

FTIRエンジン (FT-NIR分光器)

目次

1. 概要

p.01

2. 構成

p.01

- 2-1 可動ミラー
- 2-2 光干渉計
- 2-3 制御回路
- 2-4 ソフトウェア

3. 動作原理

p.04

- 3-1 可動ミラー
- 3-2 光干渉計
- 3-3 制御回路

4. 特性

p.08

- 4-1 S/N
- 4-2 光ファイバ伝送損失の影響
- 4-3 波長温度依存性

5. 測定例

p.10

6. 関連製品

p.11

1. 概要

FTIR (Fourier Transform Infrared Spectrometer) エンジンは、片手で持ち運びできる小型のフーリエ変換型赤外分光器です。手のひらサイズの筐体に、マイケルソン光干渉計と制御回路を内蔵しています。PCとUSB接続することによって、スペクトルや吸光度の測定を行うことができます。測定対象を分析室に持ち込まないで現場で行うリアルタイム計測、常時計測するモニタリングに応用できます。

FTIRエンジンの光干渉計には、MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) 技術で作られた可動ミラー (φ3 mm)、固定ミラーが内蔵されています。可動ミラーの位置をモニタするため、半導体レーザー (VCSEL: Vertical Cavity Surface Emitting Laser) が搭載され、高い波長精度でスペクトル測定を行うことができます。本製品には、測定条件の設定、データの取得・保存、グラフ表示などの機能をもつ評価用ソフトウェアが付属されています。また、DLL (Dynamic Link Library) の関数仕様を公開しているため、ユーザーサイドで独自の計測ソフトウェアを作成できます。

2. 構成

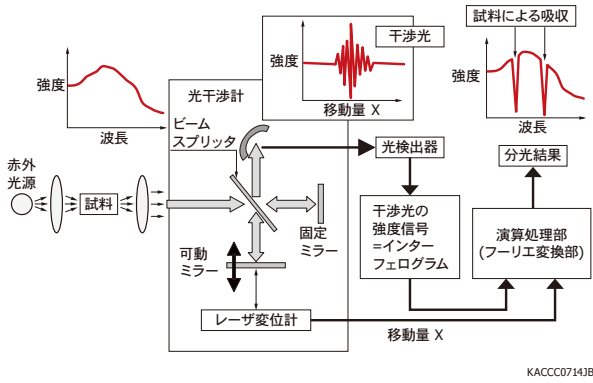
FTIRは、分散型 (回折格子型) 分光器と比べると以下の特長もっています。

- ▶ 全波長域の信号を同時に測定できるため高S/N
- ▶ 分散型分光器と分解能が同じ場合、入射孔を大きくでき、光の利用効率が高い
- ▶ レーザの波長を用いて校正するため、波長精度・再現性が高い

FTIRの光干渉計は、光入射部、ビームスプリッタ (半透鏡)、固定ミラー、可動ミラー φ3 mm、光検出器などで構成されます。入射光は、ビームスプリッタで透過光と反射光の2つの光束に分割されます。2つの光束は、固定ミラーと可動ミラーで反射してビームスプリッタに戻り、再び合成されて光干渉が生じます。光検出器は、可動ミラーの位置によって変化する光強度信号を取得します。この光強度信号を演算処理 (フーリエ変換) することで、分光スペクトルが得られます。

FTIRエンジンの光入射部のコネクタには、光ファイバを接続します。測定対象からの光を光ファイバでFTIRエンジンに導入でき、自由度の高い測定系を実現できます。

【図2-1】 FTIRの構成と動作原理

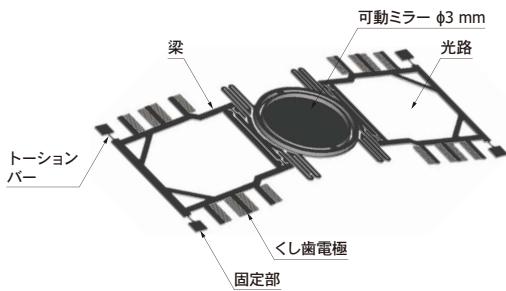


KACCC07143B

2-1 可動ミラー

FTIRエンジンには、静電駆動式可動ミラーを内蔵しています [図2-2]。くし歯電極に電圧を印加すると、静電駆動力が働きます。これにより複数のトーションバーがねじれて梁が動き、可動ミラーが上下に平行移動します。可動ミラーは、共振周波数で駆動すると大きく動きます。

【図2-2】 可動ミラーと静電アクチュエータ



KACCC10063A

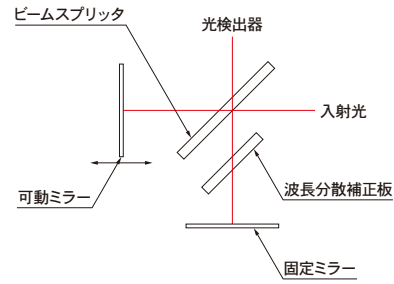
2-2 光干渉計

FTIRに使用されている一般的な干渉計を [図2-3] (a)に示し、FTIRエンジンに使用されている干渉計を [図2-3] (b)に示します。光干渉計は、光入射部、ビームスプリッタ、固定ミラー、可動ミラー、光検出器などから成ります。ビームスプリッタと同材質の波長分散補正板を用いて、この裏側には固定ミラーを成膜しています。 [図2-3] (b)の可動ミラーの位置よりも可動ミラーの厚さ（約70 μm）分、下へ移動した位置で可動ミラー側と固定ミラー側の光路差がゼロになるように光干渉計は設計されています。

光干渉計には、 [図2-4]のMEMSチップが内蔵されています。MEMSチップはパッケージに樹脂封止されています [図2-5]。微細粒子の混入を防いでいますが、水分は透過します。ビームスプリッタ、レンズ、可動ミラーが結露すると特性が損なわれる場合があるため、結露が発生しないように注意してください。

