HAMAMATSU
PHOTON IS OUR BUSINESS

オプティクスモジュール

目 次

1. 概要 P01

2. 特長 P02

3. 当社の技術 P02
- 3-1 COB (Chip on Board)
- 3-2 光学技術

4. 構造 P03
- 4-1 光学フィルタ (ビームスプリッタ、バンドパスフィルタ)
- 4-2 Siフォトダイオード
- 4-3 信号処理回路

5. 特性 P03
- 5-1 検出中心波長
- 5-2 半値幅
- 5-3 迷光
- 5-4 感度

6. 使い方 P05

7. 応用例 P06
- 7-1 血液分析装置
- 7-2 PCR検査装置

1. 概要

オプティクスモジュールは、Siフォトダイオード、光学フィルタ、I/V変換回路から構成された吸光度測定用の光学モジュールです。溶液の透過光などの入射光を分光して、複数chのSiフォトダイオードが検出します。発生した光電流が光電変換されて、各波長の信号が同時にアナログ電圧として出力されます。

オプティクスモジュールは非分散型の分光モジュールで、光学フィルタ（ビームスプリッタ、バンドパスフィルタ）による分光方式を採用しています。グレーティングで分光する分散型のミニ分光器では、連続した波長の分光スペクトルが得られるのに対し、オプティクスモジュールは、非連続的で最大10の波長の光を検出します。オプティクスモジュールは、検出波長におけるS/Nや非検出波長の遮光（ブロッキング）特性が分散型よりも優れているため、検出波長が特定されている血液分析や水質分析などの用途に適しています。

[図1-1] オプティクスモジュール C13398シリーズ

2. 特長

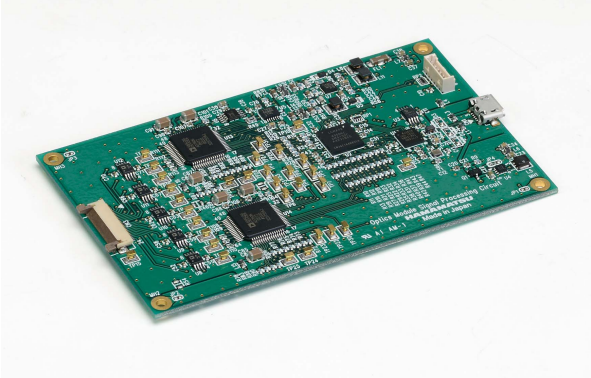
▸ 最大10波長を同時検出 (C13398シリーズ)

オプティクスモジュールは、最大で10波長の光を同時に検出することが可能です。C13398シリーズを評価回路 C13390（別売）と組み合わせることにより、アナログ信号をデジタル変換して、USB接続されたPCへ10波長分の信号を同時に送ることが可能です。

[表2-1] 検出中心波長 (C13398シリーズ)

ch	C13398-01	C13398-02	単位
1	340	340	nm
2	405	380	
3	450	405	
4	510	492	
5	546	510	
6	570	546	
7	600	578	
8	630	620	
9	660	690	
10	700	白色	

[図2-1] 評価回路 C13390



▸ 優れた遮光特性

当社の実装技術・アッセンブリ技術・光学技術を用いることによって、ch間の光学的・電気的クロストークを抑制して、非検出波長の光に対して優れた遮光特性を実現しています。これによって広いダイナミックレンジ、高精度の測定を行います。

▸ 柔軟なカスタム対応

検出波長・ch数などの仕様について、カスタム対応が可能です［表2-2］。

[表2-2] カスタム対応

内容	難易度
検出波長の変更	易
半値幅の変更	易～並
検出ch数の減少	易
検出ch数の増加 (13 chまで)	並
検出ch数の増加 (14 ch以上)	難
入射ビーム方式の変更 (例: ファイバ入力タイプへの変更)	易
回路ゲインの変更	易
筐体の変更	並
サイズの小型化	並～難
回路への機能追加	並～難
光学系の変更	難

