

一般セッション(ポスター講演) | 3 光・フォトンクス：3.13 光制御デバイス・光ファイバー (旧3.14)

2023年9月21日(木) 16:00 ~ 18:00 | 会 P21 (熊本城ホール)

[21p-P21-1~4] 3.13 光制御デバイス・光ファイバー (旧3.14)

[21p-P21-1] 位相シフトデジタルホログラフィを用いた非周期ピッチ光フェーズドアレイ位相補償手法の動作実証

○三浦 雅人¹、宮本 裕司¹、難波 正和¹、上田 里永子²、梶 貴博²、山田 俊樹²、大友 明²、平野 芳邦¹ (1.NHK技研、2.情通機構)

[21p-P21-2] カルコゲナイド異径コアイメージファイバの構造最適化

○(D)中谷 明日佳¹、ドゥクレルモン ジョナタン¹、鈴木 健伸¹、大石 泰丈¹ (1.豊田工大工)

[21p-P21-3] 時間・波長分割多重二波長差動検波FBGセンシングII

○稲葉 初¹、岡 寿樹¹、黒田 圭司¹ (1.北里大理)

[21p-P21-4] 光パワーメータを用いた機械式誘導法による長周期光ファイバグレーティングの評価

○渡邊 良祐¹、横井 秀樹¹ (1.芝浦工大理工)

位相シフトデジタルホログラフィを用いた 非周期ピッチ光フェーズドアレイ位相補償手法の動作実証

Experimental verification of phase compensation method for aperiodic optical phased array
based on phase-shifting digital holography

NHK 技研¹, 情通機構² ○三浦 雅人¹, 宮本 裕司¹, 難波 正和¹,

上田 里永子², 梶 貴博², 山田 俊樹², 大友 明², 平野 芳邦¹

NHK STRL¹, NICT², °Masato Miura¹, Yuji Miyamoto¹, Masakazu Nanba¹,

Rieko Ueda², Takahiro Kaji², Toshiki Yamada², Akira Otomo², and Yoshikuni Hirano¹

E-mail: miura.m-hc@nhk.or.jp

導波路型光フェーズドアレイ (Optical Phased Array: OPA) は光の回折と干渉の原理に基づき、光ビームの出射方向と形状を制御することができる、可動部のない小型・軽量の光制御デバイスである。導波路型 OPA は、入射光を導波路アレイに分歧させ、導波路アレイを構成する各チャンネルに備わっている位相シフタを用いて導波光の位相を制御することにより、光出力部の位相分布に応じた光ビームが出射される。光出力部の位相分布は、導波路加工時の不均一性などにより誤差を伴うため、位相シフタに補正值を与えることにより、全チャンネルで等位相とする制御 (位相補償) を行う必要がある。我々が提案する位相シフトデジタルホログラフィ (Phase-Shifting Digital Holography: PSDH) を用いた位相補償手法¹⁾では、1つのチャンネルからの出射光を参照光として PSDH を適用することで光出力部の位相誤差を測定し、位相補償を行う。本手法は4枚の遠視野像 (Far-Field Pattern: FFP) の撮影により適用可能であり、位相誤差測定に基づくため局所最適解に陥らないという特長がある。これまでに本手法を非周期ピッチ OPA に適用し、シミュレーションにより正しく動作することを実証した²⁾。

本研究では非周期ピッチ OPA を試作し、実機により本手法の動作実証を行った。設計波長を $1.55\ \mu\text{m}$ 、チャンネル数を16、光出力部を開口径 $180\ \mu\text{m}$ の1次元非周期配列として、導波路コアと上部/下部クラッドにそれぞれ有機電気光学ポリマー³⁾と UV 硬化樹脂/SiO₂ を適用した非周期ピッチ OPA を試作した。はじめに参照光用チャンネルの位相を $\pi/2$ ずつシフトし、4枚の FFP を InGaAs カメラで撮影した [Fig. 1 (a)-(d)]。次に、撮影した FFP に対して PSDH と逆フーリエ変換 (Inverse Fourier Transform: IFT) を適用し、光出力部における振幅・位相分布を計算した [Fig. 1 (e), (f)]。得られた位相分布を基に位相補償を行うことにより、半値全幅 0.50° (設計値: 0.42°) の光ビームを形成することができた [Fig. 1 (g)]。以上より、本手法を非周期ピッチ OPA に適用可能であり、位相誤差を精度よく補償できることを、実機により実証した。

