

オーシャンフォトニクス ファイバマルチチャンネル分光器

Miniature Fiber Optic Spectrometer

泉 宏幸^a

Hiroyuki Izumi

1. はじめに

米国オーシャンオブティクス社は、1989年の設立以来、多様なアプリケーションを実現可能にする小型ファイバマルチチャンネル分光器、光源、および光学部品を数多く開発しているパイオニアであり、小型分光器の分野において世界 No. 1 のシェアを占めている。

この小型ファイバマルチチャンネル分光器は、アプリケーションに応じて光ファイバ、光源、測定マウントなどを組み合わせた発光測定、透過率・吸光度測定、反射率測定、照度・色測定などのシステムを構築することができ、研究開発はもちろんのこと、装置組込や、フィールド測定、製造ラインの監視モニタなどでの幅広い用途でスペクトル測定が可能な分光測定装置である。

オーシャンオブティクス社は、同社の分光器に、機械的に安定したツェルニー・ターナー型光学ベンチを採用している。SMA コネクタに光ファイバを接続し取り込まれた光は、Figure 1 に示すように、入射スリット→コリメートミラー→グレーティング→フォーカスマイラー→ディテクタの経路をたどる。

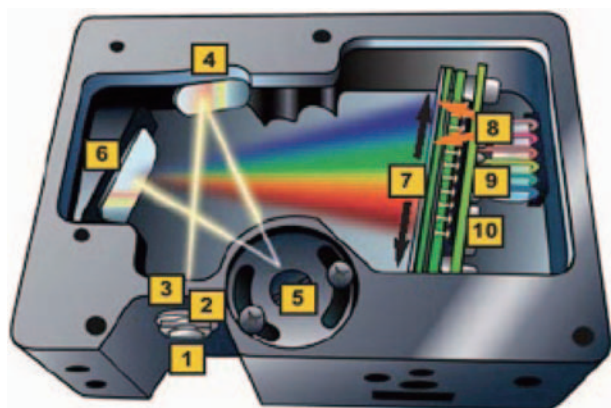


Figure 1. Optical path of the Ocean Optics USB2000+ Spectrophotometer.

^a オーシャンフォトニクス株式会社
連絡先 〒169-0051 東京都新宿区西早稲田 3-30-16 ホリゾン1ビル
URL <http://www.oceanphotonics.com/>
電子メール sales@oceanphotonics.com

図中の番号の説明は下記の通りである。

1. SMA コネクタ：光ファイバと分光器を接続するコネクタ
2. 入射スリット：ファイバから分光器へ入射する光の幅を選択し、波長分解能が決定する
3. ロングパスフィルタ：入射する光の波長を選択する
4. コリメートミラー：入射スリットからの入射光を平行光にし、グレーティングへ導くミラー
5. グレーティング：コリメートミラーからの反射光を分光する回折格子。刻線数と角度により、波長分解能と波長範囲が決定する
6. フォーカスマイラー：グレーティングにより分光された光を波長ごとに結像させる
7. ディテクタ集光レンズ：ディテクタ上に位置し、入射した光を各素子に集光する
8. OFLV フィルタ：2次光や3次光を抑制する
9. UV ディテクタアップデート：200–340 nm 付近を測定する場合に選択される石英窓オプション（通常はBK7窓）
10. ディテクタ：分光された光を受光し電気信号に変換する素子

2. ファイバマルチチャンネル分光器

オーシャンオブティクス社製ファイバマルチチャンネル分光器は、ユーザーの要求する仕様に応じ、Table 1 のように複数のモデルがラインナップされている。容易なスペクトル測定を可能にした 2048 素子 Si CCD モデル USB2000+、この USB2000+ の焦点距離を延長することで、より高い波長分解能を実現したモデル HR2000+、高感度を要するアプリケーション向けに裏面入射型ディテクタを搭載したモデル QE65000、InGaAs ディテクタ搭載の近赤外域向けモデル NIRQuest512/256 を提供し、多様なニーズへの対応が可能である。また、下記に紹介するマルチチャンネル分光器のモデルは全てインタフェースに USB を採用しており、簡易な設置が可能である。

Table 1. Specifications of spectrometers. Several models of spectrometers are available to meet various needs.

	USB2000+	HR2000+	QE65000	Maya2000-Pro	NIRQuest512	NIRQuest256
ディテクタ	Silicone			InGaAs		
素子数	2048	2048	1024 × 58	2048 × 64	512	256
ディテクタ波長範囲	200 ~ 1100 nm			175 ~ 1100 nm	900 ~ 2500 nm	900 ~ 2500 nm
グレーティング	14 種類より選択	14 種類より選択	14 種類より選択	14 種類より選択	900 ~ 1700 nm 900 ~ 2200 nm 900 ~ 2500 nm	900 ~ 2100 nm 900 ~ 2500 nm
波長分解能	0.11 nm ~	0.07 nm ~	0.17 nm ~	0.07 nm ~	3.1 nm ~	7.6 nm ~
光コネクタ	SMA905					
積算時間	1 ms ~ 65 s	1 ms ~ 20 s	8 ms ~ 15 min	6 ms ~ 5 s	1 ms ~ 120 s 1 ms ~ 2 s 1 ms ~ 400 msec	1 ms ~ 2 s 1 ms ~ 120 s
A/D 分解能	16 ビット	14 ビット	16 ビット			
PC インタフェース	USB2.0, RS232C					
動作ソフトウェア	OPwave+					