3. 当社の技術

3 - 1 COB (Chip on Board)

オプティクスモジュールでは、回路基板にフォトダイオードを直接実装するCOB技術を採用しています。COB技術によってフォトダイオードを高精度に実装するとともに、フォトダイオードのパッケージを小型化しています。

3 - 2 光学技術

光学シミュレーションを用いて光学設計を行い、シミュレーション結果を反映させた高信頼性の光学系を実現しています。

4. 構造

オプティクスモジュールは、主に以下の要素から構成されています。

4 - 1 ビームスプリッタ

サンプルを透過した測定光を複数のビームスプリッタで分割し、反射光をフォトダイオードの各chの光軸へ導きます。オプティクスモジュールは、2種類のビームスプリッタ（光線を分割するタイプ、特定波長帯域の光だけを反射するダイクロイックタイプ）を内蔵しています。

4 - 2 バンドパスフィルタ

バンドパスフィルタは、ビームスプリッタで分割した光から特定波長帯域の光だけを透過して、それ以外の光を反射します。バンドパスフィルタの誘電体多層膜の種類・数により透過する波長帯域を制御します。バンドパスフィルタにより、検出波長、半値幅、非検出波長の遮光特性の大半が決まります。

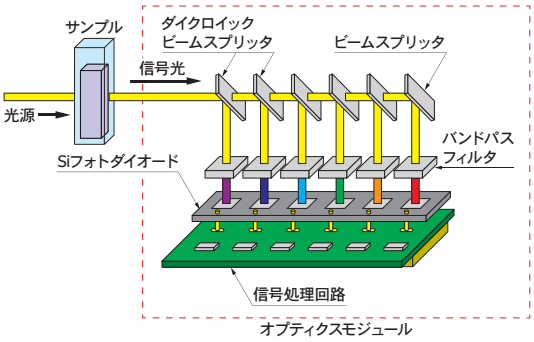
4 - 3 Siフォトダイオード

光学フィルタが抽出した特定波長の光を複数chのSiフォトダイオードが検出して光電流を出力します。

4 - 4 信号処理回路

フォトダイオードからの微小な光電流をアンプで電圧に変換します。回路基板には、リーク電流や外乱ノイズなどの影響を抑えるため高精度・低ノイズの部品を採用しています。

[図4-1] オプティクスモジュールの構成例



KACCC1068JA

5. 特性

5 - 1 検出中心波長

検出中心波長は検出波長帯域の中心波長で、オプティクスモジュール内蔵のバンドパスフィルタによってほぼ決まります。検出中心波長にはバラツキがありますが、これは主にバンドパスフィルタの誘電体多層膜厚のバラツキ、バンドパスフィルタへの入射角度によるものです。バンドパスフィルタへの入射角度が変わると、光が通過する誘電体多層膜中の光路長が変わります。オプティクスモジュールでは、バンドパスフィルタの誘電体多層膜厚を均一にするとともに、バンドパスフィルタへの入射角度のバラツキを抑制する構造を採用しており、±2 nmの検出中心波長の精度を実現しています。

5 - 2 半値幅

オプティクスモジュールの半値幅は、バンドパスフィルタにおける透過スペクトルピーク値の50%の波長幅です。半値幅が狭いほど、単色光に近い波長スペクトルが透過するため検出波長における測定精度は向上しますが、透過光量が減少するためS/Nが低くなります。一方、半値幅が広いほど、透過光量が増加しますが、非検出波長の光が透過するため検出波長における測定精度が低下する恐れがあります。

オプティクスモジュールのバンドパスフィルタの透過波長帯域は、ch間で重複しないようにしています。なお測定精度・透過光量を考慮して、半値幅を10 nm程度に設定しています。

5 - 3 迷光

迷光は、フォトダイオードが本来は検出すべきではない波長の光で、迷光によって特定の検出波長における測定精度が低下します。オプティクスモジュールの迷光には、以下の要因があります。