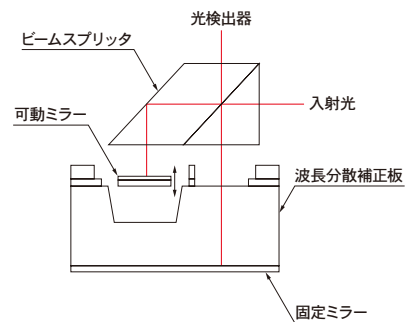
【図2-3】 光干渉計

(a) FTIRの光干渉計



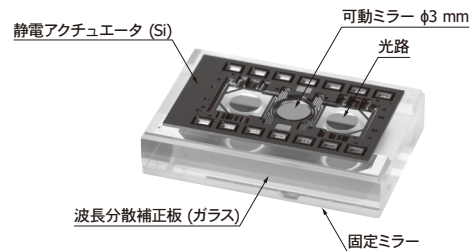
KACCC10073A

(b) FTIRエンジンの光干渉計



KACCC10083A

【図2-4】 MEMSチップ (光干渉計に内蔵)

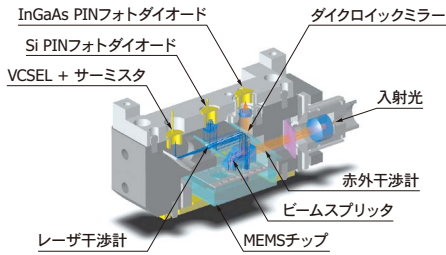


KACCC10093A

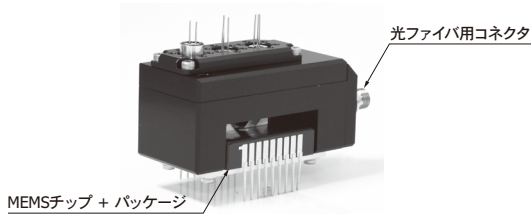
》 構成

FTIRエンジンの光学系を [図2-5]に示します。FTIRエンジン内には、赤外干渉計とレーザ干渉計の2つの干渉計があります。赤外干渉計は光ファイバから入射した近赤外光を測定し、レーザ干渉計は半導体レーザ (VCSEL)を用いて可動ミラーの位置をモニタします。2つの光干渉計の位置は、ダイクロイックミラーで分割されています。赤外干渉計の光検出器にはInGaAs PINフォトダイオード (G12183-003K)が用いられ、レーザ干渉計の光検出器にはSi PINフォトダイオード (S5821-03)が用いられています。

[図2-5] FTIRエンジンの光学系



KACCC10103A



KACCC10113A

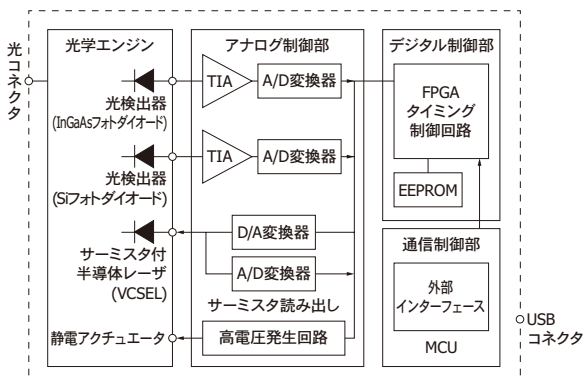
2-3 制御回路

FTIRエンジンは光学エンジン、アナログ制御部、デジタル制御部、通信制御部の4つの要素で構成されます。光学エンジンで検出した光信号は、アナログ制御部にあるTIA (Transimpedance amplifier)で増幅されます。増幅された光信号はA/D変換器でデジタル変換され、デジタル制御部に送られます。デジタル制御部にあるFPGA (field-programmable gate array)では、アナログ制御部の設定や駆動タイミングの制御、演算処理を行います。演算処理された信号は通信制御部を通してPCへ転送します。

» C15511-01

C15511-01はUSBインターフェースでPCと接続します。C15511-01の制御部ではデバイスの駆動タイミングのみを制御します。2つの光検出器から取得された光信号はPCへ転送され、PC内でフーリエ変換を含むスペクトル演算を行います。

[図2-6] ブロック図 (C15511-01)

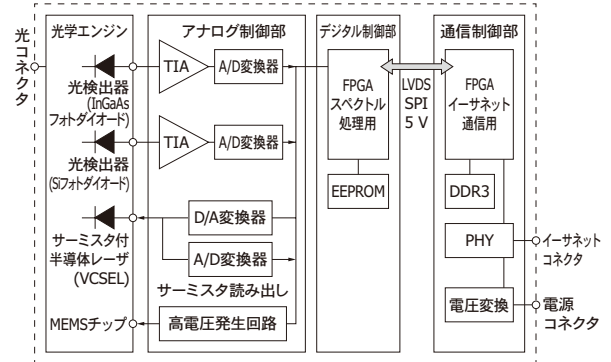


KACCC10123B

» C16511-01

C16511-01はイーサネットインターフェースでPCと接続します。C16511-01の制御部では、フーリエ変換を含むスペクトル演算までを行い、スペクトル結果をPCに転送します。演算がマルチスレッドで処理されるため、高速なスペクトル計測を実現します。

[図2-7] ブロック図 (C16511-01)

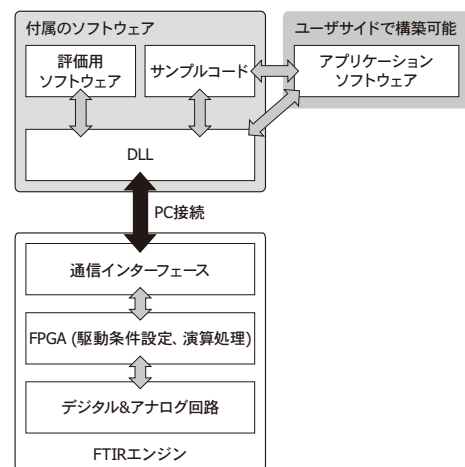


KACCC12353A

2-4 ソフトウェア

FTIRエンジンには、ユーザーの評価を支援するための評価ソフトウェア、独自の計測ソフトウェアを作成するためのDLL (Dynamic Link Library)と、SDK (Software Development Kit)、FTIRエンジンをPCと接続するためのドライバが付属します。評価ソフトウェアでは、計測条件 (ゲイン、積算回数など)の設定、計測開始、データのグラフ表示や保存などを行うことができます。SDKにはDLLを使用するためのサンプルコードなどを準備しています [図2-8]。