3. 多彩な分光器ラインナップ

3.1 USB2000+ (Figure 2)

USB2000+ は、オーシャン옵ティクス社製ファイバマルチチャンネル分光器の中で最も廉価な機種である。2 MHz の A/D コンバータを採用したことでデータの高速度転送 (1 msec) が可能になり、外部トリガ入力でのオペレーションを必要とする測定に適したモデルとなっている。200–1100 nm の波長範囲中より、ラインナップされたグレーティングを選択することで、設定波長範囲の容易なスペクトル測定が可能になる。2048 素子 Si-CCD を採用し、また A/D 分解能は 16 bit。モードロックレーザの半値全幅モニターや、プラズマモニター、LED、有機 EL などのディスプレイ向けデバイスの発光測定、また各種光源、光ファイバ、マウントホルダを組み合わせることで、発光測定のみならず、液体、固体サンプルなど各種材料の透過率・吸光度、反射率測定も容易に実現する。



Figure 2. Picture of Ocean Optics USB2000+ Spectrometer.

3.2 HR2000+

HR2000+ は、内部に 2048 素子の Si CCD を採用し、USB2000+ に比較して光路長が長いこと、より高分解能での測定を実現している上位機種となる。波長分解能が USB2000+ に比べ約 2 倍に向上していることで、1 ランク上の測定が可能となった。上記 USB2000+ 同様に、各種アクセサリを組み合わせることでユーザーの測定対象に応じてシステムアップが可能である。

3.3 QE65000/Maya2000-Pro

QE65000 は、高量子効率の裏面入射型エリアイメージ CCD ディテクタを採用し、これまでにオーシャン옵ティクス社が開発した最も高感度の小型ファイバマルチチャンネル分光器である。

裏面入射型の CCD ディテクタの採用で、大幅に紫外域の感度を向上させるとともに、1 段電子冷却で高 S/N 比 1000:1 を実現。より低ノイズの測定を可能にした。また A/D 分解能も 16 bit。蛍光、DNA 塩基配列、天体観測やラマン分光など、高感度を要するアプリケーションに最適である。

また、同じく裏面入射型エリアイメージ CCD ディテクタを採用した非冷却の廉価版 Maya2000-Pro も取り扱っている。

3.4 NIRQuest512/NIRQuest256

NIRQuest512/256 は、赤外分光器としては、画期的な低価格、簡便さである。512 素子 (NIRQuest256 シリーズは 256 素子) の温度制御された InGaAs アレイディテクタを採用し、900–1700 nm, 900–2200 nm (共に NIRQuest512 シリーズ) および 900–2100 nm, 900–2500 nm (共に NIRQuest256 シリーズ) の波長範囲での測定を実現、また A/D 分解能は 16 bit と向上。近赤外域に感度を要するアプリケーションに最適である。

4. 各種測定システム

4.1 反射測定システム

上記各種分光器に、タングステンハロゲン光源、反射プローブ、標準反射板などを組み合わせたシステム。半導体、ウェハー薄膜、液層など各種材料の反射スペクトルおよび反射率スペクトルを容易に測定可能。紫外域には重水素光源、キセノン光源も選択可能。

4.2 透過吸光度測定システム

上記分光器に、タングステンハロゲン光源、フィルタホルダ、キュベットホルダなどを組み合わせたシステム。溶液、フィルム、フィルタなど各種材料の透過スペクトルおよび透過率・吸光度スペクトルが容易に測定可能。紫外域には重水素光源、キセノン光源も選択可能。

4.3 照度・色測定システム

上記分光器に、NISTトレーサブルの標準白色光源を用いて感度補正が可能。感度補正を行うことで、各種サンプルの絶対強度測定を実現する。

Figure 3 に示すように、小型の積分球を組み合わせ、LEDの絶対強度評価および全光束、色測定を実現可能にし、また各種光源の絶対強度測定にも対応した。

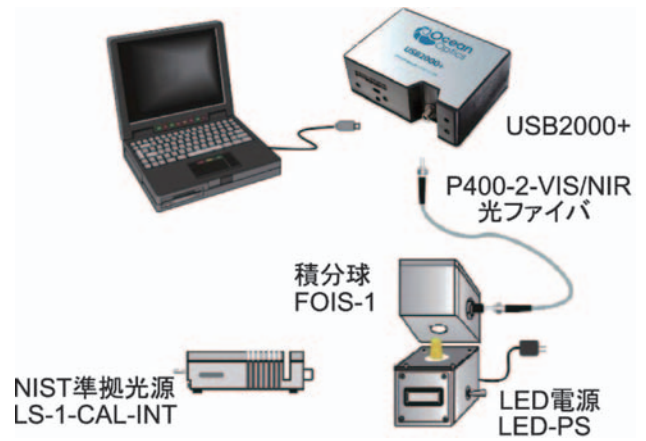


Figure 3. Configuration of LED measurement system. This system consists of a spectrometer, a LED power supply, and a fiber optic integrating sphere. A NIST-traceable calibrated tungsten halogen light source is used for calibration of this system.