①モジュール内部の壁面などにおいて、測定光や外乱光が反射・散乱し、フォトダイオードが散乱光の一部を検出する。
②構造の欠陥により、隣接するchの光線が入射する。
③バンドパスフィルタの遮光特性の異常により、設定した波長帯域とは異なる波長の光が透過する。

オプティクスモジュールには、迷光を抑制するための設計を施していますが、外乱光が入射しないように暗状態で使用する必要があります。また、散乱光の発生を抑制するために、拡散光でなく平行光を入射する必要があります。コリメートレンズやSMAファイバアダプタを用いて、平行光（φ4 mm以下）を入射してください。これによって、散乱光の発生を抑制するとともに、入射光の拡散による損失が抑制されるため、測定精度が向上します。

バンドパスフィルタの遮光特性はOD（Optical Density: 光学濃度）値で示すことができ、OD値が高いほど遮光特性が優れています。OD値はフィルタの透過率（単位: %）を対数変換したもので、式（5-1）で表されます。

$$OD = -\mathrm{Log}_{10}(T/100) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5\text{-}1)$$

T: フィルタの透過率 [%]

フィルタの透過率が低いほど、OD値は高くなります。遮光特性を向上させるため、オプティクスモジュールではT≦0.01%、OD>4としています。

5 - 4 感度

「入射光が完全な平行光で、フォトダイオードに入射する光には光学フィルタ以外による損失がない」という理想的な条件において、ch n（n=1～10）における単位入射光量当たりの出力Pは式（5-2）で表されます。

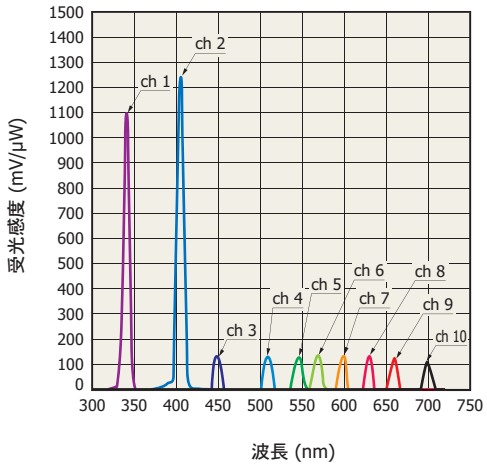
$$P = T_{BS(n-9)} \times T_{BS(n-8)} \times \cdots \times R_{BSn} \times T_{BPFn} \times S_{\lambda n} \times Zt \cdots (5\text{-}2)$$

$T_{BS(n-x)}$: ビームスプリッタ ch (n - x)の透過率 [%]
x=0～9
n - x≦1の場合は$T_{BS(n-x)}$=1とする
R_{BSn} : ビームスプリッタ ch nの反射率 [%]
T_{BPFn} : バンドパスフィルタ ch nの透過率 [%]
$S_{\lambda n}$: ch nの検出波長におけるSiフォトダイオードの受光感度 [A/W]
Zt : 変換インピーダンス [V/A]

