

# 取扱説明書

## ラマン光ファイバーケーブル

### KFOC1 および KFOC1B

ラマン光ファイバーケーブルの  
設定、運用、メンテナンスの詳細





## 目次

<b>1 本説明書について .....</b>	<b>4</b>	<b>4 製品説明.....</b>	<b>11</b>
1.1 警告.....	4	4.1 ラマン光ファイバーケーブルの種類.....	11
1.2 米国輸出管理規則の遵守.....	4	4.2 KFOC1B-AAC? (KFOC1B) および KFOC1-BD? (KFOC1) .....	11
1.3 略語リスト .....	5	4.3 KFOC1B-AAB? (KFOC1B) および KFOC1-BC? (KFOC1) .....	12
<b>2 安全上の基本注意事項.....</b>	<b>6</b>	4.4 KFOC1B-AAA? (KFOC1B) および KFOC1-BB? (KFOC1) .....	12
2.1 作業員の要件 .....	6		
2.2 指定用途.....	6		
2.3 電気的安全性 .....	6		
2.4 使用上の安全性 .....	6		
2.5 製品の安全性 .....	6		
<b>3 製品の受入検査および製品識別表示.....</b>	<b>7</b>		
3.1 納入.....	7		
3.2 補足資料.....	7		
3.3 受入検査.....	7		
3.4 設置.....	8		
3.5 運用.....	8		
3.6 メンテナンス .....	9		
<b>4 製品説明.....</b>	<b>11</b>		
4.1 ラマン光ファイバーケーブルの種類.....	11		
4.2 KFOC1B-AAC? (KFOC1B) および KFOC1-BD? (KFOC1) .....	11		
4.3 KFOC1B-AAB? (KFOC1B) および KFOC1-BC? (KFOC1) .....	12		
4.4 KFOC1B-AAA? (KFOC1B) および KFOC1-BB? (KFOC1) .....	12		
<b>5 技術データ .....</b>	<b>13</b>		
5.1 仕様.....	13		
<b>6 機能とシステム構成 .....</b>	<b>14</b>		
6.1 Endress+Hauser ラマンケーブル .....	14		

## 1 本説明書について

本書には、ラマン光ファイバーケーブル KFOC1 および KFOC1B に関する情報が記載されています。

### 1.1 警告

資料構成	意味
<b>▲ 危険</b> <b>原因（/結果）</b> 違反した場合の結果（該当する場合） ▶ 是正措置	危険な状況を警告するシンボルです。この状況を回避できなかつた場合、重傷または致命傷を負う可能性があります。
<b>▲ 警告</b> <b>原因（/結果）</b> 違反した場合の結果（該当する場合） ▶ 是正措置	危険な状況を警告するシンボルです。この状況を回避できなかつた場合、軽傷またはそれ以上の傷害を負う可能性があります。
<b>注意</b> <b>原因/状況</b> 違反した場合の結果（該当する場合） ▶ アクション/注記	器物を破損する可能性がある状況を警告するシンボルです。

### 1.2 米国輸出管理規則の遵守

Endress+Hauser の方針では、米国商務省[産業安全保障局](#)のウェブサイトで詳述されている米国輸出管理法が厳格に遵守されます。

### 1.3 略語リスト

用語	説明
°C	摂氏温度
cm	センチメートル
e	吸光係数
EEA	欧州経済地域
EO	電気光学 (Electro-Optical)
°F	華氏温度
FC	ファイバーチャンネル
FOCA	光ファイバーケーブルアセンブリ
IPA	イソプロピルアルコール (Isopropyl alcohol)
m	メートル
NIR	近赤外線
nm	ナノメートル
PVC	ポリ塩化ビニル
SSCS	ステンレス製コネクタシェル
T	伝送
UV	紫外線
WEEE	電気電子機器廃棄物 (Waste Electrical and Electronic Equipment)

## 2 安全上の基本注意事項

本セクションの安全情報は、ラマン光ファイバーケーブルに固有の情報です。レーザーの取扱いに関するアナライザ関連の追加安全情報については、Raman Rxn2、Raman Rxn4、およびRaman Rxn5 の取扱説明書を参照してください。