[図2-8] ソフトウェア構成



KACCC10133B

3. 動作原理

3-1 可動ミラー

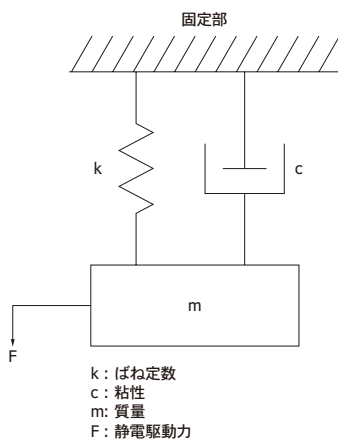
可動ミラーの駆動条件は、制御回路のEEPROMに保存されています。EEPROMの情報を読み取ることによって、可動ミラーを共振駆動できます。

可動ミラーを駆動する静電アクチュエータは、[図3-1]の力学モデルで表すことができます。ばね定数は、ばね材質のヤング率とポアソン比、ばね形状（長さ、厚さ、幅）によって主に決まります。ばねは半導体のリソグラフィ技術とエッチング技術によって高精度に形成されますが、ばね寸法にはある程度のバラツキがあり、ばね定数にもバラツキがあります。このため可動ミラーの駆動周波数は、製品ごとに異なります。

[表3-1] 可動ミラーの電気的特性 (駆動周波数)

項目	Min.	Typ.	Max.	単位
駆動周波数	225	275	325	Hz

[図3-1] 静電アクチュエータの力学モデル

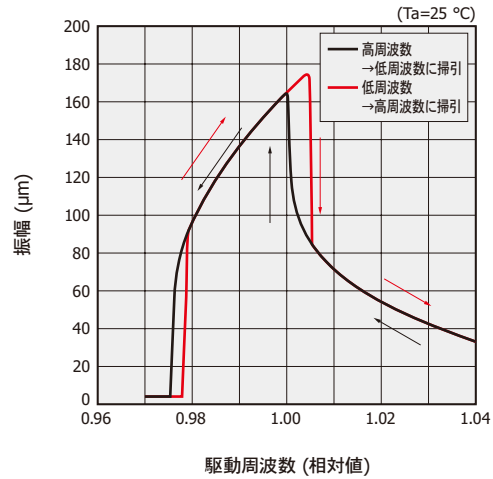


KACCC1014JA

静電アクチュエータのばね特性には、ハードニングと呼ばれる非線形特性があり、特定の駆動周波数で飛躍的に可動ミラーの振幅が変化します。これは、ダフニング方程式 [式 (3-1)] で示されます。飛躍的に振幅が変化する範囲では、低周波数→高周波数、高周波数→低周波数で特性が異なります。特性が同じ範囲では、駆動周波数を設定することによって安定した振幅が得られます [図3-2]。

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + (1 + \beta x^2)kx = F \cos(\omega t) \dots\dots\dots (3-1)$$

[図3-2] 振幅-駆動周波数 (代表例)



KACCB0594JA

可動ミラーの固有振動数は [式 (3-2)] で表されます。非線形ばねをもつ可動ミラーの共振周波数は、振幅に応じてシフトします [式 (3-3)]。ハードニングによって可動ミラーの振幅が大きくなると、ばね定数が大きくなり、共振周波数が高くなります [図 (3-3)]。

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \dots\dots\dots (3-2)$$

ω_0 : 固有振動数
 m : 質量
 k : ばね定数

$$\omega_1 = \omega_0 \sqrt{1 + \frac{3}{4} \beta x^2} \dots\dots\dots (3-3)$$

ω_1 : 共振周波数
 β : ばねの非線形定数
 x : 振幅

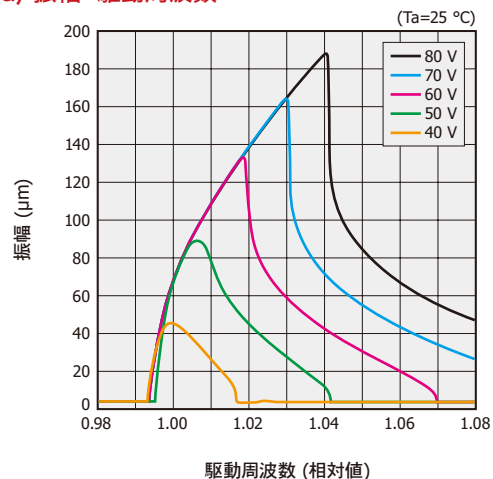
可動ミラーの静電駆動力は、式 (3-4) で表されます。

$$F = \frac{1}{2} \frac{dC}{dx} V^2 \dots\dots\dots (3-4)$$

F: 静電駆動力
 C : くし歯電極 (複数の平行平板で構成) の静電容量
 V : 駆動電圧

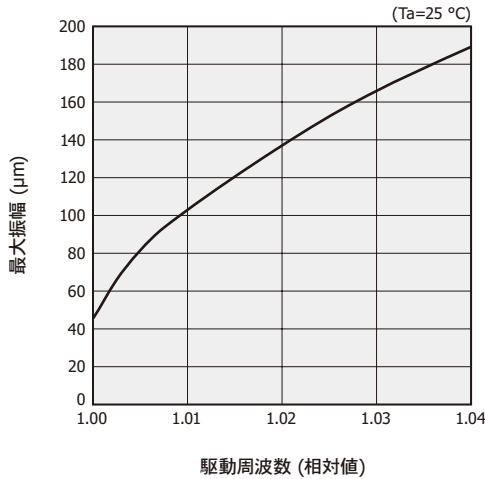
[図3-3] 駆動周波数特性 (代表例)

(a) 振幅-駆動周波数



KACCB0595JA

(b) 最大振幅-駆動周波数

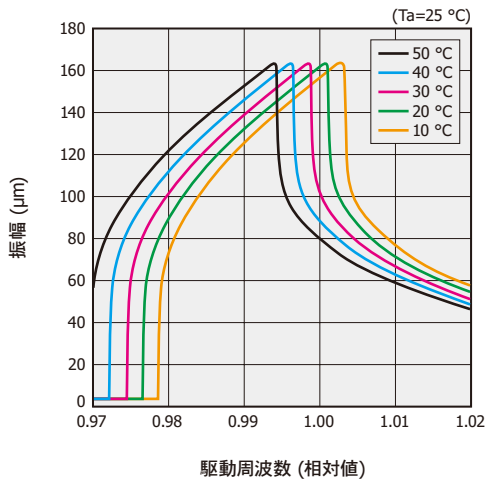


KACCB05963A

可動ミラーのばねはSi単結晶で形成されているため、金属疲労が少なく長寿命というメリットがあります。温度が高くなると、Si単結晶のヤング率は小さくなります。そのため、温度が変化するとばね定数が変化して、可動ミラーの共振周波数は変化します [図3-4]。

