FEMTO FIBER TEC

用于智能传感的
飞秒激光逐点直写光纤Bragg光栅

member of engionic group

优势

- 至1,000°C的
  极端稳定性
- 抗潮湿、抗辐射
  和抗电磁干扰
- 远高于常规剥离-再涂敷法光纤光栅的
  抗拉伸强度
- **FEMTO*Plus*® 光栅** -
  消除负偏振效应，可得最佳的测量结果，
  散射损耗即使在超长阵列里也降至极低
- 高度灵活的写入技术
  允许客户按需定制FBG
- 公里级长距传感阵列内相邻两FBG
  间距可短至毫米
- 全球领先的自动化制造技术，
  确保性价比高

全新维度上的传感。

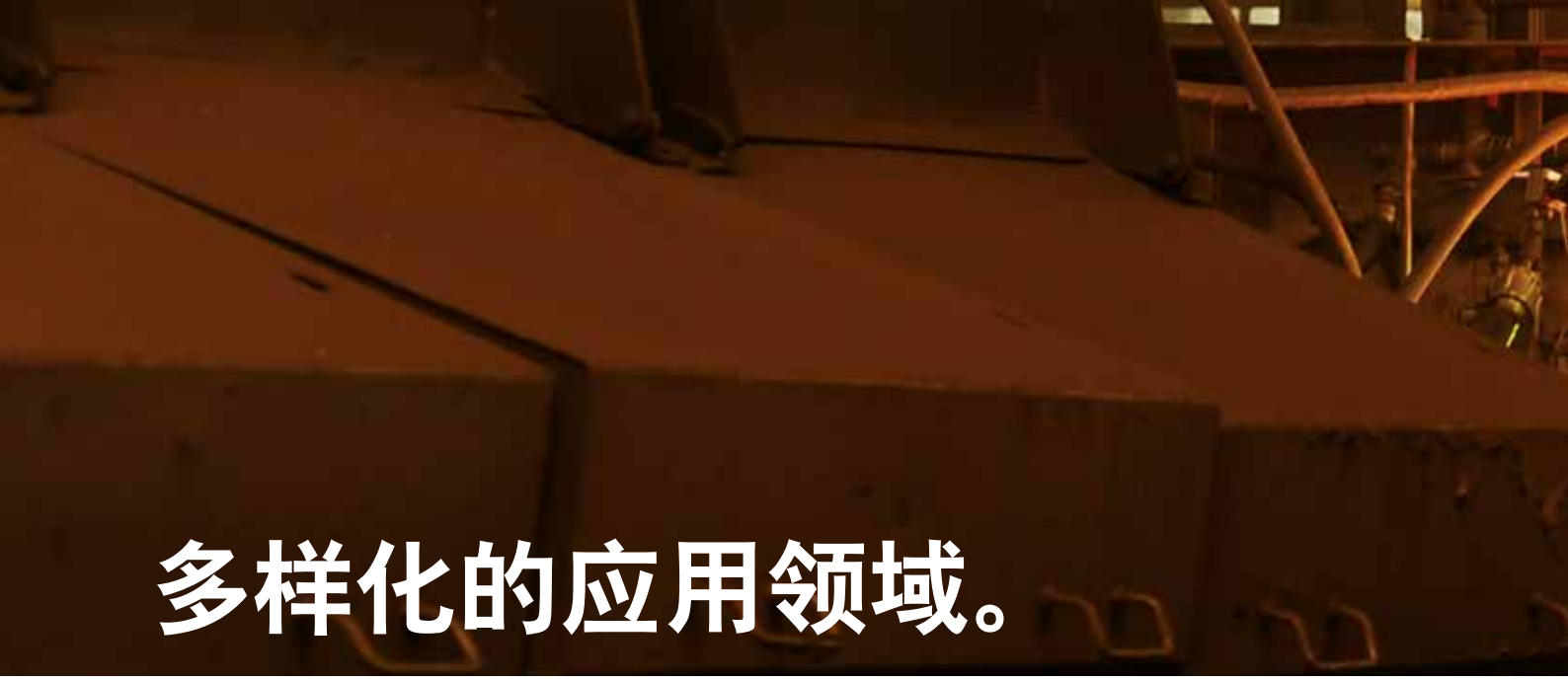
作为全球首家提供飞秒激光直写光纤Bragg 光栅 (FBG) 的供应商, FemtoFiberTec公司制造的FBG为工业传感和医疗传感开创前所未有的广阔机遇。