ユーザーは、適用されるすべての安全規則を理解し遵守する責任を負います。これらは機器の設置場所に応じて異なります。Endress+Hauser は、この認定手順に基づく、機器の安全な使用の決定について、一切の責任を負いません。

### 2.1 作業員の要件

- 光ファイバーケーブルの設置、設定、運用、メンテナンスは、専門のトレーニングを受けた技術者のみが行うことができます。
- 作業を行う技術者はプラント管理者から特定作業の実施許可を受ける必要があります。
- 作業を行う技術者はこれらの取扱説明書を読んで理解し、その内容に従う必要があります。
- 測定点のエラー対応は、正式に認定された熟練技術者のみが実施できます。本書に記載されていない修理は、直接製造元において、またはサービス部門のみが実施できます。

### 2.2 指定用途

ラマン光ファイバーケーブルは、ラマン分析アプリケーションにおいてアナライザのベースユニットをサンプリングプローブから離れた場所に配置するために使用します。

### 2.3 電気的安全性

ユーザーは以下の安全条件を遵守する責任があります。

- 設置ガイドライン
- 電磁両立性に関する現地の規格/規制

### 2.4 使用上の安全性

全測定点の設定を実施する前に：

1. すべての接続が正しいことを確認してください。
2. 電気ケーブルおよび光ファイバー接続に損傷がないことを確認してください。
3. 破損した製品は使用せず、不意の作動を防いでください。
4. 損傷のある製品にはその旨を明記したラベルを掲示してください。

使用中に不具合を修正できない場合は、製品の使用を停止し、不意の作動から保護してください。

#### ▲ 警告

**ラマン光ファイバーケーブル使用中の作業により、測定物への暴露の危険があります。**

- ▶ 化学物質または生物材料への暴露を制限するための標準的な手順に従ってください。
- ▶ 防護服、保護メガネ、保護手袋などの個人用保護具の着用や、アナライザの設置場所への物理的なアクセス制限に関する現場の方針に従ってください。
- ▶ 清掃手順に関する適切な現場の方針に従って、漏出物を清掃してください。

### 2.5 製品の安全性

本製品は指定用途における各国の安全要件に適合するよう設計され、その要件に対応する試験をして安全に操作できる状態で工場から出荷されています。適用されるすべての規制および国際規格に準拠します。Raman Rxn アナライザに接続された機器は、該当する安全基準に準拠する必要があります。

## 3 製品の受入検査および製品識別表示

### 3.1 納入

以下に納入範囲を示します。

- ラマン光ファイバーケーブル（ご注文の構成）
- ラマン光ファイバーケーブルの取扱説明書 (BA02177C)
- ラマン光ファイバーケーブルの製品性能証明書
- 各国の適合宣言（該当する場合）
- 危険場所で使用するための証明書（該当する場合）
- ラマン光ファイバーケーブルのオプションアクセサリ（該当する場合）

ご不明な点がございましたら、最寄りの弊社販売窓口までお問い合わせください。

### 3.2 補足資料

すべての関連資料は、以下から入手できます。

- Endress+Hauser モバイルアプリから : [www.endress.com/supporting-tools](http://www.endress.com/supporting-tools)
- Endress+Hauser ウェブサイトの「ダウンロード」エリアから : [www.endress.com/downloads](http://www.endress.com/downloads)

本資料は、以下の資料パッケージの必須資料です。

資料番号	資料の種類	資料タイトル
TI01641C	技術仕様書	ラマン光ファイバーケーブル技術仕様書

### 3.3 受入検査

1. 梱包が破損していないことを確認してください。梱包が破損している場合は、サプライヤに通知してください。問題が解決されるまで破損した梱包を保管してください。
2. 内容物が破損していないことを確認してください。納品物が破損している場合は、サプライヤに通知してください。問題が解決されるまで破損した製品を保管してください。
3. 発送書類とご注文内容を照合し、すべての納入品目が揃っていることを確認してください。欠品がある場合は、サプライヤに通知してください。
4. 保管および輸送用に、衝撃や湿気から確実に保護できるように製品を梱包してください。納入時の梱包材を使用すると、最適な保護効果が得られます。許容周囲条件を必ず遵守してください。

ご不明な点がございましたら、弊社ウェブサイト (<https://www.endress.com/contact>) からお近くの販売窓口をご確認の上、そちらにお問い合わせください。