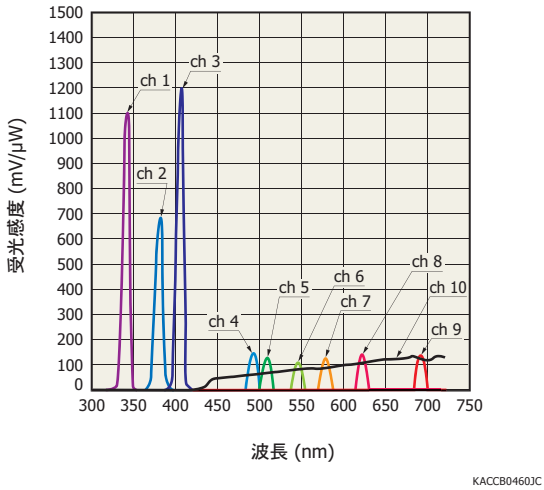
C13398シリーズの分光感度特性を図5-1に示します。

[図5-1] 分光感度特性（C13398シリーズ, 代表例）

(a) C13398-01



(b) C13398-02

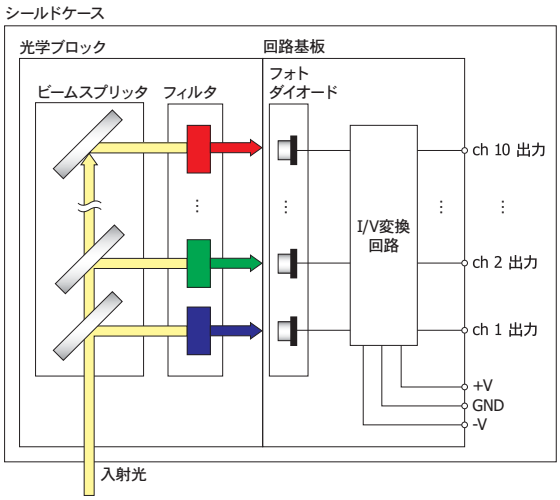


オプティクスモジュールでは、ダイクロイックビームスプリッタを一部のchのビームスプリッタに採用しています。ダイクロイックビームスプリッタは表面コーティングしたビームスプリッタで、特定波長帯域における反射率が高くなります。紫外域では測定光の光量が低い可能性が高いため、この検出波長帯域のchではダイクロイックビームスプリッタを採用しています。このため、C13398-01ではch1・ch2の受光感度が高く、C13398-02ではch1～3の受光感度が高くなっています。

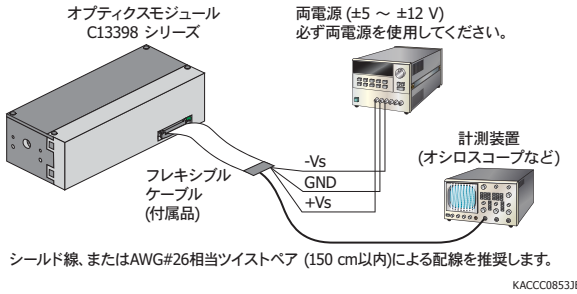
6. 使い方

C13398シリーズのブロック図・接続例を図6-1・図6-2に示します。

[図6-1] ブロック図 (C13398シリーズ)



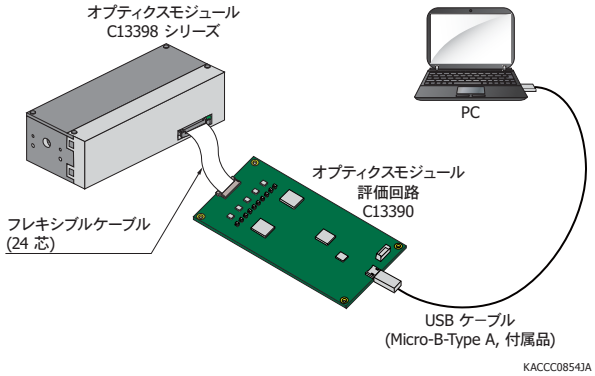
[図6-2] 接続例 (C13398シリーズ)



C13398シリーズのフレキシブルケーブルの電源入力端子に両電源を接続し、信号出力端子に計測装置(オシロスコープなど)を接続します。計測装置によってC13398シリーズの各chのアナログ出力電圧を読み取ることができます。

オプティクスモジュール C13398シリーズと評価回路C13390の接続例を図6-3に示します。C13398シリーズとC13390をフレキシブルケーブルで接続し、C13390とPCをUSBケーブルで接続します。PCからオプティクスモジュールに電源を供給するとともに、10 ch分のデジタル出力をPCで同時に取得することができます。