与传统FBG解决方案完全不同, FemtoFiberTec公司用特殊飞秒激光直接透过光纤各类透明涂敷层的在纤芯上以逐点方式制造FBG。可写入的光纤从高端特种光纤到普通通讯光纤。FEMTO系列飞秒激光直写光纤光栅本身具有卓越的稳定性, 耐温达1000 摄氏度, 还耐辐射并抗潮湿。

新推出的**FEMTO*Plus*®**光栅产品系列将偏振降至极低(0-5皮米), 适用于极高分辨率的测量, 此外该系列产品散射损耗即使在超长阵列里也极低(< 0.2 分贝)。

上百个FGB可集成到一个传感器阵列中,
以便在长达数公里的不同距离内进行多点测量。其制造技术则提供最大的灵活性, 可根据客户要求的独立FBG规格进行定制, 从一个到几千个的生产量几乎无限制。此外, FemtoFiberTec公司的定制交货周期是业内最短的。

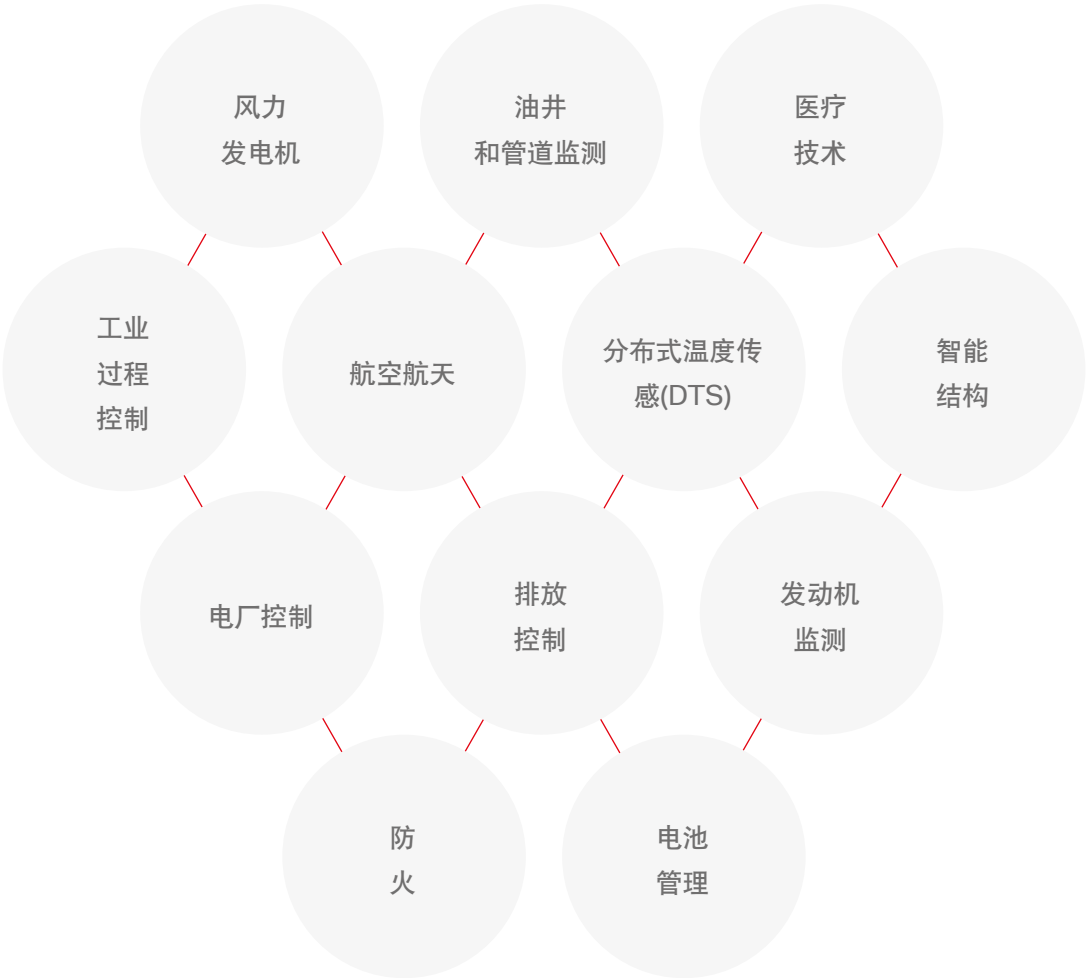
上述独有优点开创了光纤传感前所未有全新机遇。



多样化的应用领域。

由于飞秒激光逐点直写技术极大的灵活性，FemtoFiberTec公司的FBG 已经广泛应用于温度，应变，压力，振动传感。FemtoFiberTec公司生产的FBG传感阵列长达公里，而相邻两FBG的距离可根据用户要求短至毫米。