#### 3.3.1 製品識別表示

製品のオーダーコードとシリアル番号は、以下の 1つまたは複数の位置に表示されています。

- 製品
- 出荷書類

#### 3.3.2 製造者所在地

Endress+Hauser  
371 Parkland Plaza  
Ann Arbor, MI 48103 USA

### 3.4 設置

ラマン光ファイバーケーブルは、アナライザのベースユニットをサンプリングプローブから離れた場所に配置するために、ラマン分析アプリケーションでよく利用されています。

最もよく利用されているのは、ラボおよびプロセス環境における現場監視の分野です。アナライザベースユニットをサンプリングポイントから離れた場所に配置できることは、既存のプラント環境に Endress+Hauser のラマン分光計を設置する場合に大きな利点をもたらします。この柔軟性により、アナライザのベースユニットを制御室や既存のアナライザ格納庫に設置することができます。

ラマン光ファイバーケーブルは、IEC で規定される危険場所での使用に関する IEC 60079-14 の要件を満たしています。このようなケーブルには、以下のマークが表示されています。

ケーブルタイプ	ゾーンコード
KFOC1 ラマン光ファイバー ケーブル	<i>Endress+Hauser – Raman Fiber Cable Part#20111635 X5-CSA-C/US 180789 FT-4 AWM Class I/II A/B 80C 30V</i>
KFOC1B ラマン光ファイバー ケーブル	<i>Endress+Hauser – Raman Fiber Cable Part#2021982 X1 E177515 c(UL)us Type CMR-OF FT4 75C または E523128-FO AWM 20276 AWM Class I/II A/B 80C 30V</i>

各ケーブルタイプで、これらのマーキングが 24 インチ間隔で表示されています。これらのケーブルは、危険場所向けの設置関連資料にコンポーネントとして明記されており、プローブアセンブリの本質安全に不可欠な要素です。各国の法規制に従って、ディビジョンまたはゾーンに関するケーブル設置要件を遵守してください。

### 3.5 運用

光ファイバーは優れた伝送媒体を提供しますが、損失がないわけではありません。この伝送損失は、1.9 m (6.2 ft) または 5 m (16.4 ft) の標準的なラボケーブル長では問題にはなりませんが、プロセス環境でよく使用される 50~300 m (164~984 ft) という長いケーブル長では問題となります。

光ファイバーでは、信号が伝送されるケーブルの長さ 1 メートルごとにわずかな信号損失が発生します。また、光ファイバーの伝送は波長に依存するため、励起波長が短波長になるにつれて 1 メートルあたりの伝送損失が大きくなります。したがって、532 nm のラマンレーザーを使用した場合の 1 メートルあたりの損失は、785 nm のレーザーを使用した場合よりも大きくなります。

#### 3.5.1 信号損失

製造環境に移設するためのメソッドをラボで開発する場合には、潜在的なファイバー損失の影響を評価することが重要です。785 nm のレーザーを使用する場合、わずか 25% の信号損失で 227 m (744 ft) ものケーブル長を使用できます。図 1 に示された伝送率 (%T) は、ケーブル全体の累積損失を考慮しており、227 m (744 ft) の励起用ファイバーの励起信号損失と 227 m (744 ft) の収集用ファイバーのラマン信号損失が含まれていることに注意してください。25% の信号損失は比較的小さく、製造メソッドにおいてスペクトル収集パラメータを最適化し、測定ごとの所要時間を増やすことで補償できます。

励起光源に 532 nm レーザーを使用した同じ実験では、ケーブル長 227 m (744 ft) での損失は 85% です。一般的に、可視波長レーザー (532 nm で光を生成するレーザーなど) は、785 nm で動作する近赤外 (NIR) ダイオードレーザーよりも空間の単位体積あたりのレーザー出力が小さくなります。このように可視レーザー光ではケーブル損失が増大し、レーザー出力が低くなるため、Endress+Hauser では多くの場合において、固体/液体プロセスアプリケーションに NIR レーザー (および励起波長 785 nm) を推奨しています。

### 3.5.2 結果

吸光係数 ( $e$ ) の値は、1.9 m (6.2 ft) と 50 m (164 ft) のファイバー伝送における差異に基づいて設定されています。ファイバーケーブル接続のはらつきは平均化されており、追加損失は両方のケーブルで同等であると考えられています。