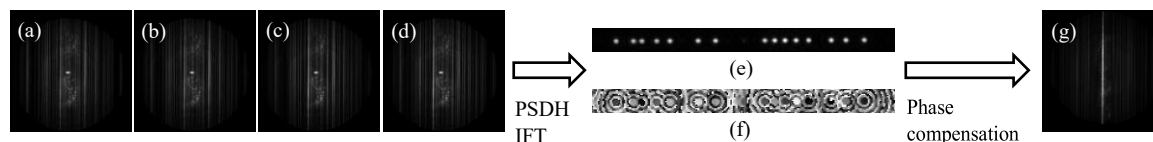


Fig. 1 Captured FFPs with phase shifts of (a) 0, (b) $\pi/2$, (c) π and (d) $3\pi/2$ for reference wave. (e) Amplitude and (f) phase distribution at output end. (g) FFP with phase compensation.

1) M. Miura *et al.*, Proc. SPIE **11284**, 1128424 (2020).

2) 三浦他, 第 70 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 17p-PA04-8 (2023).

3) 大友他, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会予稿集, 19p-212A-1 (2018).

カルコゲナイド異径コアイメージファイバの構造最適化

Optimization of the structure of chalcogenide heterogeneous-core image fibers

豊田工大工, °(D)中谷 明日佳, Jonathan de Clermont-Gallerande, 鈴木 健伸, 大石 泰文

Toyota Tech. Inst., °Asuka Nakatani, Jonathan de Clermont-Gallerande, Takenobu Suzuki, and

Yasutake Ohishi

E-mail: asuka.n.tti@gmail.com

1. 背景

可視光イメージングファイバは内視鏡観察のために広く使用されており, 中赤外領域においてもイメージファイバの開発が行われている [1, 2]. 本研究では, 中赤外領域において透過性の高いカルコゲナイドガラスを用いた異径コアイメージファイバを提案し, 数値解析によるファイバ構造の決定を行った.

2. 解析するファイバ構造と解析手法

Fig. 1 に 3 種類の径のコアを配置した異径コアイメージファイバの断面構造を示す. 三角配置の場合, 3 種類以上のコアを用いることで, 同径コアを隣接せずに配置できる. コア材料には AsSe_2 , クラッド材料には As_2S_5 を用いた. それぞれの屈折率は波長 $9.3\ \mu\text{m}$ において, 2.6984 および 2.2298 である. Fig. 2 のモデルにおける全導波モードを有限要素法により求め, それらの重ね合わせによりファイバ中の光伝搬およびクロストークの解析を行った.

3. 解析結果

中心のコア (Fig. 2, 番号 1) を入射コアとしたときの, クロストークの解析結果の例を Fig. 3 に示す. XT_{same} は コア番号 2-7 の同径コアへのクロストーク, $\text{XT}_{\text{different}}$ はコア番号 8-31 の異径コアへのクロストークを表す. コア径に十分な差がある時, 同径コアへのクロストークに比べ, 異径コアへのクロストークは非常に小さくなる. また, 最適化したファイバ構造では, 同径コアのみを配置した場合と比べ, 単位面積あたりコアを 2.3 倍, 密に配置できることがわかった.

参考文献 [1] S. Qi *et al.*, Opt. Express 25 (2018) 4384. [2] A. Ventura *et al.*, Opt. Express 27 (2019) 20259.

本研究は JSPS 科研費 JP18H01504, 19H02203, 21H01399, 23K03964 の助成を受けたものである.