由于每个光栅点极高的温度稳定性和不可擦除的极大的折射率调制，飞秒激光直写的FBG在恶劣和严酷的环境中依然稳定工作。



应用案例 1 - 高温传感

FBG串行温度传感器在测量速度、布线连接简洁性等方面优于其他技术。

FemtoFiberTec独有的的逐点写入技术制造的FEMTO光栅具有极高的温度稳定性。这种技术还可以在温度稳定最高性的纯石英光纤中刻制光栅。

FEMTO光栅可用于测量至1,000°C的高温。

新推出的**FEMTO*Plus*®**光栅则消除光源或传感/布线系统内的振动和运动引起的负偏振效应对测量精度的影响，这类增强型传感器通常不显示双折射并且偏振不敏感。

典型应用:

- 不锈钢制造
- 工业过程控制
- 汽轮机和燃气轮机监测
- 航空航天
- 汽车发动机和排放控制

与关联公司Loptek GmbH & Co.KG合作，可另提供耐温约700°C已封装已标定的高温温度传感器。

典型封装包括长若干米外径约1毫米高温不锈钢毛细管和FC/APC接头。每一传感器都带有校准数据单，用标准化的解调仪可即插即用。

应用案例 2 - 风能

FBG传感器通常用在风力发电机监测系统中，精确测量多个决定安全及效率参数。

由于不受电磁干扰，FBG特别适合监测风机的高功率发电机，此外FBG还能承受雷击。高速和精确测量保证了风力发电厂的优化和有效运行。

安装在叶片上的FBG应变传感器可精确测量叶片的实时载荷，预防过载出现，各叶片的扭矩和转子扭矩传递重要的信息确保风机在负载优化的情况下运行。

此外，部署在叶片上的FBG的振动传感器可以瞬时测出叶片上的结冰事件。一旦出现发现结冰，风机的发电机会被安全关闭。

这意味着，基于FBG的风电监控系统能够大大提高和优化发电效率。

应用案例 3 –结构健康监测

FBG技术已广泛应用于监测桥梁、堤坝、隧道、历史建筑等基础设施在施工、验收和全寿命期间的结构健康各类参数。

随着基础设施的使用强度和服役年龄的增加，结构健康和安全监测越来越重要。典型的监测参数包括应变、位移、水位和温度。

大型建筑结构长期监测需要数百个传感点，此应用场景下FBG技术尤其具有更高费效比。由于一根光纤中可以串行集成大量传感器，部署FBG的效率远远高于其他的并行传感器。

另外，波分复用技术可以大幅度降低大规模传感系统中的解调仪相对较高的成本。

客户个性化产品。

FemtoFiberTec公司以灵活的飞秒激光直写技术制造各类FBG。除了标准产品线之外，FemtoFiberTec公司还能在用户提供的光纤上做按需刻制光栅服务，允许透过各类涂敷层在任何光学透明材料内加工FBG和光波导。

FBG类型

FBG 规格

- Bragg波长为1460纳米-1640纳米 (应要求提供其他波长)
- 波长容差 <0.2 纳米
- FWHM:0.1纳米至几纳米
- 反射率: 10^{-4} 至 99%
- 边带抑制 (切趾) : 达20分贝
- FBG长度: 0.06毫米 至 12毫米
- 低偏振相关性 (可选) : 0-5皮米
- 极低散射损耗 (可选) : <0.2dB

阵列 规格

波分复用传感阵列

- 基于光谱仪、扫频激光器、可调滤波器或AWG的解调仪
- 阵列集成最多约50 个FBG (具体数量取决于解调仪带宽和实际测量范围)
- 每个FBG具有单独的波长和反射率, 通常在30%至70%之间
- 可将FBG间距缩小至 1 毫米

准分布式传感阵列

- 用于OTDR和OFDR解调系统
- 每条传感光缆上传感器 (弱反射光栅) 的数量可多达几千
- 每个弱反射光栅具有相似的波长和反射率, 通常在-45分贝和-35分贝之间
- 弱反射光栅间距可小至毫米

光纤 类型

- 标准单模光纤 (掺锗光纤)
- 弯曲不敏感光纤 (例如沟槽光纤)
- 纯石英光纤
- 抗辐射光纤 (例如掺氟光纤)
- 特种材料和特种光纤, 例如蓝宝石光纤, 光纤激光的有源光纤, 单模塑料光纤