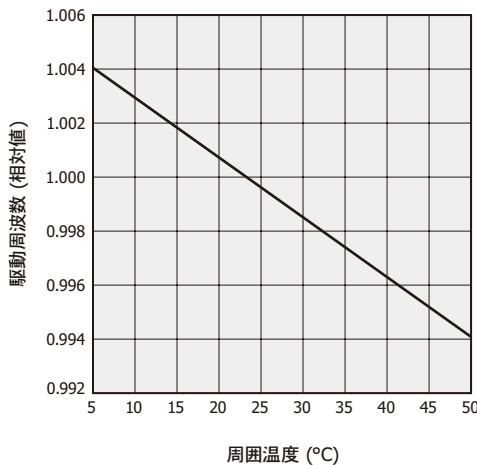
[図3-4] 駆動周波数の温度特性 (代表例)

(a) 振幅-駆動周波数



KACCB05973A

(b) 駆動周波数-周囲温度



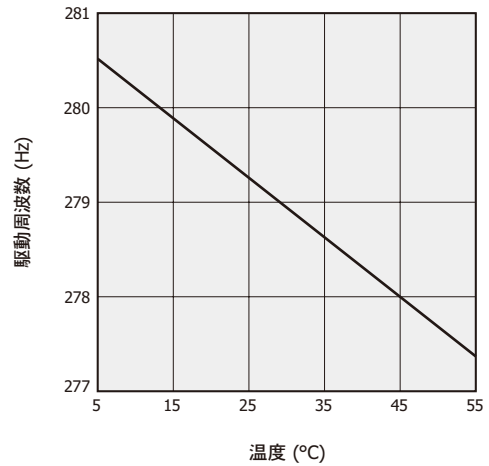
KACCB05983A

》 制御方法

FTIRエンジンでは、可動ミラーを安定して駆動するため、適切な条件をEEPROMに保存しています。また、FTIRエンジンの筐体内に組み込まれたサーミスタが温度を測定し、温度変化に応じて適切な駆動周波数に設定されます。可動ミラーの駆動周波数と振幅の温度特性を [図3-5] に示します。

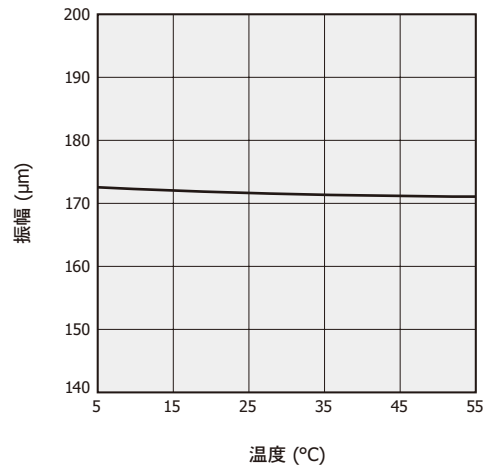
[図3-5] 駆動周波数と振幅の温度特性 (代表例)

(a) 駆動周波数-温度



KACCB05993A

(b) 振幅-温度



KACCB06003A

3-2 光干渉計

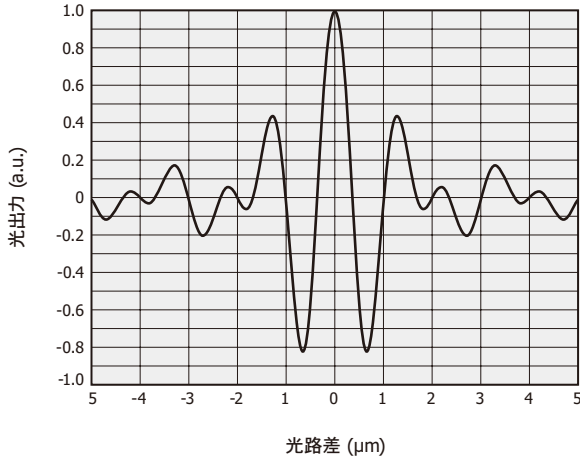
光干渉計 (赤外干渉計、レーザ干渉計) に光を入射して得られる光電流は [式 (3-5)] で表されます。[式 (3-5)] の第2項の交流成分は、インターフェログラムと呼ばれる光干渉信号です。可動ミラーと固定ミラーの光路差がゼロとなる位置では、各波長の光が干渉するため、光干渉信号は大きくなります。光路差ゼロから離れるにつれて各波長の光がさまざまな位置で干渉するため、

波打ちながら小さくなります [図3-6]。この光干渉信号をフーリエ変換して、分光スペクトルを取得できます。

$$I(x) = \int_{-\infty}^{\infty} B(v)(1 + \cos 2\pi vx) dv \dots\dots\dots (3-5)$$

I(x): 光電流
B(v): 分光スペクトル
v : 波数
X : 光路差

[図3-6] 光干渉信号



KACCB0601JA

FTIRの波数分解能は、光の波長の逆数で示す波数 Δv (単位: cm^{-1}) で定義されます。波数分解能は、可動ミラーの振幅、光干渉計内の光束の広がり角、可動ミラーの傾きなどによって決まります [図3-7]。

波数分解能は [式 (3-6)] で表され、可動ミラーの振幅が大きいほど向上します。

$$\Delta v = \frac{1}{4L_1} \dots\dots\dots (3-6)$$

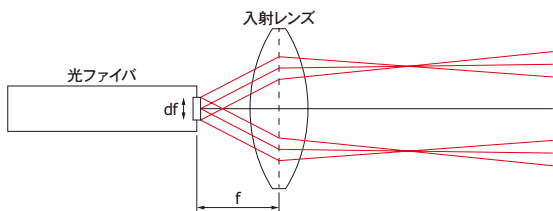
Δv : 波数分解能
 L_1 : 振幅

光束の広がり角の影響は、式 (3-7) で表されます。

$$\Delta v = \left(\frac{df}{2f} \right)^2 v \dots\dots\dots (3-7)$$

df: 入射用の光ファイバ径
f : 入射レンズの焦点距離
v : 波数 [cm^{-1}]