放射吸光係数は、ラマンスペクトルウインドウ全体の平均値に基づいています（伝送率はラマンシフトが低くなるとわずかに減少し、ラマンシフトが高くなるとわずかに増加します）。

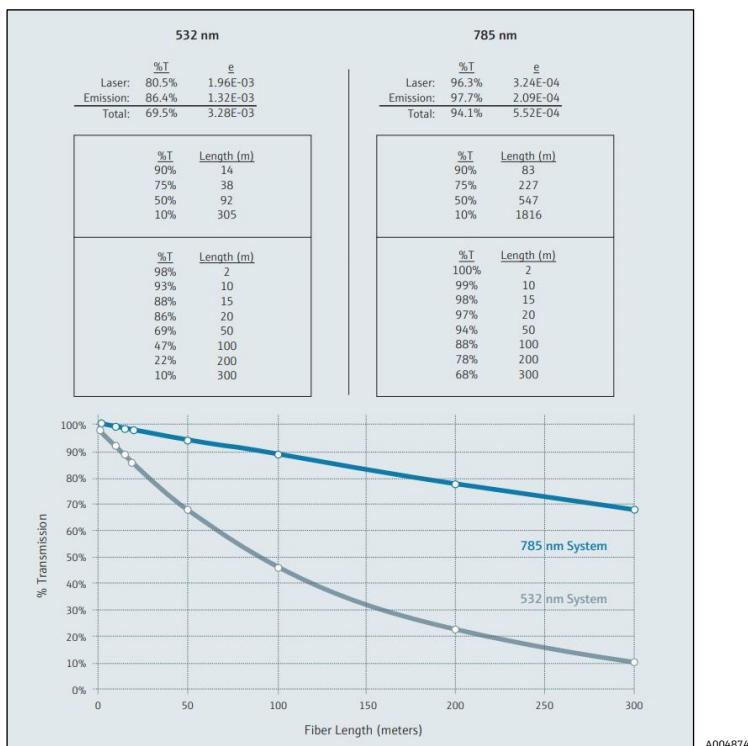


図 1. ファイバー長に対するファイバー伝送率 (%T) の測定値

## 3.6 メンテナンス

### 3.6.1 ラマン光ファイバーケーブルの洗浄

最適な性能を確保するために、以下の手順に従ってラマン光ファイバーケーブルアセンブリを適切に洗浄して設置することをお勧めします。EO 接続は、KFOC1 と KFOC1B の両方のケーブルタイプで同じです。

1. プローブファイバーのケーブル側コネクタのカバーを取り外します。

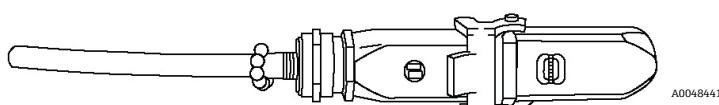


図 2. EO ファイバー接続カバー

2. ファイバー先端の清潔度が不明な場合は、取り付ける前にケーブル側コネクタのファイバー先端を清掃します。
  - まず、100 % イソプロピルアルコール (IPA) などの溶剤に軽く浸したレンズクロスを使用し、次に 1.25 mm のファイバー洗浄ツールで最終清掃を行います。両方のファイバー先端に同じクロスを使用しないでください。

