

Title	アレウ検出器を用いた近赤外フーリエ分光器の試作
Author(s)	河田, 聡
Citation	大阪大学低温センターだより. 1993, 83, p. 5-7
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/3561
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

アレイ検出器を用いた近赤外フーリエ分光器の試作

大阪大学工学部 河田 聡 (吹田4661)

はじめに

我々の研究室では低温と呼べるほどの実験はまるで行っていないので、お断りしたのだが、再度、執筆することになってしまった。今回は、我々の研究室で最初に開発し、最近では多方面で応用研究が進められている赤外分光器（赤外分光センサと呼べるものにするのが我々の目標）の最近の試作について、紹介する。赤外スペクトル測定であるので、赤外光検出器を冷却する必要があり、液体窒素が必需である。最近では、スターリング・クーラーで実用に耐えるものが開発されており、我々も、将来的にはこれを使うことになるであろう（正確には、現在すでに借用して使用している）。スターリング・クーラーを使うことによって、液体窒素を持ち運んでデュワーにいれる仕事がなくなると、赤外分光分析は、実験室サイドでの分析から、インプロセス、オンライン、さらにはフィールドなど、現場の分光分析へと、その世界を広げることになる。我々の分光器もやっと分光センサらしくなる。現在のところ、まだ寿命が比較的短いため、メンテナンスが必要で、価格も高いが、将来的には広く使われるようになるものと期待している。

マルチチャンネル・フーリエ分光法

さて、我々の提案してきた赤外（および近赤外）分光器は、マルチチャンネル・フーリエ分光法（MCFT）という原理を基礎としている。これは、測定光のスペクトルのフーリエ変換であるインターフェログラム（＝干渉縞、測定光の光波の自己相関関数）を、空間的にマルチチャンネル検出器で検出し、そのフーリエ変換からスペクトルを再生することを原理としている。最近では、赤外分光といえばフーリエ変換分光光度計（FTIR）を使うものと、相場が決まってしまったが、FTIRで2光束の光路長差をつけるために、干渉計内にミクロン以下の精度で高速駆動する機構が必要であり、装置全体が複雑なものとなり、また、駆動のために測定時間がかかり、その間の光源強度の変動や機械的振動が、致命的信号ひずみをもたらしてしまう。これに対し、マルチチャンネル・フーリエ分光法は、機械的駆動機構を全く有さず、瞬時にしかも高い光利用効率で、インターフェログラムを得ることができる。

これまで、MCFTのための複数の干渉光学系を提案してきたが、図1に、その代表例を示す。この光学系はSavart板と呼ばれる複屈折プリズムを用いた複屈折コモンパス偏光干渉計である。Savart板は複屈折結晶を2枚組み合わせたものであり、結晶面に平行に入射した直線偏光を2成分に分割し、横ずらしした平行な2光束を射出する。この光学系はソースダブリング系を構成し、分解能が光源の大きさを全く制限しない。しかもインライン系であるので、光束のけられもなくスリットも要らずに、レンズに十分近く光源あるいは試料を設置できる。また、レンズは1枚のみで、系はインラインであるので、システムは極めてコンパクトになり、調整も容易である。実際に筆者らが組み立てた光学系は、検出器、

エレクトロニクス部分を除いて長さ16cm、直径6 cmのコンパクトさである。

図2に筆者らが実際に試作したMCFT-IRの構成図を示す。サバル板にはTiO₂結晶、(スペクトルレンジ1.3~5 μm、サイズ15×15×15mm³)を用い、偏光子及び検光子にはワイヤグリッド(1~9 μm)を、レンズにはすべてCaF₂(0.1~12 μm)を採用した。検出器は資源探査用に開発された4096×4素子のショットキーバリア型PtSi(走査方式はCCD)を用いた。PtSiのスペクトルレンジは2~5 μmである。各画素の大きさは10×10 μm²である。このセンサは液体窒素で冷却(77K)した状態で用いられる。

図3は、試作したMCFT-IRによるポリスチレンとPETフィルムの赤外吸収スペクトルの測定例である。まだ光学系が最適化されていないため、スペクトル分解は不十分であるが、マルチチャネル赤外フーリエ分光法によって得られた標準試料の吸収スペクトルの最初の例である。詳細については文献を参考にされたい。