[図3-7] レンズと光束



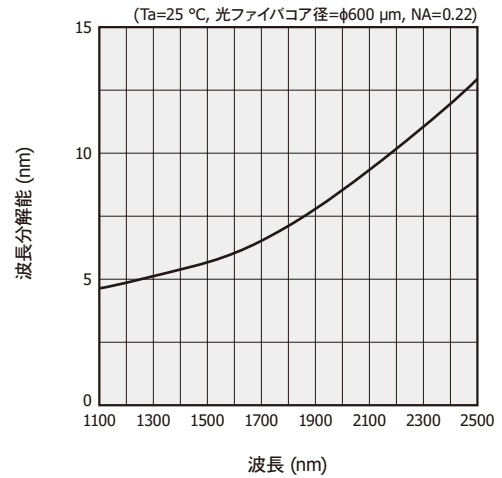
KACCC1015JA

波数分解能 (単位: cm^{-1}) を波長分解能 (単位: nm) に換算することができます [式 (3-8)]。波長分解能は波長により変化し、長波長で劣化します。波長分解能を測定した代表例を [図3-8] に示します。

$$\Delta \lambda = \left(\frac{1}{v} - \frac{1}{v + \Delta v} \right) \times 10^7 \dots\dots\dots (3-8)$$

$\Delta \lambda$: 波長分解能

[図3-8] 波長分解能-波長 (代表例, FWHM)



KACCB0602JA

FTIRエンジンの光学的仕様を表3-2に示します。

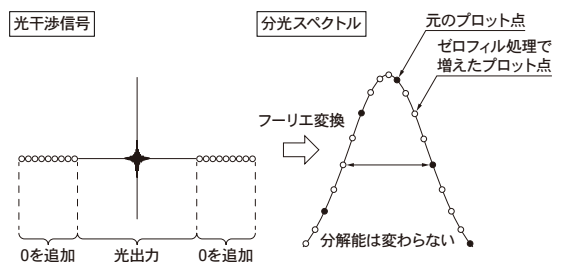
[表3-2] 光学的仕様

項目	条件	Typ.	単位
光入射コネクタ		光ファイバ用SMAコネクタ	-
入射レンズ焦点距離	$\lambda=1150 \text{ nm}$	6.24	mm
入射レンズNA		0.4	-
波長分解能 (FWHM)	$\lambda=1532 \text{ nm}$	5.7	nm

ゼロフィル処理

取得された分光スペクトルを滑らかにする手法として、ゼロフィル (zero fill) 処理があります [図3-9]。これは、フーリエ変換前に光干渉信号の両端にゼロを追加する処理で、フーリエ変換後にプロットされる点の間を補完できます。この場合に分解能は変わりません。

[図3-9] ゼロフィル処理



KACCC1016JA

3-3 制御回路

デジタル制御部のFPGAは、可動ミラーの駆動と計測タイミングの制御を行います。内蔵のHVIC (High Voltage IC) がくし歯電極に矩形波の駆動電圧を印加すると、可動ミラーが駆動します。駆動開始時点から駆動電圧を印加する回数がカウントされます。

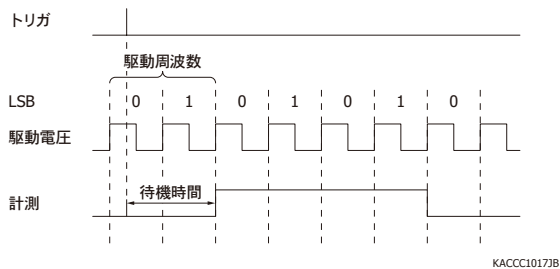
赤外干渉計とレーザ干渉計で検出した光信号はプリアンプで増幅された後、サンプリングタイミングが同期した2つのA/D変換器で16-bitのデジタル信号に変換されます。

[表3-3] 電気的特性

項目	Typ.	単位
A/D分解能	16	bit
A/Dサンプリングレート	140	ns

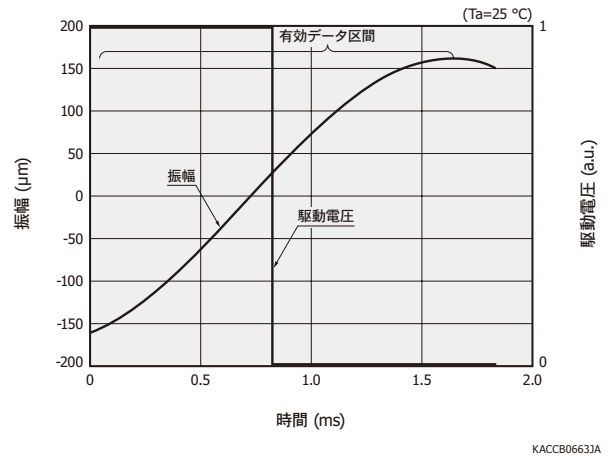
FTIRエンジンの計測は、可動ミラーの駆動電圧の入力時に開始されます。指定したサイクル数のデータ取得を行い、取得した光信号はFPGA内で積算処理をします [図3-10]。計測データは、可動ミラーの上下の動きで、最下位ビット (LSB: Least Significant Bit) の“0”または“1”を用いて定義されます。可動ミラーの上下の動きと、最下位ビット“0”と“1”の関係は、駆動開始を設定することに変化します。

[図3-10] タイミングチャート (Direction=0, Cycle=2)



可動ミラーと駆動電圧の位相は、共振周波数に近づくほどズレが小さくなり、共振周波数で一致します。共振周波数においては、[図3-2]に示すようにミラー振幅が飛躍的に変化するため、制御が難しくなります。FTIRエンジンの推奨動作条件の駆動周波数は、共振周波数よりも低い周波数です。このため、可動ミラーと駆動電圧の位相にズレが生じます [図3-11]。位相ズレにより、制御回路のデジタルデータは、[図3-11]においては振幅のピークまでが有効データ区間で、その後は無効データとなります。

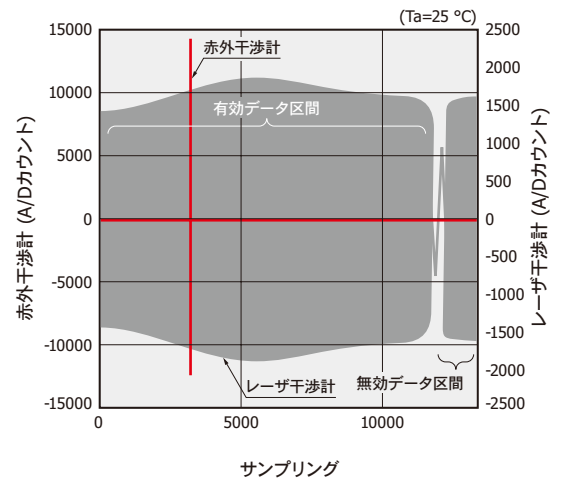
[図3-11] 可動ミラーの振幅と駆動電圧 (代表例)



