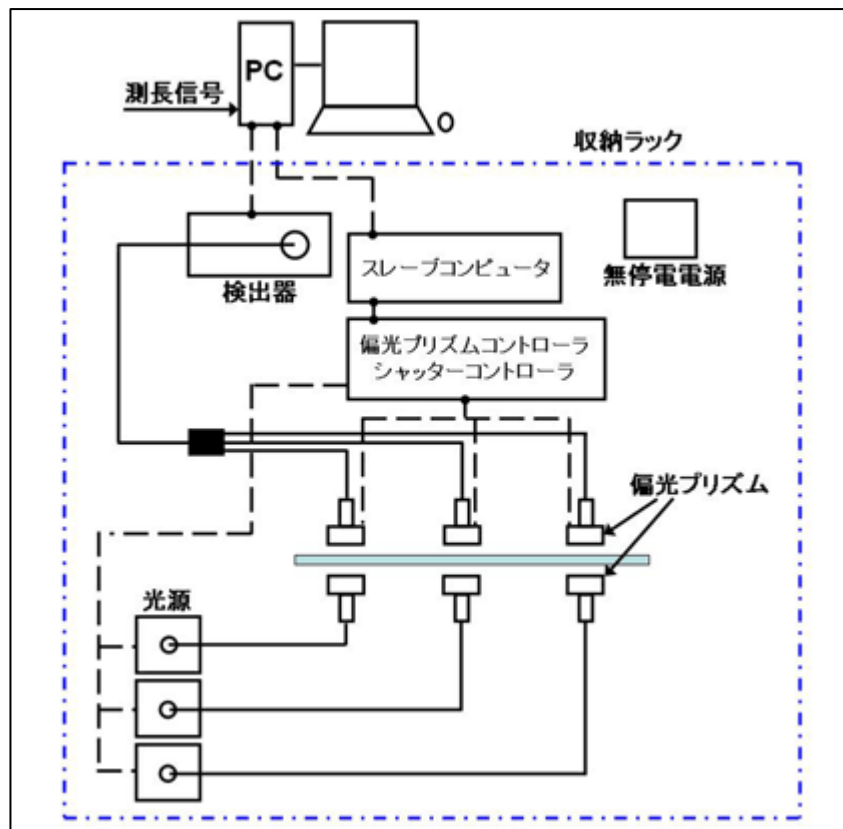
インライン分光計測システム

—品質を向上する為に—

トレンド)等が挙げられる。

5-2 単体タイプ：3点リタレーション計測型(図11)

(図11)



