

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

p03

- 3-1 COB (Chip on Board)
- 3-2 光学技術

4. 構造

p03

- 4-1 ビームスプリッター
- 4-2 バンドパスフィルタ
- 4-3 Siフォトダイオード
- 4-4 信号処理回路
- 4-5 レンズ (C16028シリーズ)
- 4-6 LED (C16028シリーズ)

5. 特性

p04

- 5-1 検出中心波長
- 5-2 出射波長 (C16028シリーズ)
- 5-3 半値幅
- 5-4 迷光
- 5-5 感度

6. 使い方

p06

7. 応用例

p07

- 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、光学部品、I/V変換回路から構成された光学モジュールです。多数の既知波長の信号検出に特化したフィルタ式分光モジュール (C13398シリーズ)、蛍光試薬の励起と受光を可能とする光源付き分光モジュール (C16028シリーズ) をラインアップしています。

一般的に、分光方式は分散型と非分散型に大別されます。分散型は主にグレーティングによる分光方式を、非分散型は主に光学フィルタによる分光方式をそれぞれ指し、当社のオプティクスモジュールはいずれも非分散型に該当します。

分散型と比較した場合、特定の波長に対して高感度・高精度な信号検出を実現できる点、非検出波長に対する高い遮光 (ブロッキング) 性能を生かした高S/N比検出を実現できる点が主な特長として挙げられます。そのため、検出波長が特定されている生化学分析や水質分析などの用途に適しています。

また、光源付き分光モジュールはLEDの自動光量制御 (APC) 機能を搭載おり、これにより光量の変動が抑制

され、常に一定の光量を照射し続けることが可能です。そのため、試薬の励起および微弱光検知が要求される蛍光検出に適しています。

そのほか、当社オプティクスモジュールの特長として、コンパクトなサイズのため装置に組み込みやすい点、評価用のエントリーモデルとして各種光学系に容易に取り付けられる点などがあります。

【図1-1】 オプティクスモジュール
C13398シリーズ, C16028シリーズ



2. 特長

▶ 柔軟なカスタム対応

検出波長やch数、光源波長などの仕様について、カスタム対応が可能です。

▶ 優れた遮光特性

当社のアセンブリ技術・光学技術・回路技術を用いることによって、ch間の光学的・電氣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。

(1) フィルタ式分光モジュール (C13398シリーズ)

▶ 最大10波長を同時検出

C13398シリーズは、最大で10波長の光を同時に検出することが可能です。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



(2) 励起光源付き分光モジュール (C16028シリーズ)

▶ 高精度蛍光検出

効率的な蛍光の導光および低迷光を実現する光学系を採用しているため、100 pWオーダーの微弱光検出が可能です。

▶ 高安定励起光源

APC (Automatic Power Control)機能を搭載しているため、常に一定の光量の励起光を測定対象物に照射させることが可能です。

▶ 2種類の蛍光試薬の検出に対応

2組の光源および検出器の光学系を内蔵しているため、1つのモジュールで2種類の蛍光試薬の測定が可能です。C16028-01はFAM、ROXの蛍光試薬に対応しています。

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。

[表4-1] 構成

構成	フィルタ式 C13398シリーズ	励起光源付き C16028-01
ビームスプリッタ	○	○
バンドパスフィルタ	○	○
Siフォトダイオード	○	○
信号処理回路	○	○
レンズ	×	○
LED	×	○

4-1 ビームスプリッタ

サンプルを通過した励起光や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や蛍光サンプルへ導きます。オプティクスモジュールは、光線を特定の割合で分割するタイプ、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の2種類を内蔵しています。

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やLEDの光に対して特定波長帯域の光だけを透過させます。バンドパスフィルタの誘電体多層膜の種類・数により透過させ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、励起波長、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。

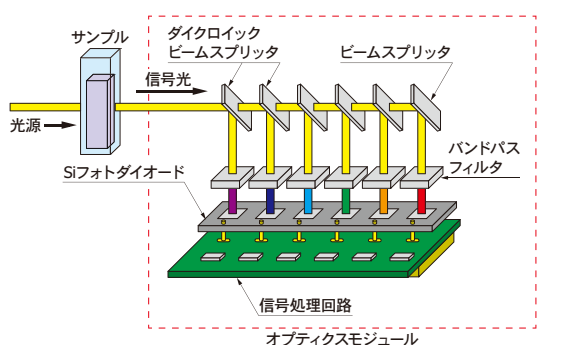
4-5 レンズ (C16028シリーズ)