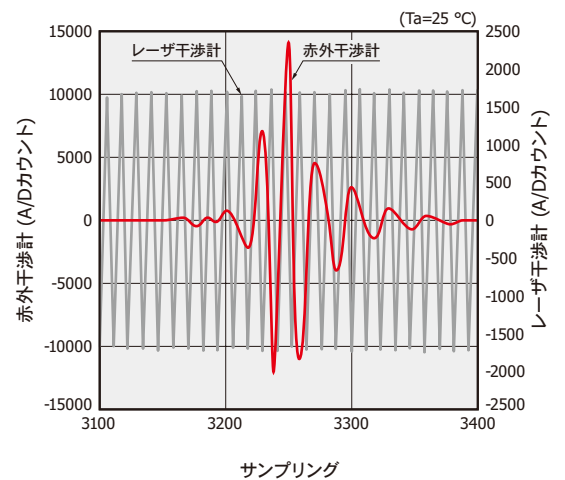
赤外干渉計とレーザ干渉計で計測されるデジタルデータを [図3-12]と [図3-13]に示します。

[図3-12] 赤外干渉計とレーザ干渉計のデジタルデータ (測定例, Direction=0)

(a) デジタルデータ

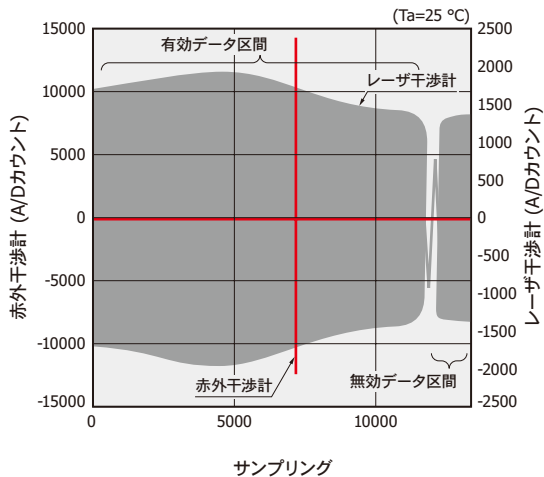


(b) 光路差ゼロ付近の拡大図



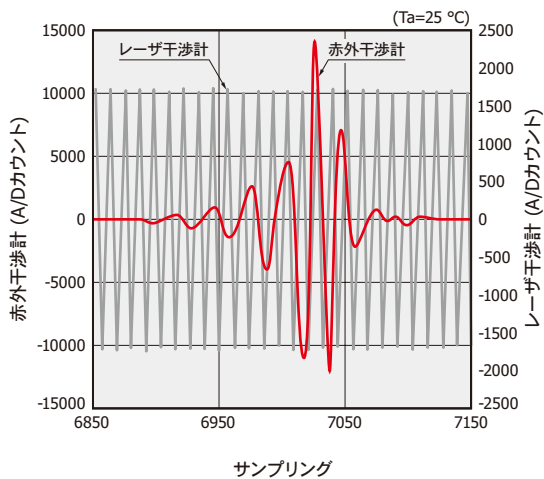
[図3-13] 赤外干渉計とレーザ干渉計のデジタルデータ
(測定例, Direction=1)

(a) デジタルデータ



KACCB06063A

(b) 光路差ゼロ付近の拡大図



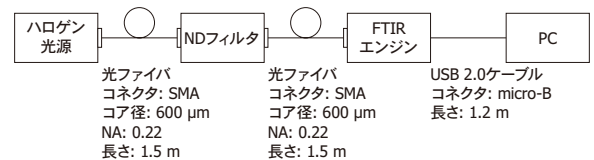
KACCB06073A

4. 特性

4-1 S/N

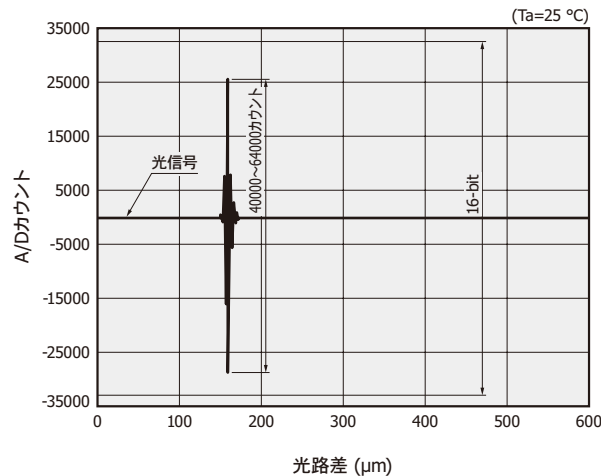
FTIRエンジンのS/N (信号雑音比)は、ハロゲン光を入射したときの分光スペクトルの最大値とノイズ実効値 (RMS)の比で定義します。FTIRエンジンのA/D変換器が飽和しないように、光源の出力の調整をするかNDフィルタを用いて適切な入射光量にする必要があります。FTIRエンジンは16-bitのA/D変換器を採用しているため、光干渉信号が40000~64000カウント p-pになるように入射光量を調整してください。感度に個体差があるため、製品ごとに入射光量を調整する必要があります [図4-2]。

[図4-1] S/Nの測定系



KACCC10193A

[図4-2] 入射光量の調整



KACCB06083A

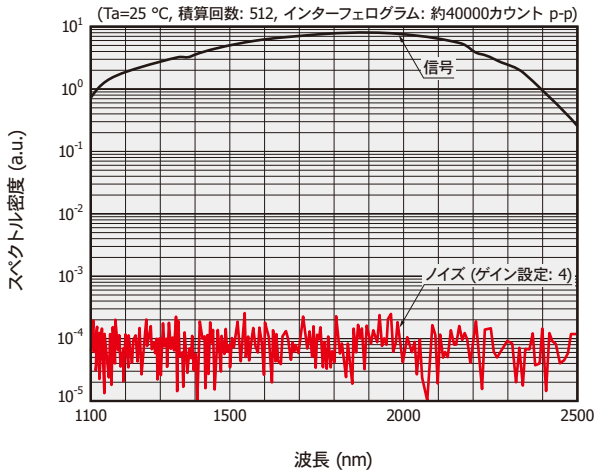
[図4-1]の測定系におけるS/N特性の代表例を [表4-1] に示します。ゲイン設定 1~4でS/Nは10000以上になっています。ゲインが低いほどノイズは低く、高S/Nになります。

