

## イメージング分光器応用検査・計測システム

Applications Using Imaging Spectrograph  
for Inspecting and Measuring Systems

## 1. はじめに

イメージング分光器は、線状領域の分光情報を得ることができるユニークな装置で、JFE テクノリサーチではこれを用いたさまざまなシステムを開発してきた<sup>1)</sup>。過去にもいくつかのアプリケーションを紹介してきた<sup>2)</sup>が、本報では最新のアプリケーションである、FiDiCa (Film Thickness Distribution Calculating Analyzer: 2次元膜厚分布測定装置) と UAV (Unmanned Aerial Vehicle: リモートでコントロールする無人のヘリコプタや固定翼の航空機) 搭載型小型ハイパースペクトラルセンサについて紹介する。

## 2. FiDiCa (2次元膜厚分布測定装置)

## 2.1 測定原理

薄膜に光が当たると、薄膜の表面で反射した光と裏面で反射した光の干渉により、薄膜の厚さに対応した色の変化を見ることができる。身近な例としては、シャボン玉が挙げられる。

シャボン玉は石鹼水の薄膜であるが、その外側(表面)と内側(裏面)の反射光が干渉して、膜の厚さや見る角度が異なることから、場所によって異なる色が見える。

この色の変化は、波長ごとに強め合ったり弱め合ったりする度合いが異なることによって生じ、表面反射光と裏面反射光との光路差が「波長の1/2」の偶数倍となる波長は強め合っ明くなり、奇数倍の波長では暗くなる(図1)。

この強め合ったり弱め合ったりする光を連続した波長で測定すること、すなわち干渉光を分光することで得られる干渉波形は膜厚と光学定数(屈折率と消衰係数)により一意的に決められる物であるため、干渉光の分光スペクトルを解析することで膜厚を算出することが可能となる<sup>3)</sup>。

## 2.2 FiDiCa の特長

2.1節で述べた薄膜測定の原理は、技術としては決して新しい技術ではなく、1点を測定する点分光器では古くから使われてきた技術であるが、FiDiCaの特長は、この技術をイメージング分光器に応用し、高分解能な膜厚の分布を測定できるようにしたことにある。

分光スペクトルから膜厚を計算するためには、カーブ

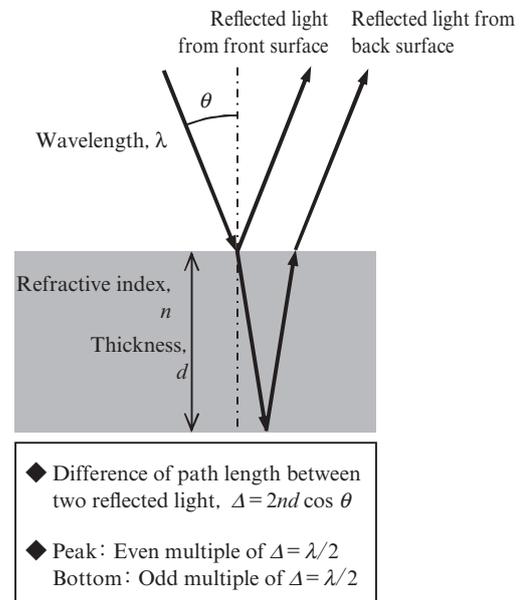


図1 干渉の原理

Fig. 1 Optical interference between reflected light on top surface and on bottom

フィッティング法やフーリエ変換法などがあるが、どれも1点を計算するには問題とならない計算時間ではあるが、数百万点を計算するとなると、1点当たり数ミリ秒でも1時間近い時間を要することになってしまう。

FiDiCaの計算アルゴリズムは、独自開発した超高速アルゴリズムを用いているため、この数百万点の膜厚計算を、数分で終わらせることが可能である。

また、点測定の膜厚測定と根本的に異なるのは、隣り合う点とのデータのつながりであり、カメラ技術を使うことで、点分光器を高密度に並べても実現できない、膜厚分布の測定が可能である。

## 2.3 FiDiCa の測定データ

図2はFiDiCaを用いて測定した8インチサイズのSOI (Silicon On Insulator) のシリコン層の厚さ分布を測定した例である。

約150 μmのメッシュで測定されており、点数にして約140万点の膜厚値が計算できているが、この計算にかかった時間は約3分である。従来装置では数百点のデータを採取するのに数時間という時間を要していたことから考えると5桁以上の高速化を実現したことになる。



図2 SOI (Silicon on insulator) 膜厚分布測定結果例  
Fig. 2 Sample result measured by FiDiCa, Thickness distribution of SOI



写真2 UAV (Unmanned aerial vehicle) 搭載型ハイパースペクトラルセンサ外観

Photo 2 Appearance of Hyper Spectral Sensor for UAV

### 3. UAV 搭載型ハイパーセンサ

イメージング分光器を航空機に搭載して上空から地上のハイパースペクトルデータを採取する装置は、数種類の機種が販売されているが、大型で数十キログラムという重量があるため、有人の航空機にしか搭載できず、購入にも運用にも高額な予算が必要となり、ニーズはあるものの費用対効果の面で折り合いがつかず実用化されているとは言い難い状況となっている。

本報で紹介するハイパースペクトラルセンサは、UAVに搭載することが可能なほどに小型化、軽量化を施した装置で、写真2の外観写真に示す、イメージング分光器、カメラ、レンズ、制御用コンピュータ、タッチパネルディスプレイ、電源すべてを含んで2.0 kgを切る重量を実現している。

UAVにハイパーセンサを搭載することで、地表面のハイパースペクトルデータを採取するのにかかる費用は、装置の購入で1/4~1/3、測定では約1/10という少額で済むことになると同時に、測定エリアのごく近い場所での離着陸が可能のため、遠方の飛行場から測定エリアまで航空機を飛ばす時間と労力を削減することができる。

### 4. おわりに

イメージング分光器を用いた計測装置は、点分光器を多数並べた装置と同等の機能を持つが、カメラ技術を用いていることにより、点分光器を大量に並べても実現できない、連続的で高分解能なスペクトルデータを採取することができる。

この特長を生かし、点分光器に取って代わるだけでなく、まったく新しい計測分野を開拓していくことが必要であるが、今回紹介した2つの事例は、ともに、イメージング分光器ならではの装置であるとともに、独自技術を加えたオンリーワンアプリケーションとなっている。

#### 参考文献

- 1) 守屋進. イメージング分光器「ImSpector」基本特性とその応用. 光ファイアランス. 1999, vol. 10, no. 11, p. 4-9.
- 2) イメージング分光器を用いた製品. JFE 技報. 2007, no. 15, p. 59-61.
- 3) 小椋山光信. 光学薄膜の基礎理論. オプトロニクス社.

#### 〈問い合わせ先〉

JFE テクノリサーチ  
営業本部  
TEL : 0120-643-777  
ホームページ : <http://www.jfe-tec.co.jp/>