光纤 涂敷层

- 丙烯酸酯涂敷层 (标准丙烯酸酯耐温85°C, 高温丙烯酸酯耐温180°C)
- Ormocer®涂敷层耐温至200°C
- 聚酰亚胺(PI)涂敷层长期耐温300°C, 短期耐温高达400°C
- 阻水阻氢的气密碳涂敷层
- 在上述涂敷层上再额外涂敷耐候层或者医用缓冲层 (例如PEEK)

标准化 产品。

除了接受用户按需定制的产品之外，FemtoFiberTec公司提供以下标准化的飞秒激光直写FBG产品。
得益于全球独有的领先全自动制造技术，FemtoFiberTec公司的高性价比产品为客户带来更高的价值。

FEMTO光栅

- 标准化飞秒激光直写FBG

丙烯酸酯涂敷单模光纤	货号	规格	波长	反射率(%)	FWHM(纳米)	SLRS(分贝)	长度
低反射率产品	FFT.FBG.S.00.01	Single FBG - 20% - AC	1500-1600	> 20	<0.5	> 15	<6毫米
中等反射率产品	FFT.FBG.S.00.02	Single FBG - 50% - AC	1500-1600	> 50	<0.5	> 15	<6毫米
高反射率产品	FFT.FBG.S.00.03	Single FBG - 70% - AC	1500-1600	> 70	<0.6	> 15	<6毫米
聚酰亚胺涂敷单模光纤	**货号**	**规格**	**波长**	**反射率(%)**	**FWHM(纳米)**	**SLRS(分贝)**	**长度**
低反射率产品	FFT.FBG.S.01.01	Single FBG - 20% - PI	1500-1600	> 20	<0.5	> 15	<6毫米
中等反射率产品	FFT.FBG.S.01.02	Single FBG - 50% - PI	1500-1600	> 50	<0.5	> 15	<6毫米
高反射率产品	FFT.FBG.S.01.03	Single FBG - 70% - PI	1500-1600	> 70	<0.6	> 15	<6毫米
聚酰亚胺涂敷纯石英单模光纤	**货号**	**规格**	**波长**	**反射率(%)**	**FWHM(纳米)**	**SLRS(分贝)**	**长度**
低反射率产品	FFT.FBG.S.02.01	Single FBG - 20% - PC-PI	1500-1600	> 20	<0.5	> 15	<6毫米
中等反射率产品	FFT.FBG.S.02.02	Single FBG - 50% - PC-PI	1500-1600	> 50	<0.5	> 15	<6毫米
高反射率产品	FFT.FBG.S.02.03	Single FBG - 70% - PC-PI	1500-1600	> 70	<0.6	> 15	<6毫米

FEMTO*Plus*®光栅

- 低低偏振相关性：0-5皮米
- 极低的散射损耗 <0.2分贝

丙烯酸酯涂敷单模光纤	货号	规格	波长	反射率(%)	FWHM(纳米)	SLRS(分贝)	长度
低反射率产品	FFT. FBG.P.00.01	Single FBG --20% --AC	1500--1600	> 20	< 0.3	> 15	6毫米
中等反射率产品	FFT. FBG.P.00.02	Single FBG - 50% - AC	1500-1600	> 50	<0.2	> 15	12毫米
聚酰亚胺涂敷单模光纤	**货号**	**规格**	**波长**	**反射率(%)**	**FWHM(纳米)**	**SLRS(分贝)**	**长度**
低反射率产品	FFT. FBG.P.01.01	Single FBG - 20% - PI	1500-1600	> 20	<0.3	> 15	6毫米
中等反射率产品	FFT. FBG.P.01.02	Single FBG - 50% - PI	1500-1600	> 50	<0.2	> 15	12毫米
聚酰亚胺涂敷纯石英单模光纤	**货号**	**规格**	**波长**	**反射率(%)**	**FWHM(纳米)**	**SLRS(分贝)**	**长度**
低反射率产品	FFT. FBG.P.02.01	Single FBG - 20% - PC-PI	1500-1600	> 20	< 0.3	> 15	6毫米
中等反射率产品	FFT. FBG.P.02.02	Single FBG - 50% - PC-PI	1500-1600	> 50	< 0.2	> 15	12毫米