[図6-3] オプティクスモジュール評価回路 C13390との接続例

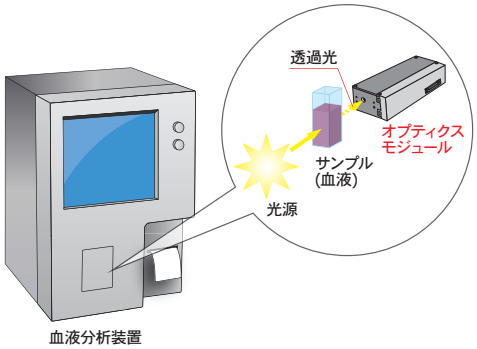


7. 応用例

7 - 1 血液分析装置

血液分析装置において、血液の吸光度を測定したり、血液と試薬を反応させて光を当てたときの蛍光発光を測定するためにオプティクスモジュールが使用されています。

[図7-1] 血液分析装置

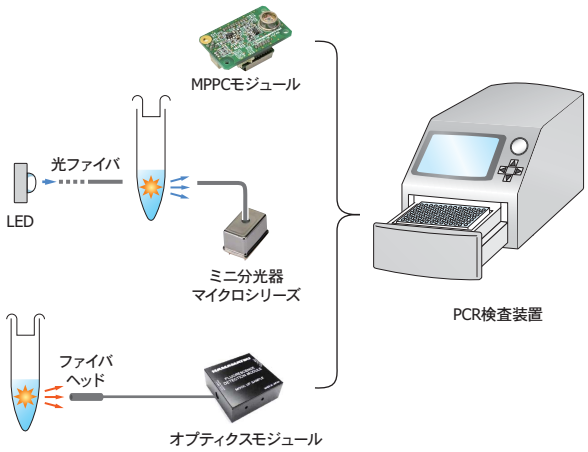


KACCC0606JB

7 - 2 PCR検査装置

PCR (Polymerase Chain Reaction: ポリメラーゼ連鎖反応)検査装置は、新型コロナウィルスなどの感染症の診断、遺伝子検査、水質・土壌検査など、幅広い用途で用いられます。蛍光試薬を加えたDNAに光を当てて発生した蛍光を検出するためにオプティクスモジュールが利用されます。

[図7-2] PCR検査装置



KACCC1030JB

本資料の記載内容は、令和3年1月現在のものです。
製品の仕様は、改良などのため予告なく変更することがあります。本資料は正確を期するため慎重に作成されたものですが、まれに誤記などによる誤りがある場合があります。本製品を使用する際には、必ず納入仕様書をご用命の上、最新の仕様をご確認ください。
本製品の保証は、納入後1年以内に瑕疵が発見され、かつ弊社に通知された場合、本製品の修理または代品の納入を限度とします。ただし、保証期間内であっても、天災および不適切な使用に起因する損害については、弊社はその責を負いません。
本資料の記載内容について、弊社の許諾なしに転載または複製することを禁じます。

浜松ホトニクス株式会社 www.hamamatsu.com

仙台営業所	〒980-0021	仙台市青葉区中央3-2-1 (青葉通プラザ11階)	TEL (022) 267-0121	FAX (022) 267-0135
筑波営業所	〒305-0817	つくば市研究学園5-12-10 (研究学園スクウェアビル7階)	TEL (029) 848-5080	FAX (029) 855-1135
東京営業所	〒105-0001	東京都港区虎ノ門3-8-21 (虎ノ門33森ビル5階)	TEL (03) 3436-0491	FAX (03) 3433-6997
中部営業所	〒430-8587	浜松市中区砂山町325-6 (日本生命浜松駅前ビル)	TEL (053) 459-1112	FAX (053) 459-1114
大阪営業所	〒541-0052	大阪市中央区安土町2-3-13 (大阪国際ビル10階)	TEL (06) 6271-0441	FAX (06) 6271-0450
西日本営業所	〒812-0013	福岡市博多区博多駅東1-13-6 (いちご博多イーストビル5階)	TEL (092) 482-0390	FAX (092) 482-0550

固体営業推進部　〒435-8558　浜松市東区市野町1126-1　TEL (053) 434-3311　FAX (053) 434-5184

Cat. No. KACC9020J01 Jan. 2021 DN