励起光および蛍光の導光効率を向上させ、効率的な励起光の照射および蛍光の検出が可能となります。

4-6 LED (C16028シリーズ)

対象試薬の励起に適したLEDを搭載しています。また、励起効率および蛍光受光時のブロッキング性能を高めるためにバンドパスフィルタやビームスプリッタを組み合わせることで、適切な波長帯域となるように設計されています。

[図4-1] オプティクスモジュールの構成例



KACCC10683A

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の特性に依存します。検出中心波長にはバラツキがあり、主にバンドパスフィルタの誘電体多層膜の膜厚のバラツキ、バンドパスフィルタへの入射角度バラツキに起因します。バンドパスフィルタへの入射角度が変わると、光が透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、高性能バンドパスフィルタおよび入射角度のバラツキを制御する構造を採用しており、 ± 2 nmに検出中心波長の精度を実現しています。

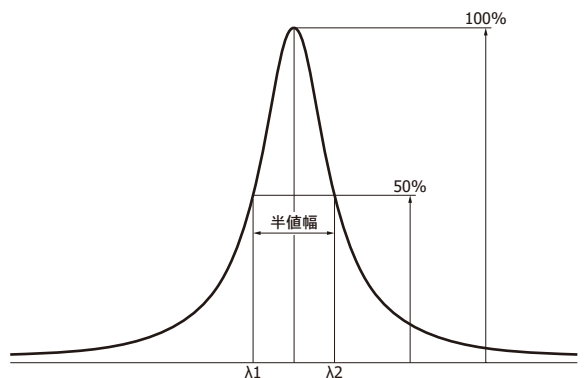
5-2 出射波長 (C16028シリーズ)

出射波長は内蔵LEDおよびバンドパスフィルタの特性に依存します。発光波長にはバラツキがあり、主にLED単体の発光波長帯域のバラツキに依存します。励起光原付き分光モジュールではバラツキの小さいLEDを採用しており、高精度な出射波長帯域を実現しています。

5-3 半値幅

オプティクスモジュールの半値幅は、発光スペクトルまたは分光感度スペクトルにおいて、ピーク値の50%となるとき波長を λ_1 、 λ_2 としたときの絶対値 $|\lambda_1 - \lambda_2|$ で定義されています。

[図5-1] 半値幅



KACCC12343A

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が低下します。一方、半値幅が広いほど透過光量が増加しますが、励起・検出に使用しない波長の光も透過するため波長精度の低下や迷光の増加を引き起こす恐れがあります。

当社オプティクスモジュールにおける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。

5-4 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、迷光によって測定精度やダイナミックレンジが低下します。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、測定光や励起光、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、迷光を制御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、拡散光ではなく平行光を入射する必要があります。C13398シリーズの場合、コリメートレンズを用いて平行光 (φ4 mm以下) を入射してください。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制御されるため、測定精度が向上します。C16028シリーズの場合、入出射部にレンズが内蔵されているためユーザ側で必要となる備品・手順は特にありません。

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。

$$OD = -\log_{10} (T/100) \dots\dots\dots (5-1)$$

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 $T \leq 0.01\%$ 、 $OD > 4$ としています。

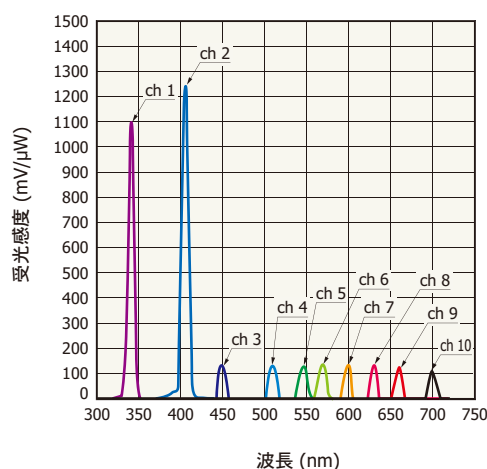
5-5 感度

「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、内蔵されている光学部品の反射率や透過率、使用するフォトダイオードの受光感度、およびI-V変換回路の変換インピーダンスによってオプティクスモジュールの受光感度が決まります。