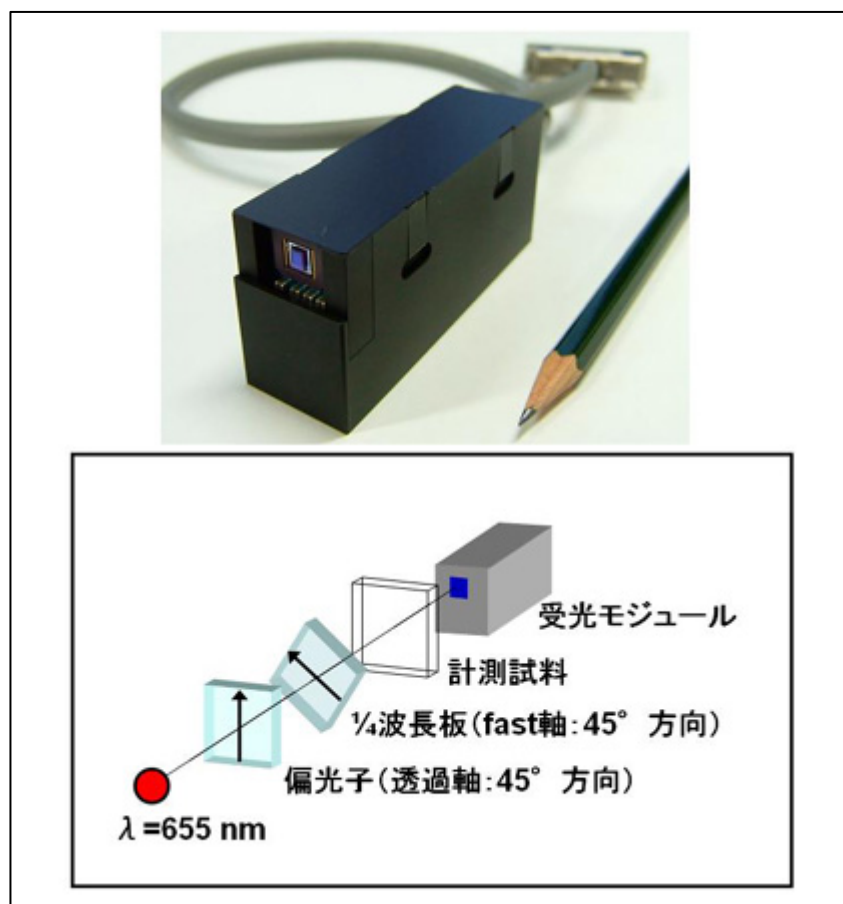
3点リタレーション計測型は、検出器、シャッター付き光源、PC、偏光光学系等から成り、PC 以外は収納ラックに収められる。計測ポイントは3点で、3台の光源をシャッターで制御することでポイント別に計測を行う。また、偏光プリズムは脱着可能であるため、通常の透過率計測も可能である。計測項目としては、透過率(スペクトル、最大および最小値とその波長のデジタル値・トレンド)、リタレーションのデジタル値等が挙げられる。

インライン分光計測システム

—品質を向上する為に—

また、今回紹介したシステムの他にフォトニック結晶偏光子アレイ CCD モジュールを用いたインライン用リタレーション計測装置 RE-100 がある (図 12)。この装置では、微小リタレーションサンプルのリタレーションおよび主軸方位を同時にかつ高速で計測可能である。計測対象としては、位相差フィルム (リタレーション、主軸方位角度)、偏光板 (透過軸角度) 等が挙げられる。

(図 12)

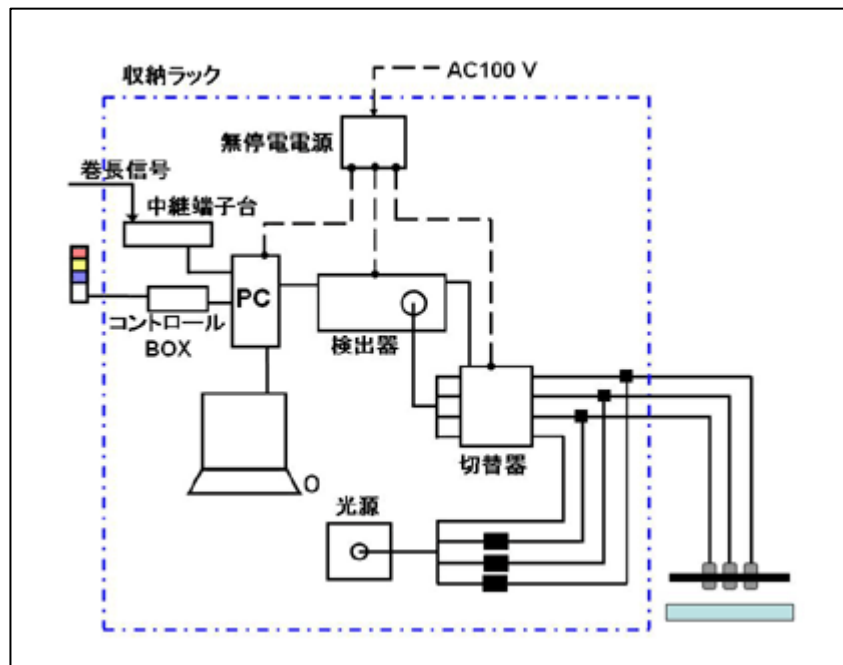


5-3 トラバースタイプ：透過型

トラバースタイプシステムは、検出器、光源、PC、トラバースシステム等から成り、トラバースシステム以外の装置は、収納ラックに収められる。計測ポイントは任意に設定可能で、計測項目としては透過率 (スペクトル、デジタル値、トレンド)、透過色 (デジタル値、トレンド) 等が挙げられる。