- ファイバー先端をクロスの湿った部分で 1 回拭き、同じクロスの乾いた部分でもう 1 回拭き取ります。これを両方のファイバー先端で繰り返します。

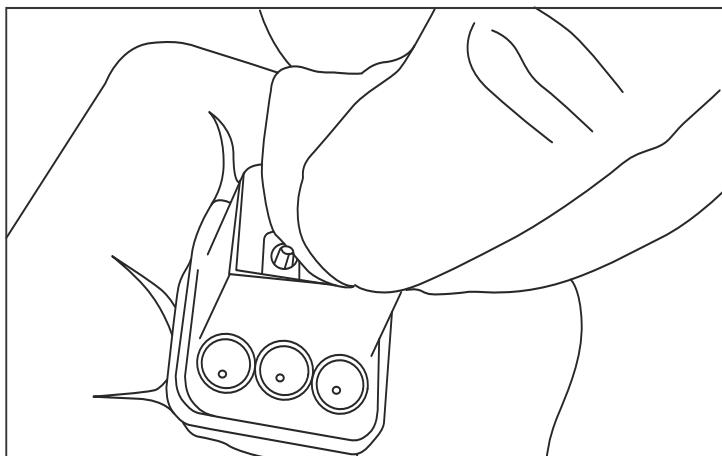
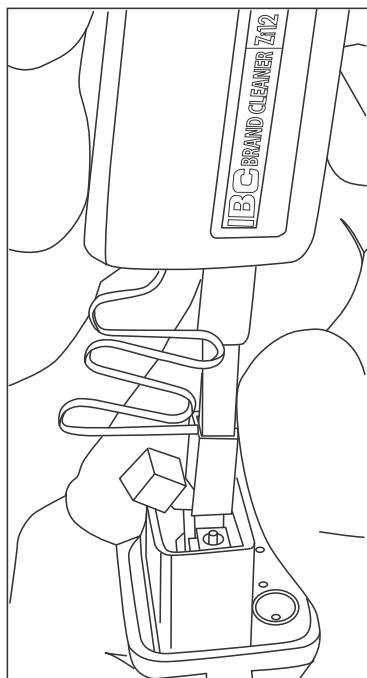


図 3. EO ファイバー接続の清掃

A0048442

3. 次に、バルクヘッドアダプタが取り付けられた IBC（またはこれと同等の）1.25 mm フェルールクリーナーを使用して、纖維が残っているフェルール中心部の最終清掃を行います。カチッときがするまで押し当てて、これをもう 1 回繰り返します。



A0048443

図 4. EO ファイバーコネクタのファイバー先端の最終清掃

4. アナライザに接続します。
5. 追加のプローブがある場合は、これを繰り返します。

## 4 製品説明

ラマン光ファイバーケーブルは、ラマンサンプリングプローブをベースユニットから離れた場所に配置できるようになります。これにより、危険環境下でも、サンプルチャンバへの輸送が困難なサンプルからラマンスペクトルを取得できるようになりました。結果として、ラマン分光法は、工業用プロセスラインなどのいくつかの新しい分野で利用されるようになりました。そこでは、ベースユニットを制御室やその他の保護された環境に配置し、ラマンプローブをプロセスラインに配置して、現場でリアルタイムのプロセス監視/制御が行われています。

最新の多くの分散型リモートラマンシステムでは、励起放射光は単一の励起用ファイバーを介してレーザーからラマンプローブに送られます。サンプルから収集された散乱光は、単一の収集用ファイバーを介して分光器に送られます。

光ファイバーは、フッ素ドープシリカクラッドとアクリレートバッファ保護コーティングで覆われた低 OH シリカコアで構成されています。この 3 層構造のファイバーは通常、シングル「ドロー」製造法で作られます。ケーブルの外装は、アプリケーションに応じて異なる場合があります。産業およびラボアプリケーション用のファイバーでは、多くの場合、ファイバーにタイトポリマーバッファを施したり、ルースポリマーチューブに通したりします。このようなファイバーサブアセンブリは、他の光ファイバーサブアセンブリ、電線、および剛性強化部材を含む堅牢なポリマー外部被覆付きの産業用複合ケーブルにまとめて収めることができます。

### 4.1 ラマン光ファイバーケーブルの種類

各種コネクタを備えたラマン光ファイバーケーブルをご用意しており、さまざまなラマンプローブと Raman Rxn アナライザを接続することができます。よく使用されるファイバーケーブルを以下に列記します。

### 4.2 KFOC1B-AAC? (KFOC1B) および KFOC1-BD? (KFOC1)

KFOC1B-AAC? および KFOC1-BD? の疑問符は、5 m (16.4 ft) 単位でカスタマイズ可能な長さの設定を表します。

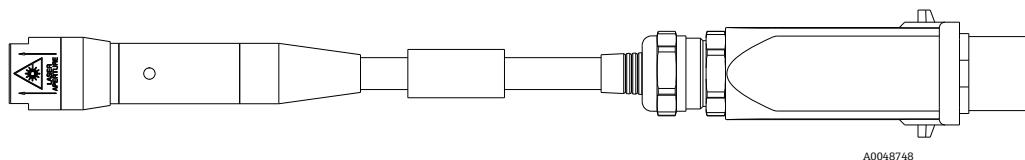


図 5. KFOC1-BD?