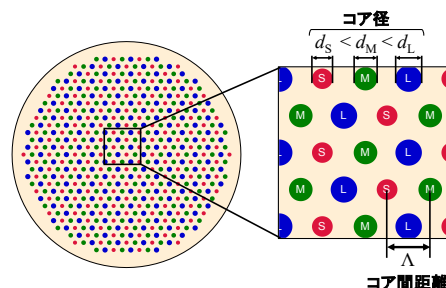


Fig. 1. Cross-sectional structure of chalcogenide heterogeneous-core fibers with three core diameters.

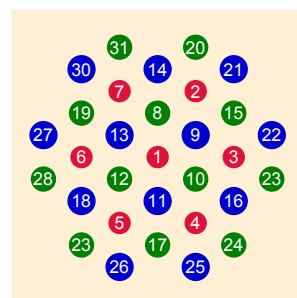


Fig. 2. Cross-sectional model for calculating crosstalk in the proposal image fibers. The number shown in each core is a serial number.

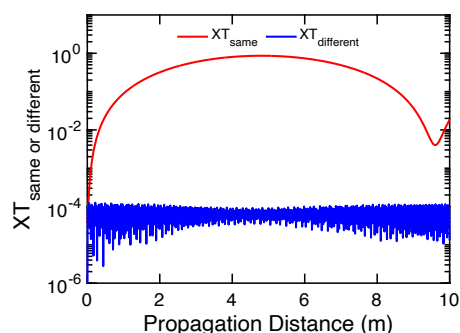


Fig. 3. Crosstalk as a function of propagation distance in the proposal fiber. The parameters of the simulated fiber are $d_s = 4.20\ \mu\text{m}$, $d_M = 4.40\ \mu\text{m}$, $d_L = 4.60\ \mu\text{m}$, and $\Lambda = 14\ \mu\text{m}$. The wavelength is $9.3\ \mu\text{m}$.

時間・波長分割多重二波長差動検波 FBG センシング II

FBG sensing based on time-and wavelength-division multiplexed dual-wavelength differential detection II

北里大理¹, [○](M2)稲葉 初¹, 岡 寿樹¹, 黒田 圭司¹

Department of Physics, School of Science, Kitasato University¹, [○](M2)Ui Inaba¹, Hisaki Oka¹, Keiji Kuroda¹

E-mail: inaba.ui@st.kitasato-u.ac.jp

Fiber Bragg Grating(FBG)は、光ファイバーのコアに回折格子が形成されている光ファイバー型デバイスで、回折格子の周期によるブラッグ反射条件を満たす波長の光のみ反射する。FBG に熱や歪みが加わると、その周期が変化することでセンサーヘッドとして活用されている。本講演では時間・波長分割多重二波長差動検波 FBG センシングの自動化について報告する。二波長差動検波とは二波長パルスの FBG からの反射強度の差をとり、FBG 反射のピーク波長を測定する方法である。同じ強度の二波長パルスペアを入射した時の FBG 反射強度を対数領域で差し引くと次式のパルス電力比(PPR: Pulse Power Ratio)を導出することができる。

$$PPR(\lambda_B) = (80 \log_{10} 2) \times \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{B_g} \right) \left(\frac{\lambda_2 + \lambda_1}{2} - \lambda_B \right)$$

ここで λ_B はFBGのブラッグ波長、 λ_1 と λ_2 は入射波長、 B_g はFBGの半値全幅を示している。PPRはブラッグ波長 λ_B に対して線形に変化し、平均波長 $(\lambda_1 + \lambda_2)/2$ が λ_B に一致したとき0になる。

