

特殊光ファイバによる産業革新の促進

アンディ・ギローリー

特殊光ファイバは、急速にニッチな用途のさらに先を前進している。

歴史的に、特殊光ファイバ(SOF)は、通信、航空宇宙、産業用レーザを中心に我々の生活に多大な影響を与えてきた。インターネットを利用するたびに、その信号はエルビウム添加光ファイバ増幅器(EDFA)内のエルビウム添加光ファイバを経由する。

最新の旅客機に乗る際は常に、光ファイバジャイロスコープ(FOG)を使用した安定化システムのおかげで、旅がスムーズになる。携帯電話を手に取り、金属表面の微細なディテールを見るたびに、その表面加工に使用されているファイバレーザの中心にある、イッテルビウム添加光ファイバのことを思い出すだろう。

何が変わったのか？光ファイバの用途を中心とした商業および学術エコシステムが成熟した。そのため現在、企業は光ファイバの応用で経験を積んだエンジニアを複数世代抱えている。その結果、代替技術では効率が低かった用途に対しても、ますます迅速かつ堅牢なソリューションが実現している。

以下のSOF新興応用の3分野は、近い将来、我々の生活全般にプラスの影響を与える可能性が高いと見られている。衛星通信用の自由空間光学(FSO)、配電ネットワーク用の光ファイバ電流センサ(FOCS)、さらに優れた自動車安全システムの設計を支援する形状検知衝突試験用のダミー人形の3点だ。

宇宙の闇にもたらされる光の恩恵

晴れた日の夕方に空を見上げると、



図1 ヴァン・アレン帯と重なり合う地球低軌道、中軌道、静止軌道

静かに空を漂う人工衛星が見えるだろう。かつては、軌道上に稼働している衛星はわずか400基しかなく、このような現象は稀なことだった。しかし現在では、7000基以上の衛星が稼働している。この衛星数の急激な増加は、新しい宇宙革命によって始まった。この革命は、地球上のどこにでもブロードバンドインターネットと電気通信サービスを提供するために設計されたメガコンステレーションを打ち上げるものだ。

これらの衛星は当初、地上から衛星、および衛星と衛星間の通信のための無線周波数伝送に重点を置いていたが、現在では光領域への移行が進んでおり、レイテンシの短縮、帯域幅の拡大、

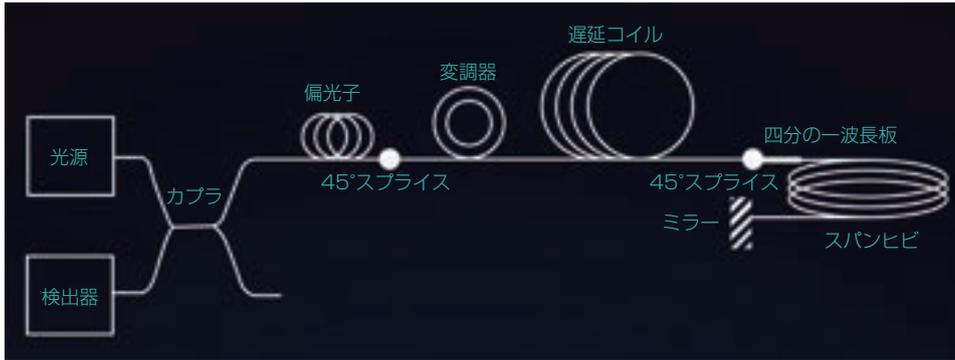
セキュリティの向上、電力変換効率の向上といった恩恵をもたらしている。

この移行を実現するために、光ファイバ増幅器が電気通信ネットワークのEDFAと同様の方法で使用され、あるノードから別のノードへ減衰した信号をブーストする。主な違いは、宇宙増幅器ははるかに強力な信号電力レベルを必要とする点である。これは(宇宙空間には何も障害物が存在しないため)、宇宙増幅器が伝送減衰に対処する必要がなく、何百キロメートルもの長距離の伝送によって生じる、ビーム発散に対処する必要があるからだ。その結果、ビーム径が数十メートルから数百メートルほどに大きくなり、受信衛星の開口径におけるビームのカップリング効率が大幅に低下する。高出力ファイバ増幅器が使用されており、エルビウム・イッテルビウム共添加コアを備えたクラッド励起光ファイバが二重のクラッド設計、もしくは信頼性を高めるために理想的には三重のクラッド設計になっている。