5. ソフトウェア

弊社が開発した日本語表示オリジナルソフトウェア OPwave+ は、2007年にリリースした「OPwave」の操作性を高め、複数分光器制御を可能にした新バージョン。マルチタスクベースで開発されているため、旧バージョンの OPwave に比べ、各種設定モード/パラメータ、グラフィック、操作性が向上している。Figure 4 は、上記「Figure 3」の構成にて、白色 LED を計測したソフトウェア画面である。

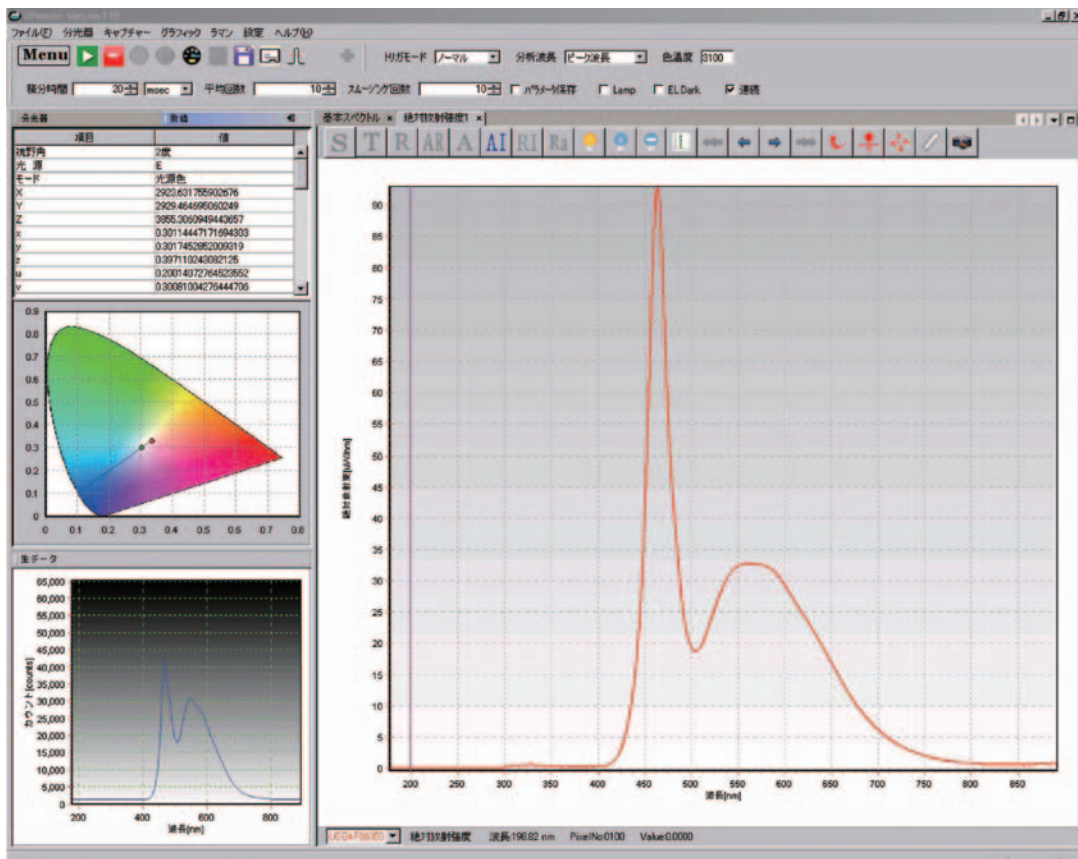


Figure 4. OPwave+ screen capture, which shows measurement of a white LED in the configuration in the figure 3.

OPwave+ は、リアルタイム発光スペクトルモニタ、サンプルの反射・透過率・吸光度スペクトルモニタ、パワー測定 ($\mu\text{W}/\text{nm}$)、全光束測定 (Lumen)、色測定 (XYZ, xyz)、スペクトル経時変化測定などに対応している。開発するにあたり、容易に設定および測定が行えるように改良を加え、さらに既存ユーザーから要望のあった機能等を追加した当社の独自開発のソフトウェアである。今後も随時機能を追加し、無償でのアップデートを予定している。

本ソフトウェアは、現在リリースされているすべてのオーシャン옵ティクス社製分光器に対応している。また OPwave+ には、ユーザーの要望に合わせた機能をオプションとして追加、カスタマイズすることも可能である。

6. おわりに

当社では、ここで紹介した小型マルチチャンネル分光器のみならず、各種光源、光ファイバ、測定アクセサリを当社デモルームに常時設置している。製品選定の際など、是非ご活用頂きたい。また、デモ機の貸出およびサンプル測定など、随時受け付けている。また、製品については、当社ウェブサイト (<http://www.oceanoptics.co.jp>) にて、より詳細にわたる情報を提供している。

(受理日 2011年2月2日)