光源であるDFB(Distributed Feedback)レーザーアレイは、複数のDFBレーザー(LD)と半導体光増幅器(SOA)から構成される。3つのLDとSOAに電圧を印加することで三波長パルスを発振させる。キャリア注入による熱の影響で共振器長が変化し、周波数ドリフトが発生するので掃引光源として活用できる。つまり単一パルス内の2点を選択することで二波長パルスペアを三波長で発振させることになる。DFBレーザーアレイからの出力光をサーキュレーター透過後FBGに入射させる。FBGからの反射光は光検出器で電気信号に変換された後オシロスコープで検出する。用いた3つのFBG(FBG1、FBG2、FBG3)はそれぞれ中心波長1531.0nm、1540.5nm、1550.1nm、バンド幅(FWHM)0.2nm、反射率1%であり、Unit1(FBG1-FBG2-FBG3)-Unit2(FBG1-FBG2-FBG3)-Unit3(FBG1-FBG2-FBG3)-FBG1の順に10個のFBGが直列接続されている。10個目のFBG1を恒温槽に入れ温度変化を与え、その他のFBGは室温で測定を行った。Unit内のFBG間の距離は約2m、Unit間の距離は約10mである。FBGの反射波長に共鳴した3つのLDに20 μ sの遅延時間で19 μ sの電圧を印加しパルス発振させ、SOAにパルス幅90ns、パルス間隔5 μ s、6サイクルのパルス電圧を印加した。これにより約5GHzシフトした90nsパルスペアを三波長で発振させることが出来る。このパルスをFBGに入射し反射光を検出した。

図1が得られた全体の反射パルスで、1530nmの反射パルスを拡大したものが図2である。波長1530nmは四つずつ、1540nm、1550nmはそれぞれ三つずつの合計10セットの反射パルスペアが観測されており、時間・波長分割多重が行われている。今回はさらにオシロスコープ(NI:PXI-5152)を通してパソコンにデータを取り込みPPRを表示するまでの過程を、LabViewを用いることで自動化した。実際に最後のFBG1に恒温槽で温度変化(約15分で20℃)を与えることで得られたPPRのデータが図(3-5)である。室温に置いたFBGのPPRはほとんど変化が見られなかったが、恒温槽で温度変化を与えたFBG1(図3の黄色の線)のPPRはピークである0点をまたぎ線形に変化する様子が確認できた。これより時間・波長分割多重二波長差動検波FBGセンシングのPPRのグラフを自動で作成できるようになった。

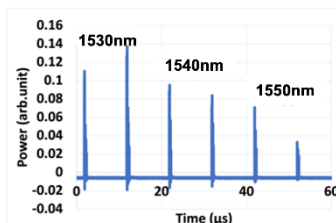


Figure 1

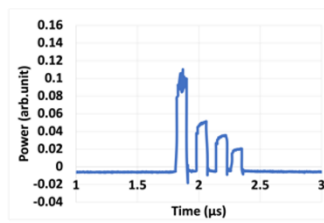


Figure 2

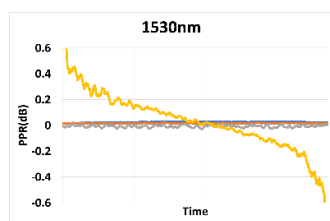


Figure 3

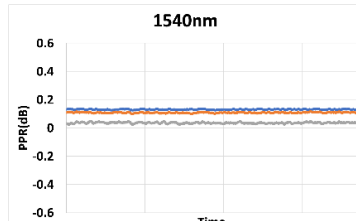


Figure 4

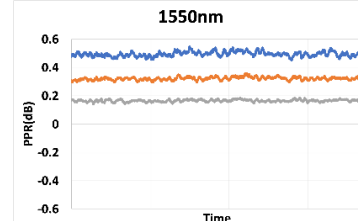


Figure 5

光パワーメータを用いた機械式誘導法による 長周期光ファイバグレーティングの評価

Evaluation of Mechanically-Induced Long-Period Fiber Grating Devices by Use of Optical Power Meter

芝浦工大院理工¹, グリーンエレクトロニクス国際研究センター² ◯(M2) 渡邊 良祐¹, 横井 秀樹^{1,2}
Shibaura Inst. of Technol¹, International Research Center for Green Electronics²