[表4-1] S/N特性 (代表例, Ta=25 °C, ハロゲン光源, 光ファイバコア径: 600 μm, NA: 0.22, 積算回数: 512, 光干渉信号: 約40000 カウント p-p)

ゲイン設定	ゲイン	S/N typ.
0	Maximum	7500
1	High	15000
2	Middle	30000
3	Low	45000
4	Minimum	55000

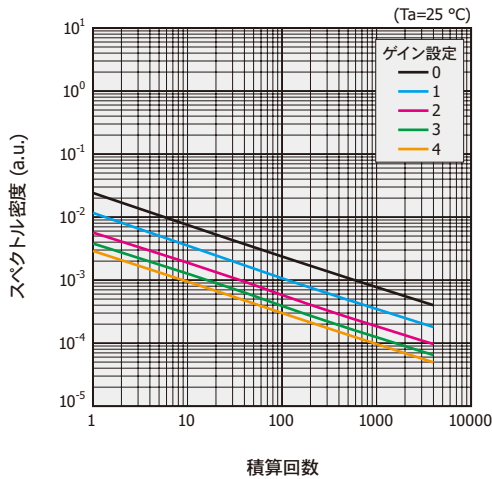
[図4-3]は、ハロゲン光源の光入射時の分光スペクトルと、暗状態におけるノイズスペクトルを示しています。1900 nm付近の分光スペクトルが最も高く、S/Nも高くなります。

[図4-3] S/N特性 (測定例)



ノイズの実効値 (RMS)と積算回数の関係を図4-4に示します。ノイズは可動ミラーの積算回数 N で平均化され、 \sqrt{N} 分の1に小さくなります。積算回数を増やすと計測時間が長くなりますが高S/Nになります。

[図4-4] ノイズ特性 (測定例)

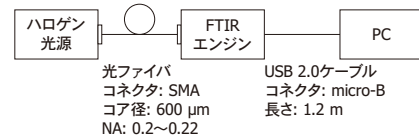


4-2 光ファイバ伝送損失の影響

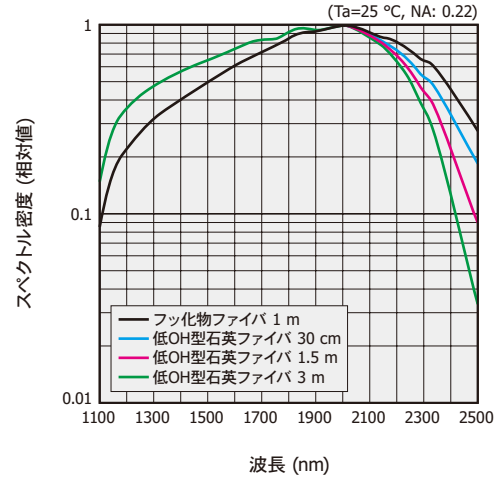
FTIRエンジンに接続する光ファイバの伝送損失特性により、出力する分光スペクトルが変化します。石英ファイバは、2.1 μm より長い波長帯で光ファイバの長さに応じた損失があります。そのため、短い光ファイバまたはフッ化物ファイバを推奨します。フッ化物ファイバ、または異なる長さの石英ファイバを用いたときの分光スペクトルを [図4-6]に示します。

[図4-5] 光ファイバ伝送損失の影響

(a) 測定系



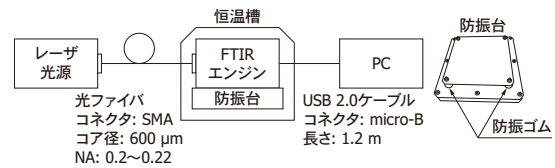
(b) 分光スペクトル (測定例)



4-3 波長温度依存性

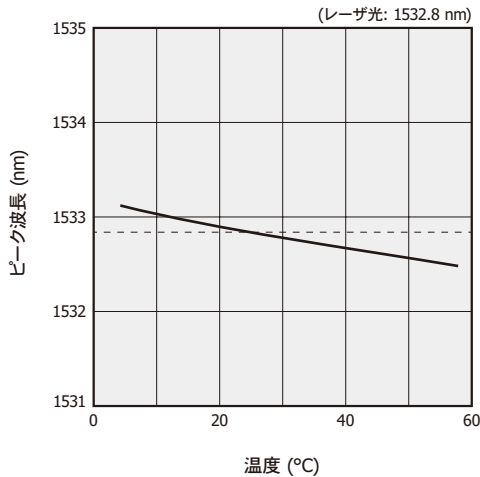
[図4-6]の測定系において、FTIRエンジンで測定されるレーザスペクトルのピーク波長と波長分解能 (FWHM)の温度特性を [図4-7]に示します。レーザ光 (1532.8 nm)を光ファイバで入射し、FTIRエンジンを恒温槽に入れてあります。恒温槽の振動の影響を緩和するため、防振台の上にFTIRエンジンを設置しています。

[図4-6] 波長精度・波長分解能の温度特性の測定系



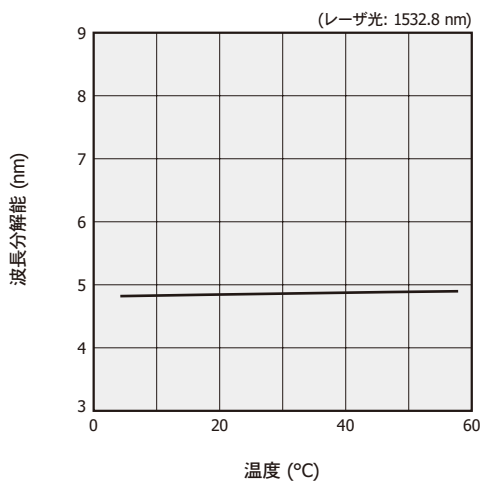
[図4-7] 波長温度依存性 (代表例)