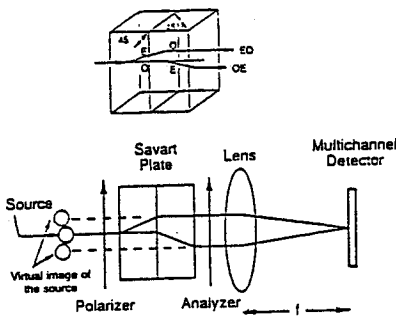


図1 Savart板と、Savart板複屈折偏光干渉計を用いたMCFTの光学系

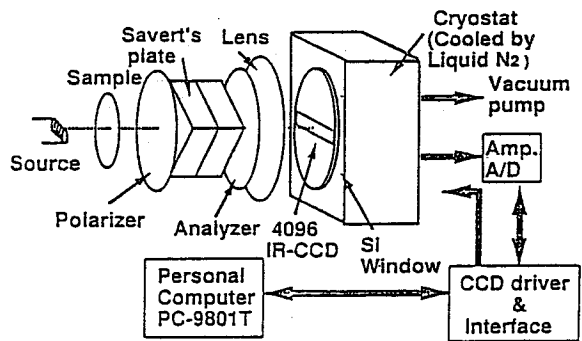
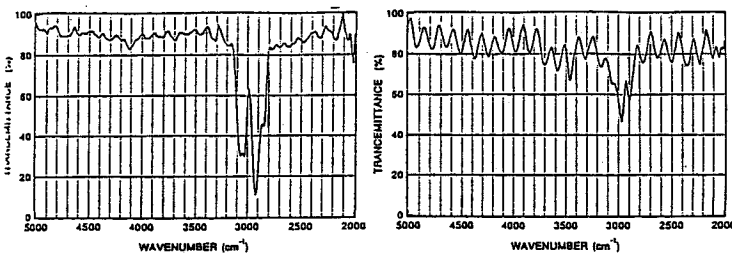


図2 The total system of the developed infrared MCFTS

近赤外分光器としてのの応用

近赤外領域で、粉末やペースト、あるいは固体そのままの試料の拡散反射分析が、食品、農産物や、化学工業製品分野で、品質管理や成分定量分析法として実用的に用いられている。近赤外分析にはそれほど高い分解能は必要とされないものの、拡散反射測定のために特に広い試料面積と広い立体角を必



(a) Polystyrene (b) PET film
図3 Infrared transmittance spectra measured by the developed multichannel FTIR.

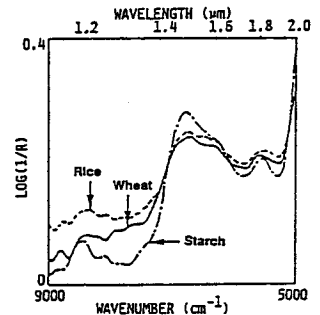


図4 Near infrared diffuse reflectance spectra of wheat, starch and rice, measured by the developed MCFT-NIR sensor.

要とするので、マルチチャネルFTNIRは、最適な近赤外拡散反射分析器となりうると思われる。図4にマルチチャネルFTNIRによって測定した穀物の反射スペクトルを示す。検出器は近赤外ビディコンを用い、この検出器の波長感度特性により最短2 μm に制限されている。現在では固体のより広帯域の近赤外アレイ検出器が市販されているので、これを用いればより実用的なシステムが構築できる。

おわりに

マルチチャネルFTIR、FTNIRは、非常に簡単でコンパクトな赤外フーリエ分光光度計、赤外分光センサとして、あるいは、スループットの優位性も生かしてインラインやインプロセス、フィールドなど現場の分光計測器として実用化されればよいと思う。あるいは、その非駆動性を効かして高速時間分解分光、明るい光学系のメリットを生かして拡散反射分光、高次回折光の影響の無い点を生かして広帯域同時分光なども、有望なアプリケーションかもしれない。これからは応用をも含めてさらに研究を続けていきたい。

文 献

紙面の都合で個々の文献は引用しなかった。多くは解説論文 [1,2] から引いた。また図3、4のデータは論文 [3,4] から引用した。

- [1] 河田 聡、“マルチチャネルフーリエ分光法”、分光研究、**38**, 415-424 (1989)。
- [2] S. Kawata and S. Minami, “Present Status of Spectroscopic Instrumentation in Japan-Progress and Development of MCFT-NIR-,” *Proc 2nd International NIRS Conf.* (Korin Publ., Japan, 1989). pp. 3-10.
- [3] S. Kawata, Y. Inouye, and S. Minami, “Compact Multichannel FTIR-Sensor with a Savart-Plate Interferometer,” *Proc. SPIE*, **1145**, 567-568 (1989)。
- [4] M. Hashimoto and S. Kawata, “Multi-channel Fourier-transform Spectrometer Using an Infrared Array Detector,” *Appl. Opt.* **31**, 6096-6101 (1992)。