C13398シリーズの分光感度特性を図5-2に示します。

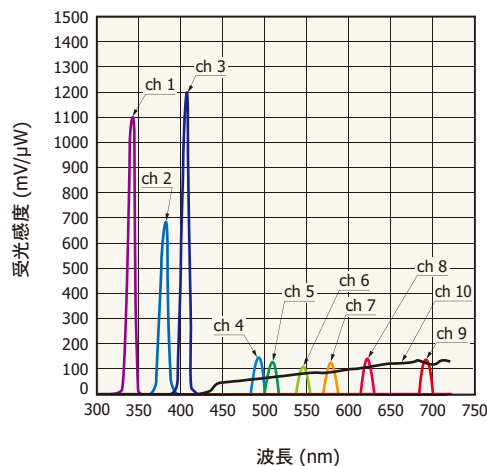
[図5-2] 分光感度特性 (C13398シリーズ, 代表例)

(a) C13398-01



KACCB04593C

(b) C13398-02

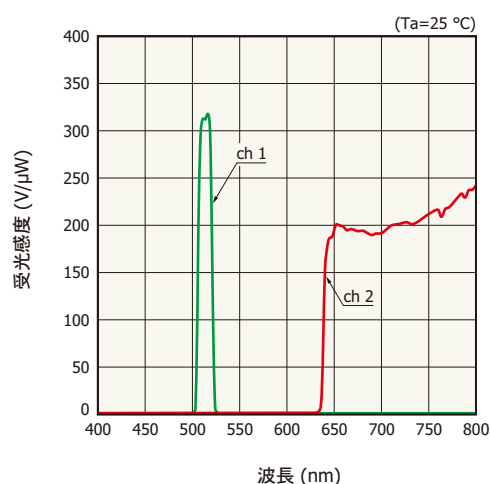


KACCB04603C

フィルタ式分光モジュールでは、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傾向にあるため、波長帯域が紫外域の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。

C16028-01の分光感度特性を図5-3に示します。

[図5-3] 分光感度特性 (C16028-01, 代表例)



KACCB0751JB

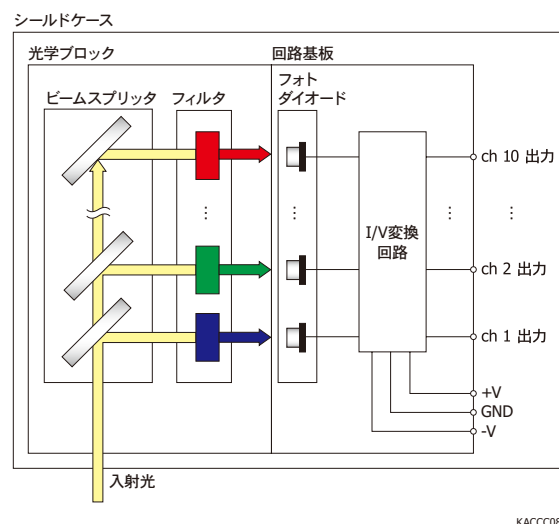
蛍光測定においては、微弱な光である蛍光を測定するために高感度検出が求められます。そのため、透過率の高いバンドパスフィルタや反射率の高いビームスプリッタを採用しており、信号処理回路の変換インピーダンスも高くなっています。

6. 使い方

(1) C13398シリーズ

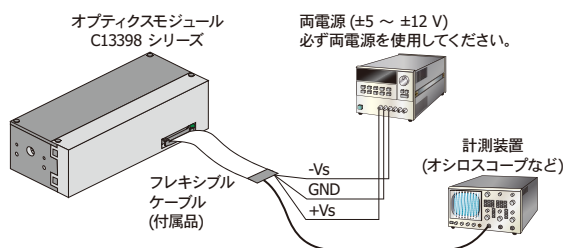
C13398シリーズのブロック図・接続例を図6-1・図6-2に示します。

[図6-1] ブロック図 (C13398シリーズ)



KACCC0852JC

[図6-2] 接続例 (C13398シリーズ)



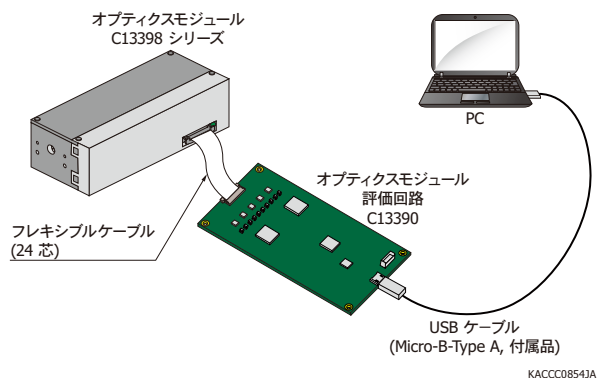
シールド線、またはAWG#26相当ツイストペア (150 cm以内)による配線を推奨します。