5-4 切替器タイプ：3点反射型(図13)

(図13)



切替器タイプシステムは、検出器、切替器、光源、PC 等から成り、装置は収納ラックに収められる。ここでは3点計測の例を示している。光源から直接切替器に入っているファイバーは、光源の光量変化を確認するためのものである。計測項目としては反射率(スペクトル、デジタル値、トレンド)、膜厚(デジタル値、トレンド)、反射色(デジタル値、トレンド)等が挙げられる。ここまで紹介してきたシステムによる計測サンプルの例としては、AR(反射防止)フィルム、LR(低反射)フィルム、偏光フィルム、位相差フィルム、包装フィルム、ガラス基板上塗布膜等が挙げられる。

インライン分光計測システム

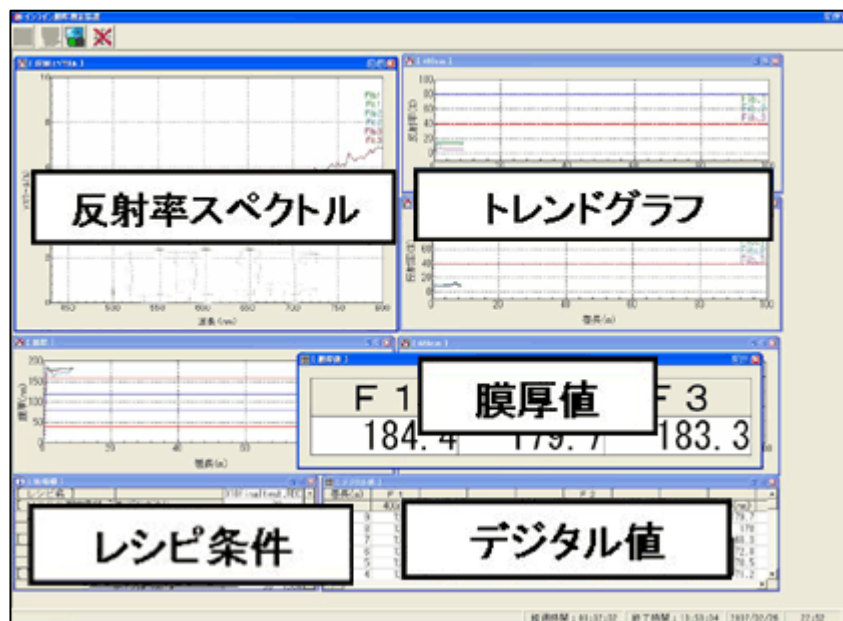
—品質を向上する為に—

5-5 計測ソフト

計測ソフトの例として、切替器タイプによる AR フィルムの 3 点膜厚計測画面を紹介する(図 14)。計測画面は、反射率スペクトル、膜厚・指定波長の反射率デジタル値及びトレンドグラフ等で構成される。各画面の配置や大きさは自由に変更できる。

計測ソフトは提供先ごとに作成するため、システムと共に要望に応じたソフトの提供が可能である。

(図 14)



6. 終わりに

フィルムやガラスなどの光学的な特性を管理するためには、分光計測は欠かせないものであり、本稿で紹介したような計測システムが有効となる。当社では、インライン分光計測システムを提供することで、品質管理および歩留まり向上に貢献していくと共に新しいニーズにも応えていきたい。

(コンバーテック'04 4月号掲載 2007/4)