電力レベルだけでなく、真空の宇宙空間で存続するために不可欠な要件がある。例えばガラスの場合、これは些細なことだが、コーティング材料については、ガスの放出やコーティングの光学的・機械的特性への物性的変化が起こらないよう、適切な材料を慎重に選定する必要がある。

宇宙放射線による影響も配慮すべき課題だが、その課題の規模は衛星が稼働する宇宙領域やファイバの用途によって異なる。光ファイバには放射線に

図2 光ファイバ電流センサの光学模式図



対処する秘策がある。放射線による損傷は、光ファイバを光アニーリングと呼ばれる加工方法で処置するだけで、部分的または完全に修復できる。

既存の衛星や将来計画されている衛星の大半を占める地球低軌道衛星については、ヴァン・アレン帯の内側と外側が宇宙放射線から大きく保護されている(図1)。さらに、衛星の機械的構造や光アニーリングによって放射線が実質的に遮断される状態も相まって、光ファイバへの放射線の影響は無視できるほど微小になる。中軌道や静止軌道のような高高度軌道では、放射線レベルが極端に高くなるため、耐放射線性が高く最適化された光ファイバを設計する必要がある。その代償として、設計段階から光電力変換効率を低く調整している。

光量子による電子の測定

地球上では、エネルギー消費の削減とグリーンエネルギー源への世界的移行が喫緊の課題となっている。そのため、電力使用量をリアルタイムで正確に測定し、効率的に配電するためのエネルギー配電ネットワーク構築に特に注力している。

風力発電や太陽光発電のような大規模で予測不可能かつ再生可能なエネルギー源が稼働し始め、小規模な家庭用太陽光発電システムもますます普及す

るにつれ、ネットワークに対する課題は急速に拡大している。また、都市化とメガシティの成長に伴い、既存のインフラの改修とともに、電力処理の規模を拡大する必要性が急迫している。

光ファイバは電磁干渉を受けないとよく言われるが、これは必ずしも正確ではない。電線に流れる電流によって発生する磁場は、光の偏光状態を回転させることができ、これはヴェルデ効果と呼ばれる。光ファイバを電線に巻き付けることにより、ヴェルデ効果を活用して電流を測定できる。このアイデアは驚くほどシンプルだが、思わぬ落とし穴が細部に潜んでいるのが常だ。振動や熱変動はファイバに沿った偏光状態に影響を与える可能性があるため、偏光はこのような影響を受けないようにする必要がある。しかし一方で、磁場誘起の回転に対する感度も保持しなければならない。

そのためには独特な特性の、高回転複屈折性(SHB)ファイバが必要である。このファイバは、マイクロ(微視的)な観点では偏光状態を保持しながら、マクロ(ファイバ全体)の観点では実質的な複屈折を持たない特性を有する。ファイバを製造する際、ガラスプリフォームに回転を加え、偏光軸を一定量で回転させることにより、ファイバに沿って数ミリメートルごとに一回転するようにする。これにより、ファイバ

に機械的ストレスがかかっても円偏光が保持され、なおかつヴェルデ効果に対する感度が維持される構造が作り出される。

センサアームに安定した円偏光を入力する要件として、前段階で偏光制御ファイバのチェーン(各要素の順次接続)が必要となる。このチェーンは、四分の一波長板、偏光保持遅延コイル、変調器ファイバ、全ファイバ偏光ZINGファイバで構成される(図2)。この連鎖の各要素を慎重に制御し最適化することにより、卓越した感度と精度を実現できる。

FOCSは中国の全国配電ネットワーク全体で使用されており、現在ではさらに広範に世界市場へ進出し始めている。光ファイバによる電流センシングの手法には、電気センサよりも優れた特長を有している。センサ内に導電性材料がないため、大規模な電氣的絶縁の必要性がなくなり、長期的な安全性が向上し、センサヘッドが小型化されることだ。センサヘッドは、監視装置から遠隔操作が可能である。そして最も重要なことは、このようなシステムには、(競合技術とは異なり)高電圧や高電流の用途においても大幅に費用が高騰することがない点だ。