KACCC0853JB

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。

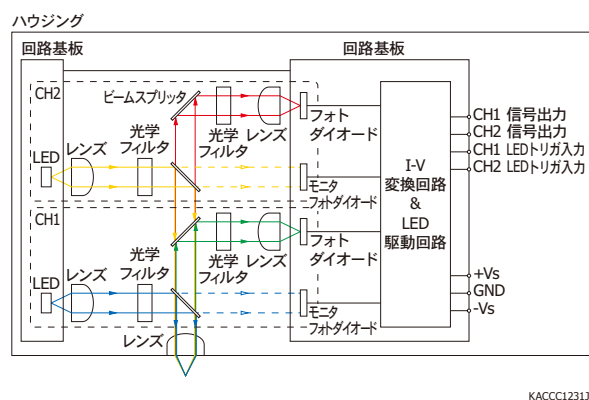
[図6-3] オプティクスモジュール評価回路 C13390との接続例



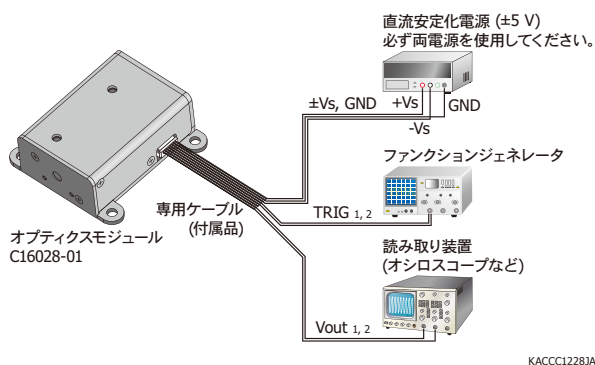
(2) C16028シリーズ

C16028シリーズのブロック図・接続例を図6-4・図6-5に示します。

[図6-4] ブロック図 (C16028シリーズ)



[図6-5] 接続例 (C16028シリーズ)



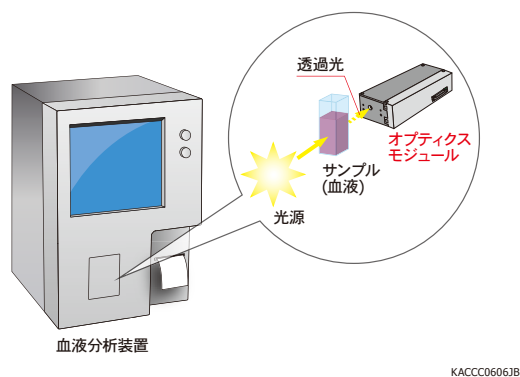
C16028シリーズの専用ケーブルの電源入力端子に両電源を接続し、信号出力端子に計測装置（オシロスコープなど）を接続します。また、光源は1 chずつ点灯させる必要があるため、光源の点灯・消灯制御端子にファンクションジェネレータなどを接続し、交互に点灯させます。

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。

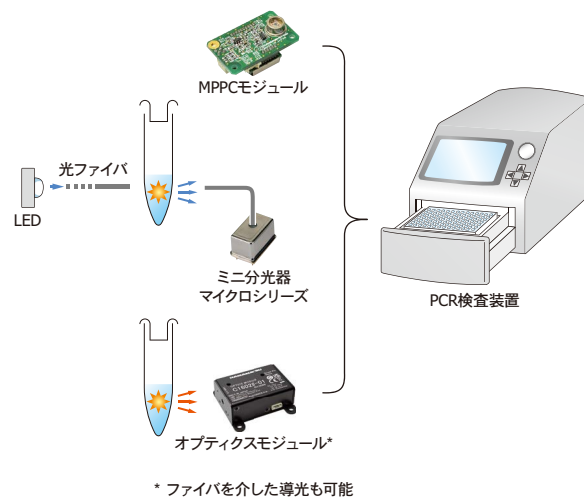
[図7-1] 血液分析装置



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、新型コロナウイ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



本資料の記載内容は、令和6年12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
東京営業所	〒100-0004	東京都千代田区大手町2-6-4 (常盤橋タワー11階)	TEL (03) 6757-4994 FAX (03) 6757-4997
中部営業所	〒430-8587	浜松市中央区砂山町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 浜松市中央区市野町1126-1 TEL (053) 434-3311 FAX (053) 434-5184