(a) ピーク波長



KACCB06123A

(b) 波長分解能



KACCB06133A

FTIRエンジンの波長温度依存性は、可動ミラーをモニタするためのVCSELの発振波長に依存します。VCSELは温度により発振波長が変化するため、FTIRエンジンが計測する波長精度には温度特性があります。[図4-7]では、恒温槽の温度を変化させた場合、FTIRエンジン内のサーミスタが計測した温度を横軸に示しています。FTIRエンジンの駆動による回路の発熱により、FTIRエンジン内部は約5 °C上昇します。FTIRエンジンで検出されるレーザスペクトルのピーク波長は温度によりシフトし、波長温度依存性は±0.06 nm/°C以下です。なお波長分解能 (FWHM)は、温度が変化しても、ほぼ一定です。

5. 測定例

FTIRエンジンを利用した近赤外分光分析の測定法には、透過測定や拡散反射測定などの測定方法があります[図5-1]。それぞれの測定方法の原理や各種測定例は以下資料を参照してください。

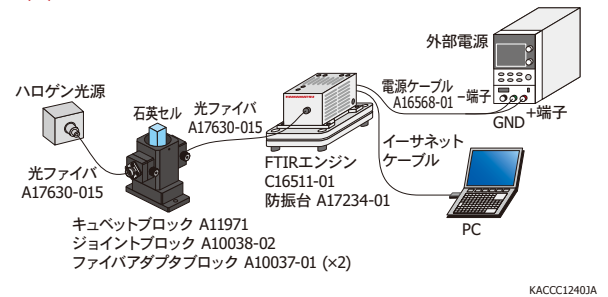
🔧 カタログ

- ・製品情報 / FTIRエンジン 測定事例集
- ・製品情報 / 拡散反射光源と近赤外分光器を用いた薬剤分析

https://www.hamamatsu.com/jp/ja/product/optical-sensors/spectrometers/mini-spectrometer/related_documents.html

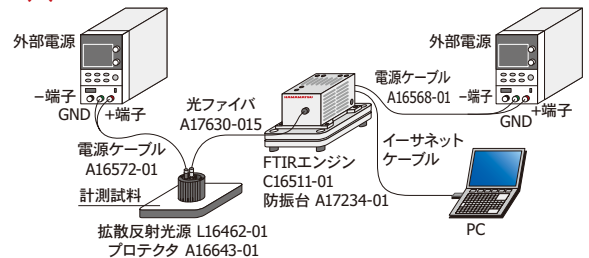
[図5-1] 接続例

(a) 透過測定



KACCC12403A

(b) 拡散反射測定



KACCC12373A

6. 関連製品

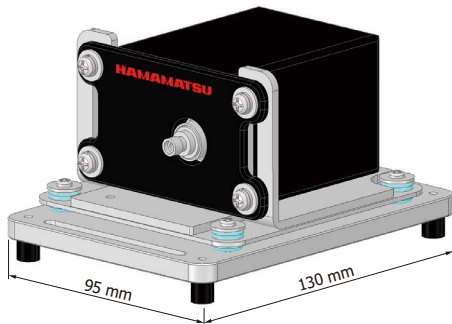
[図5-1]で示した測定を正確かつ安定して行うための各種アクセサリ(別売)を用意しています。

» 防振台

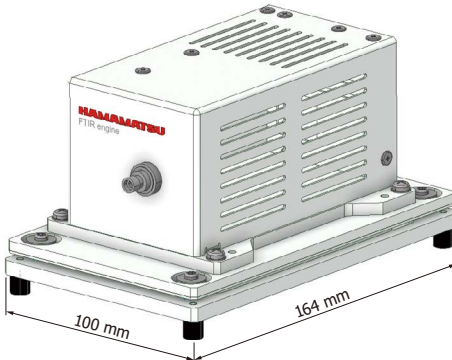
FTIRエンジンは振動の影響を受けやすいため、安定した測定を行うための防振台です。防振台には防振ゲルが組み込まれていて、振動の影響を緩和します。取り付け用のねじで、FTIRエンジンを防振台に固定します。

[図6-1] FTIRエンジンを搭載した防振台

(a) 防振台 A15835-01 + C15511-01



(b) 防振台 A17234-01 + C16511-01



» 拡散反射光源 L16462-01

近赤外分光分析法の拡散反射測定を行うためのランプモジュールです。ランプから試料に光を照射し、試料内で拡散反射された光をファイバに導光します。近赤外分光器などに接続して分光分析を行います。

波長範囲	サイズ	寿命
400~2500 nm	φ28.0 × 35.5 mm	7000 hr (平均)

[図6-2] 拡散反射光源 L16462-01



» プロテクタ A16643-01

拡散反射光源 L16462-01の発熱・温度上昇を抑制するためのアクセサリです。

外形寸法	質量
φ46 × 35.5 mm	約55 g

» 光ファイバケーブル A17630-015

コネクタ	仕様
両端SMA	600 μmコア, NA=0.22, Low-OH光ファイバ, 長さ=1500 mm メタル被覆, CPS (Cladding Power Stripper)付

» 電源ケーブル

・C16511-01用

型名	コネクタ	仕様
A16568-01	HR10-7P-4P (73)	長さ=2 m, 片端リード線はんだ処理, ワイヤ: AWG26

・L16462-01用

型名	コネクタ	仕様
A16572-01	FGG.00.302CLAD35	長さ=1.5 m, 片端リード線はんだ処理, ワイヤ: AWG26

» キュベットブロック A11971

光路長が10 mmのキュベット専用小型暗箱ケースです。

有効光路径	適応キュベットサイズ		質量
	光路長	外形寸法	
8 mm	10 mm	□12.5 × 56 (H) mm	約200 g (台座含む)

» ジョイントブロック A10038-02

オプティカルブロック同士を接続するためのブロックです。

タイプ	有効光路径	質量
メス-メス	10 mm	約25 g

» ファイバアダプタブロック A10037-01

SMAコネクタ付き光ファイバケーブルを接続できるブロックです。ブロック内に組み込まれたレンズにより、光ファイバからの拡がった光を平行にします。

推奨波長	コネクタ	焦点距離	質量
可視域	SMA	10 mm	約17 g

🔗 関連情報

www.hamamatsu.com/sp/ssd/doc_ja.html

🚫 注意事項

・製品に関する注意事項とお願い

本資料の記載内容は、令和7年4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 宮城県仙台市青葉区中央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 静岡県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 大阪府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 福岡県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

光半導体営業推進部 〒435-8558 静岡県浜松市中央区市野町1126-1 TEL (053) 434-3311 FAX (053) 434-5184