アナライザ	プローブ	説明	標準長
Raman Rxn2	Raman Rxn-10	ベースユニット : EO (M)	標準長なし (アプリケーションによる制限あり)
Raman Rxn4、 Raman Rxn5、	Raman Rxn-30、 Raman Rxn-40、	プローブ接続 : ステンレス製コネクタシェル 長さ : メートル単位で指定	

## 注意

- ▶ このラマン光ファイバーケーブルは、一部のレガシー Rxn 製品に適合します。

#### 4.3 KFOC1B-AAB? (KFOC1B) および KFOC1-BC? (KFOC1)

KFOC1B-AAB? および KFOC1-BC? の疑問符は、5 m (16.4 ft) 単位でカスタマイズ可能な長さの設定を表します。

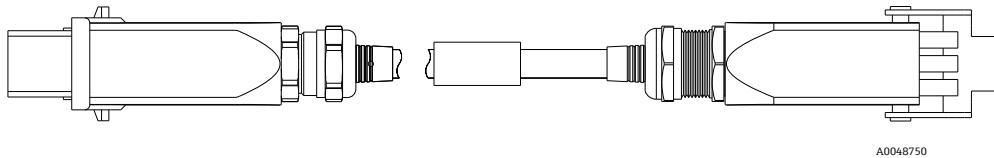


図 6. KFOC1-BC?

アナライザ	プローブ	説明	標準長
Raman Rxn2、 Raman Rxn4、 Raman Rxn5	EO コネクタ対応 プローブ	ベースユニット：EO (M) プローブ接続：EO (F) 長さ：メートル単位で指定	5~200 m (16.4~656.17 ft)、 5 m 単位 (アプリケーションによる制限あり)

#### 4.4 KFOC1B-AAA? (KFOC1B) および KFOC1-BB? (KFOC1)

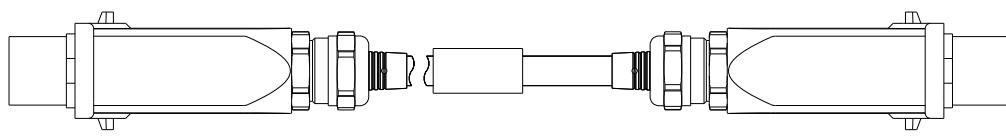


図 7. KFOC1-BB?

アナライザ	プローブ	説明	標準長
Raman Rxn2、 Raman Rxn4、 Raman Rxn5	EO コネクタ対応 プローブ	ベースユニット：EO (M) プローブ接続：EO (M) 長さ：メートル単位で指定	5~200 m (16.4~656.17 ft)、 5 m 単位 (アプリケーションによる制限あり)

## 注意

- ▶ このラマン光ファイバーケーブルは、一部のレガシー Rxn 製品に適合します。

## 5 技術データ

### 5.1 仕様

KFOC1 ラマン光ファイバーケーブル	
資料構成	意味
一般的な特性	インターロック機能用の銅線を内蔵 アラミド (Kevlar) : 内部強化部材 難燃性 耐菌性
ケーブル定格 (ケーブルのみ)	動作温度 : -40~+70 °C (-40~+158 °F) 保管温度 : -55~+70 °C (-67~+158 °F) 認証 : CSA-C/US AWM I/II、A/B、80C、30V、FTI、FT2、VW-1、FT4 定格 : AWM I/II A/B 80C 30V FT4
曲げ半径	152.4 mm (6 in)
終端処理	電気光学 (EO) 式コネクタ

KFOC1B ラマン光ファイバーケーブルは、定格の向上や CMR 認証などの特長を備え、現地の法規制に適合しやすくなっています。この認証により、プロセス環境における実装が簡素化されています。このケーブルは独自試験により第三者認証を取得しており、延焼に対する保護が強化されています。

CMR 定格を持つ KFOC1B ラマン光ファイバーケーブルは、ケーブルトレイ、ライザー、およびあらゆるタイプのコンジットにそのまま設置でき、追加の評価試験は必要ありません。