FEMTO光栅阵列和FEMTO*Plus*®光栅阵列将根据客户的规格生产。

技术卓越。

FBG是光学滤波器件，反射纤芯内传输的特定的波长的光。FBG传感原理就是此反射光波长与光栅处的温度和应变状况的实时和敏感的相关性。

FemtoFiberTec公司运用特种红外飞秒激光刻制FBG，激光精确聚焦于光纤纤芯并产生局部折射率调制，这种逐点写入光栅方法是高度非线性过程，与光纤材料性质基本无关，因此FemtoFiberTec公司的刻栅技术无需对光纤预掺杂，无需各类处理，即可在几乎任何光纤上刻制FBG，甚至在传统方法无法写入的耐辐射光纤里，在用于恶劣环境中纯石英(pure core)光纤里刻制FBG。FemtoFiberTec公司的光栅刻制技术制造的是二类光栅，FBG本身耐温至1000摄氏度。此外FemtoFiberTec公司的刻栅过程中飞秒激光直接无损穿过透明涂敷层，完全省略传统刻栅方法中严重损害光纤强度的剥离-再涂敷步骤。FemtoFiberTec公司还能在光纤包层上写入FBG或者制造光波导，得到用于3D传感的光纤径向阵列。

FemtoFibeTec公司的独有制造技术高度领先，尤其是在规模制造上的性价比优势极大。

优势

与传统的FBG相比

- 耐温至1000°C的二类光栅
- 阵列成本低于剥离-再涂敷光栅
- 抗潮湿和抗辐射
- 机械抗拉强度远远高于传统剥离-再涂敷光栅
- **FEMTO*Plus*®**光栅的偏振 (0-5皮米)，测量精度和散射损失 (<0.2 分贝) 均优于拉纤塔技术 (Draw Tower Technology) 光栅
- 光栅反射率和光纤成本均优于拉纤塔技术光栅
- 在客户提供的光纤上直写光栅
- 实现客户要求的特殊规格
- 大批量制造极具成本优势

优势

与其他并行传感技术相比

- 抗电磁场干扰

  FBG完全抗电磁场，抗静电和抗射频干扰，可部署在强电磁噪声的发电厂和变电站。此外FBG本身固有的非电安全性保证其可直接用于易燃易爆环境。

- 适于恶劣环境

  FBG本身属于光学器件，可运行于极端高低温下，可在电子传感器无法胜任的其他极端环境里长期稳定性工作。

- 串行测量，可复用

  单一光纤上可制造数千FBG，解调器可访问特定FBG。这种串行机制在效率，可维护性和性价比上远优于其他并行传感技术。

- 轻小

  FBG轻小，是唯一可无损植入高端结构件和复合材料的传感器，实现材料内应力，温度和早期损伤探测，而对被植入的结构的本身性能几乎无影响。

FEMTOFIBERTEC.
您的合作伙伴。

FemtoFiberTec GmbH成立于2013年，是全球首家商业提供飞秒激光逐点直写FBG的厂商。无论您需要客户定制的传感方案还是高度专业化的应用，FemtoFiberTec 公司保证以最优的性价比为用户产品增加附加值。

我们的独有的卷对卷生产系统全自动运行，既适于大批量生产，也能柔性灵活定制用户的单个传感器。以上生产方式使FemtoFiberTec公司生产用户指定FBG的交付期业内最短。

与专门生产光波导和传感器组件，子系统的关联公司Loptek GmbH & Co. KG一起，FemtoFiberTec公司还可提供已保护封装光纤传感器，已校准光纤传感器，直到包含解调仪的整个传感系统解决方案。

FemtoFiberTec公司属于engionic集团。

关于ENGIONIC集团

engionic集团公司致力于为加工行业设计、生产和提供定制OEM产品。集团重点关注光纤组件，光纤传感器以及关注用高精密数控机床系统生产高质量机械部件。engionic集团的成员有Loptek GmbH & Co.KG、FemtoFiberTec GmbH和KIESSIG CNC-Zerspanung GmbH。

engionic AG一直在相关行业内寻找进一步的投资机会，并着力于其现有投资的可持续性和良性增长。

engionic AG是一个家族企业。

engionic group

FemtoFiberTec GmbH

总公司
Ernst-Lau-Straße 8
12489 Berlin
Germany

生产基地
Am Stollen 19
38640 Goslar
Germany

电话: +49 (0) 30 62 88 73 0
传真: +49 (0) 30 62 88 73 19
sales@femtofibertec.de
www.femtofibertec.de

FEMTO FIBER TEC

www.femtofibertec.de

member of engionic group