◯Ryosuke Watanabe¹, Hideki Yokoi²
E-mail: ma22163@shibaura-it.ac.jp

1.背景

近年、様々なインフラ設備の経年劣化を正確に検出する問題を解決するために、光ファイバセンサが注目されている。光ファイバセンサは、センサ自体が強度的に保護されているガラス製のセンサであり、電気式センサと比較して伝送損失が少なく、低消費電力で、電気ノイズに強いという利点が挙げられる。本研究では、光ファイバセンサの 1 つである機械式誘導型長周期光ファイバグレーティング (LPFG: Long-Period Fiber Grating) センサについて、光パワーメータによる特性評価について検討する。

2.動作原理

光ファイバセンサは、光源からの光波を光ファイバに入射させ、光ファイバに歪、温度といった外的要因を加えることで光波が感じる屈折率を変化させ、その透過光や反射光の変化を受光器で読み取ることで機能する。LPFG はグレーティング周期が数十～数百 mm 程度の回折格子であり、光波を伝搬するとグレーティングによって特定の波長で光のコアモードからクラッドモードへの結合が生じて、透過スペクトルに損失が発生する。LPFG は、周期的な凹凸をもつ素子を光ファイバに直接押し当てることにより、押し当てた部分に機械的に屈折率変化を生じさせる、機械式誘導法で形成可能である。LPFG の共振波長とグレーティング周期の関係は次のように説明できる。

$$\lambda_p^{(m)} = \Lambda(n_{\text{core}} - n_{\text{clad}}^{(m)}) \tag{1}$$

ここで、 $\lambda_p^{(m)}$ は共振波長、 Λ はグレーティング周期、 n_{core} はコアモードの実効屈折率、 $n_{\text{clad}}^{(m)}$ はクラッドモードの実効屈折率である。 $n_{\text{clad}}^{(m)}$ は、伝搬する光波のモード次数 m により異なるため、共振波長 λ_p も次数 m により複数存在する[1]。

3.実験方法

本研究の実験系を Fig.1 に示す。光源から光波を光ファイバに入射し、圧力を印加してグレーティング素子を光ファイバに押し付ける。加重の大きさによる透過光の変化をもとに、LPFG センサの評価を行う。光源には波長可変レーザを用い、受光器には光パワーメータと光スペクトラムアナライザを使用した。

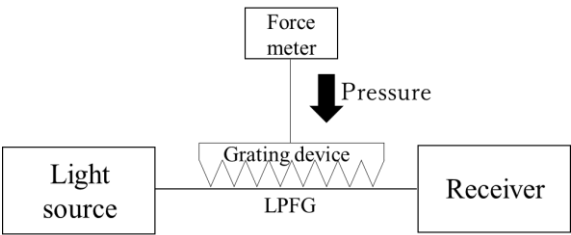


Fig.1 Experimental setup.

4.実験結果

グレーティング周期 Λ を $610\mu\text{m}$ とし、それぞれの受光器による加重と光強度の変化を Fig.2 に示す。受光器に光パワーメータ、光スペクトラムアナライザを用いても、圧力の大きさによって、同様に光強度が大きく変化することが示された。

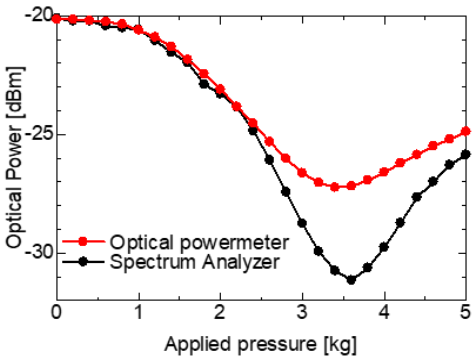


Fig.2 Optical power emitted from TL.

5.結論

LPFG センサの特性評価において、受光器に光パワーメータを用いても、光スペクトラムアナライザを用いた際と同様の結果が得られることが確認できた。

謝辞

本研究の一部は、グリーンエレクトロニクス国際研究センターの支援を受けて実施された。

参考文献

[1] N. Takahashi : Japanese Journal of Optics 41 (7) pp. 370-375, 2012