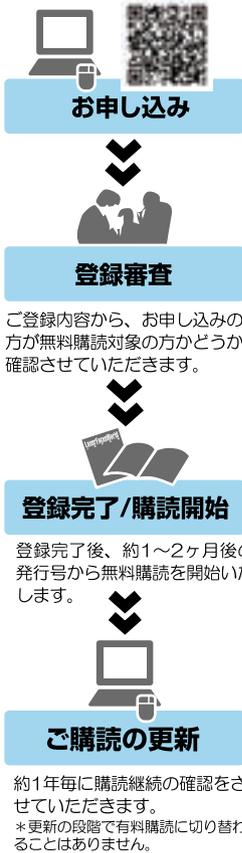
このような特徴により、FOCSは既存のインフラの改修にも、最初からの設計にも適している。世界的に低炭素

無料購読 お申込み方法

Laser Focus World Japanは、レーザ/フォトンクス/オプトエレクトロニクス応用技術/製品の開発、研究、マーケティングなどに携わっている方に無料でお届けする雑誌です。ご希望の方はオンラインよりご登録ください。ご登録内容を確認させていただいたうえで読者として正式登録させていただきます。

●オンライン登録
<http://ex-press.jp/lfw>
登録内容の変更もこちらから可能です。

ご登録の流れ



個人情報に関する当社の方針はこちらをご確認ください。
» <http://ex-press.jp/lfw/privacy/>

お問い合わせ: 株式会社イーエクスプレス
Tel: 03-6721-9890
email: lfwj@lfw-japan.jp

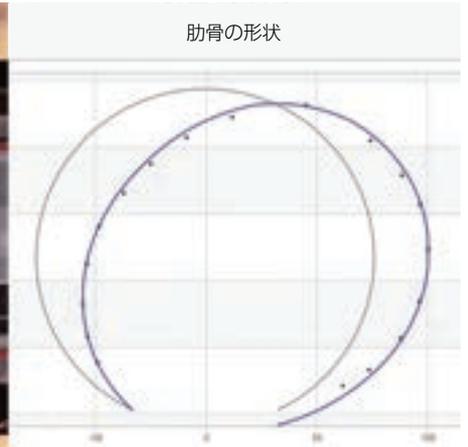


図3 側面衝突を受けたATD(左)と、FBGによる肋骨の形状の再構成(右)

の未来へと移行するにつれ、エネルギーの生成方法だけでなく、消費される方法も変化していくだろう。電気自動車の普及により、電力網の負荷曲線が変化し、既存システムに進化が要求され、FOCSのさらなる活用機会が生み出されるだろう。

スマートダミー

宇宙とエネルギーの革命に伴い、自動運転車が現実のものとなり、自動車市場に多大な混乱が生じている。

自動運転車の開発者はレベル5の自動化の実現を目指しており、動的な運転操作には人間は不要になり、ハンドルやペダルも不要になる。これらの装備を取り除くと、車両運転席の設計者には自由な発想が許され、運転機能よりも快適さと美しさが優先されるようになりうるが、乗員の安全性は常に確保されなければならない。

衝突試験用のダミー人形(専門的には擬人化試験装置[ATD]と呼ばれる)は、歴史的には制御された衝突を監視するために電気センサを搭載し、車両設計を支援してきたが、ATDの機能に影響を及ぼす累積サイズと重量の制約から、センサの数には限界がある。

現在、光ファイバがATDに導入さ

れ、センサの密度が大幅に向上している。光ファイバセンサから取得できるデータのレベルが高度になり、ATDの形状を再構成するなど、さらに創造的な方法でデータを活用する新たな機会が生み出されている。図3は、ATDの肋骨に使用されたファイバブラッググレーティング(FBG)ベースのひずみセンサを使用して、衝突時の形状を再構成した解析を示している。

完全に自動化された車両では、乗員はほぼあらゆる向きで車内にいることができるため、このような忠実性の高いセンシングシステムは、ますます高まる安全基準に追随するために不可欠になる。

終わりに

SOFは、水面下で我々の生活に徐々にますます大きな影響を与えつつある。将来的には、SOFの恩恵を受けて、自動運転電気自動車でインターネット完備の遠隔地まで移動する機会が訪れるだろう。

著者紹介

アンディ・ギローリーは英ファイバーコア社(Fibercore)の事業開発マネージャー。
e-mail:andy.gillooly@fibercore.com
www.fibercore.com