KFOC1B ラマン光ファイバーケーブル	
項目	説明
一般的な特性	インターロック機能用の銅線を内蔵 繊維強化プラスチック (FRP) : 強化部材 難燃性 耐菌性
ケーブル定格 (ケーブルのみ)	動作温度 : -40~+70 °C (-40~+158 °F) 保管温度 : -55~+70 °C (-67~+158 °F) 認証 : cULus AWM I/II、A/B、80C、30V、FTI、FT2、VW-1、FT4 定格 : CMR-FO、AWM I/II A/B 80C 30V FT4
曲げ半径	152.4 mm (6 in)
終端処理	電気光学 (EO) 式コネクタ

## 6 機能とシステム構成

### 6.1 Endress+Hauser ラマンケーブル

Endress+Hauser のすべてのラマンプローブに使用される標準ケーブルは、励起用ファイバーと収集用ファイバーを含む統合ファイバーケーブルアセンブリで構成されており、破損を防止するために堅牢な塩化ビニール (PVC) 被覆に包まれています。Endress+Hauser のラマン光ファイバープローブも、レーザーインターロックをプローブ終端に組み込み、レーザーの安全性を向上させています。ケーブルが切断された場合、レーザーは数ミリ秒以内にオフになり、レーザー光が環境に拡散するのを防止します。

Endress+Hauser のラマン光ファイバーケーブルは、屋内/屋外での使用、難燃性/UV 耐性、および引っ張り強度に関する定格に準拠しており、プロセス環境の安全性を最大限に高めることができます。ケーブルは、直接埋設、地下ダクト、架空敷設、共同溝、建物のライザー、ケーブルトレイ、過酷な産業環境など、さまざまな環境での使用に適合します。現地の法規制に従い、ユーザー固有の環境におけるケーブル設置要件を遵守してください。

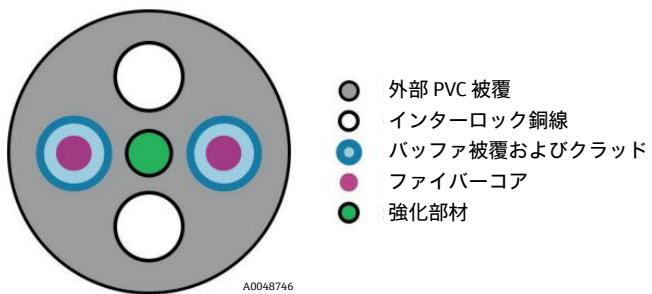


図 8. ラマン光ファイバーケーブルの断面図

Endress+Hauser では、強化部材として繊維強化プラスチック (FRP) とアラミド糸を使用しています。アラミド糸 (Kevlar) は、堅く結合した有機分子から作られた強化プラスチックであり、繊維強化ポリマーは、細いガラスストランドとプラスチック樹脂を組み合わせたガラス繊維で構成されています。

通常、ファイバーケーブルはケーブルトレイに設置されます。ただし、個々の現場のエンジニアリング仕様の要求事項に応じて、コンジットを使用してケーブルの保護をさらに強化できます。また、爆発性雰囲気で可燃性ガスが排出される可能性を最小限に抑えるために、ポジティブページされたコンジットにケーブルを通す場合もあります。

ファイバーアセンブリが長い場合は、設置に役立つオプションとして取り外し可能なケーブルグリップを利用できます。これにより、完全な試験済みアセンブリを *in situ* で設置でき、現場で終端処理を行う必要がなくなります。

ケーブルの屋外敷設、架空敷設、またはケーブル被覆が腐食性蒸気と接触する可能性のある場所に敷設する場合は、適切に密閉されたコンジットを使用することをお勧めします。コンジット内にケーブルを設置する場合は、必ず引き輪付きケーブルを指定してください。

コンポーネント	KFOC1 ラマン光ファイバーケーブル	KFOC1B ラマン光ファイバーケーブル
外部 PVC 被覆	硬質 PVC	軟質 PVC
インターロック銅線	✓	✓
バッファ被覆およびクラッド	✓	✓
ファイバーコア	✓	✓
強化部材	アラミド糸	繊維強化ポリマー

[www.addresses.endress.com](http://www.addresses.endress.com)

---